تلوث الهواء

تعريف تلوث الهواء:

حالة جوية توجد فيها المواد بتركيز أعلى من مستوياتها في البيئة الطبيعية (الجو النظيف) بحيث تعطي تأثيرات كبيرة على الإنسان و الحيوان و الغطاء النباتي أو المواد. يمكن أن تكون هذه المواد أي عناصر طبيعية أو كيميائية من صنع الإنسان أو مركبات في الحالة الغازية أو السائلة أو الصلبة التي تكون قادرة على الانتقال في الجو.

التركيب الكيميائي للهواء الطبيعي:

Substance	% By Volume in Dry Air
N_2	78.09%
O_2	20.94%
Ar	0.93%
CO_2	0.03%
Ne	0.0018%
He	0.00052%
CH_4	0.00022%
Kr	0.00010%
N_2O	0.00010%
H_2	0.00005%
Xe	0.00008%

Note: 1 ppm by volume = 0.0001% by volume.

تراكيز الأصناف فى الهواء النظيف و الملوث:

Parameter	Concentration (ppb)		Approximate residence time
	Clean air	Polluted air	
Particulates		>100 g/m^3	
CO	120	1 000-10 000	65 days
CO_2	320 000†	400 000	15 years
SO_2	0.2–10	20–200	40 days
NO	0.01–0.6	50–750	1 day
NO_2	0.1–1	50–250	1 day
HNO_2	0.001	1–8	
HNO_3	0.02–0.3	3–50	1 day
O_3	20–80	100–500	?
NH_3	1–6	10–25	20 days
CH_4	1500	2500	8–10 years
N_2O	300		10–150 years
H_2S	0.2		
Pb	5×10^{-3} μg/m^3	0.5–3 μg/m^3	

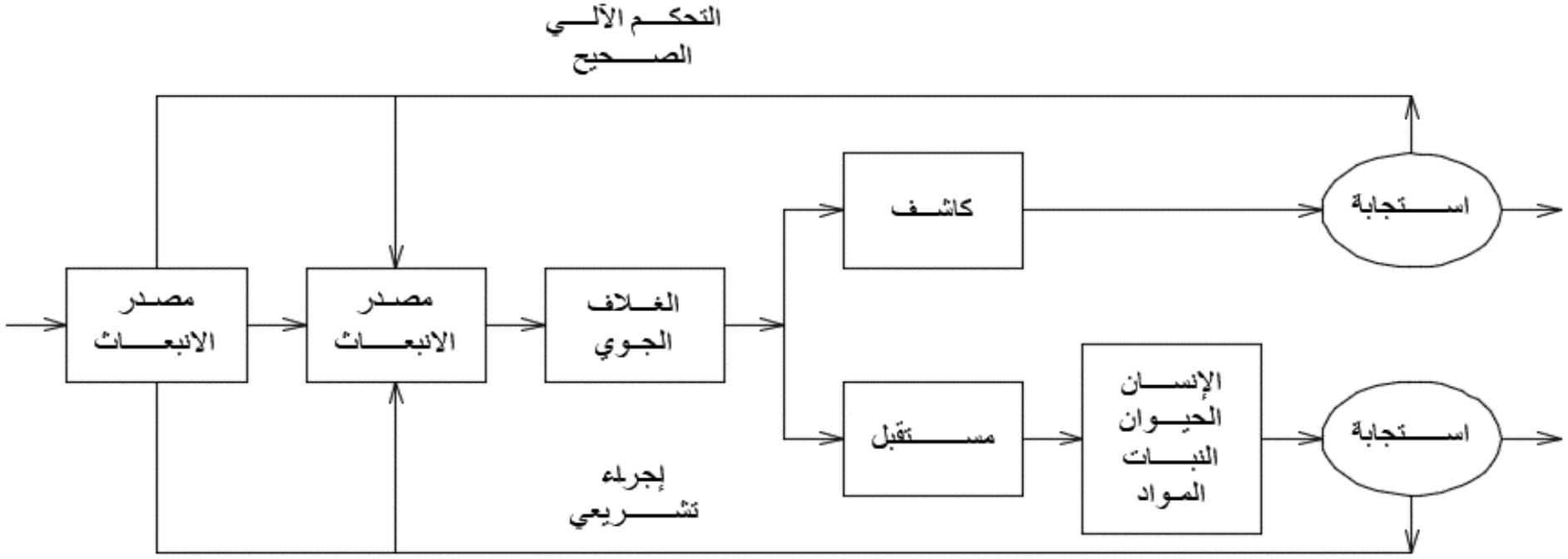
ثاني أوكسيد الكربون ليس ملوث بالمعنى الدقيق باعتبار ضرره على الطبقة العليا من الغلاف الجوي و ليس على نوعية الهواء على مستوى سطح الأرض.

مكونات مشكلة تلوث الهواء:

1- مصادر الانبعاث التيتنتج ملوثات الهواء.

2- طبقة الغلاف الجوي التي يحدث فيها الانتقال، الانتشار، التحول الكيميائي و عمليات الإزالة.

3- المستقبلات



نوع و مقياس مشكلة تلوث الهواء:

نوع المنظمة	مقياس زمني	مقياس شاقولي	مقياس أفقي	نوع المشكلة
عائلة/عمل	10^{-1} -10^{0} hr	Up to100 m	10 -100 m	داخلي
بلدية/بلد	10^{-1} -10 hr	Up to 3km	100m -10 km	محلي
بلدية/بلد	10^{0} -10^{2} hr	Up to 3km	10-10^{2} km	مدني
ولاية/بلد	10 -10^{3} hr	Up to 15 km	10^{2} -10^{3} km	إقليمي
بلد/عالم	10^{2} -10^{4} hr	Up to 30 km	10^{3} -10^{4} km	قاري
عالم	10^{3} -10^{5} hr	Up to 50 km	10^{4} - 2x10^{4} km	نصف الكرة الأرضية
عالم	10^{3} -10^{6} hr	Up to 50 km	4x10^{4} km	عالمي

مصدر تلوث الهواء:

1- المصادر المدنية و الصناعية:

- توليد الطاقة: تعد محطات الطاقة التقليدية العاملة بالوقود الأحفوري هي المصادر الرئيسية لتلوث الهواء، المصادر الرئيسية ل(الجسيمات بما في ذلك جسيمات المعادن الثقيلة المتطايرة، CO، CO_2، SO_2، NO_x، المواد الهيدروكربونية العضوية المتطايرة (VOCs). محطات الطاقة النووية هي أنظف بكثير في عملها العادي، لكنها تطلق بشكل عرضي مواد مشعة هي مصدر قلق كبير للعامة.

- المنشآت الصناعية: (التعدين، التكرير، التصنيع، ---- الخ) هي مصادر رئيسية ل(جميع الغازات الممكنة و الجسيمات).

- النقل: (مصادر متنقلة مثل السيارات، الحافلات، الشاحنات، الطائرات، القوارب، --- الخ) هي مصادر رئيسية ل(CO، CO_2، SO_2، No_x ، هيدروكربونات (HCs)، VOCs).

- التخلص من النفايات: (النفايات المنزلية المدنية، التجارية، و الصناعية التي يتم التخلص منها في المطامر) هي مصادر رئيسية ل(مثل CO، CO_2، CH_4، H_2S، و NH_3).

- انبعاثات عملية: (الأفران و غيرها من العمليات التي تستخدم للتدفئة و الحرق المفتوح) هي مصادر رئيسية ل(الجسيمات، وCO، CO_2، No_x، SO_2، HCs، VOCs).

- أنشطة البناء: مثل تنظيف الأراضي، الحفر، الدحل، الرصف هي مصادر رئيسية ل(الغبار و الجسيمات الأخرى، HCs، VOCs، CO، CO_2، و No_x).

2- المصادر الزراعية و المصادر الريفية الأخرى:

- هبوب الغبار: (من الحصاد، --- الخ).

- حرق الأراضي: (تنظيف الأراضي بالحرق).

- انبعاثات التربة: (ينبعث من معالجة التربة بالأسمدة أكاسيد النيتروجين التي تنتج من نشاط البكتيريا في الطبقة العلوية من التربة).

- المبيدات الحشرية: (قد تعلق أثناء انتقالها في منطقة سكنية).

- فضلات التحلل: (تحلل الفضلات الزراعية و فضلات الحيوان يطلق NH_3، CH_4، و الأبخرة الضارة بالغلاف الجوي).

3- المصادر الطبيعية:

- التعرية الريحية.
- حرائق الغابات: (تشتعل العديد من الغابات من البرق).
- الثوران البركاني: (كمية هائلة من المواد الجسيمية، CO_2، SO_2، غازات أخرى و يتم نقل بعض من المواد إلى ارتفاعات كافية حيث تبقى هناك لشهور أو عدة سنوات لتؤثر على المناخ العالمي).
- الانبعاثات البيولوجية: (الانبعاثات من الغابات و المستنقعات مثل الهيدروكربونات كالتربين و الأيزربرين، CH_4، NH_3، حبوب الطلع، الأبواغ).
- رذاذ البحر و التبخر: (جزيئات الملح و بخار الماء).
- عمليات التربة الحيوية: (التنفس الهوائية و اللاهوائي للتربة و الغطاء النباتي تؤدي إلى انبعاث NO، CH_4، H_2S، NH_3).
- التحلل الطبيعي للمواد العضوية: (تؤدي بشكل أساسي إلى انبعاث CH_4، H_2S، و NH_3).
- البرق: (ينتج كمية كبيرة من NO الذي ينتج الأوزون).

Fig. 6-1. Mt. St. Helens during the eruptio
regon Air National Guard.

تأثيرات تلوث الهواء:

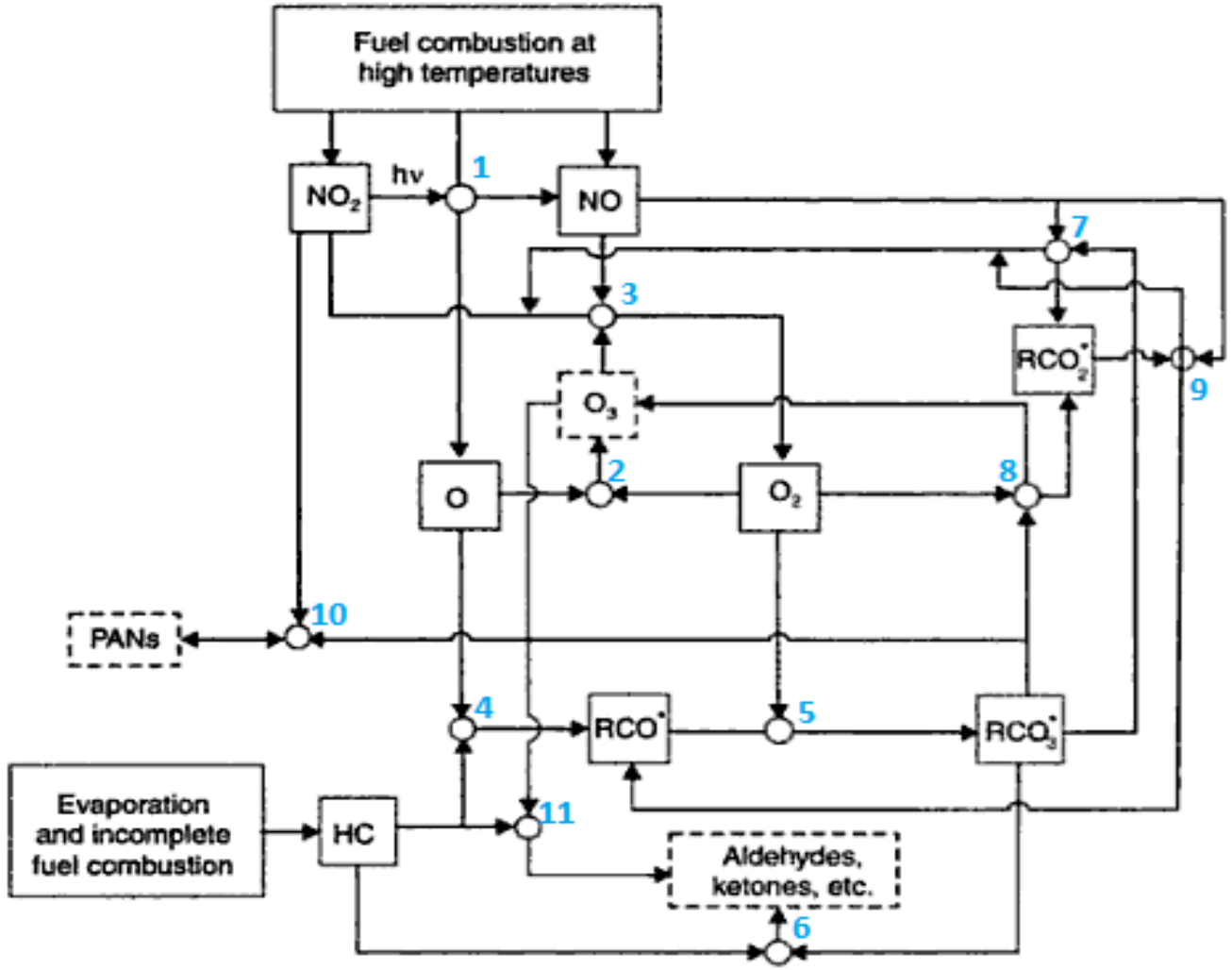
- تأثير على صحة الإنسان.
- تأثير على الحيوان و الغطاء النباتي.
- تأثير على المواد و المنشآت.
- تأثيرات جوية:
- الحد من الرؤية: (خاصة من أعمدة الدخان الصناعية و الضباب المدني).
- تأثيرات إشعاعية: (ملوثات الهواء الغازية و الجسيمية في الغلاف الجوي يمكن أن تغير بشكل كبير التوازن الإشعاعي في الطبقة السطحية القريبة. الجسيمات هي الأكثر فعالية في الحد من الإشعاع الشمسي، حيث انخفض الإشعاع الشمسي بنسبة 10-20% بسبب تلوث الهواء الذي لوحظ فوق مدن كبيرة).
- تشكيل الضباب و الهطول المطري: (يمكن أن تكون جزيئات الغلاف الجوي بمثابة نواة لتكاثف بخار الماء، و الذي هو عامل مهم في تشكل الضباب و الغيوم).
- هطول الأمطار الحامضية: (يخضع SO_2، NO_2 أثناء الانتقال بعيد المدى إلى التحول الكيميائي و تنتج أصناف من الحموض والتي تنتقل إلى الغيوم لتؤدي إلى هطول مطري أو ثلجي أكثر حامضية).
- استنزاف الأوزون في طبقة الغلاف الجوي العليا.
- التغير المناخي: (الاحتباس الحراري بسبب الزيادة في غازات نشطة إشعاعياً مثل CO_2، NH_3، N_2O، و CFCs و الأوزون في التروبوسفير).

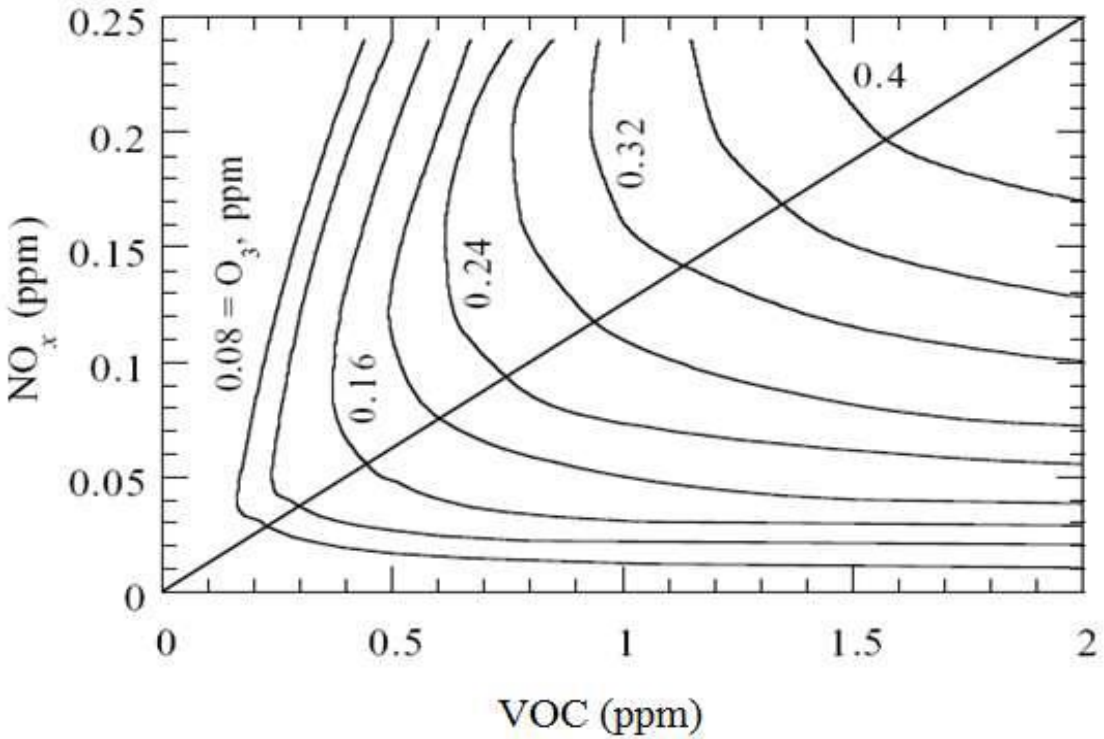
الضباب الدخاني الكيمياضوئي:

الضباب الدخاني الكيمياضوئي:

- ينشأ الضباب الدخاني من التفاعلات الكيميائية الضوئية في الطبقة السفلية من الغلاف الجوي من خلال تفاعل المركبات العضوية المتطايرة VOCs (الغازات العضوية الكلية ما عدا الميثان) و أوكسيد النيتروجين NO_x المنبعث من عوادم السيارات المتحركة و بعض المصادر الثابتة.
- يؤدي هذا التفاعل إلى سلسلة من التفاعلات الكيميائية المعقدة التي تنتج ملوثات ثانوية مثل الأوزون O_3، الألدهيدات RCHO، الكيتونات RCHO، و نترات البيروكسيل PANs.
- الأوزون هو أكثر المنتجات الثانوية الغازية المعروفة لتفاعلات الضباب الدخاني لأن الأوزون له تأثيرات صحية ضارة و يعتبر مؤشر لوجود ملوثات أخرى.
- تشتمل شروط تشكل الضباب الدخاني وجود الهواء الراكد و وفرة ضوء الشمس و تركيز عالي من VOCs و NO_x في الغلاف الجوي.
- آليات التفاعل معقدة و غير مفهومة بالكامل.

مخطط يمثل تشكل الضباب الدخاني الكيمياضوئي:

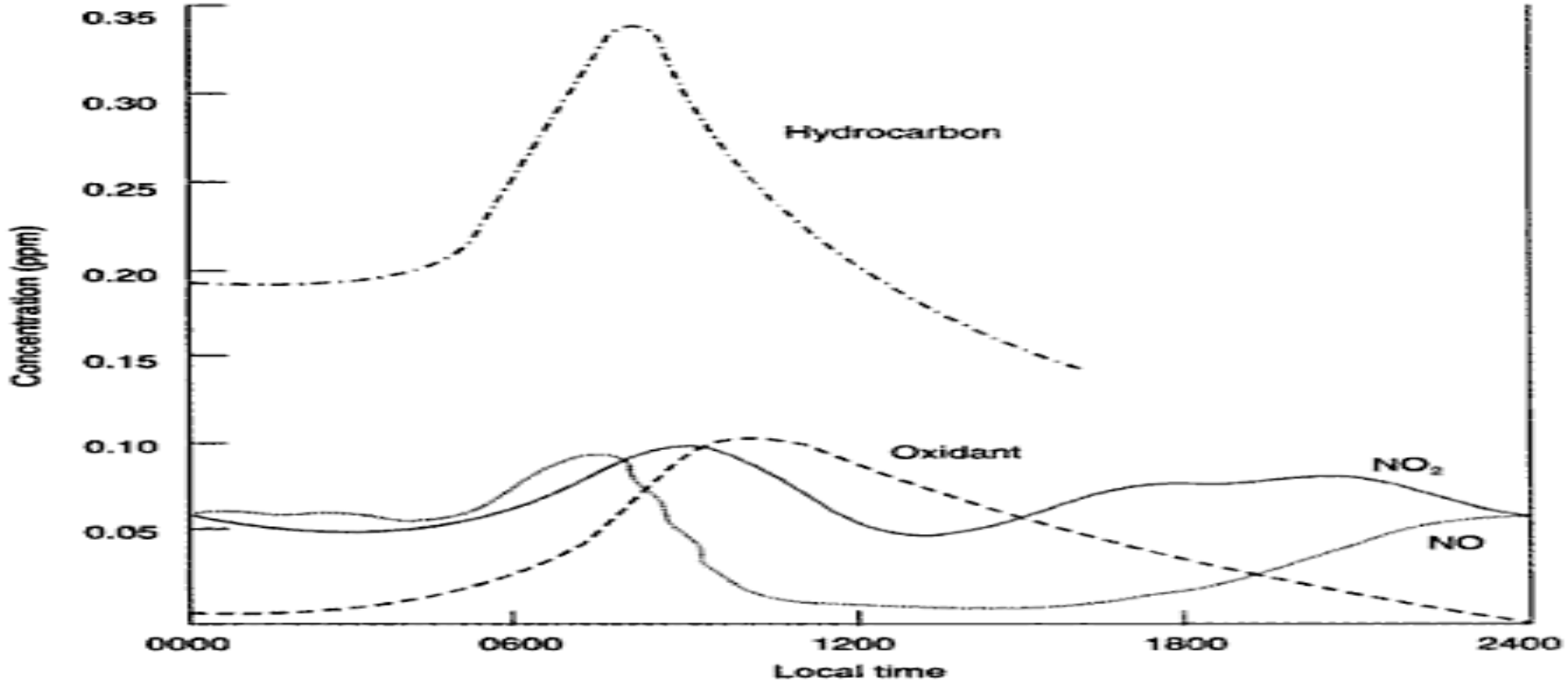




خطوط تساوي الأوزون.

تظهر خطوط تساوي الأوزون أنه عند انخفاض NO_x يكون الأوزون غير حساس نسبياً لمستويات VOC. عند ارتفاع NO_x يزداد الأوزون بزيادة VOC. و عند ارتفاع VOC و NO_x يزداد الأوزون دائماً. تفيد خطوط التساوي في مراقبة و الأوزون في العديد من منطاق المدنية الملوثة، نسبة $VOC:NO_x$ أقل من 10:1، مما يشير إلى أن الحد من انبعاث VOC يجب أن يكون الطريقة الأكثر فعالية للسيطرة على الأوزون. مثل هذه الاستراتيجية هي مريحة لأن التحكم في انبعاثات VOC إلى الغلاف الجوي تعتبر أسهل من الناحية التقنية من التحكم في انبعاثات NO_x.

العلاقة بين الأوزون و نظائره:



تزداد مستويات NO، HC في الصباح يتبع بسرعة ازدياد في NO_2. يتفاعل NO_2 مع ضوء الشمس و الذي يقود سلسلة من التفاعلات المختلفة ليؤدي في النهاية إلى تشكيل الأوزون و غيره من المؤكسدات. يصل الأوزون إلى القيم القصوى في فترة بعد الظهر لينخفض بعدها تدريجياً.

كوارث تلوث الهواء الكبرى:

Time of occurrence and location	*Causes*	*Effects*
Meuse Valley (Belgium) Dec. 1930 (3 days)	Thermal inversion of gases (SO_2, sulphur trioxide aerosol and fluorides) from industrial plants	60 persons died, thousands were effected.
Donora (USA), Oct.1948 (4 days)	Anti cyclonic weather (no air movement) temperature inversion and fog SO_2 with oxidation products and particulate matter were the main culprits	20 persons died, about 7000 ill. Complete darkness was observed due to gases and soot.
London from Dec. 5 to December 9, 1952,	Extensive use of coal (sulfur content 1.5%). Concentrated smoke had thermal inversion. The smoke mixed with fog became dangerous smog.	4000 died, thousands ill.
London, January 1956	Similar as above	1000 died
London, Dec. 1962	Shallow inversion, fog gases	700 died
Newyork, Nov. 1966	Smoke, SO_2, particulates	168 died
Tokyo, June 18, 1970	Smog poisoning	6000 affected
Bhopal India Dec. 1984	In Union Carbide industry toxic gas methyle isocynate leaked accidentally	About 2500 died and over 100000 were severely affected. Some still have the eyes and other problems.

القيود التنظيمية على الهواء المحيط و معايير الانبعاث:

بدأت مجموعة معايير تلوث الهواء الأوروبية CE في العام 1970 مع تحديد معايير الانبعاث للمركبات العاملة بالنفط. قبل ذلك كانت بلدان الاتحاد الأوروبي تمتلك معاييرها الخاصة. و كان تسجيل موت 4000 شخص بسبب ضباب لندن في عام 1952 حافزاً لتطبيق قانون تنظيف الهواء في المملكة المتحدة. و في الولايات المتحدة الأمريكية تم تقديم قانون التحكم في تلوث الهواء عام 1955.

بعض قيود و معايير الانبعاث الأوروبية و الأمريكية:

EC Directives—decisions and resolutions	United States regulatory items
70/220/EEC on air pollution from petrol vehicles	1955—Air Pollution Act
72/306/EEC on air pollution from diesel vehicles	1963—Clean Air Act
75/716/EEC on sulphur content of certain liquid fuels	1965—Motor Vehicle Air Pollution Control Act
76/611/EEC and 85/210/EEC on lead in petrol	1967—Air Quality Act
Resolution—30 May 1978—on fluorocarbons in the environment	1970—Clean Air Act Amendments
Resolution—15 July 1980—on transboundary pollution by SO_2 and PM_{10}	1974—Energy Supply and Environmental Coordination Act
80/779/EEC on ambient quality and guidelines on SO_2 and PM_{10}	1977—Clean Air Act Amendments
Decision—80/372/EEC and 82/795/EEC on chlorofluorocarbon in air	USEPA regulations on implementation of the Clean Air Act include:
Decision—81/462/EEC on long-range transboundary air pollution	40 CFR Part 50—National Primary and Secondary Ambient Air Quality Standards
Decision—82/459/EEC on reciprocity of data on air pollution between Member States	40 CFR Part 53—Ambient Air Monitoring Methods
82/884/EEC on lead in air	40 CFR Part 60—New Source Performance Standards
84/360/EEC on air pollution from industrial plants	40 CFR Part 61—National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants
85/203/EEC on air quality standards for NO_2	
Regulation—3528/86 on forest protection against air pollution	1990—Clear Air Act Amendments Air Toxics—National Emissions Standards for Hazardous Air Pollutants
88/77/EEC on gaseous emissions from diesel vehicles	1990—Clean Air Act Amendments
88/609/EEC on air emissions from large combustion plants	
89/369/EEC on air pollution from new municipal waste incinerators	1992—Clean Air Act Amendments
89/429/EEC on air pollution from existing municipal waste incinerators	
Proposal—19 March 1992—on incineration of hazardous waste	

الملوثات المعيارية و غير المعيارية:

الملوثات المعيارية هي مواد توجد بشكل منتظم في البيئة المدنية و قد وضعت معايير لدعم جودة الهواء لسكان المدن و الغطاء النباتي و الغطاء الحيواني لتلك البيئة. تختلف تراكيزها تبعاً لمستوى الصناعة و حركة المرور و درجة التحكم. تشتمل الملوثات المعيارية كما حددتها الولايات المتحدة الأمريكية USA و الاتحاد الأوروبي CE و منظمة الصحة العالمية WHO ما يلي:

CO

NO_2

O_3

SO_2

PM_{10} (المواد الجسيمية بقطر أقل من 10 ميكرون)

Pb

HC

الملوثات المعيارية حسب AAQS في USA، CE، WHO:

Pollutant	Averge time	USA Federal USEPA ($\mu g/m^3$)	California ($\mu g/m^3$)	EC Directives ($\mu g/m^3$)	WHO Air quality guidelines ($\mu g/m^3$)	TA Luft, Germany ($\mu g/m^3$)
CO (carbon monoxide)	15 min				100 000	
	30 min				60 000	
	1 h	40 000	23 000		30 000	30 000
	8 h	10 000	10 000		10 000	10 000
NO_2 (nitrogen dioxide)	1 h		470	200	400	200
	24 h				150	80
	Annual	100				
O_3 (ozone)	1 h	235	180		200	
	8 h					
	24 h				65	
	100 day				60	
SO_2 (sulphur dioxide)	10 min				500	
	1 h		655		350	
	3 h	1300				400
	24 h	365	105	250–350	125	140
	Annual	80		80–120	40–60	60
Particulates (PM-10)	24 h	150	50	250	125	150–300
	Annual	50	30	80	50	
SO_2 + PM-10	24 h			100–150		
	Annual			40–60	60–90	
Pb (lead)	1 month		1.5			
	3 month	1.5				
	Annual			2	0.5–1	2
Total suspended particulates (TSP)	24 h	260				
	Annual	75				
HC	3 h	160 (non-CH_4)				

بالإضافة إلى ذلك يوجد العديد من ملوثات الهواء الأخرى من الصناعة التي وضع لها حدود انبعاث و تسمى الملوثات غير المعيارية. يعتبر الكثير مسببة للسرطان و للطفرات و مضرة بالنظام العصبي المركزي. تميل الملوثات غير المعيارية لأن تكون ذات طابع صناعي و ليست واسعة الانتشار (بمعنى دائمة) كما هو الحال بالنسبة للملوثات المعيارية

بعض الملوثات غير المعيارية

Pollutant	Description and source	Health effects	WHO ambient guidelines
Acrylonitrile (AN)	Volatile, flammable, colourless liquid, soluble in water. Man-made, used in acrylic fibre and resins	Carcinogen	No safe level
Benzene (C_6H_6)	Colourless clear liquid, slightly soluble in water. Component of petrol and petroleum products	Carcinogen	No safe level
Carbon disulphide (CS_2)	Colourless, volatile, inflammable liquid. Used in viscose rayon production, about 20 g CS_2 to 1 kg viscose	Brain damage, muscle atrophy	100 $\mu m/m^3$, 24 h
1,2-Dichlorethane ($C_2H_4C_{12}$)	Flammable colourless liquid, soluble in water. Man-made, used in synthesis of other chemicals	Mutagen, liver, lung, kidney damage	700 $\mu g/m^3$, 24 h
Dichloromethane (CH_2C_{12})	Non-flammable, clear liquid, highly volatile. Paint remover, solvent, polyurethane foam blowing agent	Carcinogen (animals)	3000 $\mu g/m^3$, 24 h
Formaldehyde (HCHO)	Common aldehyde at room temperature is a gas. Intermediary in CH_4 cycle. Insulating material	Carcinogen (animals)	100 $\mu g/m^3$, 30 min
PAH	Polynuclear aromatic hydrocarbons group of synthetic chemicals from incomplete combustion of organic materials	Carcinogen	No safe level
Styrene (C_6H_5CH)	Volatile, colourless liquid used in manufacture of polymers, reinforced plastics and polystyrene	Suspected mutagen	70 $\mu g/m^3$, 30 min
Tetrachloroethylene (C_2C_{14})	Non-flammable compound, insoluble in H_2O. Solvent in dry cleaning and metal cleaning, etc.	Toxic to CNS and liver	5 mg/m^3, 24 h
Toluene	Non-corrosive volatile liquid. Sourced at petroleum refinery and styrene production, etc. In paint thinners, inks and adhesives, some cosmetics	Toxic to CNS	7.5 mg/m^3, 24 h
Trichloroethylene (C_2HC_{13})	Man-made from ethane or dichloroethane. Degreasing fabricated metals, dry cleaning, printing, paint production, adhesives, carpet cleaners, etc.	Neurobehavioural, liver and kidney effects	1 mg/m^3, 24 h
Vinyl chloride (VC)	Colourless gas from VC production, PVC facilities, landfills	Carcinogen	No safe level

Data in part from WHO, 1987 with permission

بعض الملوثات غير المعيارية غير العضوية

Pollutant	Description and source	Health effects	WHO ambient guidelines
Arsenic (As)	Ubiquitous in nature—metallic and non-metallic volcanic activity, smelting of metals, fuel combustion pesticides	Carcinogen	No safe level
Asbestos	Group of naturally occurring fibrous serpentine or amphibole minerals. Used in building industry, heat insulation. Fibres $< 3\ \mu m$ inhalable	Carcinogen	No safe level
Cadmium (Cd)	Soft silver white metal, by product of zinc production. Metal electroplating, plastics, etc.	Animal carcinogen	< 20 m[illegible]/m^3
Chromium (Cr)	Grey hard metal. Cr^{3+}, Cr^{6+}. Ubiquitous in nature and soils. Used in tanning industry	Cr^{6+} carcinogen	No safe level
Hydrogen sulphide (H_2S)	Colourless gas, soluble in water and alcohol. Formed from organic matter in absence of O^2. In viscous industry, wastewater treatment, oil refining, tanning, pulp industry.	Intoxicant—eye irritant	150 $\mu g/m^3$, 24 h
Manganese (Mn)	Earth crust's fifth most abundant metal. Used in metallurgy processes, alloy constituent, fertilizer, leather, textile, glass industry	Toxic at high levels to CNS and lungs	1 $\mu g/m^3$, annual average
Mercury (Hg)	Metallic, mercurous or mercuric (−3) states. Inorganic mercury → methyl mercury by microbes. Mining, chloralkali plants, paint preservative, batteries, medical equipment, etc.	Bioaccumulative—CNS damage, kidneys	1 $\mu g/m^3$, indoor annual average
Nickel (Ni)	Silver-white hard metal found in earth's crust. Used in steel production, electroplating, coinage, etc.	Carcinogen	No safe level
Radon (Rn)	Radioactive noble gas in several isotropic forms. Background level is about 3 Bq/m^3. Uranium mining, from soils and rocks, in groundwater and air	Risk of lung cancer	100 Bq/m^3 in buildings
Vanadium (Va)	Ubiquitous bright white metal. Used in metallurgy, coal combustion, fuel combustion	Bronchitis, pneumonitis, upper respiratory tract effects	1 $\mu g/m^3$, 24 h

Data in part from WHO, 1987 with permission

نوعية الهواء:

يوجد مجموعتان من معايير جودة الهواء:

1- معايير جودة الهواء المحيط AAQS.

2- معايير الانبعاث ES.

معايير جودة الهواء المحيط هي معايير إجبارية لا تستند إلى القبول التكنولوجي أو الاقتصادي لكنها تعتمد على تأثير تلوث الهواء على الصحة و الرفاهية. يوجد مستويان من AAQS:

1- AAQS الأساسية لحماية صحة الإنسان.

2- AASQ ثانوية لحماية الرفاهية (مثل المحاصيل، الغطاء النباتي، المباني، الرؤية، --- الخ).

تم تحديد 6 ملوثات حسب وكالة حماية البيئة EPA لمعايير جودة الهواء المحيط العالمية NAAQS :

- الجسيمات.
- أحادي أوكسيد الكربون CO.
- الأوزون O_3.
- ثاني أوكسيد الكبريت SO_2.
- ثاني أوكسيد النيتروجين NO_2.
- الرصاص.

لا تعتبر المركبات العضوية المتطايرة VOCs من الملوثات المعيارية، لكن يتم تصنيفها مثل الملوثات المعيارية لأن VOCs و أكاسيد النيتروجين هي نظائر للأوزون، و الذي يتم إنتاجه من التفاعلات الكيمياضوئية.

مراجعات NAAQS (وكالة حماية البيئة EPA):

يطلب من وكالة حماية البيئة EPA مراجعة NAAQS كل 5 سنوات لضمان أن يتم الأخذ بعين الاعتبار الأبحاث الجديدة. يمكن أن تبقى المعايير على نفس المستوى إذا أثبتت المراجعة أن المعايير تؤمن حماية كافية للصحة و الرفاهية.

تم إدراج NAAQS اعتباراً من شهر شباط 2001:

	Primary		Secondary	
	Level	Averaging Time	Level	Averaging Time
Ozone	0.12 ppm	1 h	Ozone	0.12 ppm
PM-10	150 µg/m³	24 h	PM-10	150 µg/m³
	50 µg/m³	1 yr.		50 µg/m³
CO	35 ppm	1 h	CO	35 ppm
	9 ppm	8 h		9 ppm
SO_2	0.14 ppm	24 h	SO_2	0.14 ppm
	0.030 ppm	1 yr.		0.030 ppm
NO_2	0.053 ppm	1 yr.	NO_x	0.053 ppm
Lead	1.5 µg/m³	3 mo.	Lead	1.5 µg/m³
	Proposed New Standards			
Ozone	0.08 ppm	8 h		
PM-2.5	65 µg/m³	24 h		
	15 µg/m³	1 yr.		

في العام 1997 أصدرت وكالة حماية البيئة EPA معياراً أساسياً و ثانوياً جديداً للأوزون قدره 0.08 ppm من أجل متوسط 8 hour بالإضافة إلى المعيار الموجود البالغ 0.12 ppm من أجل متوسط 1 hour. كما حددت EPA أن التعرض الطويل لمستويات أقل من الأوزون تسبب تأثيرات صحية بما في ذلك نوبات الربو و مشاكل التنفس و فقدان لوظيفة الرئة و تلف الرئة على المدى البعيد و انخفاض المناعة ضد الأمراض. كان ذلك أول تحديث لمعيار الأوزون منذ 20 سنة. أيضاً في العام 1997 أنشأت وكالة حماية البيئة EPA معياراً جديداً للمواد الجسيمية من أجل الجزيئات الناعمة ذذات القطر الديناميكي الهوائي أقل من 2.5 ميكرون $PM_{2.5}$. أشأ هذا المعيار عند $65\mu g/m^3$ من أجل متوسط 24 hour و $15\mu g/m^3$ من أجل متوسط سنوي.

معايير جودة الهواء المحيط العالمية (تشرين الأول 2011):

Pollutant [final rule cite]		Primary/ Secondary	Averaging Time	Level
Carbon Monoxide [76 FR 54294, Aug 31, 2011]		primary	8-hour	9 ppm
			1-hour	35 ppm
Lead [73 FR 66964, Nov 12, 2008]		primary and secondary	Rolling 3 month average	0.15 µg/m^3 (1)
Nitrogen Dioxide [75 FR 6474, Feb 9, 2010] [61 FR 52852, Oct 8, 1996]		primary	1-hour	100 ppb
		primary and secondary	Annual	53 ppb (2)
Ozone [73 FR 16436, Mar 27, 2008]		primary and secondary	8-hour	0.075 ppm (3)
Particle Pollution [71 FR 61144, Oct 17, 2006]	$PM_{2.5}$	primary and secondary	Annual	15 µg/m^3
			24-hour	35 µg/m^3
	PM_{10}	primary and secondary	24-hour	150 µg/m^3
Sulfur Dioxide [75 FR 35520, Jun 22, 2010] [38 FR 25678, Sept 14, 1973]		primary	1-hour	75 ppb (4)
		secondary	3-hour	0.5 ppm

تابع:

(1) الدستور النهائي الموقع في 15 تشرين الأول 2008. بقي معيار الرصاص لعام 1978 (1.5 $\mu g/m^3$ متوسط ربع سنوي) في الواقع لمدة سنة واحدة بعد تخصيص معايير عام 2008، ما عدا ذلك لم يحصل أي تغيير لمعايير عام 1978، حيث بقيت معايير 1978 في الواقع حتى الموافقة على خطط التنفيذ لتعديل أو الحفاظ على معايير 2008.

(2) المستوى الرسمي لمعيار NO_2 السنوي هو 0.053 ppm يساوي 53 ppb و الذي يظهر هنا هو بهدف مقارنة أوضح مع معيار 1 hour.

(3) الدستور النهائي الموقع في 12 آذار 2008. معيار الأوزون 1997 (0.08 ppm، رابع أعلى تركيز يومي لمدة 8 ساعات، متوسط أكبر من 3 سنوات) و قواعد التنفيذ ذات الصلة بقيت في مكانها. في العام 1997 الغت وكالة حماية البيئة معيار الأوزون 1 ساعة (0.12 ppm، لا يجب تجاوزه أكثر من مرة في السنة) في جميع المناطق، و على الرغم من ذلك استمرت بعض المناطق بالالتزامات تحت ذلك المعيار (عدم التراجع). حقق معيار الأوزون 1 ساعة النجاح عندما كان عدد الأيام في السنة التقويمية المتوقع مع متوسط التراكيز الساعية الأعظمية فوق 0.12 ppm أقل أو تساوي 1.

(4) الدستور النهائي الموقع في 2 حزيران 2010. ألغي معيار SO_2 السنوي و اليومي في نفس الدستور الموضوع حيث بقيت هذه المعايير في الواقع لمدة سنة واحدة بعد تخصيص معايير عام 2010، ما عدا ذلك لم يحصل أي تغيير لمعايير عام 1971، حيث بقيت معايير 19771 في الواقع حتى الموافقة على خطط التنفيذ لتعديل أو الحفاظ على معايير 2010.

معايير الانبعاث:

تتعلق معايير الانبعاث بكمية الملوثات التي يتم اطلاقها من المصدر. تم وضع معايير الانبعاث للمصادر الحالية لتلوث الهواء لكل حالة في محاولة لخفض مستوى تلوث الهواء المحيط إلى AASQ. عادة ما يتم تحديد معايير الانبعاث في بعض التعابير العددية. يمكن أن تستند التعابير العددية على مدخلات الحرارة (lb/MBTU)، واحدة الزمن (lb/hour)، حجم الهواء (grains/SCF)، وزن المواد (lb/ton). يمكن معادلة قواعد الانبعاث مع معدل تدفق الوقود. يعطى مؤشر الانبعاث EI شائع الاستخدام:

$$\mathbf{EI} = \frac{\mathbf{mass\ of\ pollutant(g/s)}}{\mathbf{mass\ of\ fuel\ (kg/s)}}$$

تقييم الانبعاث:

تعد بيانات انبعاثات المصدر ذات النوعية الجيدة ضرورية من أجل السيطرة الفعالة في تلوث الهواء. و بسبب عومل الكلفة و التعقيدات الناتجة عن تحديد انبعاثات المصدر فإن هذا الجانب من برامج مراقبة جودة الهواء لا تلقى الاهتمام التي تستحقه.

عينات المصدر:

يمكن استخدام مجموعة متنوعة من المقاربات لتحديد معدل الانبعاث من مصدر معين. أكثر وسيلة مرغوبة لقياس انبعاثات المصدر بدقة هي من خلال أخذ عينات من المصدر. مراقبة (أو الأكثر شيوعاً عينات المصدر) عدة مصادر هو أمر نادر الحدوث نسبياً. لأن مراقبة المصدر يمكن أن يكون مكلف و مستهلك للوقت.

عوامل الانبعاث:

يمكن تحديد الانبعاثات عن طريق وسائل أخرى غير القياس المباشر للغازات المنبعثة. واحدة من المقاربات شائعة استخداماً هي استخدام عوامل الانبعاث و التي نشرتها وكالة حماية البيئة الأمريكية USEPA. عوامل الانبعاث عبارة عن قائمة بمعدلات وسطي الانبعاث المتوقعة مم مصدر معين في ظروف تشغيل معينة. يمكن تحديد عوامل الانبعاث من بيانات عينات المصدر أو حسابها من مستويات الملوثات المتوقعة من استخدام مادة أو وقود معين. بحالة الوقود يمكن حساب إنتاج و انبعاث SO_2 بدقة معقولة من خلال قياس محتوى الكبريت في الوقود.

عوامل انبعاث الجسيمات من رذاذ المنظفات الجافة [a] (الواحدات المترية و البريطانية):

Control Device	Efficiency (%)	Particulate	
		kg/Mg of Product	lb/ton of Product
Uncontrolled (SCC 3-01-009-01)	NA	45	90
Cyclone	85	7	14
Cyclone with:			
Spray chamber	92	3.5	7
Packed scrubber	95	2.5	5
Venturi scrubber	97	1.5	3
Wet scrubber	99	0.544	1.09
Wet scrubber/ESP	99.9	0.023	0.046
Packed bed/ESP	99[c]	0.47	0.94
Fabric filter	99	0.54	1.1

[a] بعض أنواع الجوامع الأساسية، مثل الإعصار الذي يعتبر جزء من نظام رذاذ التجفيف. NA= لا يمكن تطبيقه، ESP= المرسب الكهربائي، SCC= رمز تصنيف المصدر.

[b] عوامل الانبعاث المقدرة و التي لا تدعمها بيانات الاختبار الحالي.

[c] عوامل الانبعاث المحسوبة من اختبار مصدر واحد. تم تحقيق كفاءة 99%.

عوامل انبعاث المواد الكيميائية من أفران صناعة زيوت الكربون الأسود [a] (الواحدات المترية و البريطانية):

Chemical Substance	Main Process Vent Gas[b]	
	kg/Mg	lb/ton
Carbon disulfide	30	60
Carbonyl sulfide	10	20
Methane	25 (10 - 60)	50 (20 - 120)
Nonmethane VOC		
Acetylene	45 (5 - 130)	90 (10 - 260)
Ethane	0[c]	0[c]
Ethylene	1.6	3.2
Propylene	0[c]	0[c]
Propane	0.23	0.46
Isobutane	0.10	0.20
n-Butane	0.27	0.54
n-Pentane	0[c]	0[c]
POM	0.002	0.004
Trace elements[d]	<0.25	<0.50

[a] المعبر عنه كوزن ابنعاثات لكل وحدة وزن من الكربون الأسود المنتج. VOC= المركبات العضوية المتطايرة.

[b] المواد الكيميائية المنبعثة فقط من مدخنة العملية الأساسية. اعتمدت القيم المتوسطة على 6 عينات تشغيل مأخوذة من محطة معطية. اعتمدت المعدلات المعطية بين قوسين على نتائج مسح محطات التشغيل.

[c] أقل من حد الكشف 1 ppm.

[d] البريليينيوم، الرصاص، و الزئبق، و غيرها.

عوامل الانبعاث من مصافي النفط [a] :

Process	Particulate	Sulfur Oxides (as SO_2)	Carbon Monoxide	Total Hydro-carbons[b]	Nitrogen Oxides (as NO_2)	Aldehydes	Ammonia	EMISSION FACTOR RATING
Boilers and process heaters								
Fuel oil	See Section 1.3 - "Fuel Oil Combustion"							
Natural gas	See Section 1.4 - "Natural Gas Combustion"							
Fluid catalytic cracking units (FCC)[c]								
Uncontrolled								
kg/10^3 L fresh feed	0.695 (0.267 to 0.976)	1.413 (0.286 to 1.505)	39.2	0.630	0.204 (0.107 to 0.416)	0.054	0.155	B
lb/10^3 bbl fresh feed	242 (93 to 340)	493 (100 to 525)	13,700	220	71.0 (37.1 to 145.0)	19	54	B
Electrostatic precipitator and CO boiler								
kg/10^3 L fresh feed	0.128[d] (0.020 to 0.428)	1.413 (0.286 to 1.505)	Neg	Neg	0.204[e] (0.107 to 0.416)	Neg	Neg	B
lb/10^3 bbl fresh feed	45[d] (7 to 150)	493 (100 to 525)	Neg	Neg	71.0[e] (37.1 to 145.0)	Neg	Neg	B
Moving-bed catalytic cracking units[f]								
kg/10^3 L fresh feed	0.049	0.171	10.8	0.250	0.014	0.034	0.017	B
lb/10^3 bbl fresh feed	17	60	3,800	87	5	12	6	B
Fluid coking units[g]								
Uncontrolled								
kg/10^3 L fresh feed	1.50	ND	ND	ND	ND	ND	ND	C
lb/10^3 bbl fresh feed	523	ND	ND	ND	ND	ND	ND	C
Electrostatic precipitator and CO boiler								
kg/10^3 L fresh feed	0.0196	ND	Neg	Neg	ND	Neg	Neg	C
lb/10^3 bbl fresh feed	6.85	ND	Neg	Neg	ND	Neg	Neg	C

[a] تشير الأرقام بين قوسين إلى معدل القيم المشاهدة. Neg= مهملة. ND= لا توجد بيانات.

[b] إجمالياً أقل من وزن 1% من الانبعاثات الهيدروكربونية هو ميثان.

[c] المرجع 2-8.

[d] حسب معايير أداء المصدر الجديد، يجب أن يكون انبعاثات الجسيمات من المولدات أقل من 0.054 kg/10^3L (19 lb/10^3 bbl) كتغذية جديدة.

[e] يمكن أن يكون أكبر من احتراق الأمونيا.

[g] المرجع 2.

g المرجع 5.

[h] المرجع 9-10.

j بافتراض أن 100% من احتراق الكبريت هو SO_2. S= محتوى الكبريت في غاز المصفاة (kg/1000m^3 أو lb/1000ft^3، اعتماداً على الواحدات المرغوبة لعامل الانبعاث).

[k] المرجع 2،11.

[m] المرجع 12،2-13. إذا كان معدل تغذية المصفاة معروف نفترض أن التغذية الهوائية 36% من تغذية المصفاة. يحدد معدل تغذية المصفاة كمعدل تغذية النفط الخام لأعمدة التقطير.

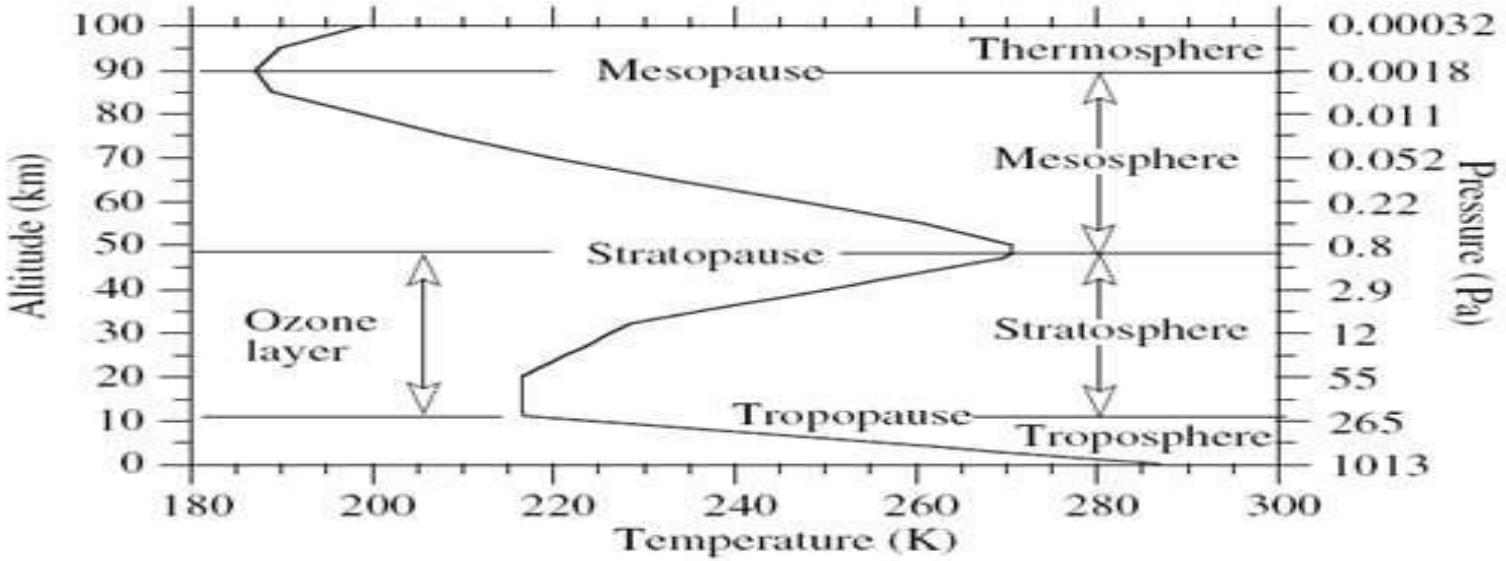
نمذجة جودة الهواء:

مراقبة جودة الهواء المحيط التزام مكلفة: حتى المدن الكبيرة يمكن أن تمتلك عدد قليل نسبياً من محطات المراقبة. نماذج جودة الهواء تؤمن وسائل غير مكلفة نسبياً للتنبأ بدرجة انخفاض الانبعاثات الضرورية لتحقيق معايير جودة الهواء المحيط. الهدف من هذا النموذج هو تحديد تأثير انبعاثات المصدر على التراكيز عند مستوى الأرض حسابياً و إثبات عدم تجاوز المستويات المسموح بها. تم تطوير نماذج لمجموعة متنوعة من الملوثات و شروط الزمن. و على الرغم من أن موضوع استخدام نماذج جودة الهواء هو موضع لبعض الجدل إلا أن هناك اتفاق عام على أن هنالك بعض البدائل لاستخدامها، لا سيما عند اتخاذ القرار بشأن عمل معروف مسبقاً بطرح مشكلة بيئية محتملة. يبدأ الجدال حول النماذج التي يجب استخدامها و تفسير نتائجها و يبقى السؤال الأساسي في هذا الجدال هو إلى أي مدى و بدقة يتنبأ النموذج بالتراكيز في ظل شروط محددة.

الجوانب الجوية من تشتت ملوثات الهواء:

ملف متوسط درجة الحرارة خلال الغلاف الجوي:

الغلاف الجوي عبارة عن طبقة رقيقة من مزيج غازات يغطي سطح الأرض. الطبقة السفلية بارتفاع 100 كم تدعى هوموسفير و هي منطقة حيث تمتزج الغازات الرئيسية فيها بشكل جيد. تقسم الهوموسفير إلى 4 طبقات حيث تتغير فيها درجة الحرارة مع الارتفاع: هي من الأسفل إلى الأعلى التروبوسفير، الستراتوسفير، الميزوسفير، و الثيرموسفير (Jacobson 2002).

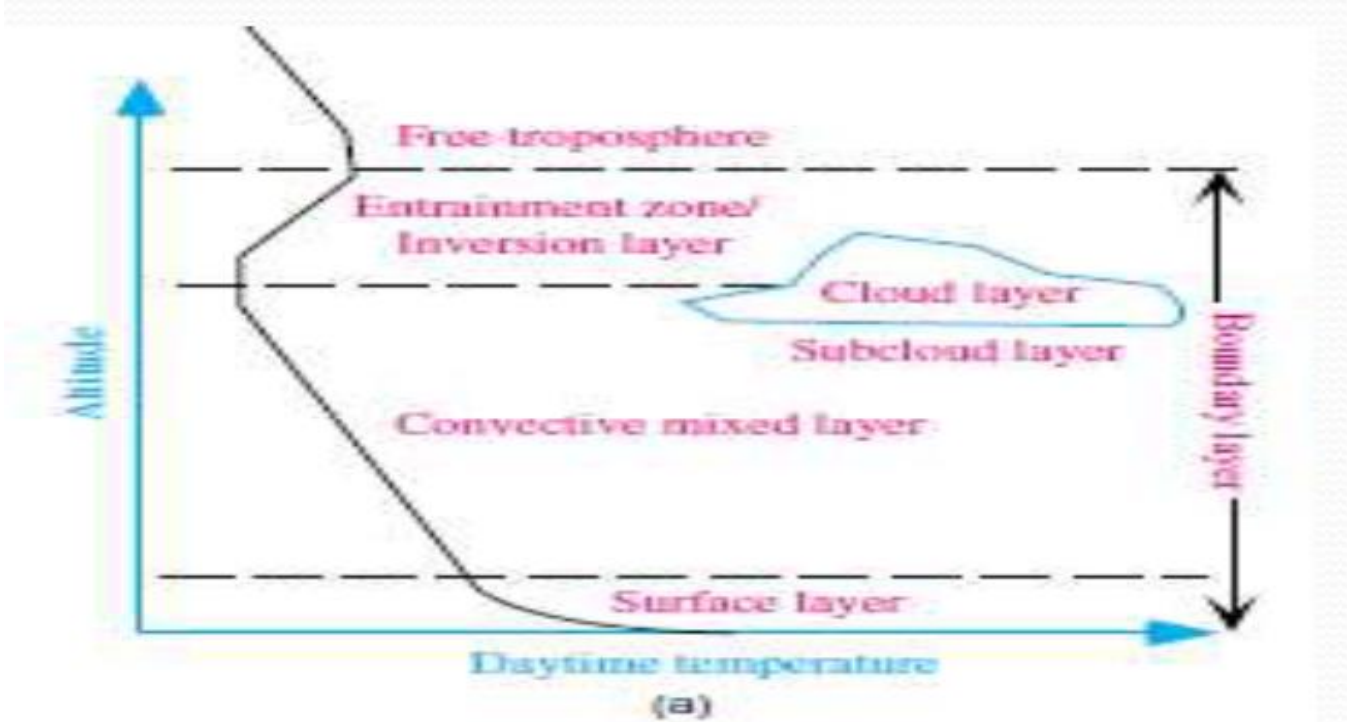


يمتد التروبوسفير من سطح الأرض إلى ارتفاع بحدود 11 كم. يتراوح معدل درجة الحرارة في التروبوسفير بمتوسط 15 درجة مئوية عند سطح البحر إلى متوسط -56 درجة مئوية عند حدودها العلوية. و التي تقسم إلى:

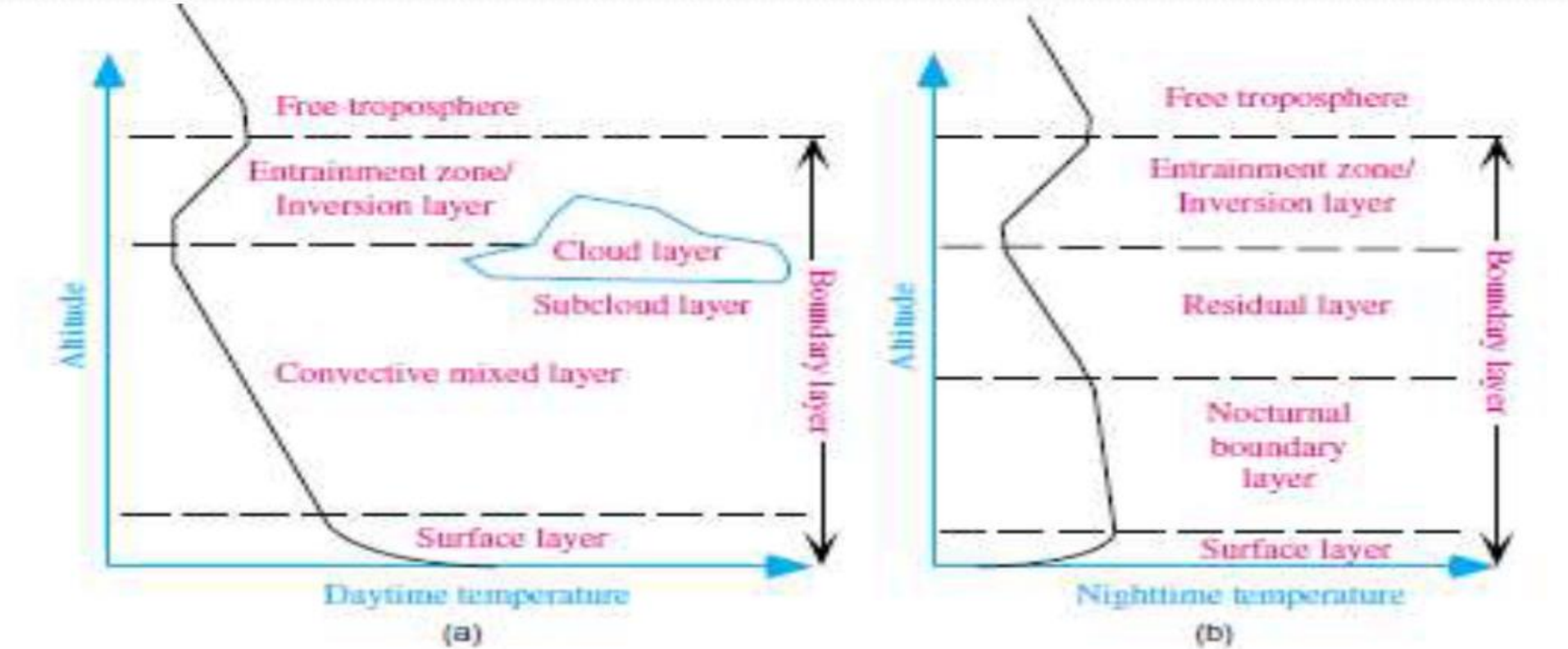
- طبقة الحدود.

- طبقة التروبوسفير الحرة (طبقة الجيوسفير أو الطبقة ذات سرعة الاحتكاك).

تمتد طبقة الحدود (طبقة حدود الكوكب PBL) من سطح الأرض إلى ارتفاع بين 500-3000 م. تعيش جميع الكائنات البشرية في طبقة الحدود، لذلك هي تلك المنطقة من الغلاف الجوي التي تراكم الملوثات فيها هو الأكثر قلقاً. تنبعث الملوثات بالقرب من الأرض و تتراكم في هذه الطبقة. و عندما تخرج هذه الملوثات من طبقة الحدود يمكنها الانتقال أفقياً لمسافات طويلة قبل أن يتم إزالتها من الجو.



يوضح الشكل أدناه اختلافاً نموذجياً في درجة الحرارة في طبقة الحدود فوق الأرض خلال النهار و الليل. ففي النهار تتصف باعتبارها طبقة سطحية بكونها طبقة مختلفة الحمل الحراري و طبقة انعكاس (Jacobson 2002). تختلط الملوثات التي تنبعث على مستوى الأرض بشكل منتظم تقريباً و ذلك حتى ارتفاع خلط معين و ليس فوقه و لذلك يحدد ارتفاع الخلط الحد الأعلى لتشتت الملوثات الجوية:



يوضح الجدول أدناه أن ارتفاع الخلط هو أقل بكثير في الصباح الباكرعنه أثناء النهار و في الشتاء عنه في الصيف (Noel et al 2006):

	Mixing height, m	
	Range	Average
summer morning	200 - 1100	450
summer afternoon	600 – 4000	2100
winter morning	299 - 900	470
winter afternoon	600 -1400	970

متوسط ارتفاعات الخلط في فصل الصيف في المدن الأمريكية

الاستقرارية الجوية و سلوكيات عمود الدخان:

واحدة من أهم خصائص الغلاف الجوي هي استقراريته و التي هي عبارة عن الميل لمقاومة الحركة الشاقولية أو كبح الاضطرابات القائمة. يتم تحديد درجة استقرارية الغلاف الجوي بواسطة الفرق في درجة الحرارة و ذلك بين حزمة الهواء و الهواء المحيط بها. يمكن أن يسبب هذا الاختلاف انتقال الحزمة شاقولياً (بمعنى آخر يمكن أن ترتفع أو أن تهبط).

(Γ) هو معدل هبوط درجة الحرارة الجاف و هو معدل التغير في درجة الحرارة مع الارتفاع لحزمة الهواء الجاف الصاعدة في نظام درجة الحرارة الثابت:

$$\Gamma = \frac{-dT}{dz} = \frac{-1°C}{100m}$$

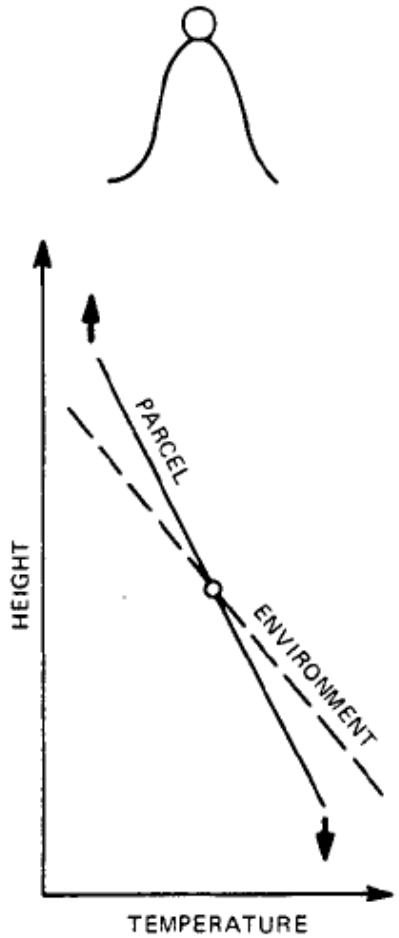
محايد عندما: $\frac{-dT}{dz}$ (معدل هبوط الغلاف الجوي) = Γ (معدل هبوط درجة الحرارة)

شبه ثابت عندما: $\frac{-dT}{dz}$ < Γ (غلاف جوي مستقر)

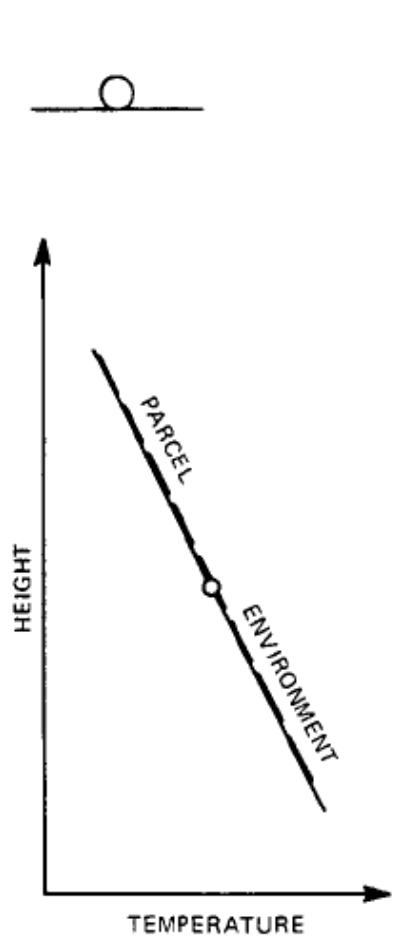
تدرج حراري حاد عندما: $\frac{-dT}{dz}$ > Γ (غلاف جوي غير مستقر)

انقلاب عندما: $\frac{-dT}{dz} < 0$ (غلاف جوي مستقرا جداً)

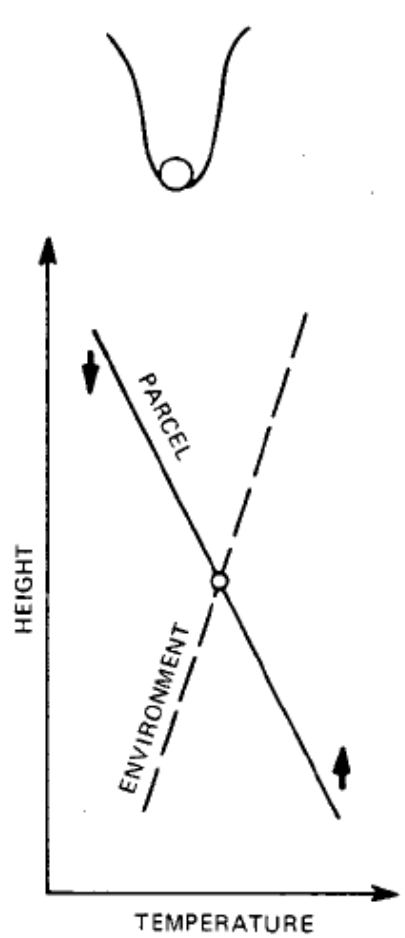
غير مستقر



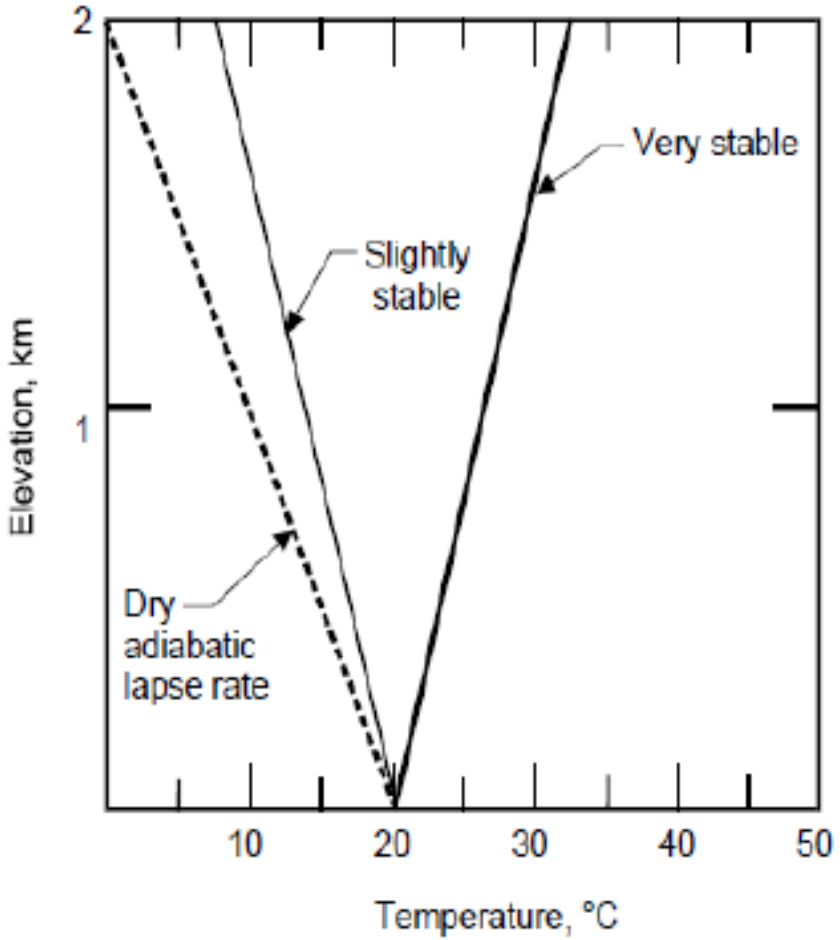
محايد



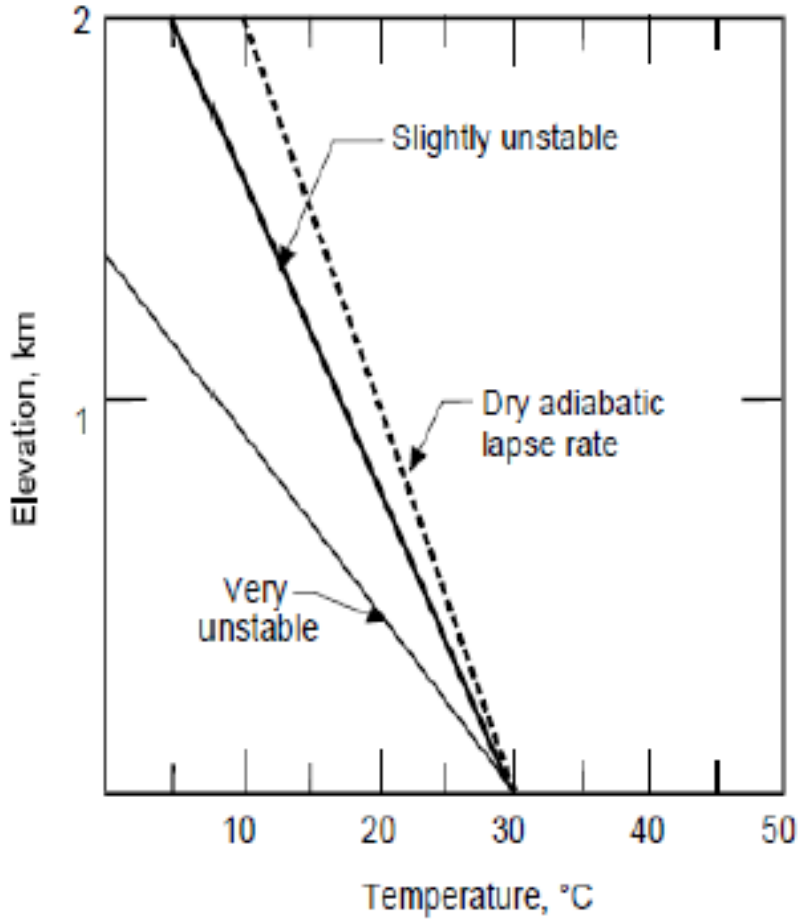
مستقر



Stable conditions



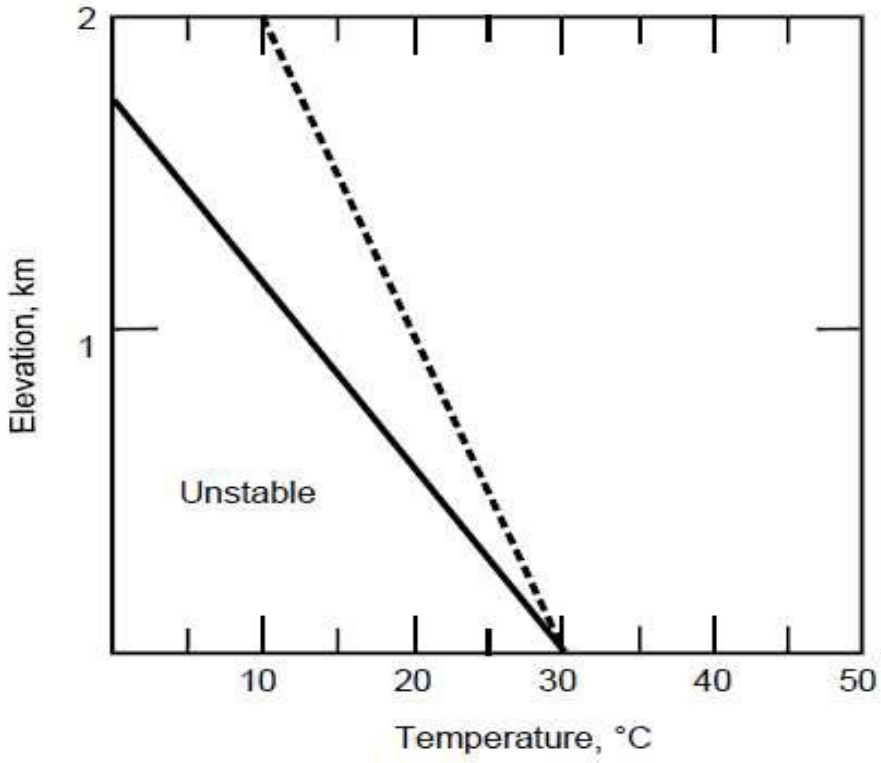
Unstable conditions

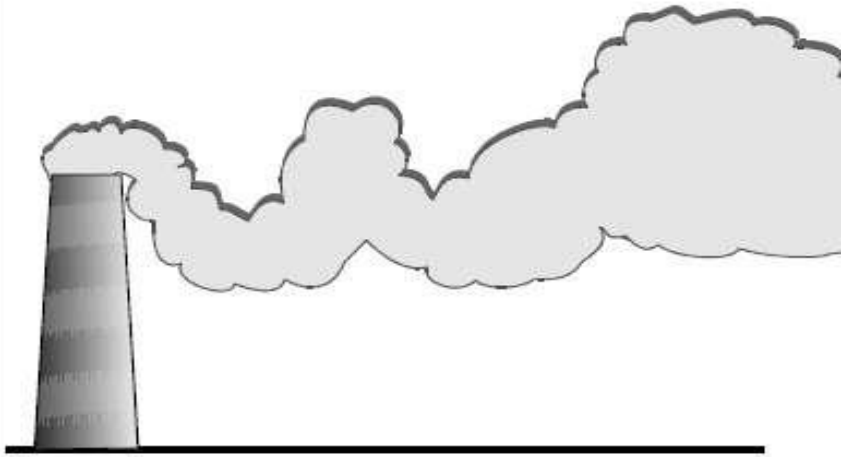


سلوكيات عمود الدخان:

عمود دخان حلقي:

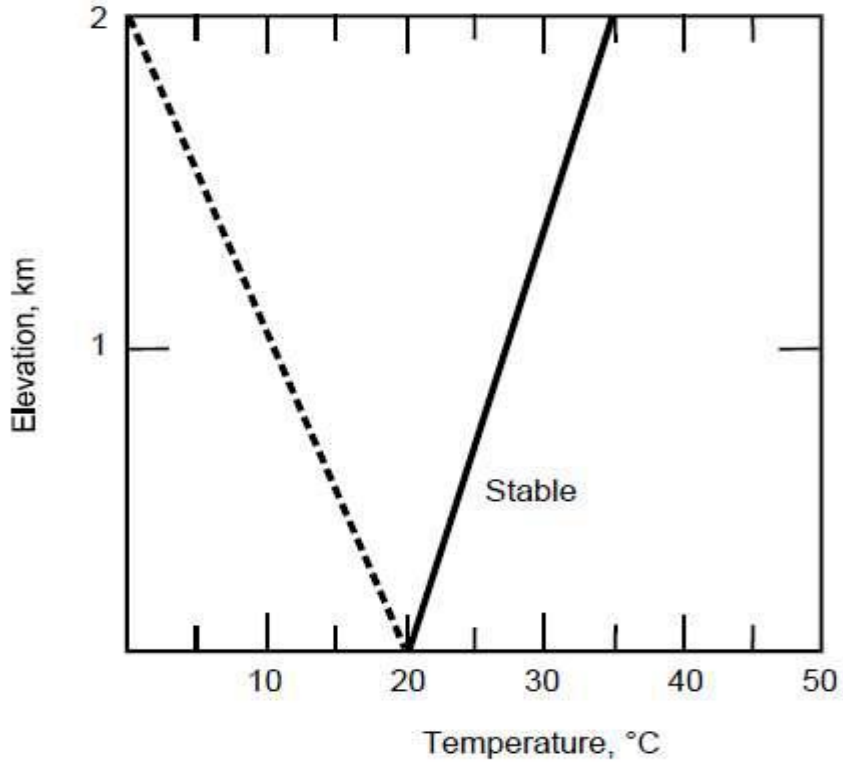
تدرج حراري حاد (غلاف جوي غير مستقر):

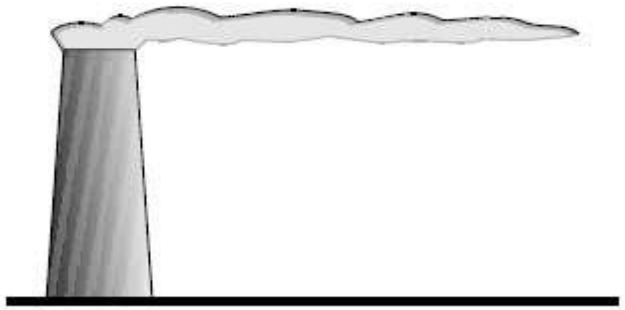




عمود دخان مروحي:

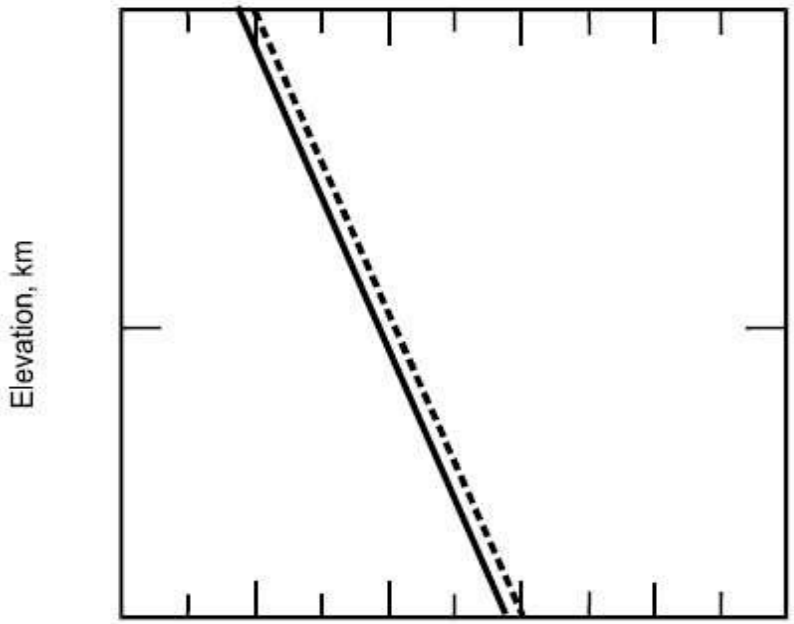
انقلاب (غلاف جوي مستقر جداً):

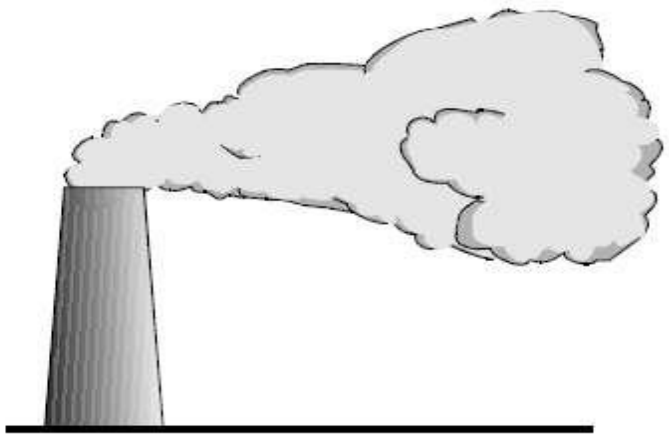




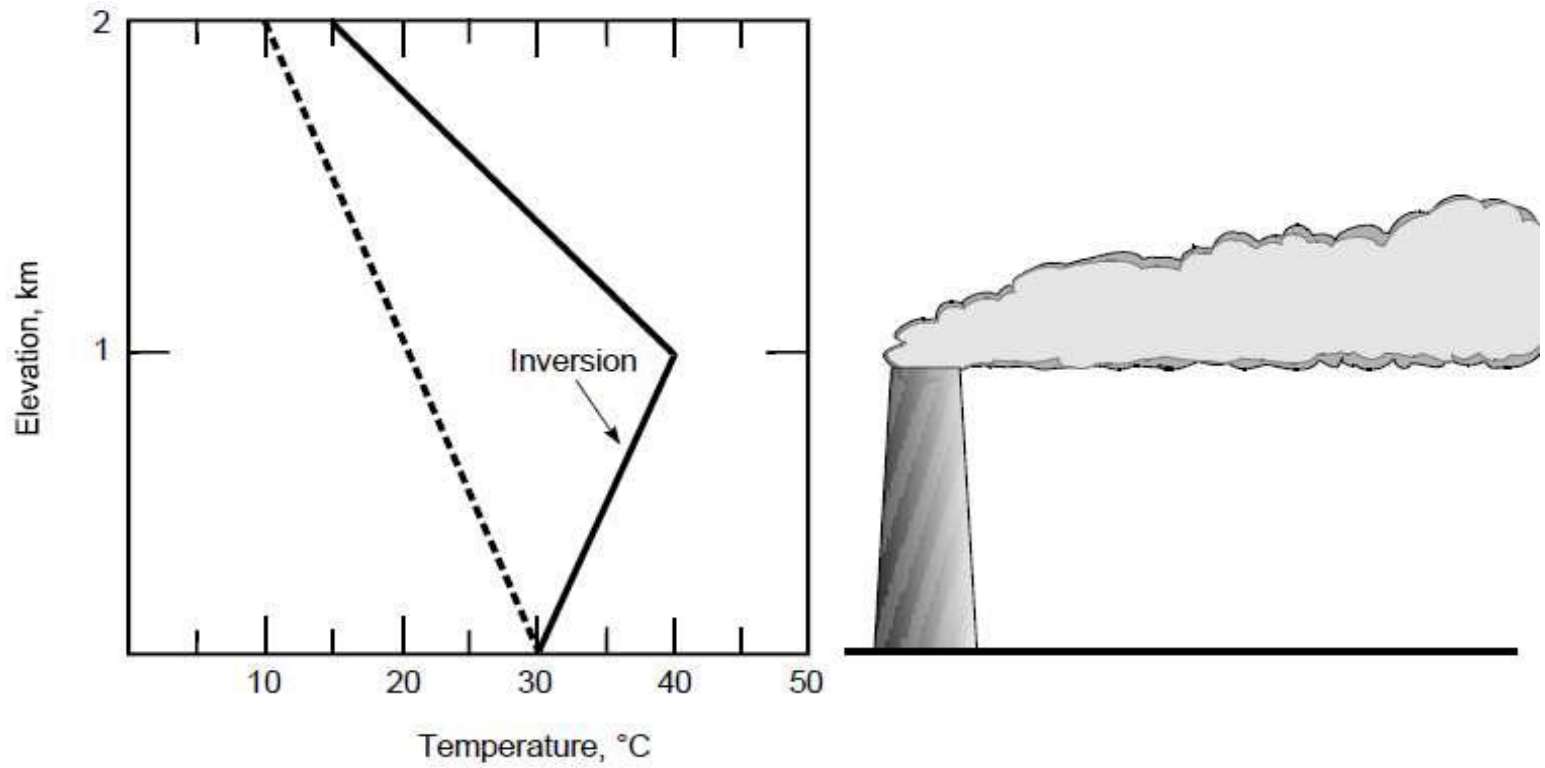
عمود دخان مخروطي:

محايد (غلاف جوي مستقر):

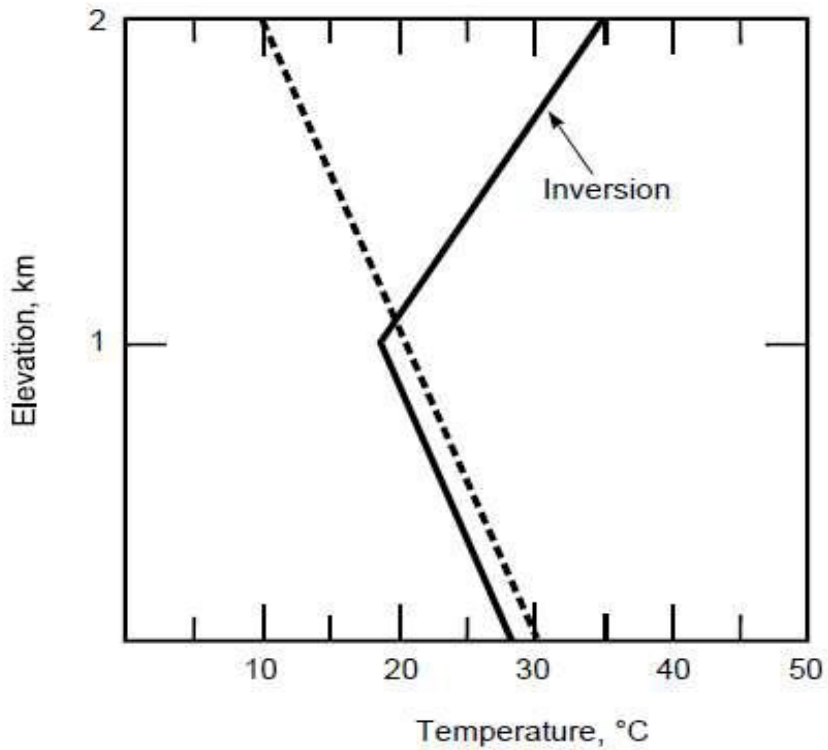


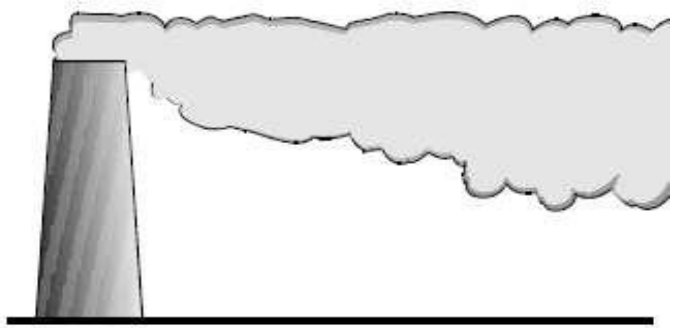


عمود دخان علوي:

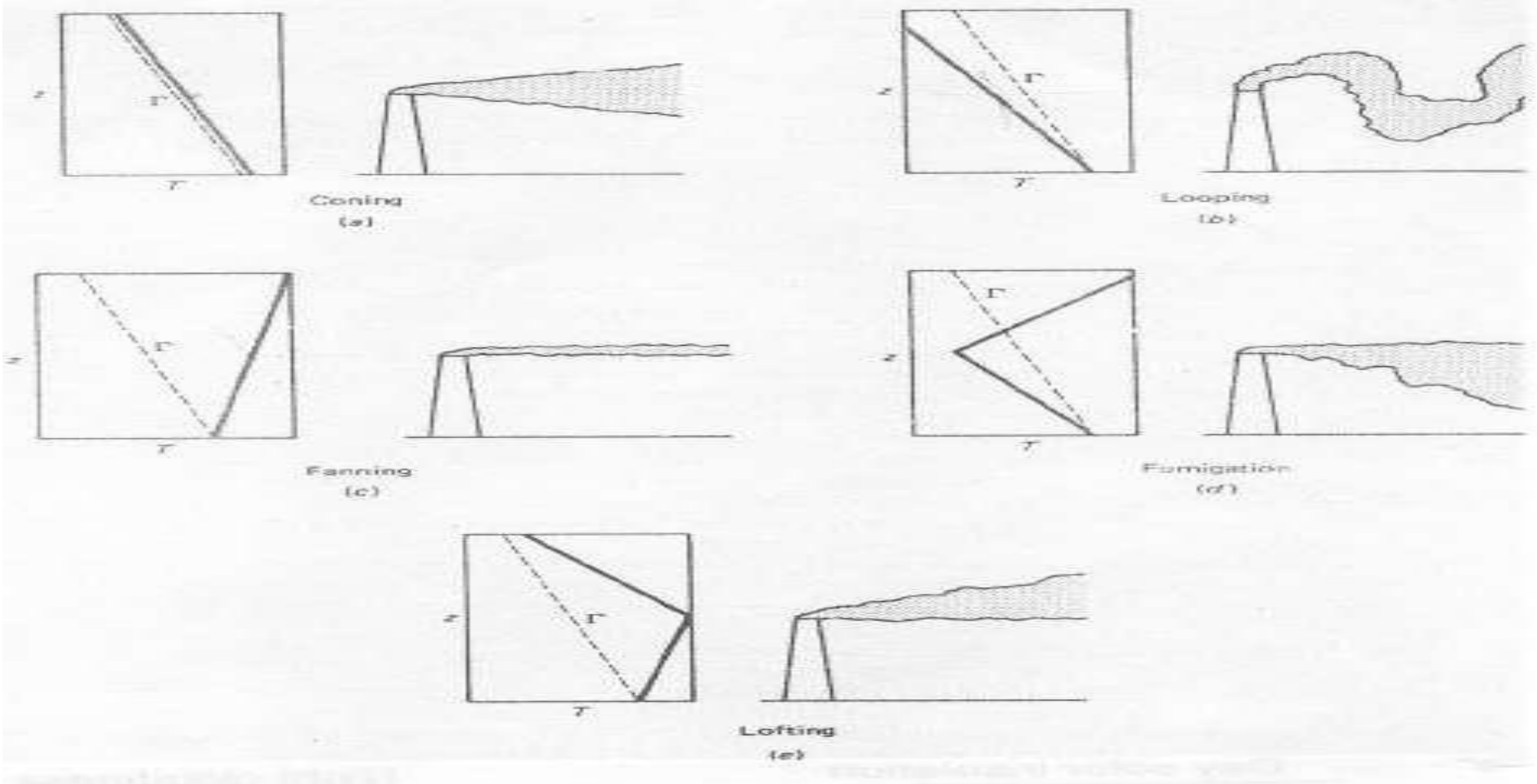


تدخين:





الاستقرارية الجوية و سلوكيات عمود الدخان:

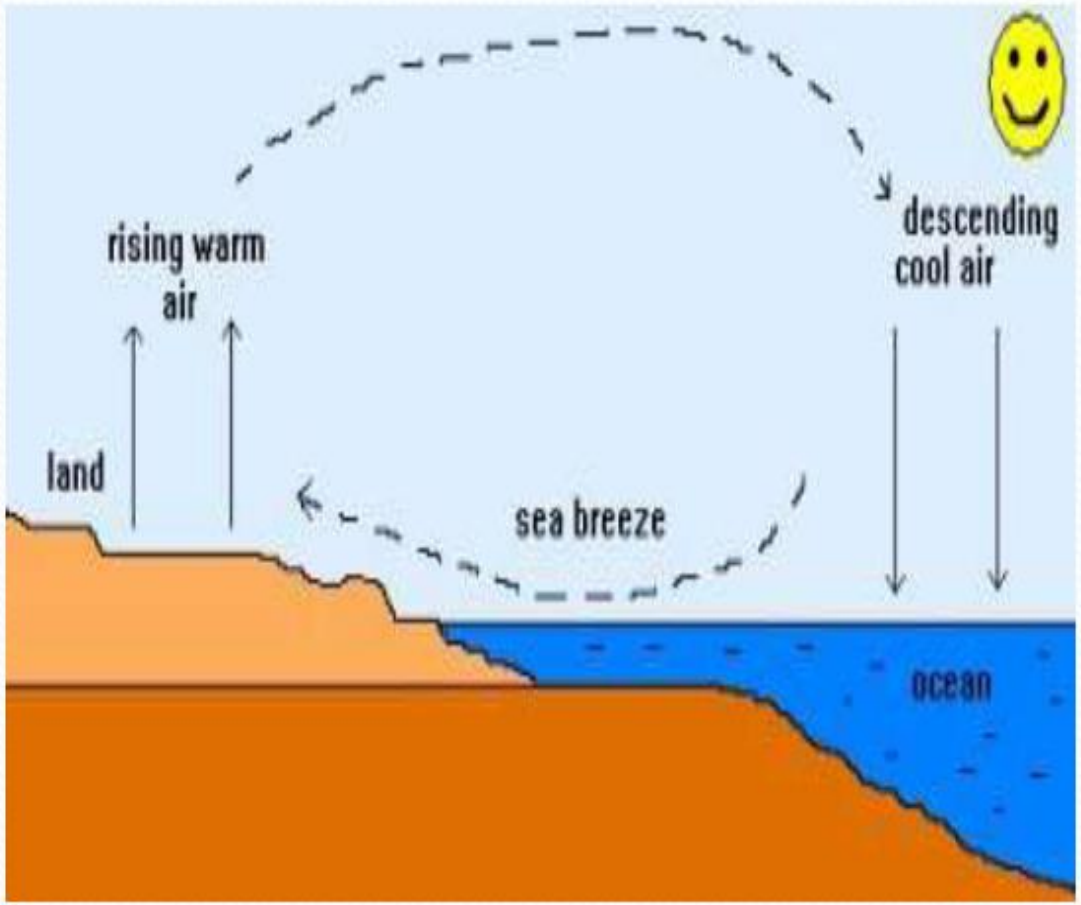


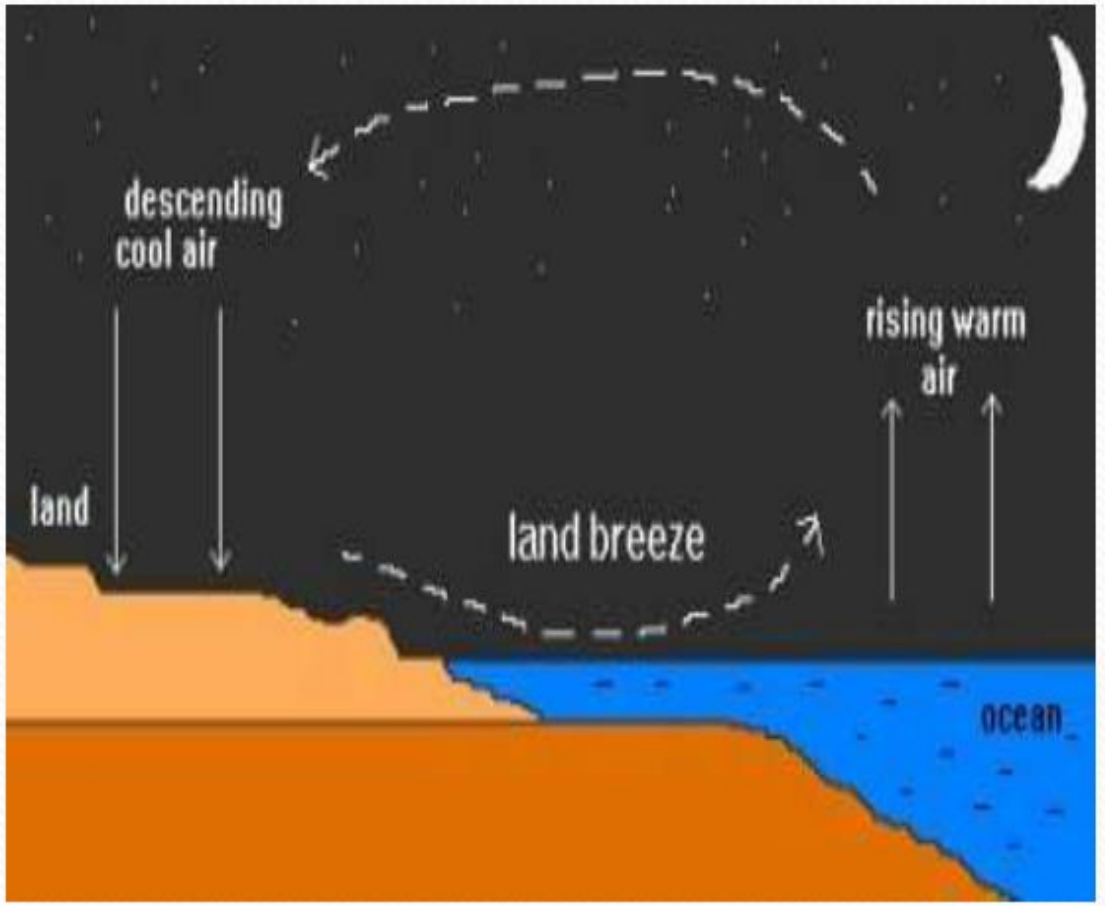
التأثيرات الطوبوغرافية (تأثير التضاريس):

يمكن أن تغير تضاريس سطح الأرض النمط العام لسرعة الرياح و الاتجاه، و يمكن ملاحظة العديد من الحالات:

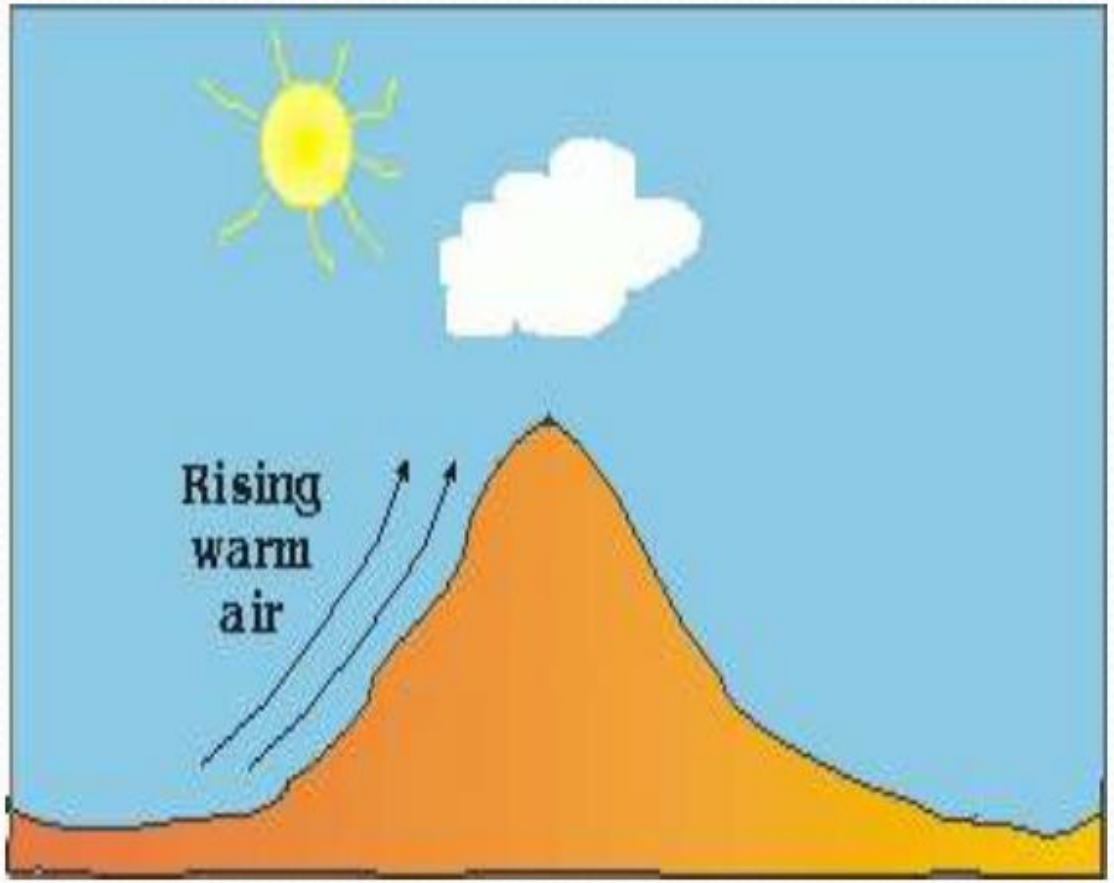
- نسيم البر و البحر.
- نظام رياح الوديان و الجبال.
- الجزيرة الحرارية.

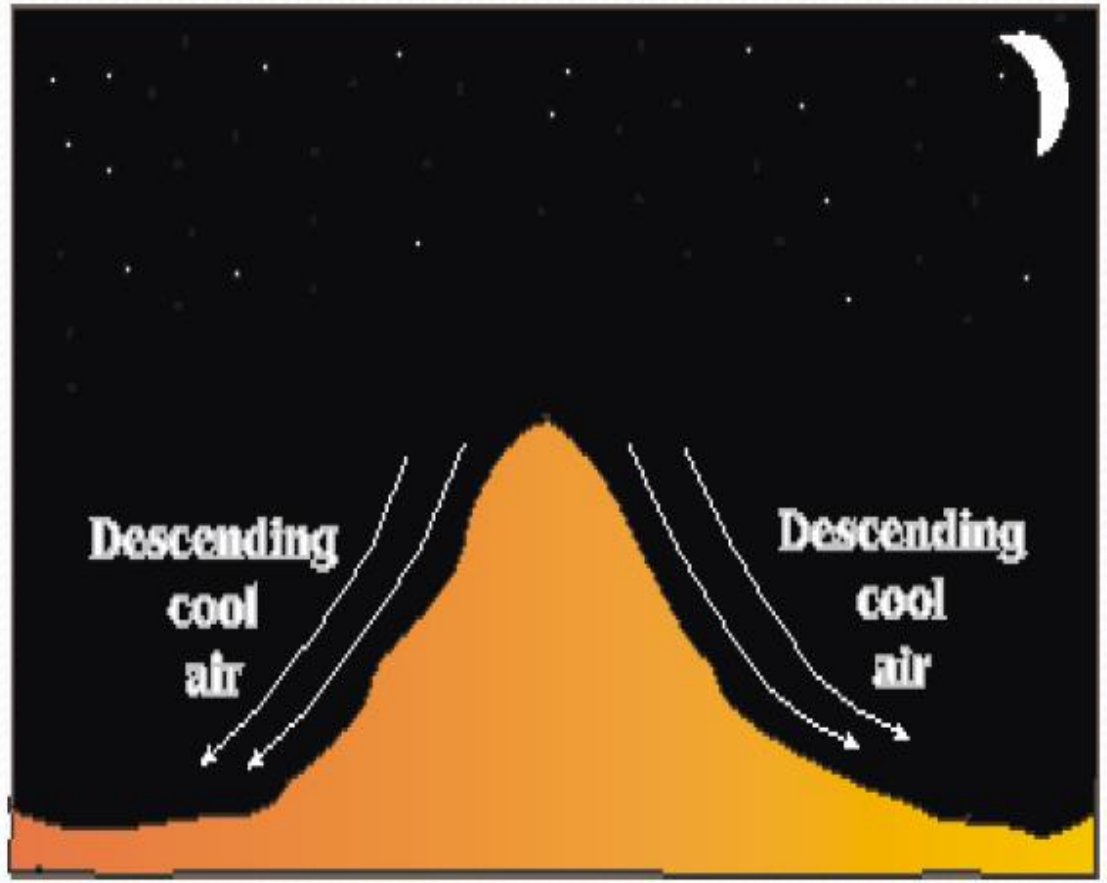
التأثير المعاكس المحتمل لنسيم البر و البحر هو أن التلوث الذي يتم إزالته من مكان محدد خلال النهار يمكن أن يعود في الليل.



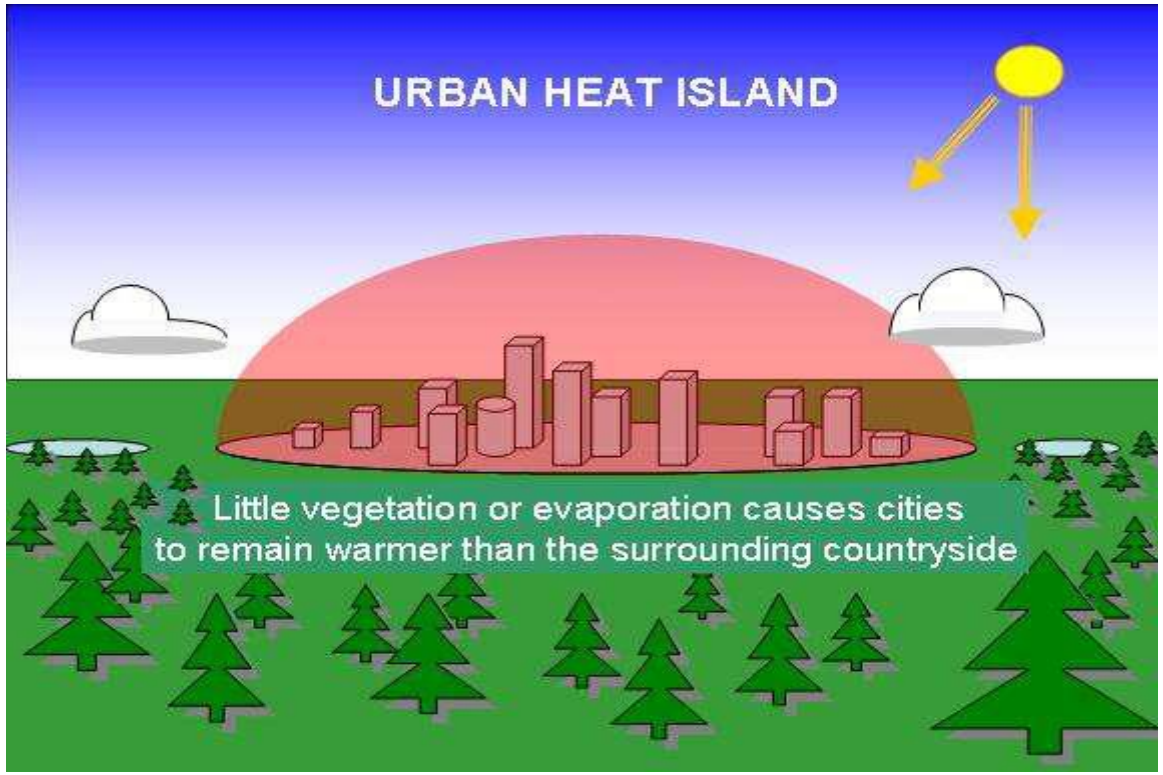


تتحرك الملوثات خلال النهار لأعلى الوادي فقط لتعود في الليل عندما تتغير الرياح باتجاه الطرف السفلي للوادي. يمكن أن تصل التراكيز إلى مستويات خطيرة في ظل هذه الظروف.





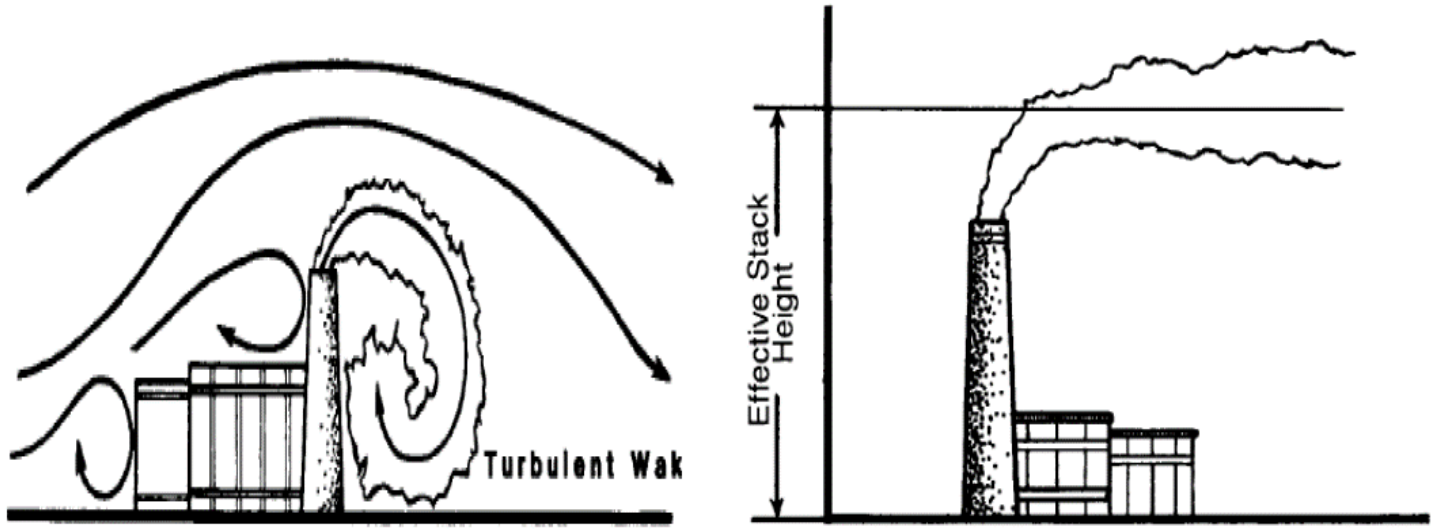
تنشأ الجزيرة الحرارية دورة جريان قائمة بحد ذاتها حيث لا تستطيع الملوثات الخروج منها.

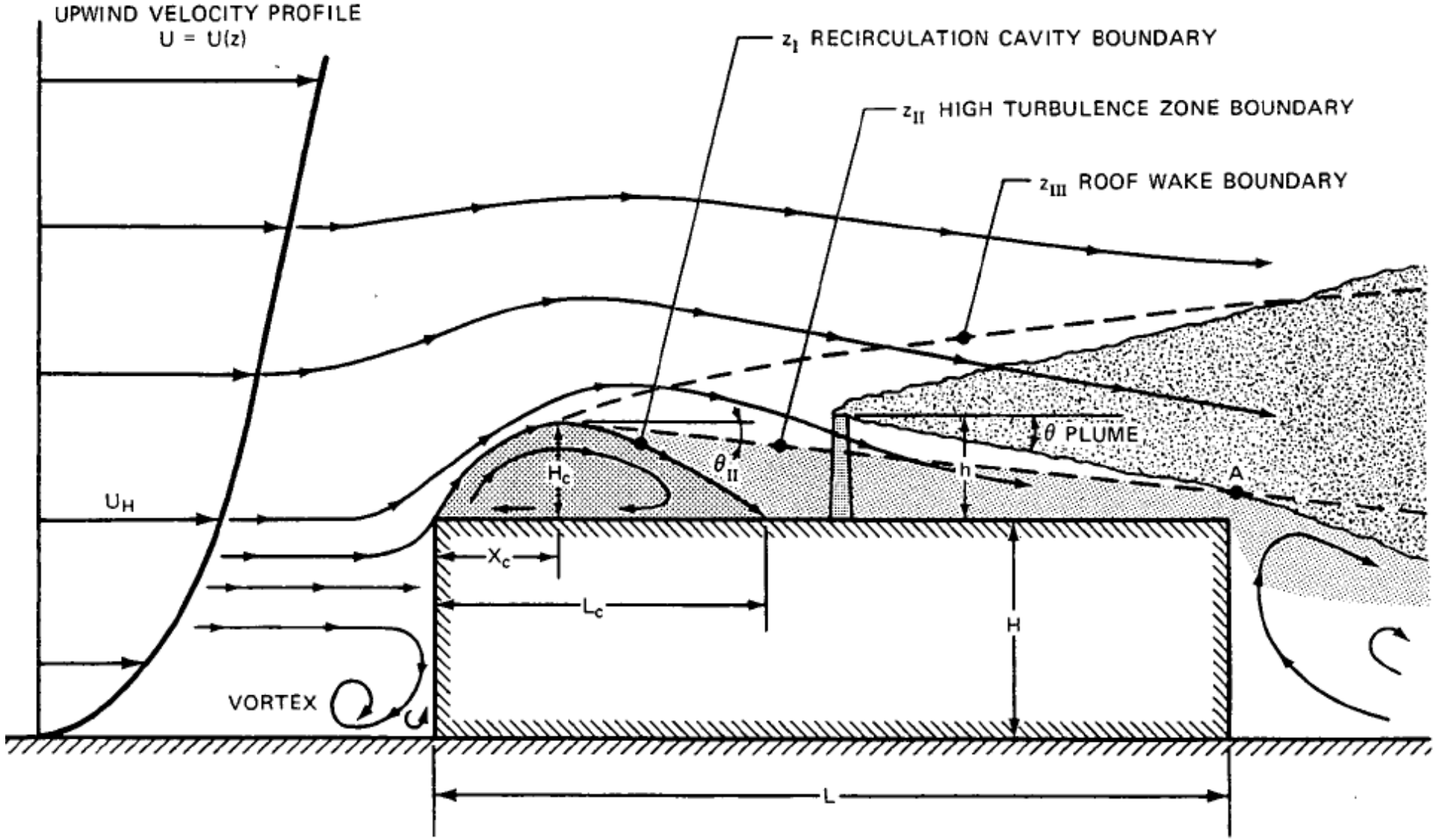


التأثير الديناميكي الهوائي للمنشآت و التضاريس:

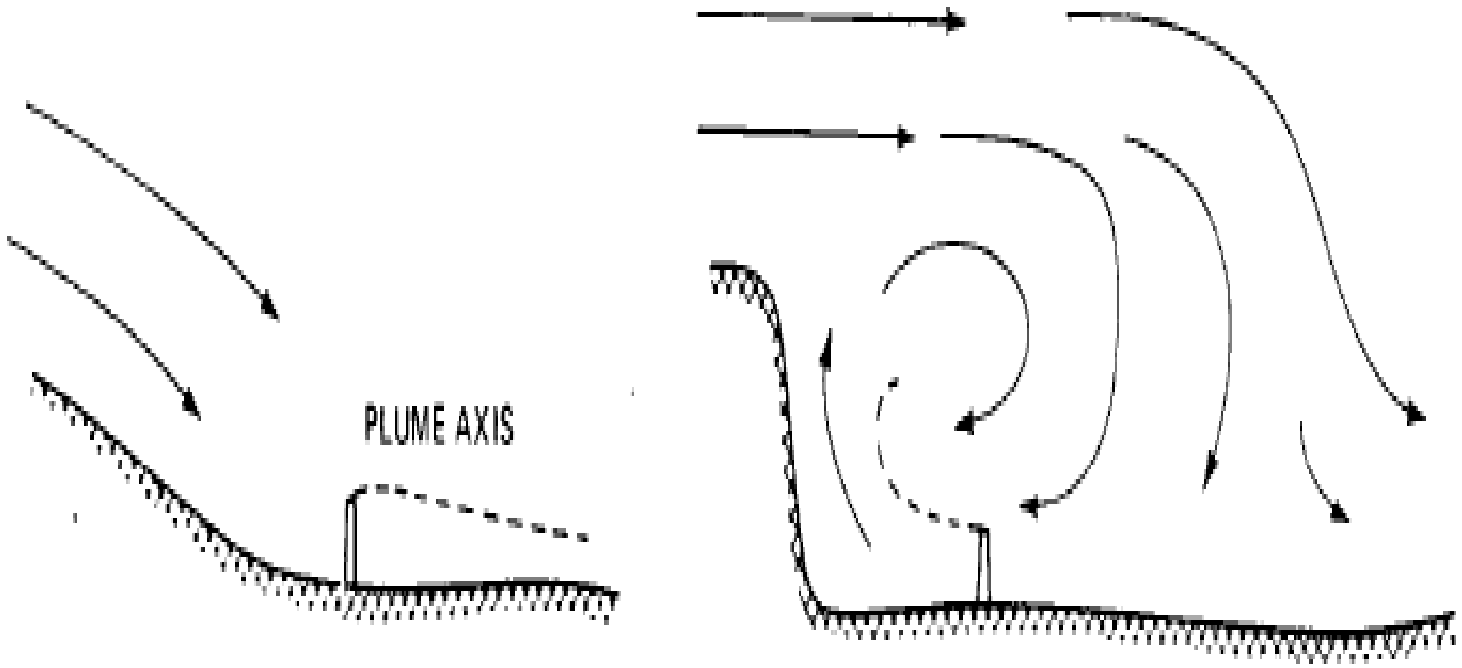
تأثير المباني على سلوك عمود الدخان:

بحالة وجود مدخنة قصيرة كمصدر فإن خصائص تدفق حركة الرياح فوق المباني يمكن أن تحفز حدوث انجراف في الطرف غير المعرض للرياح ليرسم عمود دخان على الأرض قرب المصدر. يمكن التخفيف من مشكلة الانجراف هذه عن طريق استخدام مدخنة أطول. و كقاعدة تشغيلية يجب أن يكون ارتفاع المدخنة ضعف ارتفاع المباني المجاورة على الأقل.

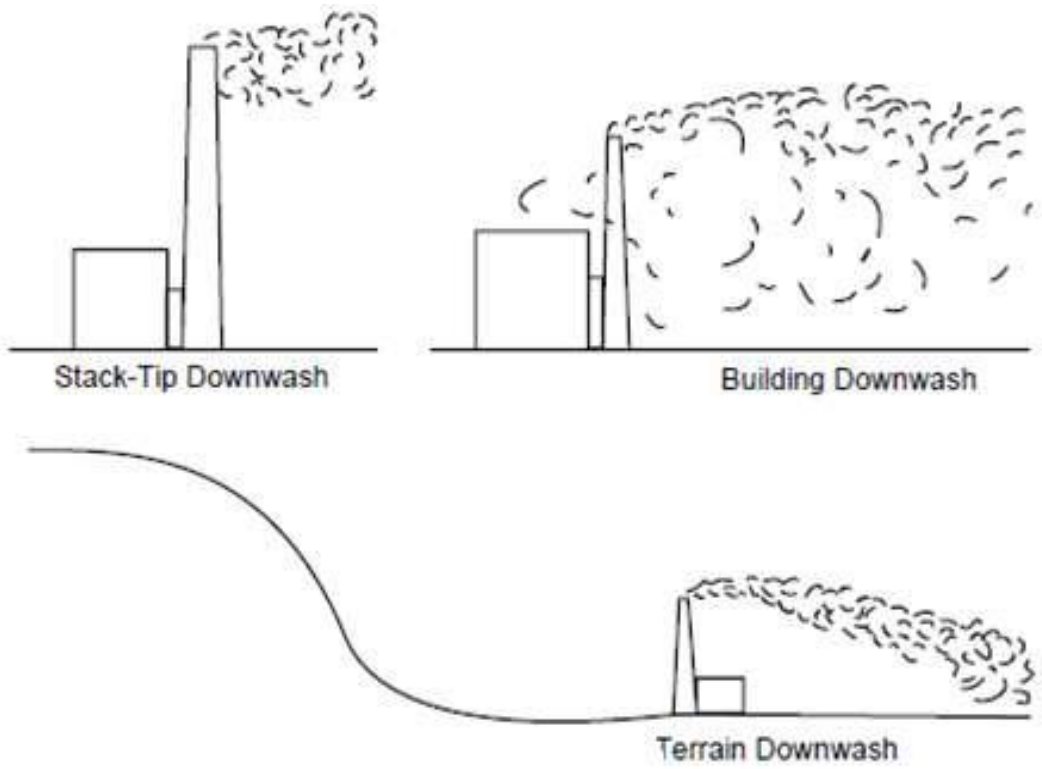



UPWIND VELOCITY PROFILE
U = U(z)
z_I RECIRCULATION CAVITY BOUNDARY
z_{II} HIGH TURBULENCE ZONE BOUNDARY
z_{III} ROOF WAKE BOUNDARY
θ PLUME
θ_{II}
H_c
h
A
U_H
X_c
L_c
H
VORTEX
L

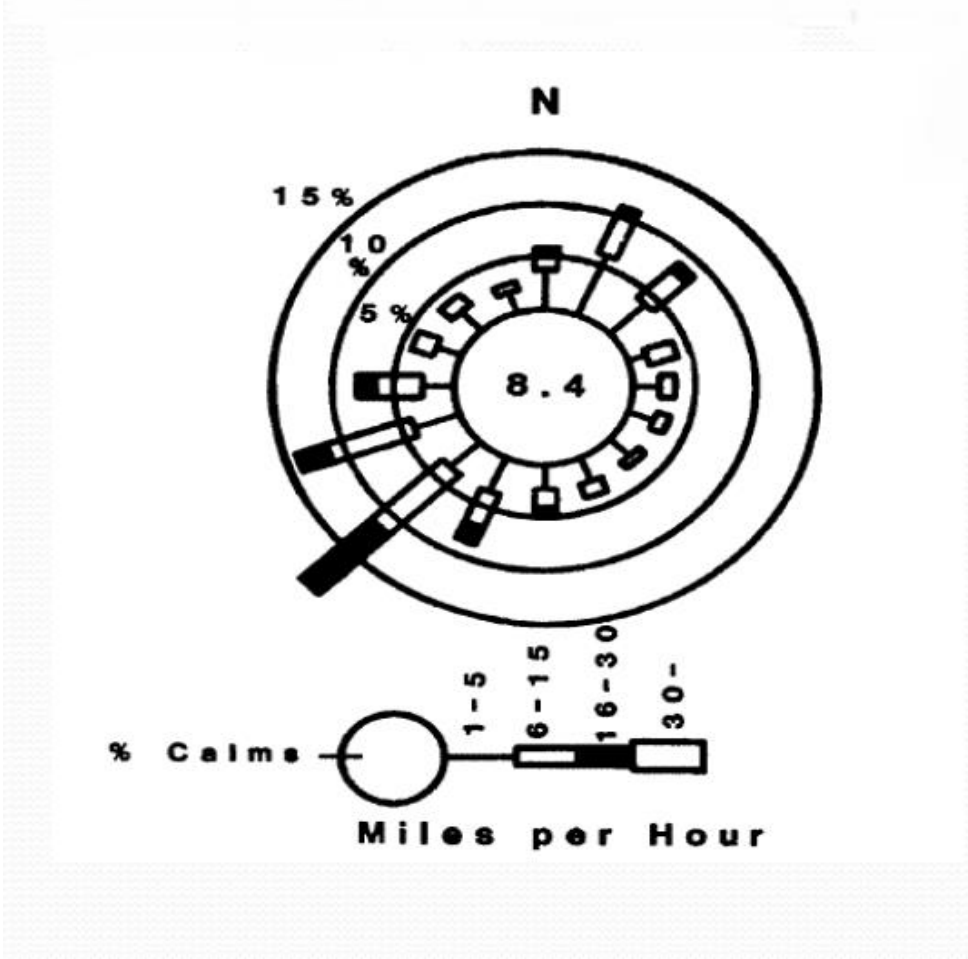
سلوك عمود الدخان في الوديان:

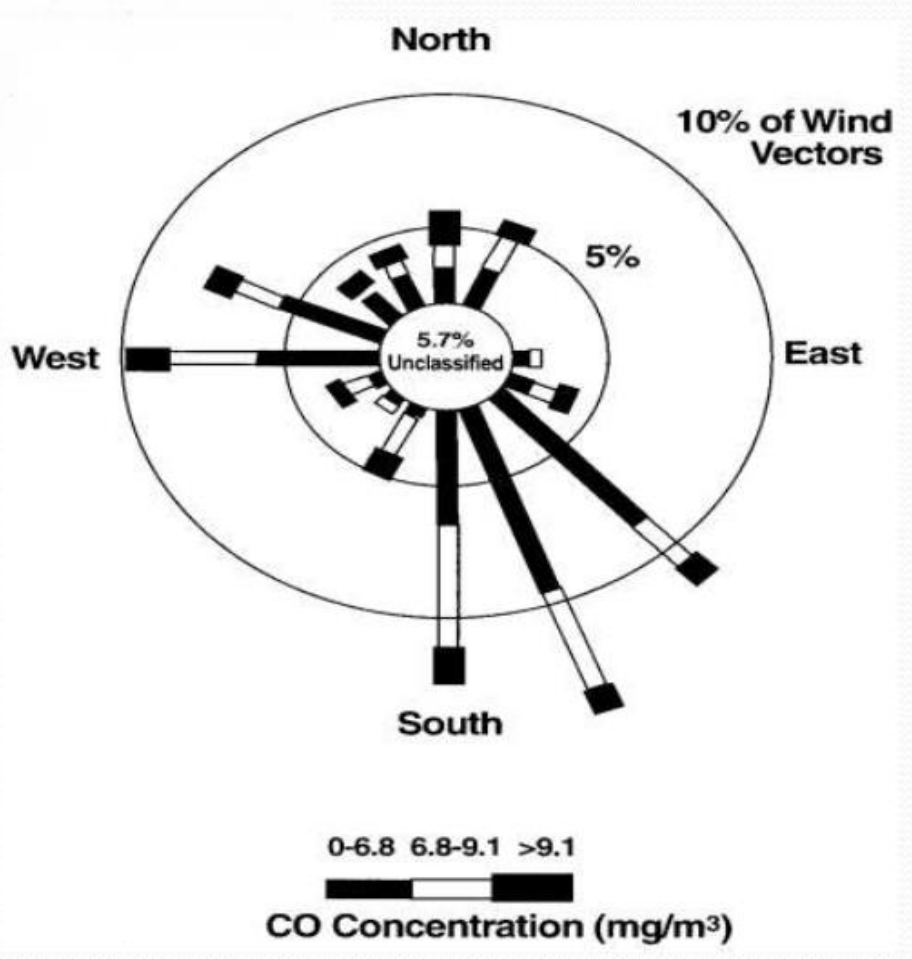


الانجراف:



وردة الرياح و وردة التلوث:





تشتت ملوثات الهواء:

يوجد العديد من النماذج المتاحة للتنبؤ بتركيز اتجاه الرياح من المصدر:

- النماذج قصيرة الأمد: تستخدم لحساب تراكيز الملوثات على مدى عدة ساعات أو أيام. تتطلب فهم مفصل للتفاعلات الكيميائية و العمليات الجوية بالترتيب خلال الدقائق و الساعات. يمكن استخدام هذه النماذج للتنبؤ بظروف أسوء الحالات و غالباً ما تستخدم من قبل الهيئات التنظيمية كأساس لاستراتيجيات التحكم.
- النماذج طويلة الأمد: تصمم للتنبؤ بمتوسط التراكيز الفصلية أو السنوية و التي قد تكون مفيدة أثناء دراسة التأثيرات الصحية الممكنة.
- النماذج غير التفاعلية: يتم تطبيقها على ملوثات مثل CO و SO_2.
- النماذج التفاعلية: يتم تطبيقها على ملوثات كيمياضوئية مثل O_3.
- النماذج المتقدمة: تم تطويرها لمشاكل مثل التلوث الكيمياضوئي، التشتت في التضاريس المعقدة، الانتقال طويل المدى، و المصادر النقطية فوق التضاريس غير المستوية.

- النماذج الأكثر استخداماً للتنبؤ بتأثير الغازات الخاملة نسبياً المنبعثة من المداخن بناءاً على توزيع غاوس.

- في نماذج عمود دخان غاوس يفترض أن تراكيز الملوثات المرتبطة بعمود دخان ينفث بشكل مستمر تتناسب بشكل طردي مع معدل الانبعاث و تتناسب بشكل عكسي سرعة الرياح. يفترض أيضاً أنه نتيجة انتشار تراكيز الملوثات الجزيئي في الأبعاد الأفقية و الشاقولية لعمود الدخان سيتم توزيعها بشكل طبيعي. تفترض هذه النماذج أن الملوثات لا تخضع لتفاعل كيميائي كبير أو تزال عندما تنتقل بعيداً عن المصدر، و بينما يكبر عمود الدخان شاقولياً فإنه ينعكس بشكل متساوي باتجاه مركز عمود الدخان.

انبعاث مصدر نقطي عند مستوى الأرض:

$$C(x,y,z) = \frac{Q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} exp\left[\frac{y^2}{-2\sigma_y^2} + \frac{z^2}{-2\sigma_z^2}\right]$$

σ_z: الانحراف المعياري بالاتجاه z، متر.

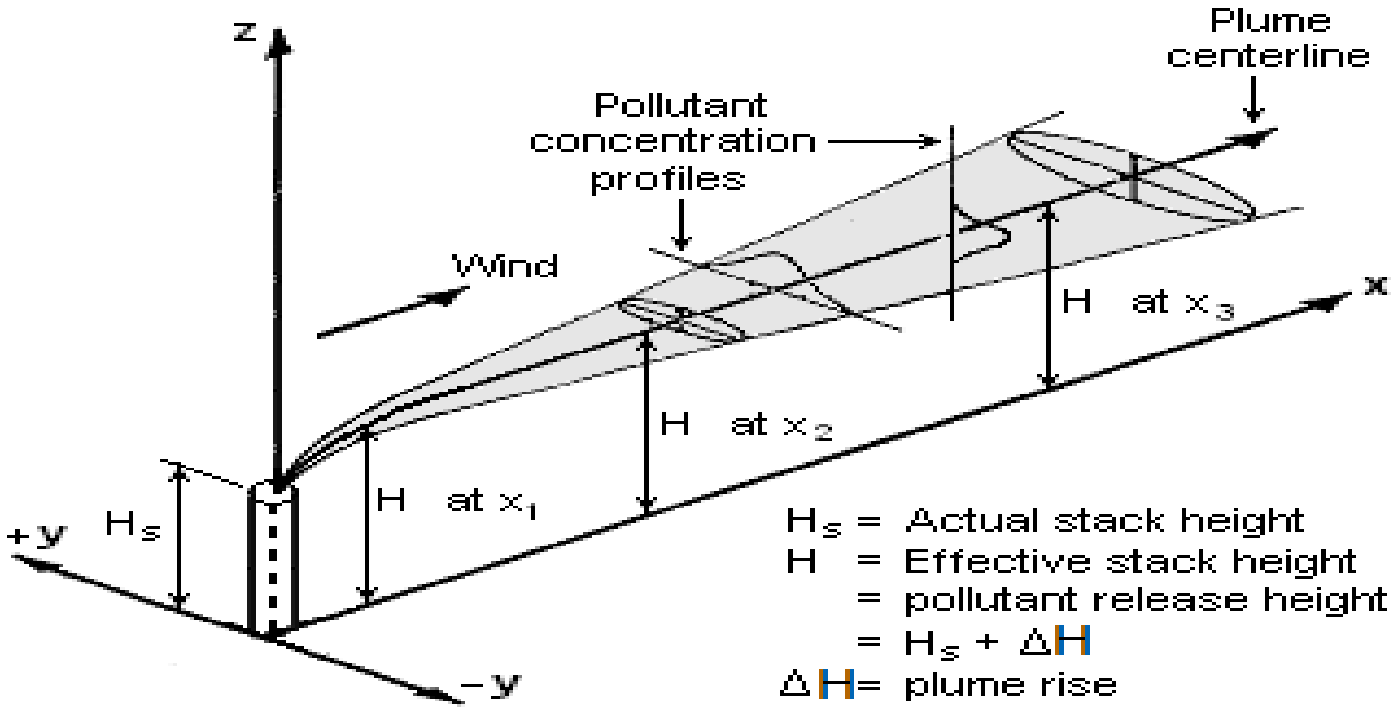
σ_y: الانحراف المعياري بالاتجاه y، متر.

U: متوسط سرعة الرياح: متر/ثانية.

C: التركيز، µغ/م^3.

Q: معدل الانبعاث، µغ/ثانية.

انبعاث مصدر نقطي على مستوى مرتفع:



توزيع غاوس.

انبعاث مصدر نقطي على مستوى مرتفع:

$$C(x,y,z,H)=\frac{Q}{2\pi u\sigma_y\,\sigma_z}exp\left[-1/2\frac{y^2}{\sigma_y^2}\right]\left\{exp\left[-1/2\frac{(z-H)^2}{\sigma_z^2}\right]+exp\left[-1/2\frac{(z+H)^2}{\sigma_z^2}\right]\right\}$$

σ_z: الانحراف المعياري بالاتجاه z، متر.

σ_y: الانحراف المعياري بالاتجاه y، متر.

U: متوسط سرعة الرياح: متر/ثانية.

C: التركيز، μغ/م^3.

Q: معدل الانبعاث، μغ/ثانية.

H: ارتفاع المدخنة الفعال $H=\Delta H+Hs$، متر.

التركيز عند مستوى الأرض:

$$C(x,y,0,H) = \frac{Q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} exp\left[-1/2 \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right] \exp\left[-1/2 \frac{H^2}{\sigma_z^2}\right]$$

التركيز عند خط المركز:

$$C(x,0,0,H) = \frac{Q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} exp\left[-1/2 \frac{H^2}{\sigma_z^2}\right]$$

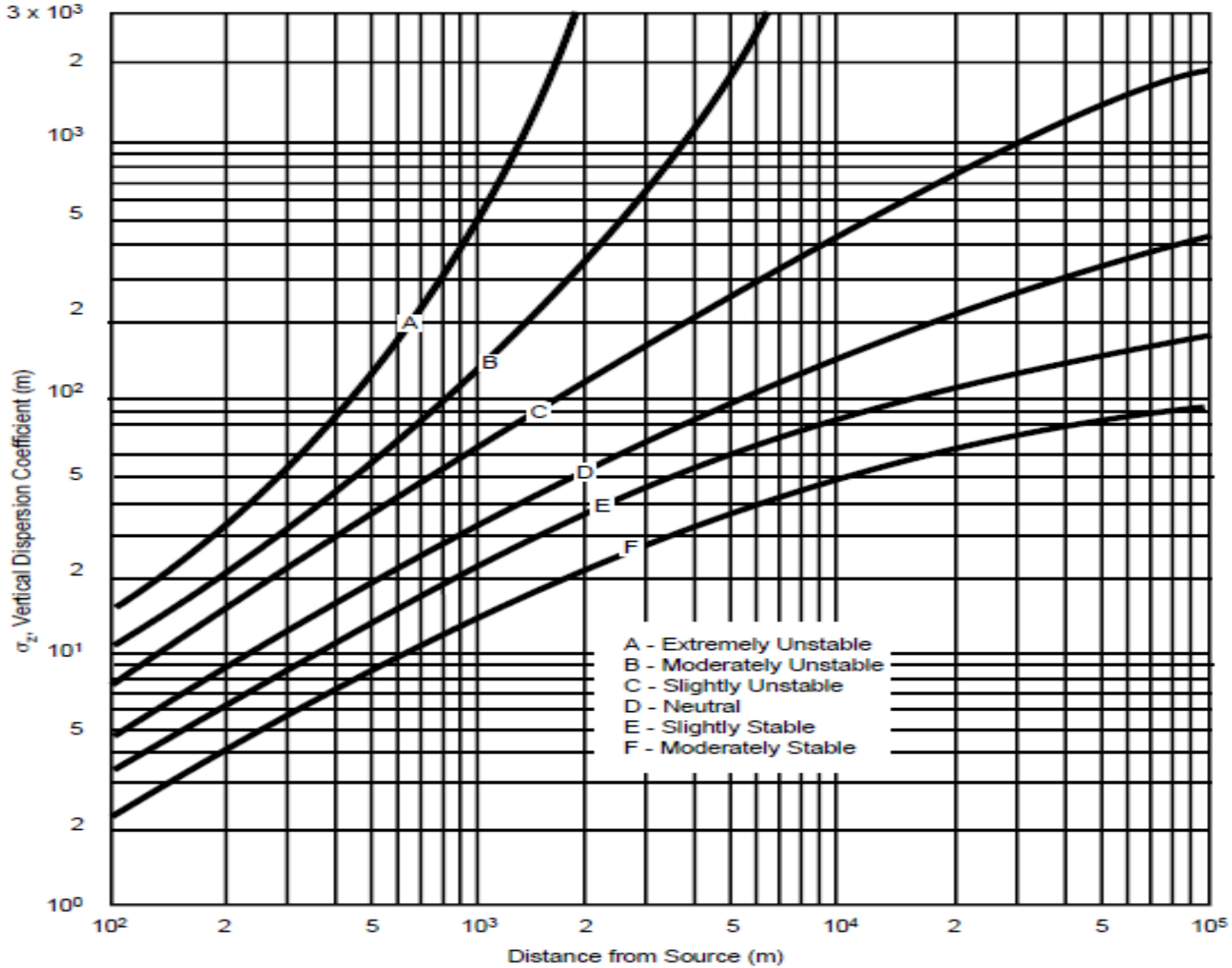
التركيز الأعظمي عندما: $\boldsymbol{\sigma_z = \frac{H}{\sqrt{2}}}$

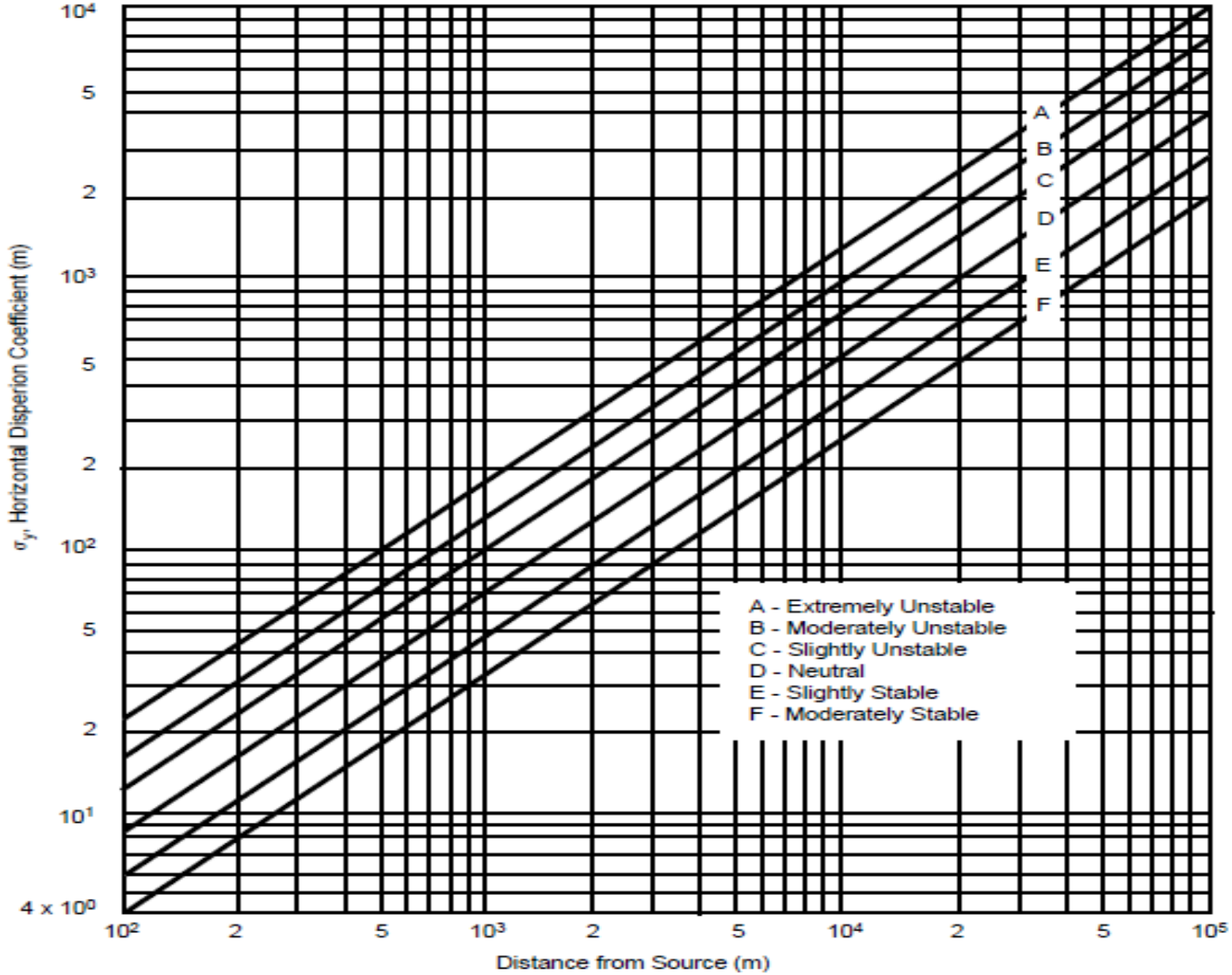
$$C_{max} = \frac{2Q\sigma_z}{\pi u e \sigma_z H^2}$$

أصناف الاستقرار لتحديد معاملات التشتت:

Wind speed, 10 m (m/sec)	Day Incoming solar radiation			Night Cloud Cover	
	Strong	Moderate	Slight	Mostly Overcast	Mostly Clear
<2	A	A–B	B	E	F
2–3	A–B	B	C	D	E
3–5	B	B–C	C	D	D
>6	C	D	D	D	D

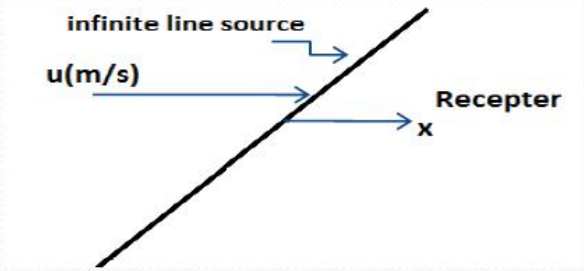
معاملات تشتت باسكويل (From Turner, D, B 1969. workbook or Atmospheric Dispersion Estimates. EPA Publication No. AP-26).


3 x 10³
2
10³
5
2
10²
5
2
10¹
5
2
10⁰
σz, Vertical Dispersion Coefficient (m)
A
B
C
D
E
F
A - Extremely Unstable
B - Moderately Unstable
C - Slightly Unstable
D - Neutral
E - Slightly Stable
F - Moderately Stable
10²
2
5
10³
2
5
10⁴
2
5
10⁵
Distance from Source (m)


10^4
5
2
10^3
5
2
10^2
5
2
10^1
4×10^0
σ_y, Horizontal Disperion Coefficient (m)
A
B
C
D
E
F
A - Extremely Unstable
B - Moderately Unstable
C - Slightly Unstable
D - Neutral
E - Slightly Stable
F - Moderately Stable
10^2
2
5
10^3
2
5
10^4
2
5
10^5
Distance from Source (m)

نموذج تشتت مصدر خطي (مصدر خطي غير منته):

غالباً يمكن تمثيل مصدر خطي غير منته من خلال سلسلة من الصناعات الواقعة على طول نهر أو طريق يبعث الملوثات بشكل مستمر نتيجة حركة مرور كثيفة.



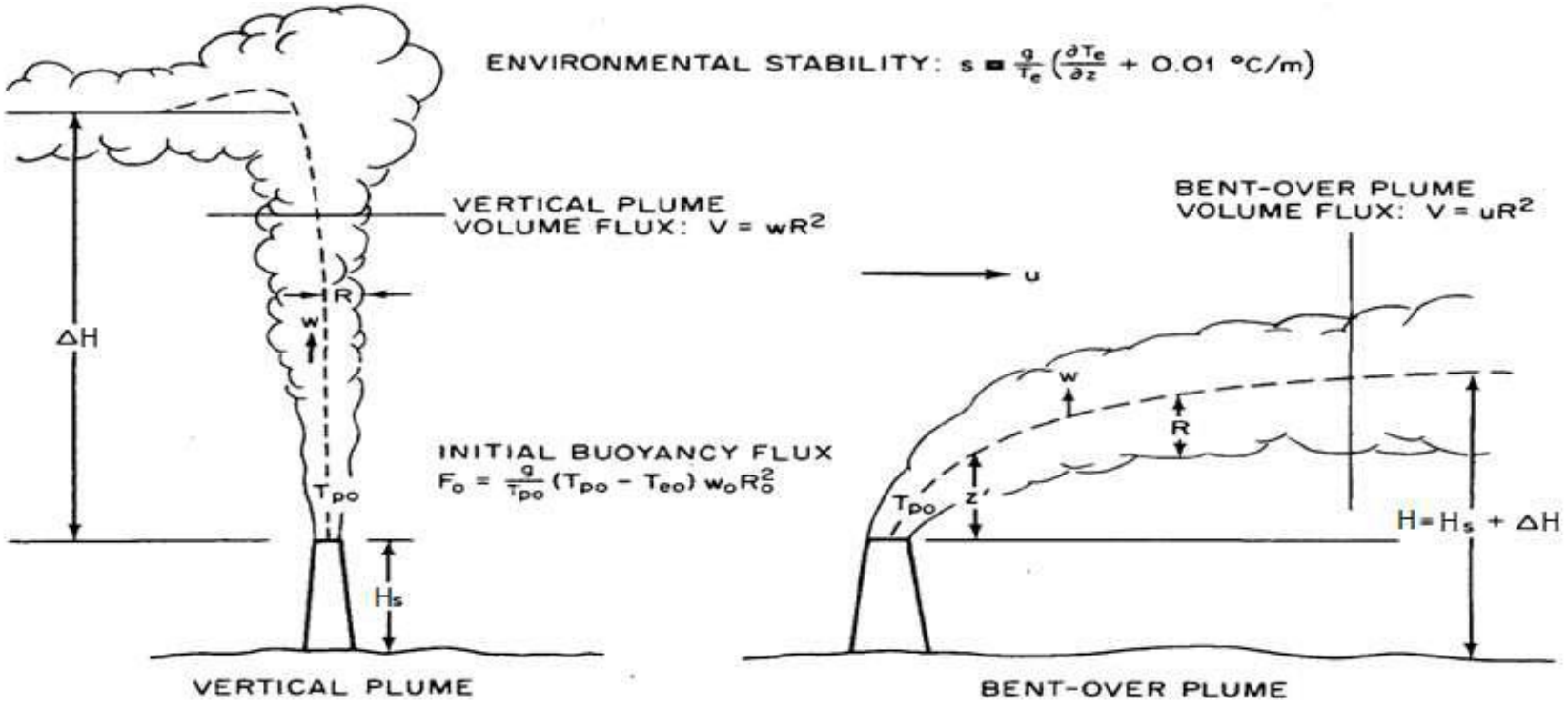
إذا اعتبرنا أن اتجاه الرياح ناظمي على خط الانبعاث (y)، فإن تركيز مستوى الأرض باتجاه الرياح لمصدر يبعث على ارتفاع H يعطى بالعلاقة التالية:

$$C(x,y,0,H)=\frac{2q}{(2\pi)^{1/2}\,u\sigma_z}\,exp\left[-1/2\left(\frac{H}{\sigma_z}\right)^2\right]$$

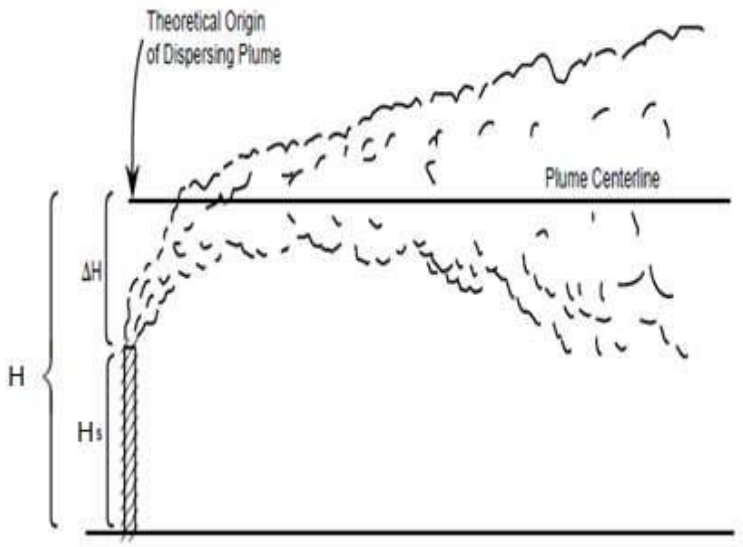
q: قوة المصدر بواحدة المسافة، μغرام/ثانية.متر.

ارتفاع عمود الدخان ΔH:

يزداد ارتفاع عمود الدخان H بنسبة 10-200%:



صيغة بريغز:



- من أجل الحالة غير المستقرة (A, B,C) و الحالة الحيادية D عندما x<xf:

Xf= مسافة اتجاه الرياح/ ارتفاع عود الدخان النهائي.

$$\Delta H = \frac{1.6\, F^{1/3}\ (x_f)^{2/3}}{u}$$

u= سرعة الرياح عند طرف المدخنة، متر/ثانية.

F= معامل تدفق الطفو، م^4/ثا^3.

$$F = g V_s r_s^2 \frac{Ts - \mathrm{Ta}}{Ts}$$

$$x_F = 2.16\, F^{0.4}\ H_S^{0.6} \quad \text{for} \quad H_s < 305 \ \text{m}$$

$$x_F = 674^{0.4} \quad \text{for} \quad H_s > 305 \ \text{m}$$

V_s= سرعة مخرج المدخنة، /ثانية.

r_s= نصف قطر طرف المدخنة، متر.

T_s= درجة حرارة المدخنة، درجة كلفن.

T_a= درجة حرارة الهواء، درجة كلفن.

عندما X<Xf:

$$\Delta H = \frac{1.6\,F^{1/3}\;\;(x_f)^{2/3}}{u}\left[0.4 + 0.6\frac{x}{x_f} + 2.2\left(\frac{x}{x_f}\right)^2\right](1 + 0.8\frac{x}{x_f})^{-2}$$

- من أجل محطات توليد الطاقة على الوقود الأحفوري بحرارة انبعاث < 20 ميغاواط:

$$\Delta H = \frac{1.6\,F^{1/3}\;\;X_F^{2/3}}{U}\;for\;X < 10H_s$$

$$\Delta H = \frac{1.6\,F^{1/3}\;\;(10H_S)^{2/3}}{U}\;for\;X > 10H_s$$

- من أجل الظروف المستقرة (E-F):

$$\Delta H = 2.4\left(\frac{F}{US}\right)^{1/3}$$

حيث:

$$S = \frac{g}{T_a}\left(\frac{\Delta T_a}{\Delta z} + 0.01\,^{\circ}C/_{m}\right)$$

مثال:

محطة طاقة باستطاعة 915 ميغاواط بعامل تحميل (سعة سنوية) 72.5% و كفاءة 40% من استخدام الزيت كمصدر للوقود. محتوى الكبريت في الزيت 1% و قيمة حرارية 30 ميغاجول/كغ. يبلغ طول طرف المدخنة 200 Hs متر بقطر 7 متر. إذا كانت الشروط السائدة محايدة (الفئة D)، يطلب تحديد التركيز الأعظمي ل SO2 عند مستوى الأرض و ذلك عند 1، 10، 100 كم عن المحطة. U_{10}=4 m/s, T_s= 150 °C, Ta= 20 °C, V_s= 15 m/s.

الحل:

$$C(x,0,0,H) = \frac{Q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} exp\left[-1/2 \frac{H^2}{\sigma_z^2}\right]$$

915MW=915MJ/s =3294*10³ MJ/hr

Efficiency = (Power output)/(Power input) *100

$$= \frac{3294 * 10^3 \left(\frac{MJ}{hr}\right) * 0.725}{oil \left(\frac{kg}{hr}\right) * 30\left(\frac{MJ}{kg}\right)} * 100 = 40$$

Oil required= 199*10³ kg/hr =199 ton/hr

$$\frac{1}{100} * 199 = 1.99 \frac{ton}{hr} sulpher$$

$$S + O_2 \longrightarrow SO_2$$

32 64

1.99*2=3.9 ton/hr SO_2

Q(emission rate) of SO_2=1.1(kg/s)=1.1*10⁹ (µg/s)

Estimation of ΔH

using Briggs equation for neutral conditions, then:

$$\Delta H = \frac{1.6\, F^{1/3}\ X_F^{2/3}}{u} \quad for\ X < 10H_s$$ For X=1000m

$$\Delta H = \frac{1.6\, F^{1/3}\ (10H_s)^{2/3}}{u} \quad for\ X > 10H_s$$ For x =10000m and 100000m

$$F = gV_s r_s^2 \frac{Ts - \mathrm{Ta}}{Ts}$$

$$F = 9.8(15)(3.5)^2 \left(\frac{423 - 293}{423}\right) = 553 \quad (m^3/s^3)$$

$$x_{F=2.16}\, F^{0.4}\ H_S^{0.6}$$

$$x_{F=2.16}\, (553)^{0.4}\ (200)^{0.6} = 648\ m$$

$$\Delta H = \frac{1.6\,(533)^{1/3}\;\;(648)^{2/3}}{u} = 150\,m \;\; For\; X = 1000m$$

$$\Delta H = \frac{1.6\,(533)^{1/3}\;\;(2000)^{2/3}}{u} = 320\,m \;\; For\; X = 10000m$$

Using the below equation to estimate the concentration:

$$C(x,0,0,H) = \frac{Q}{\pi u \sigma_y\, \sigma_z} exp\left[-1/2 \frac{H^2}{\sigma_z^2}\right]$$

$\sigma_y = 75$ m · $\sigma_z = 33$ m

Estimate u at effective stack height using power low $\frac{u}{u_{10}} = (\frac{z}{z_{10}})^{\alpha}$

$\alpha = 0.16\; for\; rural\; terrain$

$u = 4(\frac{350}{10})^{0.16} = 7m/s$

$$C(1000,0,0,H) = \frac{1.1 * 10^9}{\pi(7)(75)(33)} exp\left[-1/2 \frac{(200+150)^2}{(33)^2}\right] = 9.7 * 10^{-21}\,\mu g/m^3$$

Calculate the concentration at x=10000 and 100000m

برامج كمبيوتر EPA لتنظيم الصناعة:

- نموذج المصدر الصناعي المركب:

أحد أكثر النماذج استخداماً لتقدير تراكيز الملوثات غير المتفاعلة داخل نصف قطر دائرة 10 ميل من المصدر هو برنامج المصدر الصناعي المركب قصير الأمد (ISCST3) الإصدار 3. يتضمن البرنامج قصير الأمد 1، 2، 3، 4، 6، 8، 12، و 24 ساعة. و هو نموذج غاوس لعمود الدخان الحالة المستقرة. لذلك فإن المعاملات مثل الشروط الجوية و معدل الانبعاث ثابتة خلال عملية الحساب. يوجد أيضاً برنامج طويل الأمد ISCLT.

- نماذج الفحص:

عندما توجد عدة مصادر للانبعاث غير كبيرة جداً من المفيد عادة توظيف نموذج فحص. يتيح SCREEN3 دمج مجموعة من المصادر في مصدر واحد بحيث يمكنه الحساب من أجل التضاريس المرتفعة، انجراف المباني، و تغيرات سرعة الرياح بحالة الاضطراب.

- النماذج الجديدة:

CALPUFF هو نموذج تشتت في الحالة غير المستقرة، متعدد الطبقات، متعدد الأصناف يعرض عمود الدخان كسلسلة من الانبعاثات و هو نموذج جديد قيد الدراسة. يحاكي هذا النموذج الزمان و المكان، الظروف الجوية المختلفة أثناء انتقال الملوثات، التفاعل الكيميائي، و الإزالة. و يمكن تطبيقه من حوالي 100 قدم باتجاه الرياح إلى عدة مئات الأميال. نموذج جمعية الأرصاد الجوية الأمريكية/ وكالة حماية البيئة (AERMOD) هو نموذج معدل قيد التطوير حالياً في EPA كملحق ل ISCST3 للأغراض التنظيمية.

Custom Environmental Soft ×

www.breeze-software.com/software/

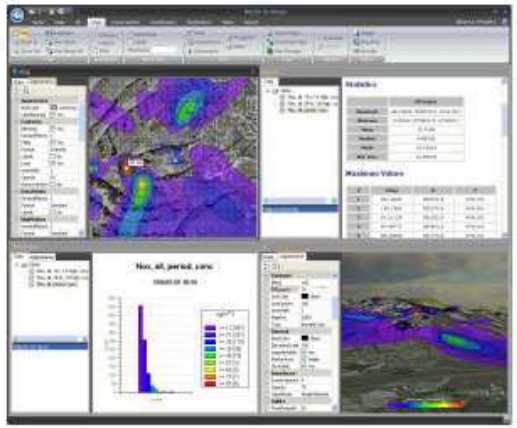
Home > Software

Menu

- BREEZE Software
  - How to Choose
  - Air Dispersion
  - Hazardous Release
  - Explosion
  - High Performance
  - Custom Applications
  - Mobile Solutions

BREEZE Software

BREEZE software products are used by environmental professionals worldwide to analyze the effects of air pollutant emissions and explosions. BREEZE is easy to learn and use because it adheres to Microsoft® standards for intuitive, uniform graphical user interfaces, and features standardized toolbars, views, menus, commands, and dialog boxes.



BREEZE software falls into the following categories:

- Air Dispersion - air quality modeling applications developed to primarily address continuously released emissions from a wide variety of sources.
- Risk Assessment - human health and ecological risk assessment modeling suite developed to perform multi-media fate and transport and exposure modeling for estimating potential adverse impacts to human health and ecological receptors.
- Hazardous Release - modeling applications that address the accidental or unintended release of chemicals into the atmosphere. Many of these models are used in emergency response planning / response.
- Explosion - sophisticated high explosive and vapor cloud explosive and damage assessment models used to evaluate the vulnerabilities of virtually any type of structure. These models are often used to mitigate the effects of a terrorist attack.
- High Performance - models and services utilizing parallel processing and cluster modeling techniques to significantly enhance runtime performance.
- Mobile Solutions - turn handheld devices into powerful, economical tools for EH&S and maintenance data gathering and reporting.

Most BREEZE products include an integrated Geographic Information System (GIS). This intuitive data analysis and visualization interface tool enables modeled objects and results to interact and be displayed with a variety of geophysical data. AutoCAD® .dxf files and images in standard file formats (e.g., .bmp, .gif, .tif) can be imported into BREEZE software and used as base maps for easy visualization of affected areas.

Many BREEZE applications are based on U.S. government models, such as the U.S. Environmental Protection Agency's AERMOD and CALPUFF models. BREEZE makes these models easy to use. But we don't just stop at putting a wrapper around a Fortran executable. We often enhance the applications with features and functionality requested by our users.

Air Dispersion

SCREEN3
AERSCREEN
AERMOD
AERMOD Parallel
AERMET Pro

Hazardous Release Explosion

Incident Analyst
LFG Fire / Risk
HEXDAM®
VEXDAM
VASDIP

High Performance

AERMOD Parallel
AERMOD Remote Modeling

Mobile Solutions

VEMS Tool
QuickList Tool
More Mobile Tools

www.breeze-software.com/software

Custom Environme....htm

Show all downloads...

EN 11:56 AM 2/24/2012

شكراً لكم.