الفصل السادس

الملوثات الكربونية

واقعها وآثارها البيئية الحالية والمستقبلية

مقدمة :

أولاً : خصائص ومصادر الملوثات.

ثانياً : معدلات التلوث .

ثالثاً : مستويات التلوث الطارئة .

١ - الدورة اليومية للملوثات .

٢ - التركيزات القصوى .

خلاصة الفصل.

توطئة

يتناول هذا الفصل التلوث بالغازات الكربونية كمجموعة من الملوثات تنتج بشكل أساسى من وسائل النقل المختلفة ، ويبحث مستوى التلوث بأول أكسيد الكربون والهيدروكربونات على المدى القصير والبعيد فى ضوء تفهم العلاقة المركبة والمتداخلة بين خصائصهما الطبيعية والكيميائية ، ومصادر انبعاثها ، وأحوال الطقس والمناخ بالمنطقة .

ويدرس الدورة اليومية للتلوث وعلاقتها بالحركة المرورية من ناحية ، واتجاه الرياح الذى يتحكم فى إمكانية نقل الملوثات من مصادرها إلى محطات الرصد البيئى من ناحية أخرى ، ويهدف إلى تقييم درجة خطورتها على أساس المقاييس المحلية والعالمية أيضاً .

وكذا تحديد الآثار البيئية المحلية التى ينذر بها مستوى التلوث بالهيدروكربونات .

مقدمة :

تعد الحركة النقلية المصدر الرئيسة لانبعاث أكسيد الكربون والهيدروكربونات بوصفهما أهم الملوثات الكربونية ، إذ تعد وسائل النقل بأنواعها المختلفة مسئولة عن أكثر من ثلثى التلوث بغاز أول أكسيد الكربون من إجمالى كميته الناتجة عن نساط الإنسان وحركته ومدنيته أيضاً . وترتفع أيضا مساهمتها لتتجاوز مثلاً ٧٠% من كميته في مدينة الجبيل .

ولذا يمكن القول بأن مستوى التلوث بالغازات الكربونية يعد مؤشراً - وإن كان بطريق غير مباشر - للنمو السكانى والتوسع العمرانى وما يرتبط بهما من استخدام كثيف فى وسائل النقل بأشكالها المتعددة ، وقد دعا ذلك إلى دراسة هذا النوع من الملوثات مباشرة بعد فحص أنماط الحركة النقلية وكثافتها وكذا النمو العمرانى والسكانى للمنطقة بهدف إستوضاح أبعاد العلاقة بينهما وجوانبها تحت تأثير فاعليات عناصر الطقس والمناخ فى توزيع هذه الملوثات وتحديد درجة تركيزاتها فى المنطقة .

ويمكن دراسة ملامح التلوث بالغازات الكربونية من خلال العناصر التالية :

- خصائص ومصادر الملوثات الكربونية
- معدلات التلوث
- مستويات التلوث الطارئة .

أولاً : خصائص ومصادر الملوثات الكربونية

يحتوى الغلاف الجوى فى طبقة التروبوسفير على كمية من الكربون تصل إلى ٧٠٠ ألف مليون طن من الكربون فى صورة أول أكسيد الكربون (Co) Carbon Monoxide وثانى أكسيد الكربون Carbon Dioxide (CO2) . وتحتوى التربة أيضاً على كمية تصل إلى ٤٥٠ ألف مليون طن من الكربون الناتج عن تحلل بقايا الكائنات الحية (أمين ، سنة ١٩٨٤ . ص ٤٠).

ويحدث توازن – فى حالات عدم تلوث الهواء – بين ما يتصاعد إلى الغلاف الجزى من الكربون الناتج عن التنفس والتحلل وبين ما تمتصه النباتات لتقوم بعملية التمثيل الضوئى [1] .

ويوجد غاز أول أكسيد الكربون فى هواء طبقة التروبوسفير فى نصف الكرة الشمالى بتركيز يتراوح بين صفر و ١٥ جزءً فى المليون [2] (جدول ٢٧). ويختلف تركيزه من مكان لآخر على سطح الكرة الأرضية . حيث يتراوح فى شمال المحيط الأطلنطي بين ٠,٠٨ و ٠,٢٢ جزءً فى المليون ، ويبلغ جنوب المحيط الهادى حوالى ٠,٠٦ جزء فى المليون (مكتب التربية العربى لدول

---

[1] هناك دورة مستمرة بين عمليات الهدم والبناء للمحافظة على توازن الكربون فى الطبيعة ، وتسهم المسطحات المائية فى استكمال حلقة هذه الدورة وفق المعادلة التالية :

كربونات الكالسيون + ثانى أكسيد الكربون + ماء (١) / (٢) كالسيوم + أيونات هيدروجينوكربونات الكالسيوم ، ويحدث التفاعل الأول حينما تزيد نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى فتتحلل الصخور الكلية فى مياه البحار والمحيطات ، بينما يحدث التفاعل الثانى عندما تنقص نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى فتسهم المسطحات المائية فى تحقيق التوازن فى نسبته فى الغلاف الجوى عن طريق تثبيت نسبة ثانى أكسيد الكربون فى حدود ٠,٠٣ بالنسبة لحجم الهواء الجاف ، ويساعد ذلك على توفير ثانى أكسيد الكربون اللازم للكائنات الحية لتكمل وظائفها الإنتاجية (أبو شقرا ، سنة ١٩٧٧ . ص ١٠٣) .

[2] تستخدم وحدة القياس جزء فى المليون فى تحديد تركيز أول أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى. جزء فى المليون = ١ / ١٠٠٠ جزء فى البليون .

الخليج، سنة ١٩٨٦ . ص ١٩٠) ويتراوح متوسط تركيزه العام في مدن الولايات المتحدة الأمريكية بين ١٠ و ٥٠ جزءاً في البليون .

ويتميز غاز أول أكسيد الكربون بأنه غاز عديم اللون Colourless والرائحة Odourless وعديم الطعم Tasteless . وتقل كثافته مقارنته بكثافة الهواء (على النقيض من غاز كبريتيد الهيدروجين) . ومن ثم يسهل حملة ونقله لمسافات بعيدة عن مصدر انبعاثه . ولذا يعتبر غاز ملوث سريع الانتشار (شائع) Adundant Gaseous Pollutant .

وينتج غاز أول أكسيد الكربون بصفة أساسية من عمليات الاحتراق غير الكامل للكربون ، وتبلغ الزيادة السنوية في كميته حوالى ٠,٠٣ جزءً في المليون (العودات ، سنة ١٩٨٥ . ص ٣١) .

ويتلاشى غاز أول أكسيد الكربون بسرعة تقدر بحوالى ٠,١% /الساعة في أثناء ارتفاع كثافة الإشعاع الشمسى (Dobbins , 1979. P . 161) ويتفاعل مع الأكسجين الجوى (02) Oxygen (لكونه غاز قابل للاشتعال) ، ومن ثم ينتج ثانى أكسيد الكربون الذى يرتفع تركيزه في الغلاف الجوى ، وهكذا ينخفض تركيز أول أكسيد الكربون في الغلاف الجوى على الرغم من تضاعف كميته كل خمس سنوات من الناحية النظرية (الحسن ، سنة ١٩٨٨ . ص ٦) .

ويساعد أيضاً في انخفاض تركيزه ، سرعة إزالته من الغلاف الجوى بواسطة التفاعلات الكيميوضوئية مع الهيدروكسيدات والكربونات ، فضلاً عن أكسدته بواسطة البكتريا الموجودة في التربة كما تمتصها النباتات وتحوله إلى مركبات الميثان .

ويعتبر أول أكسيد الكربون من أخطر ملوثات الهواء على صحة الإنسان [1] إذ أنه غاز سام ، بل وشديد السمية إذ لا يستطيع الإنسان تحمله حينما يبلغ تركيزه ١٠٠٠ جزءً في المليون (صالح ، أكتوبر سنة ١٩٧١ . ص ٩٢) .

ويتأكسد أول أكسيد الكربون في الهواء فينتج غاز ثاني أكسيد الكربون، وهكذا يتبع أي زيادة في كمية أول أكسيد الكربون بفعل الانبعاث من المصادر البشرية الملوثة خاصة احتراق البنزين المسئول عن انبعاث ٦٥% من

---

[1] يمكن تحديد خطورة أول أكسيد الكربون على صحة الإنسان في الجوانب التالية :

- تمتص الرئتين أول أكسيد الكربون ليتحد مع هيموجلوبين الدم (Hb) Boold Heamoglobin إذ يتبادل معه الأكسجين بالكربون . وحينئذ ينخفض الأكسي هيموجلوبين (02 Hb) ويزيد كربوكسي هيموجلوبين (CoHb) Carboxhaemoglobin في الدم . ويتبع هذا التفاعل الكيماني انخفاض كمية الأكسجين في الدم ، مما يعرض الإنسان لنقص أكسجين الأنسجة (الأنوكسيا Anoxia) (Hodges, 1977. P . 59)
- ترتفع خطورة أول أكسيد الكربون حين العلم بأن سرعة اتحاده مع هيموجلوبين الدم أكبر من سرعة اتحاد الهيموجلوبين مع الأكسجين بما يتراوح بين ٢١٠ و ٢٥٠ مرة ، ومن ثم حينما يتعرض الإنسان لهواء يحتوى على أول أكسيد الكربون بتركيز ٥ جزءاً في البليون ، تنخفض قدرة الجهاز الدوري على حمل الأكسجين بمعدل ١٥% (العودات ، سنة ١٩٨٤. ص ١٧٦).
- عندما يصل تركيز أول أكسيد الكربون في الهواء إلى ٢٠ جزءاً في البليون ، ترتفع نسبة كربوكسي هيموجلوبين في الدم إلى ٢,٥% و ٧,٥ %بعد التعرض لمدة ساعة وثماني ساعات بالتوالي) . Landsberg , 1956 . p . 242)
- حينما يصل تركيز أول أكسيد الكربون في الهواء إلى ٢٥٠ جزءاً في البليون ، يصعب على الإنسان التخلص من تركيز كربوكسي هيموجلوبين في الدم بواسطة أي من العمليات الطبيعية في جسم الإنسان وحينئذ تبقى كميته في جسم الإنسان لعدم ساعات (Sellers , 1984 . p . 21) .
- تتباين الأعراض المرضية للإنسان وفقاً للنسبة لتركيز كربوكسي هيموجلوبين في الدم ، إذ يتبعها زيادة معاناة مرضى الذبحة الصدرية ، ويصاب الإنسان بأضرار صحية عارضة في القلب والشرايين والأوردة مع الإحساس بالتعب عند بذل أقل مجهود ، ويفقد الإنسان الوعي جزئياً ، ويتعرض الإنسان للوفاة وذلك حينما تبلغ نسبته المئوية ٢,٥% و ٢٠% و ٤٠% و ٨٠% على التوالي . (stern , 1984. P. 350) .

كمية أول أكسيد الكربون (Greenwood, 1980. P . 202) زيادة في كمية ثاني أكسيد الكربون . وقد قدر الباحثون الزيادة التي طرأت على نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء بأنها قد بلغت ٩% خلال الفترة سنة ١٩٨٥ – سنة ١٩٨٥ (على ، سنة ١٩٩٣ . ص ٢٤٥) . كما ينتج أيضاً غاز ثاني أكسيد الكربون مباشرة بفعل العمليات الصناعية التي تضيف حوالي ١,٨ جزءً في المليون / سنوياً إلى الهواء . وإذ تستهلك النباتات والمحاصيل والبحار والمحيطات حوالي ١,١ جزءً في المليون سنوياً [١] من هذه الكمية فتقتصر الزيادة الفعلية على ٠,٧ جزءً في المليون / سنوياً (صالح سنة ١٩٧١ ، ص ٩٠) .

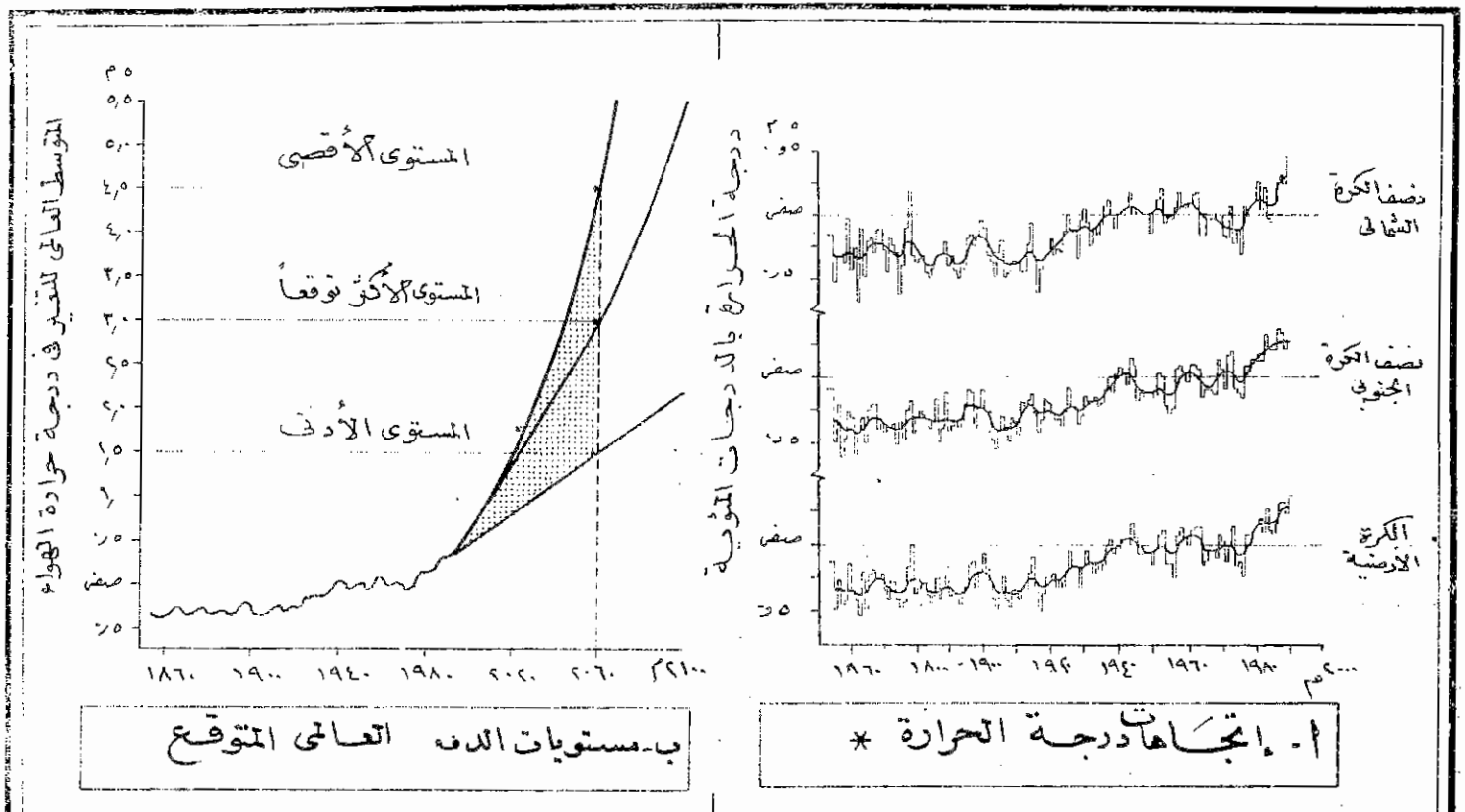
وتشير التوقعات العلمية المعتدلة إلى أن كمية غاز ثاني أكسيد الكربون ستصل في نهاية القرن العشرين إلى حوالي ٤٠٠ جزءاً في المليون ، ويتوقع أن تصل إلى ما بين ٥٠٠ و ٥٤٠ جزءً في المليون بحلول عام ٢٠٢٠م (العودات، سنة ١٩٨٥م . ص ٦٤) . ويتبع هذه الزيادة ارتفاع في درجة حرارة الهواء في أغلب أجزاء العالم بسبب امتصاص ثاني أكسيد الكربون للأشعة تحت الحمراء (الأشعة الحرارية) Infra-red (Heat) Radiation . ويطلق على هذه الظاهرة – الاحتباس الحراري [٢] . وتنتج عن كون غاز ثاني أكسيد الكربون يسمح بتوغل الطاقة الشمسية إلى الأرض ويمتص في ذات الوقت الأشعة الحرارية الصادرة من الأرض . ويتبع ذلك حدوث خلل في التوازن الاشعاعي للأرض إذ يزيد المكتسب عن المفقودة من الأشعة الشمسية ، ومن ثم ترتفع درجة حرارة طبقة الأستراتوسفير . [٣] (جدول ٣٣) .

---

[١] قد أمكن رصد هذه الزيادة في كمية غاز ثاني أكسيد الكربون في عدة مراصد منها مرصد (مونالوا) في جزر هاواي ، وفي مرصد آخر حول القطب الجنوبي بقارة انتاركتيكا (على سنة ١٩٩٣ . ص ٢٤٥) .

[٢] كما يطلق عليها ظاهرة الاكتناز الحراري ، وستدرس هذه الظاهرة بالتفصيل فد الفصل التاسع .

[٣] قد اتضح من تحليل التسجيلات التاريخية لدرجة حرارة كوكب الأرض أنها قد ارتفعت بالفعل بمعدل يتراوح بين ٠,٥ و ٠,٧ درجة مئوية منذ بداية القرن العشرين حتى سنة ١٩٨٨ (شكل ٥١).



ب- مستويات الدفء العالمى المتوقع

أ- إتجاهات درجة الحرارة *

شكل (٥١) التغيرات المحتملة فى درجة حرارة كوكب الأرض * على أساس السجلات المناخية خلال الفترة ١٩٥٠ - ١٩٧٩م

المصدر : Gates, 1993

وقد توصل فريق من علماء علوم الجو [1] إلى أن الارتفاع المتوقع لدرجة حرارة الهواء تتراوح بين ١,٥ و ٥,٥ لدرجة مئوية خلال الفترة ١٩٨٩ – ٢٠٣٩م (خيرى ، سنة ١٩٩٣ ، ص ٢٣) . وقد أجمع رأى معظم علماء العلوم الجوية أن السبيل للوصول بدرجة حرارة كوكب الأرض إلى أدنى ارتفاع[2]

---

[1] من الأدلة على الدفء العالمى Global Warming أنه يرصد درجة حرارة الهواء على المستوى العالمي اتضح أن درجة حرارة الهواء قد ارتفعت فعلاً حوالى ٠,٦ درجة مئوية خلال ١٣٠ سنة الماضية، وقد اتخذ الارتفاع الحرارى اتجاهاً مستمراً ومتصلاً فى نصف الكرة الجنوبى خلال الفترة الزمنية ١٨٦٠ – ١٩٨٠م بينما فى النصف الشمالى ، اتخذ اتجاهاً تدريجياً نحو الارتفاع ١٨٦٠ – ١٩٤٠م ، ثم اتجه نحو الانخفاض ١٩٤٠ – ١٩٧٠ ليعود للارتفاع ثانية حتى الوقت الحاضر . ومن الجدير بالذكر أن درجة الحرارة على المستوى العالمى قد اتجهت نحو الارتفاع على مستوى الكرة الأرضية سواء اليابس أو الماء (Gates . 1993 . p . 3) ، وتجدر الإشارة هنا إلى أن الأحداث الطبيعية Natural Events مسئولة عن أقل من ١% من الدفء العالمى لليابس وحوالى ٣% من الدفء العالمى للمحيطات (opsit, p . 4) ، وهكذا يقع على الإنسان ونشاطه البشرى المسئولية الأكبر فى الدفء العالمى .

[2] ينتج ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوى بسبب الزيادة فى كمية ثانى أكسيد الكربون العديد من الآثار المناخية – التى ستبحث تفصيلياً فى الفصل التاسع – ويمكن إيجازها فى :

- ذوبان جليد المناطق القطبية وشبه القطبية حينما يتراوح متوسط درجة حرارتها صيفاً بين ٧ و ٩ درجة مئوية تحت الصفر ، وشتاء بين ٥ و ١٠ درجة مئوية تحت الصفر (البزار ، سنة ١٩٨٦ ، ص ٣٥٩)، ويؤدى ذوبان الجليد إلى ارتفاع منسوب البحار والمحيطات بمعدل أكثر من خمسين متراً ، فتغطى المياه مساحة تقدر بحوالى مليون ونصف المليون كيلو متر مربع من الأراضى الشاطئة حيث السهول الساحلية الزراعية فى العالم ، وينتج ذلك غمر العديد من المدن الساحلية كما ينقص الإنتاج الزراعى العالمى (Sellers , 1984 . p . 59) .
- يزيد المكتسب من الإشعاع بسبب نقص كمية الأشعة الشمسية المرتدة إلى الغلاف الجوى والفضاء الخارجى بسبب ذوبان الجليد (يتراوح البيدو الجليد ما بين ٨٠ و ٨٥% من جملة الأشعة الشمسية الساقطة) ومن ثم تستمر درجة حرارة الهواء فى الارتفاع .
- تزيد كمية المطر فى العروض العليا بينما تنخفض فى العروض الوسطى حيث أراضى الأستبس والسهوب.
- يؤدى ارتفاع درجة حرارة الهواء إلى انخفاض معدل ذوبان ثانى أكسيد الكربون فى الماء ، كما ينطلق فى الوقت ذاته من الماء كمية أكبر من ثانى أكسيد الكربون ، وهكذا يرتفع تركيزه فى الغلاف الجوى وتستمر هذه السلسلة المعقدة ، وجدير بالذكر أن ثانى أكسيد الكربون وأن كان يؤدى إلى ارتفاع درجة حرارة الهواء ، إلا أن هذا الارتفاع ليس بدرجة متماثلة فى جميع أنحاء العالم بسبب اختلاف مصادر انبعاثه (ينبعث ٩٥% من كميته فى نصف الكرة الشمالى) وبالتالى تختلف تركيزه من مكان لآخر (Greenwood, 1980 . p . 203) .

ممكن يعنى بالضرورة خفض كمية انبعاث ثانى أكسيد الكربون من مصادره المختلفة خاصة إحتراق الوقود .

هذا وتعد الغازات الهيدروكربونية Hydrocarbons ثانى أهم الملوثات الكربونية وتتكون من بعض الغازات المكونة للغلاف الجوى وأهما غاز الميثان Methane ، فضلاً عن بعض الغازات الهيدروكربونية النشطة [1] مثل الأوليفين Olefin والألدهايدات Aldehydes ، ويمثلان معاً المادة الأساسية اللازمة للتفاعل الكيميوضوئى [2] الذي يتبعه إنتاج الضبخان (Paramena, 1972 . p . 315) .

وتقسم الهيدروكربونات إلى هيدروكربونات غير ميثانية – Non Methane Hydrocarbons وغاز الميثان Methane ، ويتراوح التركيز الطبيعى للهيدروكربونات غير الميثانية فى الغلاف الجوى بين صفر و ٠,٠٠٠١ ميكروجرام / المتر المكعب ، ويبلغ بالنسبة لغاز الميثان ١,٥ جزءً فى المليون ، وتتميز الهيدروكربونات غير الميثانية بأن مدة بقائها قصيرة فى الغلاف الجوى ، إذ لا تتجاوز فى أغلب الأحيان بضعة أيام تمتد فى حالات خاصة إلى عدد قليل منها ، بينما تزيد بشكل خطير بالنسبة لغاز الميثان لتبلغ ثمانى سنوات (جدول ٢٢) .

---

[1] تتكون الهيدروكربونات من العديد من المجموعات التى ينبعث بعضها فى صورة ملوثات أولية مثل : مجموعة الأوليفينات وتشمل الأثيلين والبروبين والبيوتين ٢٠ ، ومجموعة البارفينات Paraffins تشمل الميثان والايثان والبروبان ، ومجموعة الألكينات Alkynes مثل الأيثيلين ، بينما ينتج بعضها الآخر من جراء التفاعلات الكيميائية فى الغلاف الجوى لتمثل الملوثات الثانوية مثل : مجموعة الأروماتات Aromatics تشمل البنزين – تولين – أم اكسينش (sterm, 1948. P . 167)

[2] تنتج بعض المركبات الهيدروكربونية حينما يتكون الضبخان الكيميوضوئى Photochemical Smog وتشمل : مجموعة الألدهايدات وهى عبارة عن هيدروكربونات مؤكسدة Oxygenated Hydrocarbons مثل فورمالدهيد وأثيتالدهيد وأكرولين ، ومجموعة النترات العضوية Organic Nitrates وتشمل بيروكسى اسيل نيترات peroxyacle (Dobbins 1979 . p . 180) . Nitrates

وتتم إزاحة الهيدروكربونات غير الميثانية بصورة طبيعية فى الغلاف الجوى بواسطة التفاعلات الكيميوضوئية مع أول أكسيد النيتروجين والأوزون فى حين يتفاعل غاز الميثان مع الهيدروكسيدات لتكوين أول أكسيد الكربون (Sterm , 1984 . p . 30) كما يقوم النبات الطبيعى بامتصاص كثيراً من المركبات الهيدروكربونية غير الميثانية، وتستهلك أيضاً التربة والنبات جزءاً من غاز الميثان بفعل النشاط الميكروبى والتفاعلات الكيميائية(Whelpdale , 1976. P . 302) .

وتؤثر بعض المركبات الهيدروكربونية سلبياً على صحة الإنسان خاصة مادة البنزوبرين المسرطنة Carcinogenic Benzoperene التى ترفع إحتمالات الإصابة بالأمراض السرطانية المختلفة خاصة سرطان الرئة [1] . وتلعب بعض المركبات الهيدروكربونية غير الميثانية (مجموعة الأروماتات) دوراً كبيراً فى تشكيل الضبخان الكيميوضوئى ، ومن ثم ترتفع أهميتها كملوثات للهواء مقارنة بغاز الميثان الذى تبدأ خطورته حينما يصل تركيزه إلى ٥٠% من الهواء ، فيدخل حينئذ فى العديد من التفاعلات الكيميائية التى تنتج عنها مركبات أشد خطورة على صحة الإنسان (Hodges, 1977. P . 61) .

ويعتبر الضبخان أسوء مظاهر مظاهر تلوث الهواء ، إذ ينجم عنه تأثيرات بيئية واسعة تكمن فى خفض كمية الإشعاع الشمسى الساقط وكذا درجة حرارة الهواء ، فضلاً عن تأثيره الخطير على مرضى الجهاز التنفسى وكبار السن [2] ، وتؤدى المركبات الهيدروكربونية غير الميثانية إلى سرعة التفاعلات الكيميوضوئية اللازمة لإنتاج غاز الأوزون بوصفه ملوثاً ثانوياً شديد الخطورة على صحة الإنسان ، ولذا فقد وضعت الهيئة الملكية للجبيل ومصلحة الأرصاد

---

(١)وتؤدى المركبات الهيدركربونية الأروماتية إلى الإصابة بتهيج العيون حتى فى ظل تركيزاتها المنخفضة (٥٠٠ جزءاً فى المليون) كما تؤثر مادة الفورمالدهيد تأثيراً فسيولوجياً خطيراً على الإنسان فى ظل تركيز ضئيل لا يتجاوز ٠,٠٦ جزءاً فى المليون .

(٢) أدت ظاهرة الضبخان إلى وفاة حوالى أربعة آلاف نسمة فى مدينة لندن فى شهر ديسمبر سنة ١٩٥٢م، وينتج الضبخان عن سلسلة من التفاعلات الكيميوضوئية بين الغازات النيتروجينية والغازات الهيدركربونية (جدول ٣٤) .

وحماية البيئة فى المملكة العربية السعودية مقاييس نوعية الهواء الخاصة بـــها على أساس عدم السماح بارتفاع تركيزها بدرجة تسمح بتكويـــن غـــاز الأوزون (جدول ١٥) .

وتنبعـث الغـــازات الكربونيـــة (أول أكســـيد الكربـــون والغـــازات الهيدروكربونية غير الميثانية وغاز الميثان) من كل من المصـــادر الطبيعيـــة [١] والبشرية على السواء ، وتعد السيارات بأنواعها المختلفـــة المصـــدر الرئيســـى لانبعاث أول أكسيد الكربون إذ أنها مسئولة عن حوالى ٦٣% من إجمالى انبعاثـــه من المصادر البشرية (أمين ، سنة ١٩٨٤ . ص ٦٤) ، وترتفع مساهمتها إلـــى ٧٥% من كميته فى مدينة الجبيل الصناعية ، وتعد أيضاً مسئولة عـــن انبعـــاث نصف كمية الهيدروكربونات الناتجة عن الانبعاث من المصادر البشرية (العودات، سنة ١٩٨٥ . ص ٤٨) .

وتنطلق من وسائل النقل المختلفة كميات كبيرة من غازات العـــوادم [٢] وأهمـــها أول أكســـيد الكربـــون ، وبونوكســـيد الكربـــون (غـــاز الفحـــم) ، والهيدروكربونات ، وأكاسيد النيتروجين [٣] وتتفاعل غازات عوادم السيارات فـــى أثناء توفر ضوء الشمس فينتج غاز الأوزون ، الذى مـــا يلبـــث أن يتحـــد مـــع

---

[١] ينبعث غاز أول أكســـيد الكربـــون مـــن المـــصادر الطبيعيـــة مثـــل الأكســـدة الكيميوضوئيـــة Photochemical oxidation لغاز الميثان ، ومن الغاز الطبيعى ، ومـــن النشـــاط البكتـــيرى Bacterial Action ، والأكسدة الطبيعية للكربون عندما يتفاعل مع الأكسجين الجـــوى ، كمـــا ينبعث من تحلل الكائنات الحية والبقايا العضوية ، واحتراق الغابات ، وتحلـــل الفطريـــات ، وذوبـــان الصخور الكلسية ، والبراكين ، والمسطحات المائية ، وتنبعث الهيدروكربونات غير الميثانية من العمليات الحيوية فى التربة والنبات الطبيعى ، وإنبعاث الكربون العضوى الطيار من المسطحات المائية ، وينبعـــث غاز الميثان من العمليات الحيوية فى التربة والماء .

[٢] قد بلغت كمية غازات العوادم ٤١٦ ألف طن سنة ١٩٨٤م من وسائل النقل بأنواعها المختلفـــة فى المملكة العربية السعودية (Al – Mutaz, 1988. P . 2) .

[٣] قد أثبتت نتائج بعض الدراسات أن السيارة الصغيرة ينطلق منها أثناء تشغيلها كمية تصل إلى حـــوالى ٦٠ متر مكعب / الساعة من أول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين والرصاص وترتفـــع هـــذه الكمية إلى الضعف بالنسبة للشاحنات (المعتاز ، أكتوبر سنة ١٩٨٦ . ص ٩) .

الهيدروكربونات وأكاسيد النيتروجين فتنتج مادة بيروكسي أسيل نيترات وهي مادة أكثر خطورة من سائر غازات العوادم (كمونة ، سنة ١٩٨٨ . ص ٩٦) ، هذا وتتباين درجة تأثر محطات الرصد البيئي في مدينة الجبيل بمدى انبعاث الغازات الكربونية من وسائل النقل تبعاً لاختلاف موقعها الجغرافي من الطرق الإقليمية والدولية ، وكذا كثافة الحركة النقلية على كل منهما .

وتنبعث أيضاً الملوثات الكربونية من مصافي الزيت بنسبة تتراوح بين ٥ و ١٠% من إجمالي انبعاثها من المصادر البشرية , (Al – Mutaz , June . 1987 . p . 4) .

وتتوقف كمية الملوثات الكربونية المنبعثة منها على كمية الزيت المعالج (طاقة المصفاة) ونوع الزيت الخام ، والعمليات الصناعية القائمة بالمصفاة ونوع الأجهزة المستخدمة للحد من انبعاث ملوثات الهواء ومدى صيانتها (المعتاز ، أكتوبر سنة ١٩٨٦ . ص ٩) ، ويسهم أول أكسيد الكربون المنبعث من مصافي الزيت بالمنطقة بنسبة ٦٩% من إجمالي كمية ملوثات الهواء الناتجة عنها (جدول ٢٠) .

وتنبعث كذلك الملوثات الكربونية من العديد من شركات الصناعات البتروكيميائية والمعدنية بمدينة الجبيل الصناعية ومنها مثلاً شركة (ابن البيطار) التي ينبعث منها (١٥٢) طنا/سنوياً من غاز أول أكسيد الكربون (جدول ٢٥).

كما تنبعث بكميات منخفضة من محطات توليد الطاقة الكهربائية بالمنطقة بسبب اعتمادها على الغازم الطبيعي كوقود ، فيبلغ معدل انبعاث الهيدروكربونات غير الميثانية ٠,٠٠٢ طنطا / سنوياً وكذلك ينبعث غاز الميثان بقدر ضئيل لا يتجاوز رطل / مليون قدم مكعب من الغاز الطبيعي المستخدم (الحسن ، سنة ١٩٨٥ . ص ٢١) . وتعتبر حقول الغاز الطبيعي من أهم مصادر غاز الميثان في المنطقة إذ تبلغ نسبته ٥٦,٣% من مكونات الغاز الطبيعي . ويضاف إلى المصادر البشرية السابقة انبعاث الملوثات الكربونية من مصنعي فرز غاز الزيت ومحطتي التحلية في مدينة الجبيل الصناعية (جدول ٢٦) .

ثانياً : معدلات التلوث

وتعتمد دراسة الملوثات الكربونية على بيانات محطات الرصد البيئى بمدينة الجبيل الصناعية وتصدر عن الهيئة الملكية للجبيل فى تقارير سنوية [1] .

وينخفض معدل التلوث الشهرى بغاز أول أكسيد الكربون فى المنطقة ليتراوح بين ٠,١٣ جزءً فى المليون كحد أدنى فى شهر إبريل و ٠,٢١ جزءً فى المليون كحد أقصى فى شهر يناير ، ويرجع ذلك لما يتميز به غاز أول أكسيد الكربون من كونه غاز خفيف وسريع الانتشار ويتشتت بسرعة فى المنطقة نتيجة لارتفاع كثافة الأشعة الشمسية معظم شهور السنة ، كما ويتأكسد بسرعة إلى ثانى أكسيد الكربون .

---

(1) **Royal Commission for jubail , kingdom of Saudi Arabia : Jubail Atmosperic Surveys project , Annual Reports for 1979 – 1989 .**

- يقتصر رصد الملوثات الكربونية على محطات الرصد البيئى فى مدينة الجبيل الصناعية فقط ، ويوضح جدول ٣٥ نتائج تحليل بيانات هذه المحطات .
- ترصد الهيئة الملكية للجبيل الهيدروكربونات غير الميثانية بدلاً من رصد الهيدروكربونات الكلية (تشمل على غاز الميثان) لعدة أسباب هى :
- ينبعث الميثان بكميات كبيرة من العمليات البيولوجية الطبيعية **Natural Biological Processes**
- يتميز الميثان بنشاط كيميوضوئى محدود **Low photochemical Activity**
- ترتفع نسبة غاز الميثان فى هواء المدن لتتراوح بين ٤٠% – ٨٠% من اجمالى الغازات الهيدروكربونية وهكذا فإذا ما قيست الهيدروكربونات الكلية فإن ذلك يؤدى إلى انخفاض أهمية الهيدروكربونات التى ترجع إلى المصادر البشرية .

وتعكس قلة الفروق الشهرية فى مستوى التلوث بأول أكسيد الكربون ، أنه غاز لا يرتبط فى تركيزه بفصيلة واضحة أو شهور بعينها [1] ويفسر ذلك بأن أهم مصادر انبعاثه هى وسائل النقل التى لا يرتبط الانبعاث منها بشهر أو فصل معين ، بينما ترتبط مباشرة بكثافة الحركة المرورية على مدار ساعات اليوم ، وسرعة واتجاه الرياح أيضاً ، ولذا ينخفض تركيزه بشكل حاد وسريع بالارتفاع عن مستوى سطح الأرض ، وينعكس ذلك على بيانات الرصد فى محطتى النخيل والمنتزه حيث يتجاوز ارتفاعهما أربعة عشر متراً (جدول ٣) فضلاً عن ارتفاع برج الرصد فى سائر المحطات لحوالى خمسة أمتار ، ويساعد فى الوقت ذاته هذا الارتفاع فى تحقيق زيادة نسبية فى سرعة الرياح حيثما يكاد يختفى تأثير عامل الاحتكاك فى خفض سرعة الرياح .

ويتبع انخفاض معدل معدل التلوث الشهرى بأول أكسيد الكربون ، انخفاض فى مستوى التلوث السنوى ليتراوح بين ٠,٢٥ جزءً فى المليون كحد أقصى سنة ١٩٨٤ م ، ٠,١٣ جزءاً فى المليون كحد أدنى سنة ١٩٨٧ ، وتتقارب قيم التلوث السنوى فى سائر المحطات (جدول ٣٥) مع ظهور بعض الفروق الطفيفة حيث ترتفع نسبياً فى المحطات القريبة من الطرق الرئيسية حيثما ترتفع كثافة الحركة المرورية كما هو الحال فى محطات الميناء الصناعى والميناء التجارى والقاعدة البحرية ، ويساعد على ذلك أيضاً موقع هذه المحطات

---

[1] تساعد ارتفاع سرعة الرياح فى معظم شهور السنة بالمنطقة (جدول ١٠) على سرعة تشتت أول أكسيد الكربون وبالتالى انخفاض تركيزه بصفة عامة . وقد أوضحت الدراسات هذه العلاقة العكسية بين سرعة الرياح وتركيز أول أكسيد الكربون على النحو التالى :

سرعة الرياح (متر / الثانية)	تركيز أول أكسيد الكربون (جزءاً فى المليون)
أقل من ١	٢,٧٨٢
١ – ٢	١,٣٩٢
٢ – ٣	٠,٨٨١
٩	٠,٢٨٥

(وزارة الصحة الكويتية سنة ١٩٨٨ . ص ٢١٥)

فى نطاق السهول الساحلية حيث لا يتجاوز ارتفاع السطح ثلاثة أمتار ونصف المتر (جدول ٣) .

ولذا فقد بلغ معدل التلوث فى هذه المحطات ٠,١٥٠ و ٠,٢٥ و ٠,٣٣ جزءً فى المليون على التوالى ، وتعكس خطوط التساوى لمعدلات التلوث (شكل٥٢) الارتباط بين مستويات التلوث والابتعاث من الحركة النقلية على الطرق الرئيسية ، حيث تظهر قمتان للتلوث ، تقع الأولى فى النطاق الساحلى حيث الطريق الإقليمي الحيوى الجبيل – الدمام وكذا طريق الطاقة المحلى ، ثم تتناقص تدريجياً نحو الداخل حيث الطريق الدولى الجبيل – الكويت الذى تقل عليه كثافة الحركة النقلية ، وتظهر القمة الثانية فى المنطقة السكنية حيث الابتعاث من الطرق الداخلية فى الأحياء السكنية ، وتقع هذه القيم (تعد مرتفعة بالنسبة للمحطات الأخرى) ضمن المعدل المقرر دولياً لتركيز أول أكسيد الكربون على المستوى العالمى والذى يتراوح بين ٠,٠٢٥ و ١,٠ جزءً فى المليون .

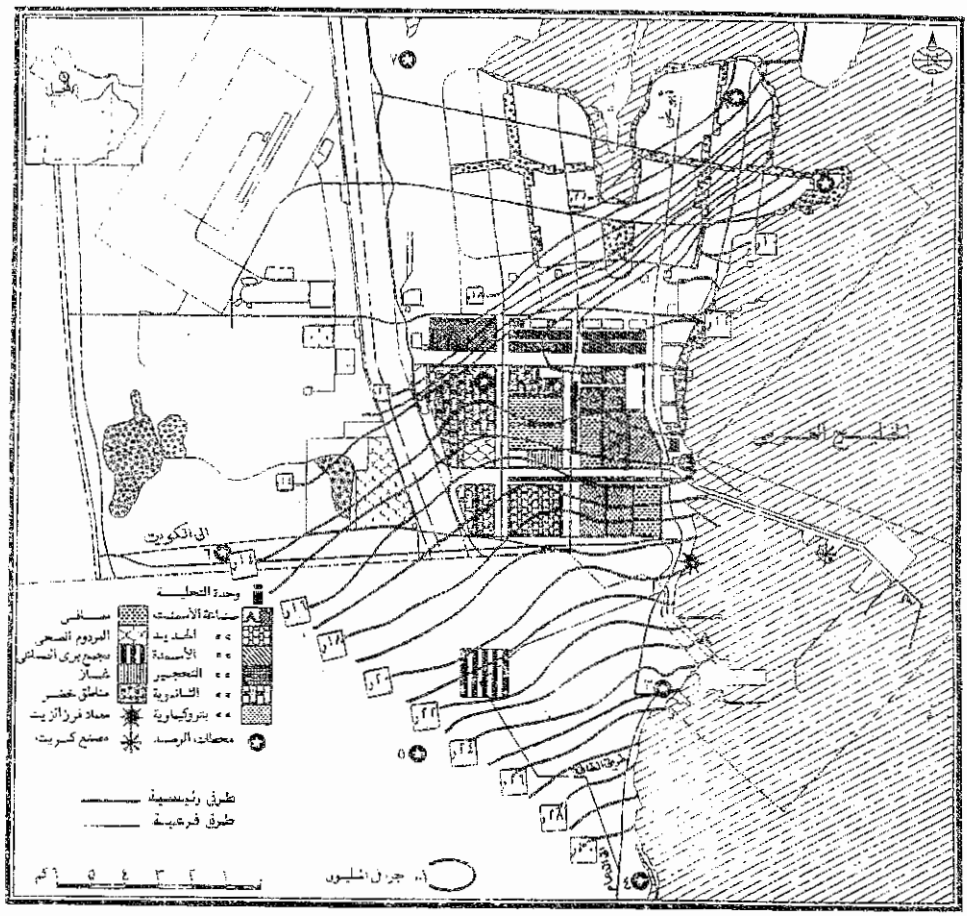
وتعد هذه القيم منخفضة حين مقارنتها بالتركيز الطبيعى لأول أكسيد الكربون فى هواء نصف الكرة الشمالى الذى يتراوح بين صفر و ١٥ جزءً فى المليون (جدول ٢٧) ، وهكذا فإنها تقترب بصفة عامة من الحدود الدنيا للتركيز بفضل سرعة إزاحته فى ظل الخصائص المناخية للمنطقة ، كما يصبح هذا المستوى من التلوث بأول أكسيد الكربون ضئيلاً عند مقارنته بمثيلة فى مدينة القاهرة [1] حيث يبلغ ٣٥ جزءً فى المليون (سعود ، سنة ١٩٩٣ . ص ٧٥) .

هذا وينخفض أيضاً مستوى التلوث بالهيدروكربونات غير الميثانية ليتراوح بين ٠,٠٢ – ٠,٠٦ جزءً فى المليون كربون (جدول ٣٥) وتكاد تنعدم هنا أيضاً الفروق الشهرية للتلوث لذات الأسباب المؤثرة فى أول أكسيد الكربون

---

[1] توصف مدينة القاهرة بأنها أكثر مدن العالم تلوثاً بغاز أول أكسيد الكربون (حافظ ، سنة ١٩٩٣ . ص ٥٧)

– تستخدم وحدة الرصد " جزء فى المليون " عند رصد أول أكسيد الكربون وتستخدم وحدة الرصد " جزء فى المليون كربون " عند قياس الهيدروكربونات الميثانية "



شكل (٥٤) معدلات التلوث بغاز أول أكسيد الكربون في مدينة الجبيل

وقد تبع انخفاض التلوث الشهرى بالهيدروكربونات ، إنخفاض فى معدل التلـــوث السنوى أيضاً ليتراوح بين صفر و ٠,١ جزءً فى المليون كربون .

ثالثاً : مستويات التلوث الطارئة

تتميز الملوثات الكربونية بذورة يومية واضحة ترتبط فى المقـــام الأول بكثافة الحركة المرورية على الطرق الحيوية ، ويسهم – فى ذات الوقت – ثبـــات إتجاه الرياح فى إرتفاع التلوث بصورة فجائية حينما تستمر فى نقـــل الملوثـــات الناتجة عن الحركة النقلية وكذا الصناعات البتروكيميائية إلـــى محطـــات الرصد البيئى التى تقع فى منصرف هذه الرياح، ويحول أيضاً انخفاض ســـرعة الريـــاح دون تشتت هذه الملوثات أفقياً مما يؤدى إلى ارتفاع مستوى التلـــوث خاصـــة إذ اقترن بحدوث انقلاب حرارى يمنع تشتتها رأسياً .

ويمكن دراسة مستويات التلوث الطارئة من خلال عنصرين :

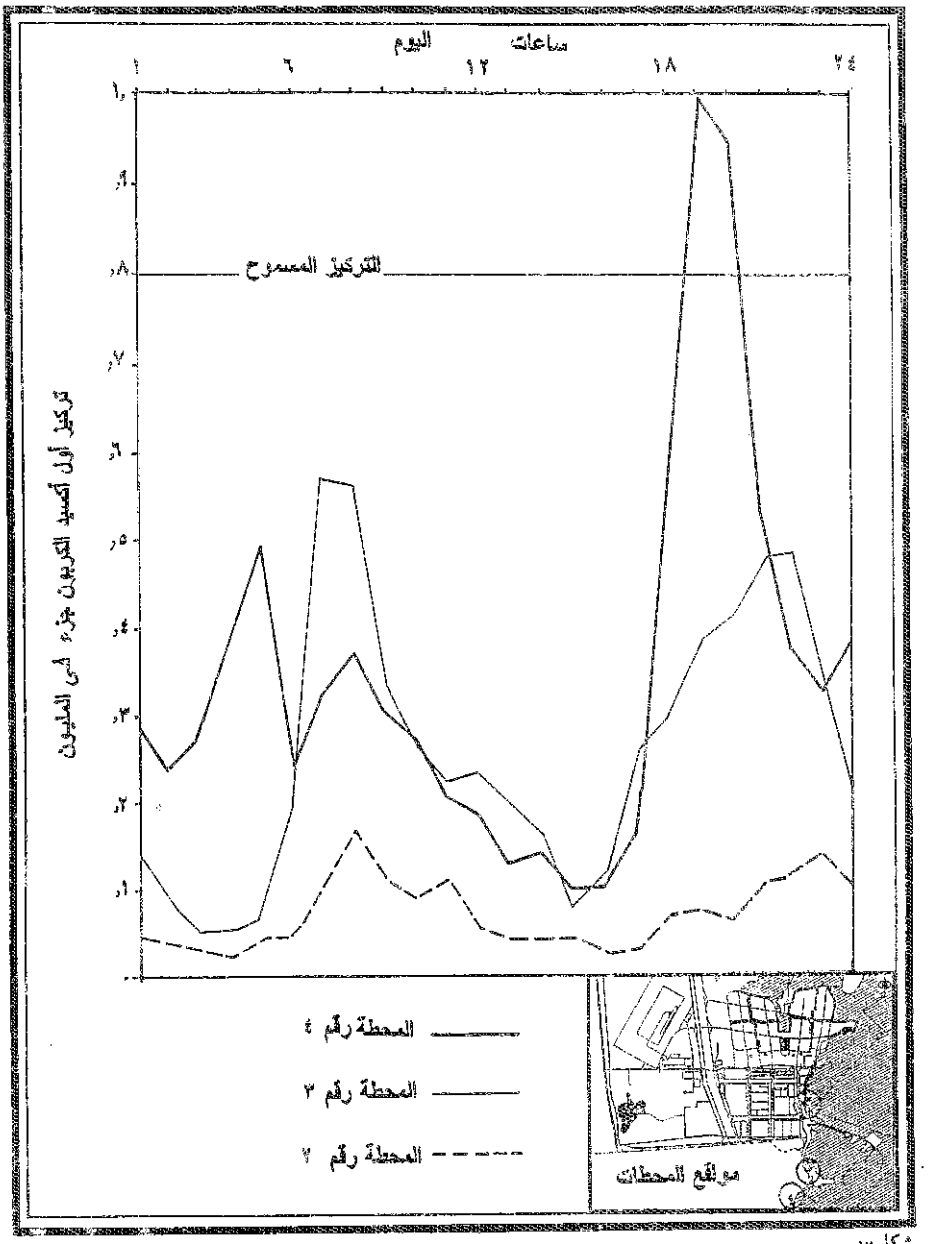
– الدورة اليومية للملوثات – التركيزات القصوى

١- الدورة اليومية للملوثات :

ويتباين مستوى التلوث اليومى بأول أكسيد الكربون على مدار ساعات اليوم وفقاً لتباين كثافة الحركة المرورية [1]. إذ يرتفع مســـتوى التلـــوث ليبلـــغ أقصاه خلال ساعات الذروة المرورية على الطريق الإقليمي الجبيل – الدمام بيـــن الساعة السادسة والتاسعة للفترتين الصباحية والمسائية فـــى محطـــات الميناء الصناعى والميناء التجارى والقاعدة البحرية (شـــكل٥٣) فـــى نطـــاق الســـهول الساحلية ، ويرتفع مستوى التلوث بشكل أكثر وضوحاً فى محطة القاعدة البحريـــة ليصل إلى جزء واحد فى المليون الساعة السابعة مساء ممثـــلاً أعلـــى متوســـط للتلوث ، ويرتفع أيضاً إلى ٠,٦ جزءً فى المليون الساعة السابعة صباحاً ،

---

[1] قد تم اختيار هذا المثال ، لتوفر البيانات اللازمة بشكل كامل ودقيق ، فضلاً عن تميز شـــهر نوفـــمبر بانخفاض طبقة الاختلاط (خلط ملوثات الهواء رأسياً) نتيجة لكثرة تكرار الانقلاب الحرارى الســـطحى ليلاً مما يساعد على ارتفاع تركيز أول أكسيد الكربون بالقرب من مصدر انبعاثه من وسائل النقـــل ، ويؤكد هذا المثال ارتباط التلوث بأول أكسيد الكربون بالانبعاث من وسائل النقل .



شكل ٥٣

التلوث بأول أكسيد الكربون

على مدار ساعات اليوم فى شهر نوفمبر ١٩٨٦ فى المحطات الساحلية

وتشترك المحطتان الأخريان مع هذه المحطة فى ارتفاع متوسط التركيز فى ذات التوقيت وإن كان بمستوى أقل . وتنفرد محطة القاعدة البحرية بقمة ثالثة الساعة الرابعة صباحاً بسبب موقعها بالقرب من قاعدة الملك عبد العزيز البحرية حيث تنشط حركة المرور نسبياً فى ذلك الوقت .

ويرتفع كذلك أقصى تلوث يومى بأول أكسيد الكربون ليبلغ ٣,٧ جزءً فى المليون فى ذات المحطة (محطة القاعدة البحرية) ، ويرتفع كذلك ليبلغ ٢,٩ جزءً فى المليون فى محطة الميناء الصناعى (شكل ٥٤) ، ويرجع ارتفاع مستوى التلوث فى كليهما إلى تعدد مصادر الانبعاث الرئيسية بالقرب منهما كما اتضح من قبل ، فضلاً عن موقعهما فى منصرف الرياح السائدة .

ويرتفع أيضاً فى النطاق الداخلى حيث محطة المنتزة ليصل إلى ٢,٣ جزءاً فى المليون لتأثرها بالانبعاث من وسائل النقل على الطريق الدولى الجبيل – الكويت وكذلك الطريق الإقليمي الدمام – أبو حدرية .

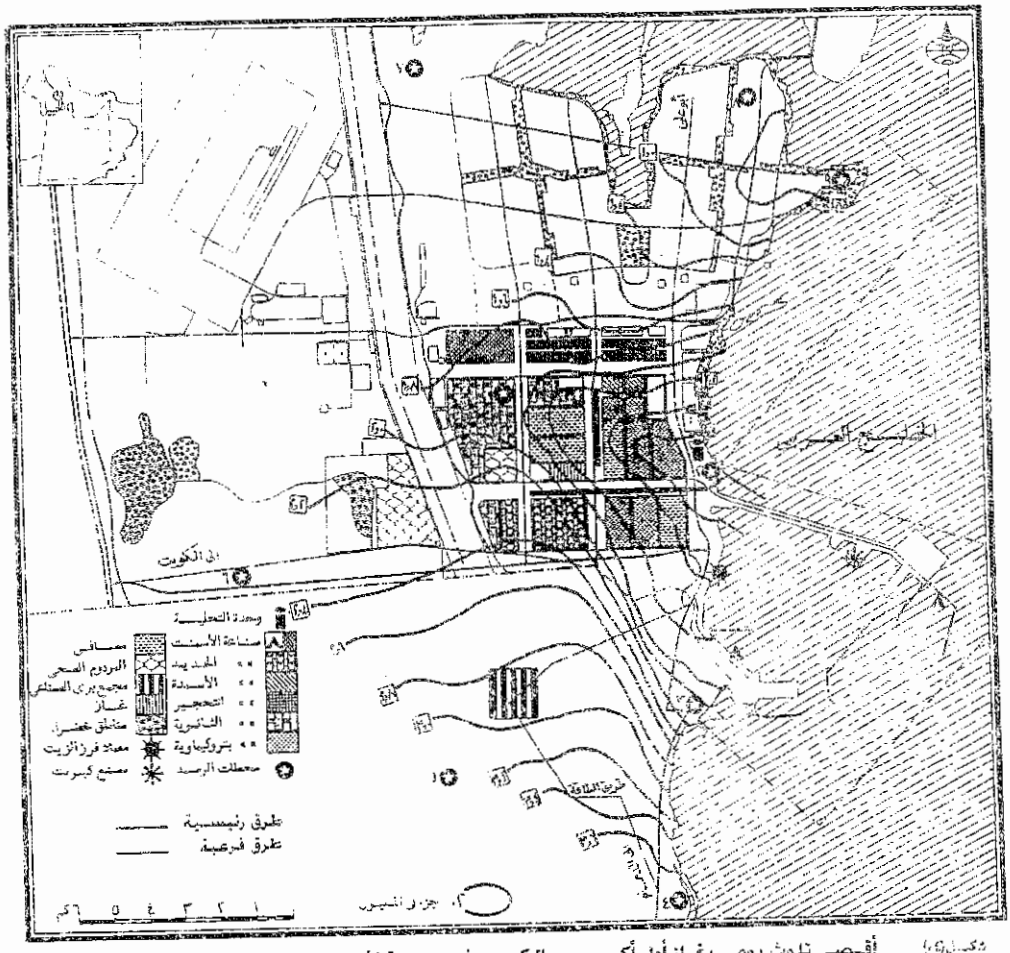
وهكذا تتشابه خطوط التساوى لمعدلات التلوث (شكل ٥٢) مع نظيرتها لأقصى تلوث يومى (شكل ٥٤) . ولعل أهم ما يلفت النظر فيما يتعلق بأقصى تلوث يومى بغاز أول أكسيد الكربون هو ارتفاع نصيب محطة النخيل إلى الجنوب من المنطقة الصناعية بعيداً عن أهم الطرق بالمنطقة ، إذ يرتفع التلوث فى هذه المحطة لتحتل المركز الأول بين سائر المحطات .

ويمكن إرجاع ذلك إلى انحصار سنوات الرصد فيها على الفترة (سنة ١٩٧٩ – سنة ١٩٨٣) التى تقترن بإنشاء مجمع برى الصناعى (مصنع سوائل الغاز الطبيعى – مصنع إزالة الكبريت – محطة توليد الطاقة الكهربائية) ، ومن ثم قد ارتفعت كثافة الحركة على الطريق المعروف محلياً باسم طريق (الطاقة) [1]، ويتبع ذلك زيادة فى الانبعاث وبالتالى ارتفع مستوى التلوث قريباً منها .

هذا ويرتفع أقصى يومى بالهيدروكربونات غير الميثانية فى محطة القاعدة البحرية ليبلغ ٠,٨ جزءاً فى المليون كربون ، متجاوزاً بذلك الحد الأدنى

---

[1] طريق داخلى متفرع من الطريق الإقليمى الجبيل – الدمام ويصل إلى مجمع برى الصناعى ليربطه بمصنعى فرز غاز الزيت شمال الميناء التجارى .



(شكل ٢٠) أقصى تلوث يومي بثاني أول أكسيد الكربون في مدينة الجبيل .

للتلوث – الذى سجل فى محطة المنتزة الداخلية – الذى يبلغ ٠,٢ جزءً فى المليون كربون بمقدار أربعة أمثاله ٠ ويرجع هذا التفاوت الواضح فى مستوى التلوث بين المحطات إلى اختلاف موقعها الجغرافى بالنسبة للخليج العربى بوصفه مصدراً أساسياً للانبعاث الطبيعى، فضلاً عن موقعها بالنسبة للطرق الرئيسية واختلاف كثافة الحركة عليها .

ولم يظهر أى ارتباط بين تلوث الهواء بالهيدروكربونات غير الميثانية وبين فصل أو شهر معين تماماً مثل التلوث بأول أكسيد الكربون ، إذ يتراوح متوسط التركيزات اليومية القصوى بين ٠,١٤ جزءً فى المليون كربون كحد أدنى فى شهر يناير ، و ٠,٢١ جزءً فى المليون كربون كحد أقصى فى شهر ديسمبر .

ويؤثر اتجاه الرياح فى تحديد درجة تركيز الملوثات الكربونية حيث يرتبط ارتفاع تركيزها بهبوب الرياح القارية التي تنقل التلوث من كل من وسائل النقل على الطرق البرية والصناعات البتروكيمائية إلى المحطات الساحلية الشرقية ، ويرتفع مستوى التلوث فى محطة القاعدة البحرية فى أثناء هبوب الرياح البحرية والقارية ٠ إذ تساعد الرياح البحرية الشرقية على نقل انبعاث الكربون العضوى الطيار وكذا الانبعاث الناتج عن الحركة الملاحية فى قاعدة الملك عبد العزيز البحرية ، بينما تسهم الرياح القارية فى نقل التلوث من الطريق الإقليمى الساحلى الجبيل – الدمام ، وكذا من الصناعات البتروكيميائية ومصفاة بترومين شل فى المنطقة الصناعية ٠ وتعد محطة الخزانات التى تقع فى نطاق الصناعات الثانوية أقل المحطات تلوثاً بالغازات الكربونية بسبب بعدها النسبى عن أهم المصادر البشرية للتلوث (وسائل النقل) ، فضلاً عن بعدها عن الخليج العربى المصدر الطبيعى لانبعاث الكربون .

هذا ويفوق التلوث اليومى بغاز أول أكسيد الكربون نظيره للهيدروكربونات غير الميثانية (جدول ٣٥) فى سائر المحطات على الرغم لما يتميز به من سرعة الأكسدة والتشتت تحت تأثير الظروف المناخية للمنطقة

ويمكن ارجاع ذلك إلى ارتفاع مساهمته إلى ٦٩% من إجمالى الملوثات الناتجة عن مصافى تكرير الزيت مقابل ٢,٨% فقط منها للهيدروكربونات غير الميثانية (جدول ٢٠) ، فضلاً عن ارتفاع مساهمة المصادر البشرية بنصيب يعادل ٢٥% من تركيز أول أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى مقابل نسبة ضئيلة للهيدروكربونات (Stern , 1984. P . 30) .

هذا وتحتفظ المحطات التى تبعد عن أهم الطرق الرئيسية مثل محطتى القناطير والخزانات بأقل مستوى للتلوث سواء بأول أكسيد الكربون أو الهيدروكربونات غير الميثانية .

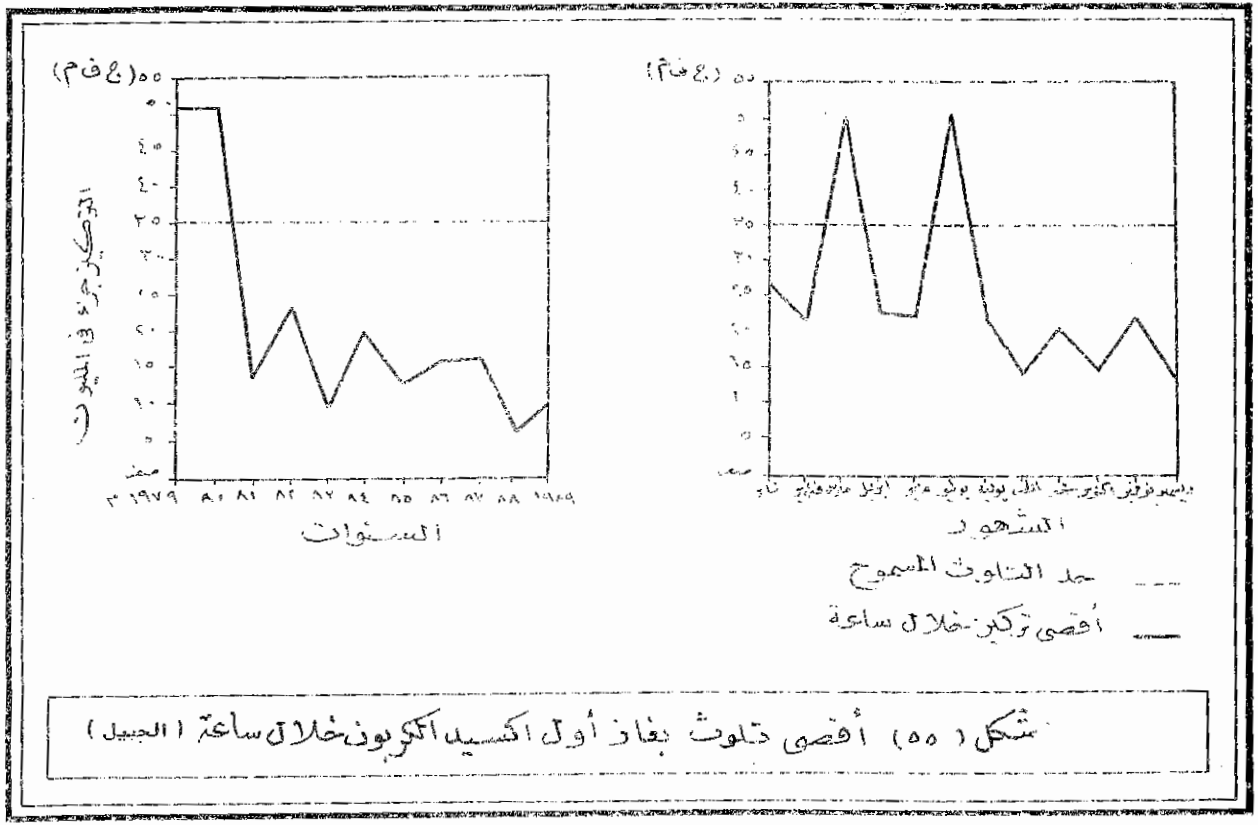
٢ - **التركيزات القصوى :**

يرتفع مستوى التلوث بغاز أول أكسيد الكربون خلال فترة زمنية قصيرة تحت تأثير أحوال الطقس التى تحول أحياناً دون سرعة تشتته والتشاره . فقد بلغ أقصى تلوث بأول أكسيد الكربون خلال ساعة ٥٠,٤ جزءً فى المليون فى محطة الميناء التجارى فى شهر يونية سنة ١٩٧٩م [1] (شكل ٥٥) .

وقد بلغ أيضاً ٥٠٣ جزءً فى المليون فى محطة الميناء الصناعى فى شهر مارس سنة ١٩٨٠م . وتظهر خطوط التساوى لأقصى تلوث خلال ساعة بأول أكسيد الكربون (شكل ٥٦) أيضاً الارتباط الوثيق بالانبعاث من وسائل النقل إذ تبلغ ٤٥ جزءً فى المليون فى النطاق الساحلى حيث طريق الجبيل - الدمام الحيوى ، ثم تتدرج تناقصاً نحو الغرب حيث طريق الجبيل - الكويت ، وكذا نحو الأحياء السكنية شمالاً ،وهكذا فإن هذه التركيزات ترتفع عن حد التلوث

---

[1] تتميز هذه المحطة بانخفاض سرعة الرياح بصفة عامة لموقعها فى المنطقة المركزية بمدينة الجبيل حيث يزيد تأثير عامل الاحتكاك ، فضلاً عن موقعها فى منطقة لا يتجاوز ارتفاعها أربعة أمتار . ومن ثم يرتفع بشكل عام تركيز أول أكسيد الكربون لارتباطه عكسياً مع سرعة الرياح ، فعلى سبيل المثال يبلغ تركيزه ١٤ جزءً فى المليون فى ظل رياح تبلغ سرعتها ٣ متر/ثانية ، بينما ينخفض إلى ٩ جزءً فى المليون عندما ترتفع سرعة الرياح إلى ٣٣ متر/الثانية (Georii , 1969 . p . 628) .



شكل (٥٥) أقصى تلوث بغاز أول اكسيد الكربون خلال ساعة (الجبيل)

المسموح في الجبيل والمملكة العربية السعودية وكذلك في القانون الفيدرالي الأمريكي التي تبلغ ٣٥ جزءً في المليون [١] ، وتعتبر هذه التركيزات خطيرة على صحة الإنسان خاصة وأنها قد حدثت في المنطقة المركزية بمدينة الجبيل ، وبالقرب من الأحياء السكنية على الساحل الشرقي (شكل ٥) .

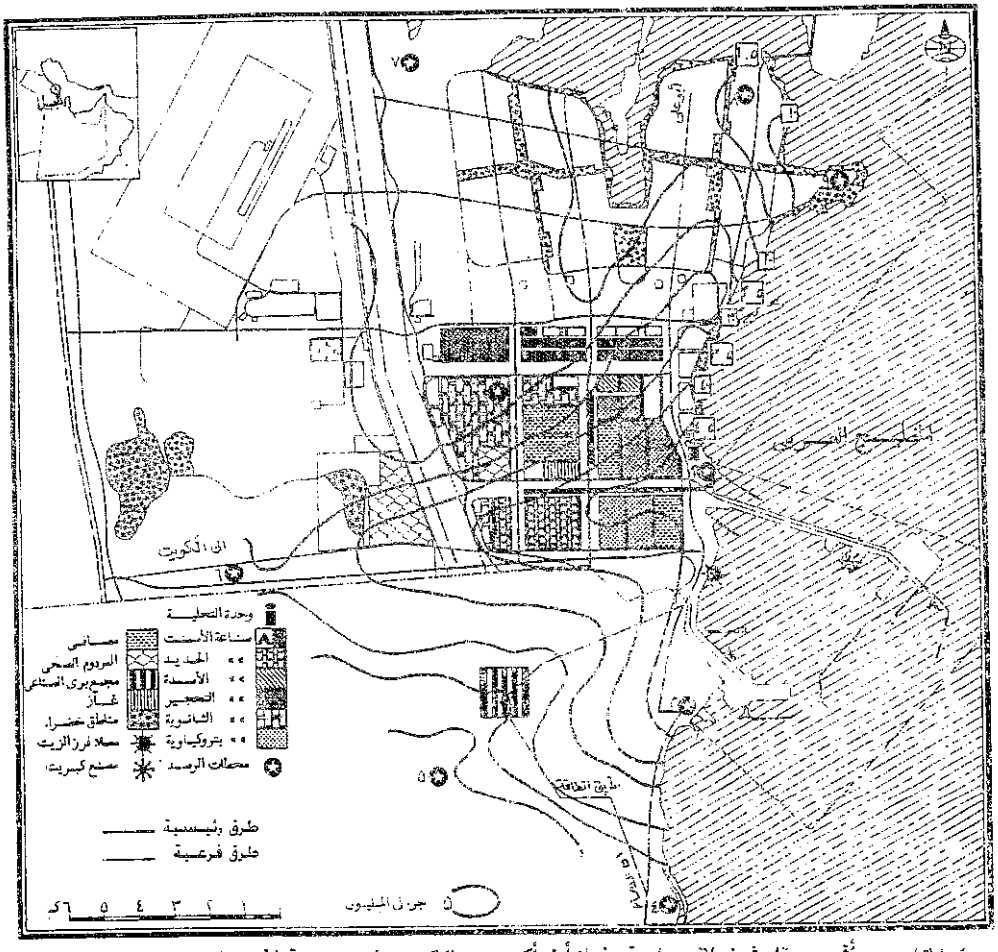
ويعد أقصى تلوث بغاز أول أكسيد الكربون شبيهاً بمثيله في مدينة الرياض السعودية حيث بلغ ٤٠ و ٥٠ و ٣٥ جزءً في المليون في شمال ووسط وجنوب الرياض على التوالي خلال الفترة من الحادي والعشرين والثالث والعشرين من شهر مارس سنة ١٩٧٧ .

(Al – Mutaz , june 1988. P . 1) ، وقد بلغ في دراسة أخرى في ذات المدينة خلال الفترة بين السادس عشر من شهر مارس والأول من شهر إبريل سنة ١٩٧٧م، بلغ ٥٠ جزءً في المليون (Bradstreet, 1978. P .6) وهكذا فإن أقصى تلوث خلال ساعة بأول أكسيد الكربون لا يرتفع في المنطقة فحسب ، بل ويرتفع على مستوى المملكة العربية السعودية [٢] أيضاً بسبب الطفرة العددية في وسائل النقل المستخدمة نتيجة العوامل الاقتصادية والديموجغرافية والاجتماعية – كما اتضح من قبل – وما يصاحبها من زيادة ملموسة في كمية عوادم السيارات . ويعد أيضاً أقصى تلوث بغاز أول أكسيد الكربون مرتفعاً في المنطقة بمقارنته بمثيله في بعض المدن الأمريكية في ولاية تكساس خلال سنة ١٩٧٩ و سنة ١٩٨٠. حيث لم يتجاوز ٢٢,٢ جزءاً في المليون سنة ١٩٧٩ م و ١٦,٤ جزءً في المليون سنة ١٩٨٠م (جدول ٣٦) لتعادل هذه التركيزات ما نسبته ٤٤% فقط من مثيلاتها بالجبيل .

---

(١) يسمح بتجاوز هذا التركيز مرة واحدة في الشهر بالجبيل ، ومرتين في الشهر في المملكة العربية السعودية (جدول ١٥) .

(٢) قد بلغت مثلاً كمية عوادم السيارات في مدينة الرياض (العاصمة السعودية) : ١٥ ألف طن من الهيدروكربونات و ٩٠ ألف طن من أول أكسيد الكربون و ١٩ ألف طن من أكاسيد النيتروجين .



شكل (٣) أهم مصادر التلوث خلال صناعة بفاز أول أكسيد الكربون في مدينة الجبيل .

وتسجل هذه التركيزات القصوى بالجبيل في أثناء حدوث الانقلاب الحراري السطحي الذي يتكرر خلال فصول السنة (باستثناء فصل الصيف) ، ويحدث ليلاً ويستمر حتى ساعات الصباح الأولى وشروق الشمس حيث يأخذ في التلاشي تدريجياً . وهكذا فإنه يحدث أحياناً خلال ساعات الذروة المرورية الصباحية حيث يرتفع انبعاث العوادم ومنها أول أكسيد الكربون ، وقد تتدخل أحوال الطقس لتحول دون اختلاطه رأسياً ، ومن ثم يتركز بالقرب من سطح الأرض مسجلاً هذه التركيزات القصوى خلال فترة زمنية قصيرة لا تتجاوز ساعة على الأكثر [1] .

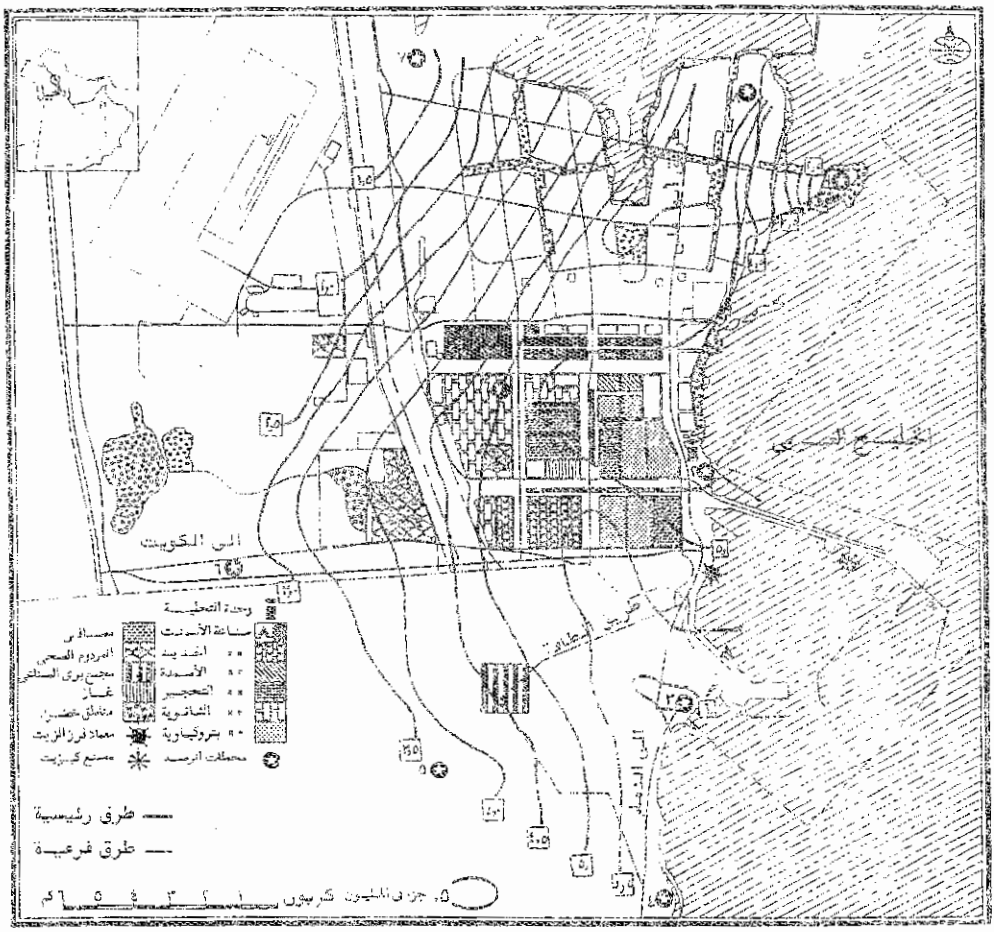
ولهذا السبب فإن مستوى التلوث بأول أكسيد الكربون خلال ثماني ساعات لم يتجاوز حد التلوث المسموح به في الجبيل والمملكة العربية السعودية والذي يبلغ ٨ جزءً في المليون [2] ، سوى مرة واحدة فقط خلال عقد كامل . وقد حدث هذا التجاوز في محطة الميناء الصناعي على الطريق الإقليمي الجبيل – الدمام في يوم العاشر من سبتمبر سنة ١٩٨٧ م . بين الساعة الخامسة مساء والواحدة بعد منتصف الليل في أثناء حدوث انقلاب حراري سطحي تبعه انخفاض في طبقة الاختلاط ، ومن ثم ارتفاع في تركيز أول أكسيد الكربون .

ويرتفع أيضاً أقصى تلوث بالهيدروكربونات غير الميثانية خلال ساعة (شكل ٥٧) ليبلغ ٦,٢ جزءً في المليون كربون في محطة الميناء التجاري لذات الأسباب التي أدت إلى ارتفاع مثيله بالنسبة الأول أكسيد الكربون . وقد حدث ذلك التركيز خلال شهر إبريل سنة ١٩٨٣ م حينما يتعرض النطاق الساحلي لمدينة الجبيل الصناعية لتكرار ظاهرة الانقلاب الحراري الجبهي ، والتي بلغ عددها خلال هذا الشهر أثنين وعشرين انقلاباً ، ومن ثم تنخفض طبقة اختلاط ملوثات الهواء ويرتفع تركيزها بالقرب من مصدر التلوث .

---

[1] بالرغم من أن هذه التركيزات القصوى تحدث خلال فترة زمنية قصيرة وبالتالي تقل مدة التعرض لها ، إلا أن ذلك لا يقلل من خطورتها على صحة الإنسان والبيئة أيضاً .

[2] يسمح بتجاوز هذا التركيز مرتين في الشهر (جدول ١٥) .



شكل (٥٥) التحكم بتلوث الهواء بالهيدروكربونات غير الميثانية في مدينة الجبيل

ومما يذكر أن أقصى تلوث بأول أكسيد الكربون خلال ساعة قد تفوق في سائر المحطات [1] على أقصى تلوث يومي بالهيدروكربونات غير الميثانية بسبب ارتباط الأول بأحوال طقس معينة طارئة تستمر بضع ساعات ، في حين أن الثاني يحتاج إلى أخرى تستمر لمدة أربع وعشرين ساعة .

هذا وترصد الهيدروكربونات غير الميثانية في المنطقة خلال ثلاث ساعات تمتد بين السادسة والتاسعة صباحاً ، وقد حددت الهيئة الملكية للجبيل ومصلحة الأرصاد وحماية البيئة حد التلوث المسموح ٠,٢٥ جزءً في المليون كربون ، ولا يسمح بتجاوزه على الإطلاق .

وقد أخذ في الاعتبار عند تحديد هذا التركيز أنه يمنع إتحاد الهيدروكربونات غير الميثانية مع ملوثات الهواء الأخرى لتشكيل غاز الأوزون كملوث ثانوي ، وهكذا يخضع التحديد هنا لاعتبارات بيئية وليس لاعتبارات صحية كما هو الحال في ملوثات الهواء الأخرى .

ويرتفع متوسط التلوث بالهيدروكربونات غير الميثانية خلال ثلاث ساعات (السادسة – التاسعة صباحاً) في محطتي الميناء التجاري والميناء الصناعي في أثناء هبوب الرياح القارية مثلما هو الحال في التلوث اليومي ولذات الأسباب أيضاً .

وقد بلغ متوسط التلوث جزءً واحداً في المليون كربون ، و ٠,٥٣ جزءاً في المليون كربون في هاتين المحطتين بالتوالي .

وترتفع عدد التجاوزات لحد التلوث المسموح بدرجة خطيرة (جدول ٣٥) إذ لا يسمح بتجاوزه سواء في الجبيل أو المملكة العربية السعودية . وتعتبر محطة الميناء الصناعي أولى المحطات حيث تقع ٣٠% من إجمالي عدد التجاوزات ، وتليها في المركز الثاني محطة الميناء التجاري بتجاوزات تصل نسبتها ٢٧,٩% وتنحصر بذلك ٥٨% تقريباً من التجاوزات في هاتين المحطتين

---

[1] باستثناء محطتي السروج والفناتير بسبب بعدهما عن مصادر التلوث من وسائل النقل ، وكذا موقعهما شمال المنطقة الصناعية . هذا فضلاً عن قلة عن قلة سنوات الرصد في كل منهما (جدول ٣) .

الساحليتين لذات الأسباب التى قد أدت إلى ارتفاع مستوى التلوث فى كل منهما ، وتتساوى عدد التجاوزات فى محطتى القاعدة البحرية وجلمودة بنصيب تبلغ نسبته ١٧% لكل منهما ، وتقل عدد التجاوزات إلى أدنى مستوى لها فى محطة المنتزة الداخلية ليبلغ خمسة تجاوزات فقط . ويرجع انخفاض مستوى التلوث فى هذه المحطة وبالتالى فى عدد التجاوزات إلى انحصار مصادر التلوث هنا على وسائل النقل على الطريق الدولى الجبيل – الكويت الذي تقل عليه الحركة مقارنة بالطريق الإقليمي الحيوى الجبيل – الدمام . هذا فضلاً عن موقعها فى الجنوب الغربى من المنطقة الصناعية ، ومن ثم يتوقف وصول ملوثات الهواء إليها على هبوب الرياح الشمالية الشرقية .

ويذكر أن سنة ١٩٨٩ م قد استحوذت على أكثر من نصف عدد التجاوزات فى حين كان أقلها سنة ١٩٨٦م بنصيب لا يتجاوز فقط ، وهكذا بلغت النسبة المئوية للزيادة فى عدد التجاوزات ٨٦,٨% خلال سنتين فقط ، ويمكن إرجاع ذلك إلى تشغيل العديد من الشركات البتروكيميائية ومصفاة بترومين ثم ، فضلاً عن الزيادة المطردة فى عدد السكان وما تبعها من استخدام كثيف فى وسائل النقل .

ويجدر التنوية هنا إلى أن ارتفاع عدد التجاوزات فيما يتعلق بالتلوث بالهيدروكربونات غير الميثانية خلال ثلاث ساعات – على الرغم من عدم السماح مطلقاً بأى تجاوز – يعنى خطورتها البيئية الكبيرة ، ويعد انتهاكاً واضحاً لمقاييس نوعية الهواء محلياً وإقليمياً وعالمياً أيضاً .

وعند مقارنة هذه التجاوزات بمثيلاتها الخاصة بأول أكسيد الكربون سواء خلال ساعة واحدة أو خلال ثمانى ساعات ، يتضح أنها كانت مقبولة بالنسبة لأول أكسيد الكربون لأنها تقع فى الحدود المسموح بها ، بينما تعد خطيرة بالنسبة للهيدروكربونات غير الميثانية على الرغم من كونها أقل سمية من أول أكسيد الكربون .

خلاصة الفصل :

يمكن القول بأن مستوى التلوث بالهيدروكربونات غير الميثانية ينذر بمشكلة بيئية خطيرة إذ يتبعه فى مستوى التلوث بغاز الأوزون فى المنطقة ، ومما يزيد من خطورتها احتمال ارتفاع تركيزها مستقبلاً مع التركز الهائل للصناعات البتروكيميائية دون أن يصاحب ذلك اهتماماً شاملاً وجهوداً مكثفة للأخذ بتقنيات مكافحة التلوث من مختلف مصادرة .

فصلاً عن الزيادة المتوقعة فى عدد السكان وما يصاحبها من توسع فى استخدام وسائل النقل التى تعد أهم المصادر البشرية للتلوث بالهيدروكربونات غير الميثانية .

ولذا يعتبر التلوث بالهيدروكربونات غير الميثانية هو الأخطر محلياً مقارنة بأول أكسيد الكربون ، إذ أن الأولى فى اتجاه مستمر نحو الارتفاع ، فى حين اتخذ الثانى اتجاهاً نحو الانخفاض . هذا ويتبع كل منهما آثار بيئية خطيرة ، فإذ يؤدى ارتفاع التلوث بالهيدروكربونات إلى إنتاج غاز الأوزون كملوث خطير فى المنطقة ، نجد أن ارتفاع التلوث بأول أكسيد الكربون يعنى بالضرورة ارتفاع تركيز ثانى أكسيد الكربون على المستوى العالمى ويستتبع ذلك تغيرات واسعة فى مناخ الكرة الأرضية ، ولا شك فى أن منطقة الدراسة سيصيبها بعضاً من هذه التغييرات المناخية التي يبحثها الفصل التاسع .