وزارة البيـــئة

دراسة نوعية الهواء في المدن الصناعية في المملكة

التقرير النهائي لعام ٢٠١٨

(١ كانون الثاني ٢٠١٨ – ٣١ كانون الأول ٢٠١٨)

الجمعية العلمية الملكية
Royal Scientific Society

وزارة البيـــئة

دراسة نوعية الهواء في المدن الصناعية في المملكة

التقرير النهائي لعام ٢٠١٨

(١ كانون الثاني ٢٠١٨ – ٣١ كانون الأول ٢٠١٨)

مقدم إلى

وزارة البيئـــة

إعـداد

قسم دراسات الهواء

مركز البيئة والمياه

الجمعيـــة العلميـة الملكيـة

حقـوق النشــر

حقوق النشر محفوظة لوزارة البيئــة

ولا يجوز استعمال المعلومات الواردة في هذا التقرير

إلا بعد الحصول على موافقة خطية من الوزارة

المحتويـــات

رقم الصفحة

قائمة الصور والأشكال الواردة ضمن نص التقرير د

قائمة الجداول الواردة ضمن نص التقرير ح

الخلاصة باللغة العربية ط

الخلاصة باللغة الإنجليزية (Summary) ل

١- المقدمة ١

١-١ المدن الصناعية ١

١-١-١ مدينة عبدالله الثاني ابن الحسين الصناعية/عمّان – سحاب ١

١-١-٢ مدينة الحسن الصناعية/إربد ٢

١-١-٣ مدينة الحسين ابن عبدالله الثاني الصناعية/الكرك ٢

١-٢ أهداف الدراسة ٢

١-٣ ملوثات الهواء المحيط التي تم رصدها في الدراسة ٣

١-٣-١ ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) ٣

١-٣-٢ أول أكسيد الكربون (CO) ٤

١-٣-٣ أكاسيد النيتروجين (NO, NO_2 & NOx) ٤

١-٣-٤ الجسيمات الدقيقة بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون ($PM_{2.5}$) ٥

١-٤ مواقع الرصد ٥

١-٥ أسلوب العمل وأجهزة القياس المستخدمة ٨

٢- نتائج الدراسة ٩

٢-١ مدينة الحسن الصناعية/إربد ٩

٢-٢ مدينة عبدالله الثاني ابن الحسين الصناعية/سحاب ١٦

٢-٣ مدينة الحسين ابن عبدالله الثاني الصناعية/الكرك ٢٣

٣- مناقشة نتائج الدراسة ٢٧

٣-١ مدينة الحسن الصناعية/إربد ٢٧

٣-٢ مدينة عبدالله الثاني ابن الحسين الصناعية/سحاب ٣٠

٣-٣ مدينة الحسين ابن عبدالله الثاني الصناعية/الكرك ٣٢

٣-٤ مقارنة بين نتائج الرصد للسنوات (٢٠٠٩-٢٠١٨) ٣٢

٤- التوصيات ٣٨

ملحق (١) : خرائط تبين مواقع الرصد ومصادر التلوث الثابتة

ملحق (٢) : برامج الصيانة الدورية والمعايرة لأجهزة القياس المستخدمة

ملحق (٣) : قيم الارتياب لأعلى المعدلات الساعية واليومية للملوثات الغازية المُسجلة في كل موقع

قائمـة الصور والأشكال الواردة ضمن نص التقريـر

الشكل رقم (١-١): موقع الرصد في سحاب

الشكل رقم (١-٢): موقع الرصد في إربد

الشكل رقم (١-٣): موقع الرصد في الكرك

الشكل رقم (٢-١): المعدلات اليومية وأعلى المعدلات الساعية لتراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-٢): أعلى المعدلات الساعية لتراكيز غازات أكاسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-٣): المعدلات اليومية لتراكيز غازات أكاسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-٤): أعلى المعدلات الساعية وأعلى معدل ٨ ساعات لتراكيز غاز أول أكسيد الكربون التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-٥): المعدلات اليومية لتراكيز الجسيمات ($PM_{2.5}$) التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-٦): المعدلات الشهرية لتراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-٧): المعدلات الشهرية لتراكيز غاز أول أكسيد الكربون التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-٨): المعدلات الشهرية لتراكيز الجسيمات ($PM_{2.5}$) التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-٩): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-١٠): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-١١): المعدلات الشهرية لسرعة الرياح (عقدة) واتجاه الرياح السائدة خلال كل شهر من أشهر الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-١٢): المعدلات اليوميّة والمعدلات الساعيّة القصوى والأدنى المسجلة يومياً للرطوبة النسبية في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-١٣): المعدلات اليوميّة والمعدلات الساعيّة القصوى والأدنى المسجلة يومياً لدرجة الحرارة في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-١٤): المعدلات اليومية وأعلى المعدلات الساعية لتراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-١٥): أعلى المعدلات الساعية لتراكيز غازات أكاسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-١٦): المعدلات اليومية لتراكيز غازات أكاسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-١٧): أعلى المعدلات الساعية وأعلى معدل ٨ ساعات لتراكيز غاز أول أكسيد الكربون التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-١٨): المعدلات اليومية لتراكيز الجسيمات ($PM_{2.5}$) التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-١٩): المعدلات الشهرية لتراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-٢٠): المعدلات الشهرية لتراكيز غاز أول أكسيد الكربون التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-٢١): المعدلات الشهرية لتراكيز الجسيمات ($PM_{2.5}$) التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-٢٢): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-٢٣): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-٢٤): المعدلات الشهرية لسرعة الرياح (عقدة) واتجاه الرياح السائدة خلال كل شهر من أشهر الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-٢٥): المعدلات اليوميّة والمعدلات الساعيّة القصوى والأدنى المسجلة يومياً للرطوبة النسبية في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-٢٦): المعدلات اليوميّة والمعدلات الساعيّة القصوى والأدنى المسجلة يومياً لدرجة الحرارة في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-٢٧): المعدلات اليومية لتراكيز الجسيمات ($PM_{2.5}$) التي سُجلت في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-٢٨): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-٢٩): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-٣٠): المعدلات الشهرية لسرعة الرياح (عقدة) واتجاه الرياح السائدة خلال كل شهر من أشهر الرصد في الكرك خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-٣١): المعدلات اليوميّة والمعدلات الساعيّة القصوى والأدنى المسجلة يومياً للرطوبة النسبية في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-٣٢): المعدلات اليوميّة والمعدلات الساعيّة القصوى والأدنى المسجلة يومياً لدرجة الحرارة في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٣-١): المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غازات ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون ولسرعة الرياح السائدة لكل ساعة من ساعات اليوم في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٣-٢): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في إربد خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم (١١٤٠/ ٢٠٠٦) للجسيمات ($PM_{2.5}$) خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٣-٣): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في إربد خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم (١١٤٠/ ٢٠٠٦) للجسيمات ($PM_{2.5}$) خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٣-٤): المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غازات ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون ولسرعة الرياح السائدة لكل ساعة من ساعات اليوم في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٣-٥): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في سحاب خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم (١١٤٠/ ٢٠٠٦) للجسيمات ($PM_{2.5}$) خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٣-٦): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في سحاب خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم (١١٤٠/ ٢٠٠٦) للجسيمات ($PM_{2.5}$) خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٣-٧): مقارنة بين أعلى المعدلات اليومية ونسب التجاوز اليومية والمعدلات السنوية للجسيمات التي سُجلت في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ – ٢٠١٨).

الشكل رقم (٣-٨): مقارنة بين أعلى المعدلات الساعية واليومية والمعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد الكبريت التي سُجلت في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ – ٢٠١٨).

الشكل رقم (٣-٩): مقارنة بين أعلى المعدلات الساعية واليومية والمعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد النيتروجين التي سُجلت في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ – ٢٠١٨).

الشكل رقم (٣-١٠): مقارنة بين أعلى المعدلات الساعية ومعدلات ٨ – ساعات والمعدلات السنوية لغاز أول أكسيد الكربون التي سُجلت في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ – ٢٠١٨).

قائمة الجداول الواردة ضمن نص التقرير

جدول رقم (١-١): الحدود القصوى المسموح بها لملوثات الهواء المحيط لتي تم رصدها في الدراسة (القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠).

جدول رقم (١-٢): مواقع رصد الملوثات في سحاب وإربد والكرك بالنسبة للمدن الصناعية.

جدول رقم (١-٣): ملخص وصف مواقع رصد الملوثات في المدن الصناعية في سحاب وإربد والكرك.

جدول رقم (١-٤): الأجهزة المستخدمة في رصد نوعية الهواء المحيط في المدن الصناعية في سحاب وإربد والكرك.

جدول رقم (٢-١): أعلى المعدلات الساعيّة للملوثات الغازية في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨.

جدول رقم (٢-٢): أعلى المعدلات اليوميّة لغاز ثاني أكسيد الكبريت وغازات أكاسيد النيتروجين في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨.

جدول رقم (٢-٣): أعلى المعدلات الساعيّة للملوثات الغازية في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨.

جدول رقم (٢-٤): أعلى المعدلات اليوميّة لغاز ثاني أكسيد الكبريت وغازات أكاسيد النيتروجين في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨.

الخلاصــة

إن التطور الصناعي والخدمي الذي تشهده المملكة والذي يرافقه زيادة التعداد السكاني وما يسببه ذلك من زيادة في استهلاك الكهرباء وفي عدد المركبات يؤدي إلى زيادة انبعاث الملوثات التي من شأنها التأثير على نوعية الهواء في العديد من المناطق وبالتالي التأثير على البيئة وعلى صحة الإنسان وراحته. من هنا تأتي أهمية مراقبة نوعية الهواء خاصة في المناطق المأهولة القريبة من النشاطات الصناعية والخدمية وحركة السير الكثيف. وانطلاقاً من واجبات واهتمام وزارة البيئة بمراقبة نوعية الهواء في المملكة فقد وقعت اتفاقية رقم ٢٠٠٨/٧٥ مع قسم دراسات الهواء / مركز البيئة والمياه في الجمعية العلمية الملكية للقيام بدراسة نوعية الهواء في محيط ثلاث مدن صناعية وهي مدينة الحسن الصناعية في إربد ومدينة عبد الله الثاني ابن الحسين الصناعية في سحاب ومدينة الحسين ابن عبدالله الثاني الصناعية في الكرك.

لقد تمت دراسة مستويات الجسيمات الدقيقة ($PM_{2.5}$) في جميع مواقع الرصد كما وتمت دراسة مستويات أكاسيد النيتروجين (NO, NO_2, NO_x) وأول أكسيد الكربون (CO) وثاني أكسيد الكبريت (SO_2) في موقعي الرصد في إربد وسحاب حيث أن هذه الملوثات تنتج من حرق الوقود في الصناعات والمركبات الخفيفة والثقيلة، ويجدر بالذكر أن نسبة الكبريت مرتفعة نسبياً في الديزل والوقود الثقيل المستخدم في الأردن.

هدفت هذه الدراسة والتي استمرت للفترة (٢٠١٨/١/١ – ٢٠١٨/١٢/٣١) إلى تحديد مستويات الملوثات الغازية والجسيمات الدقيقة في المناطق الثلاث المشار إليها أعلاه ومقارنتها فيما بينها وبالحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ ودراسة تغير نوعية الهواء مع الوقت. كما هدفت الدراسة إلى تقديم النتائج والمقترحات لمتخذي القرار لمساعدتهم على اتخاذ الإجراءات والقرارات المستندة إلى معلومات الرصد والتي من شأنها تحسين نوعية الهواء في تلك المناطق.

أظهرت نتائج الدراسة التالي:

- كانت مستويات غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز أول أكسيد الكربون في موقع الرصد في سحاب مرتفعة مقارنةً بمستوياتها خلال فترة الدراسة السابقة. وتجاوزت مستويات غاز ثاني أكسيد النيتروجين والجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون لفترة الرصد الحالية الحدود الساعية واليومية المنصوص عليهما في المواصفة الوطنية. كانت الرياح السائدة في موقع الرصد في سحاب هي الرياح الساكنة بنسبة ٨٩,٧% تلتها الرياح الجنوبية الغربية بنسبة ٥,٢%.

- كانت مستويات الجسيمات في موقع الرصد في إربد مرتفعة وقد تجاوزت الحد اليومي المنصوص عليه في المواصفة الوطنية ٢٣ مرة. فيما كانت مستويات الملوثات الغازية ضمن الحدود المنصوص عليها في المواصفة الوطنية. كانت الرياح السائدة في موقع الرصد في إربد هي الرياح الساكنة بنسبة ٦٢,٠% تلتها الرياح الشمالية بنسبة ٢٣,٢%.
- تجاوزت مستويات الجسيمات في موقعي الرصد في سحاب وإربد الحد السنوي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠.

وقد خلصت الدراسة إلى بعض التوصيات أهمها الاستمرار في مراقبة نوعية الهواء في مناطق الرصد الحالية وشمول مناطق وملوثات هواء أخرى ضمن برنامج رصد نوعية الهواء المحيط.

الجدول في الصفحة التالية يظهر ملخصاً لنتائج رصد المعدلات الساعية واليومية للملوثات في مواقع الرصد خلال عام ٢٠١٨.

ملخص نتائج الرصد في مواقع الرصد خلال عام ٢٠١٨

الملوثات	الموقع	أعلى معدل ساعي (جزء في المليون)	أعلى معدل يومي (جزء في المليون)	عدد تجاوزات المعدلات الساعية لحد المواصفة	عدد المعدلات اليومية تجاوزات لحد المواصفة	المعدل السنوي (جزء في المليون)
SO_2	إربد	٠,١٠١	٠,٠١٩	صفر	صفر	٠,٠٠٥
NO_2		٠,٢٠٢	٠,٠٥٣	صفر	صفر	٠,٠١٦
NO		٠,٨٨٦	٠,٢٢٦	لا يوجد حدود في المواصفة		٠,٠١٧
NOx		١,٠٥١	٠,٢٧٩			٠,٠٣٢
CO		٢,٦٠	* ٢,٣١	صفر	صفر**	١,٣٤٩
$PM_{2.5}$		--	١٥٩ ميكروغرام/م٣	لا يوجد حد في المواصفة	٢٣	٣٨ ميكروغرام/م٣
SO_2	سحاب	٠,٠١٠	٠,٠٠٥	صفر	صفر	٠,٠٠٢
NO_2		٠,٢٧٤	٠,٠٨٦	٩	٢	٠,٠٢٨
NO		٠,٥٧٦	٠,١١٨	لا يوجد حدود في المواصفة		٠,٠١١
NOx		٠,٦٤٢	٠,١٦٥			٠,٠٣٩
CO		٥,٨٥	*٣,٦٩	صفر	صفر**	١,٧٤٢
$PM_{2.5}$		--	١٣٢ ميكروغرام/م٣	لا يوجد حد في المواصفة	٧	٢٧ ميكروغرام/م٣
$PM_{2.5}$	الكرك	--	٨٣ ميكروغرام/م٣	لا يوجد حد في المواصفة	١	--

الحدود القصوى المسموح بها لملوثات الهواء المحيط التي تم رصدها في الدراسة (القاعدة الفنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠)

عنصر القياس	SO_2	NO_2	NO	NOx	CO	$PM_{2.5}$
الحد الساعي	٠,٣ جزء في المليون	٠,٢١ جزء في المليون	لا يوجد حدود في المواصفة		٢٦ جزء في المليون	لا يوجد حد في المواصفة
الحد اليومي	٠,١٤ جزء في المليون	٠,٠٨ جزء في المليون			٩ جزء في المليون***	٦٥ ميكروغرام/م٣
الحد السنوي	٠,٠٤ جزء في المليون	٠,٠٥ جزء في المليون			لا يوجد حد في المواصفة	١٥ ميكروغرام/م٣

*أعلى معدل ٨ ساعات.

** عدد تجاوزات معدلات الـ ٨ ساعات لحد المواصفة.

*** حد الـ ٨ ساعات

Summary

The development of industrial and services sectors in Jordan, accompanied by the increase of Jordanian population, electricity consumption and the number of vehicles (increase of fuel consumption) results in an increase in the pollutants' levels in the ambient air which in turn causes degradation of the air quality in many areas and adversely impacts the public health. Therefore; it is so important to study the ambient air quality of the residential areas that are close to the air pollution sources. Ministry of Environment, based on its mandate, signed agreement No. 75/2008 with Air Studies Division/ Water & Environment Centre of the Royal Scientific Society to study the ambient air quality of three areas vulnerable to air pollution, these areas are close to the following industrial estates: Al Hasan industrial estate in Irbid, Abdullah II bin Hussein industrial estate in Sahab and Hussien bin Abudullah II industrial estate in Karak.

Levels of inhalable particulate matter with aerodynamic diameter equals to or less than 2.5 micron (**$PM_{2.5}$**) were studied in the above mentioned three locations. While the levels of nitrogen oxides (**NO**, **NO_2** & **NO_x**), carbon monoxide (**CO**) and sulfur dioxide (**SO_2**) were studied in Irbid and Sahab as these pollutants result from fuel burning in both stationary and mobile sources, taking into consideration the relatively high sulfur content in the Jordanian heavy fuel oil and diesel.

The main aim of this study that lasted during the period (1/1/2018 – 31/12/2018) is to identify the air pollutants levels in the above mentioned three areas and to compare the recorded hourly, daily and yearly averages of different air pollutants with the Jordanian standards JS 1140/2006 and to study the air quality changes with time. The study aimed also at helping the decision makers in identifying and enhancing the implementation of the proper measures that could improve the environmental conditions in the study areas.

The main results of the study are:

- Sulfur dioxide (SO_2) and carbon monoxide (CO) levels increased at Sahab site during this study period compared to the previous study period. Nitrogen dioxide (NO_2) and $PM_{2.5}$ levels during this study period at Sahab site exceeded the hourly and daily limits stated in JS 1140/2006. The prevailing wind direction at Sahab site was calm wind with 89.7% followed by south western wind with 5.2%

- $PM_{2.5}$ levels were high and exceeded the daily limit specified in JS 1140/2006 23 times in Irbid site during the study period. While the levels of gaseous pollutants

were within the limits stated in JS 1140/2006. The prevailing wind direction at Irbid site was calm wind with 62.0% followed by northern wind with 23.2%

- $PM_{2.5}$ annual averages at Irbid and Sahab monitoring sites exceeded the annual limit stated in JS 1140/2006 during this study period.

The most important recommended actions this study suggests are; to continue ambient air quality monitoring in the current areas, to increase the spatial coverage of air quality monitoring and to include other air pollutants to the monitoring program.

١. المقدمة

تهدف شركة المدن الصناعية الأردنية التي أنشئت عام ١٩٨٠م إلى إقامة مدن صناعية في كافة أقاليم المملكة لتكون مناطق مجهزة بالبنية التحتية اللازمة تجمع داخل حدودها مختلف الصناعات. ويوجد في الأردن حالياً ٦ مدن صناعية قائمة موزعة في مدينة عبدالله الثاني الصناعية في سحاب ومدينة الحسين ابن عبدالله الثاني الصناعية في الكرك ومدينة الحسن في إربد ومدينة الموقر الصناعية ومدينة العقبة الدولية ومدينة المفرق الصناعية.

وحيث أن النشاطات الصناعية قد تؤدي إلى تلوث الهواء المحيط الذي يؤثر بشكل مباشر وغير مباشر على صحة الإنسان وراحته، فإن هنالك حاجه لمراقبة نوعية الهواء خاصة في المناطق المأهولة القريبة من المدن الصناعية. وحسب قانون حماية البيئة رقم (٦) لسنة ٢٠١٧، فإن وزارة البيئة هي الجهة المختصة بحماية البيئة في المملكة وهي المسؤولة عن مراقبة وقياس عناصر البيئة ومكوناتها ومتابعتها من خلال المراكز العلمية التي تعتمدها الوزارة وفقاً للمعايير المعتمدة. لذلك فقد قامت الوزارة بتوقيع اتفاقية رقم ٢٠٠٨/٧٥ مع الجمعية العلمية الملكية لرصد نوعية الهواء المحيط بشكل متواصل في ثلاثة مواقع قريبة من المدن الصناعية في سحاب وإربد والكرك. حيث يشمل الرصد مراقبة مستويات الجسيمات الدقيقة العالقة بالهواء بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون ($PM_{2.5}$) بالإضافة إلى رصد سرعة واتجاه الرياح والرطوبة النسبية ودرجة الحرارة في مواقع الرصد الثلاثة. كما يشمل الرصد مراقبة مستويات غازات ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) وأول أكسيد الكربون (CO) وأكاسيد النيتروجين (NO, NO_2, NOx) بشكل متواصل في موقعي الرصد في سحاب وإربد.

يغطي هذا التقرير السنوي نتائج الرصد التي تم الحصول عليها خلال فترة الرصد من ٢٠١٨/١/١ ولغاية ٢٠١٨/١٢/٣١.

١-١ المدن الصناعية[١]

١-١-١ مدينة عبدالله الثاني ابن الحسين الصناعية/عمّان – سحاب

تعتبر مدينة عبد الله الثاني ابن الحسين الصناعية أكبر مدينة صناعية في المملكة حيث تم إنشاؤها عام ١٩٨٤م. تقع هذه المدينة الصناعية على بعد ١٢ كم جنوب شرق العاصمة عمّان و٢ كم عن مركز مدينة سحاب الواقعة على بعد ٣ كيلومترات جنوب حدود عمّان الكبرى. تبلغ المساحة الكلية لمدينة عبد الله الثاني ابن الحسين الصناعية (٢٥٣٠) دونم وتضم ما يزيد عن ٤٦٧ شركة صناعية تمثل استثمارات عربية وأجنبية ومشتركة ووفرت (١٥٦٧٥) فرصة عمل.

[١] التقرير السنوي لعام ٢٠١٧ المنشور على الموقع الإلكتروني لشركة المدن الصناعية الأردنية.

تشمل هذه المدينة الصناعية القطاعات التالية: قطاع الصناعات الغذائية وقطاع الصناعات الدوائية وقطاع الصناعات الهندسية (الكهربائية والمعدنية) وقطاع الصناعات البلاستكية والمطاطية وقطاع الصناعات الكيماوية وقطاع الصناعات النسيجية والقطنية وقطاع صناعة الأثاث الخشبي والمعدني وقطاع الصناعات الورقية والتعبئة والتغليف والطباعة وقطاع الصناعات الجلدية وقطاع الصناعات الإنشائية وقطاع الخدمات.

١-١-٢ مدينة الحسن الصناعية/إربد

تقع مدينة الحسن الصناعية على بعد ٧٥ كم شمال مدينة عمّان وقد تم اعتمادها كأول مدينة صناعية مؤهلة تبلغ مساحتها (١١٧٨) دونم. تم تنفيذها على ثلاث مراحل، واستقطبت (١٥٠) شركة صناعية ووفرت المشاريع العاملة في هذه المدينة (٣١٧٩٦) فرصة عمل. تم إنشاء مدينة الحسن الصناعية عام ١٩٩١م. تقع مدينه الحسن الصناعيه في شمال مدينة إربد وتحديداً بين مدينتي إربد والرمثا بالقرب من جامعة العلوم والتكنولوجيا على الطريق الواصل بين مدينتي المفرق وإربد.

تشمل هذه المدينة الصناعية القطاعات التالية: قطاع الصناعات الغذائية وقطاع الصناعات الدوائية وقطاع الصناعات الهندسية وقطاع الصناعات البلاستكية والمطاطية وقطاع الصناعات الكيماوية وقطاع الصناعات النسيجية وقطاع الخدمات.

١-١-٣ مدينة الحسين ابن عبدالله الثاني الصناعية/الكرك

تعتبر مدينة الحسين ابن عبدالله الثاني الصناعية ثاني مدينة صناعية حكومية مؤهلة، تبعد ١١٨ كم جنوب مدينة عمّان وترتبط بميناء العقبة على البحر الأحمر بطريق سريع، تبلغ مساحتها الإجمالية (١٨٥٦) دونم واستقطبت هذه المدينة (٣٩) شركة صناعية ووفرت (٤١١٤) فرصة عمل. يبلغ عدد الشركات المنتجة في المدينة الصناعية في الكرك حتى عام ٢٠١٥ (٢٤) شركة موزعة على القطاعات التالية: نسيجية وغذائية ودوائية وإنشائية وبلاستيكية وكيماوية.

١-٢ أهداف الدراسة

هدفت هذه الدراسة والتي امتدت من ١ كانون ثاني ٢٠١٨ إلى ٣١ كانون أول ٢٠١٨ إلى:

- تحديد مستويات الملوثات الغازية والجسيمات الدقيقة في المدن الصناعية في سحاب وإربد والكرك ومقارنتها بالحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم (٢٠٠٦/١١٤٠). يبين الجدول رقم (١-١) الحدود القصوى المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية للملوثات التي تم رصدها في هذه المواقع.

- إنشاء قاعدة بيانات لنوعية الهواء المحيط في الأردن والتي تساعد أصحاب القرار لاتخاذ الإجراءات اللازمة ووضع الإستراتيجيات والسياسات الملائمة.
- تقييم التغير السنوي في نوعية الهواء المحيط في المناطق المرصودة.
- مقارنة حالة نوعية الهواء المحيط في المناطق الصناعية في الأردن حسب الظروف المختلفة مثل الموقع والمناخ وحجم الصناعات، إلخ.
- تقديم النتائج والمقترحات لمتخذي القرار لمساعدتهم على اتخاذ الإجراءات والقرارات المستندة على معلومات الرصد.
- تقييم مدى الالتزام و/أو التقدم المحرز نحو تحقيق معايير نوعية الهواء المحيط.

جدول رقم (١-١): الحدود القصوى المسموح بها لملوثات الهواء المحيط التي تم رصدها في الدراسة (القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠).

الملوثات	زمن المعدل المأخوذ	الحد الأقصى المسموح به	عدد مرات التجاوز المسموحة
ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)	ساعة واحدة	٠,٣ جزء في المليون	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
	٢٤ ساعة	٠,١٤ جزء في المليون	مرة واحدة في السنة
	سنوي	٠,٠٤ جزء في المليون	----
أول أكسيد الكربون (CO)	ساعة واحدة	٢٦ جزء في المليون	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
	٨ ساعات	٩ جزء في المليون	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2)	ساعة واحدة	٠,٢١ جزء في المليون	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
	٢٤ ساعة	٠,٠٨ جزء في المليون	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
	سنوي	٠,٠٥ جزء في المليون	----
الجسيمات الدقيقة بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون ($PM_{2.5}$)	٢٤ ساعة	٦٥ ميكروغرام/م^3	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
	سنوي	١٥ ميكروغرام/م^3	----

١-٣ ملوثات الهواء المحيط التي تم رصدها في الدراسة

١-٣-١ ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)

ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) غاز عديم اللون له رائحة نفاذة. المصادر الرئيسة لانبعاث هذا الغاز هي منشآت صهر الكبريت المعدني ومحطات توليد الطاقة ومعامل تكرير النفط وغيرها من الصناعات والنشاطات التي يُحرق فيها الوقود الذي يحتوي على نسبة من شائب الكبريت. كما ينبعث هذا الغاز من مصادر طبيعية مثل البراكين وتحلُّل المواد العضوية.

يسبب التعرض لهذا الغاز تهيجاً في أغشية العين والجهاز التنفسي بدرجات مختلفة وذلك حسب تركيزه في الهواء المستنشق ومدة التعرض له وكذلك حسب حساسية الشخص المتعرض له وتواجده مع ملوثات أخرى مثل الجسيمات

والأوزون حيث أنه من الممكن أن يسبب أمراضاً مزمنةً مثل الربو والتهاب الشعب الرئوية. كما أنه إلى جانب أكاسيد النيتروجين، يكوّن المطر الحمضي الذي قد يقتل الحياة الفطرية والأشجار ويتلف المباني والمواد والممتلكات.

١-٣-٢ أول أكسيد الكربون (CO)

أول أكسيد الكربون (CO) هو غاز سام لا لون ولا رائحة له وهو أحد النواتج الجانبية للحرق غير التام للوقود. لا يؤدي استنشاق هذا الغاز إلى ضرر ملحوظ في الرئتين إلا أنه يقلل من قدرة الدم على حمل الأكسجين حيث يتفاعل كيماوياً مع الهيموجلوبين. إن التعرض لتراكيز منخفضة من أول أكسيد الكربون يؤدي إلى الدّوار والغثيان والصداع وانخفاض القدرة على التركيز وتردّي القدرة على الأداء والقيام بالمهام اليومية. بينما يؤدي التعرض للتراكيز العالية، والذي قد يحدث في المناطق المغلقة، إلى التسمم الحاد والذي ينتج عنه فقدان الوعي وحتى الموت نتيجة الاختناق.

إن تعرض بعض المجموعات الحساسة مثل الحوامل وكبار السن والمرضى والذين يعانون من بعض الأمراض المزمنة مثل التهاب الشّعب الهوائية المزمن أو فقر الدم على جميع أنواعه إلى تراكيز من غاز أول أكسيد الكربون يسبب أخطاراً صحية.

١-٣-٣ أكاسيد النيتروجين (NO, NO_2, NOx)

تعرف أكاسيد النيتروجين (NOx) بالمجموع الكلي لكل من ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) وأول أكسيد النيتروجين (NO). وتتكون هذه الأكاسيد كناتج لجميع عمليات الاحتراق على درجات حرارة عالية التي يدخل فيها الهواء نتيجة لأكسدة النيتروجين الجوّي بدرجات الحرارة العالية. وعلى الرغم من أن غاز أول أكسيد النيتروجين يكون الناتج الأساسي إلا أنه لا يعتبر ذو تأثير سيئ على صحة الإنسان.

غاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) هو غاز بني يميل إلى الحمرة. ينطلق جزء من هذا الغاز نتيجة الاحتراق بينما تكون معظم تراكيزه في الهواء المحيط نتيجة أكسدة غاز أول أكسيد النيتروجين خلال العمليات المختلفة، مثلاً عن طريق الأوزون حيث ممكن أن يواصل الأكسدة للحصول على نواتج أشد تأكسداً مثل حامض النيتريك (HNO_3) والذي يؤدي بالإضافة لحامض الكبريتيك الذي ينتج من تأكسد ثاني أكسيد الكبريت إلى ظاهرة المطر الحمضي.

إن التعرض لغاز ثاني أكسيد النيتروجين يؤدي إلى مهاجمته أنسجة الرئتين وطرق التنفس فهو يقلّل من مقاومة الجسم للجراثيم بتراكيز منخفضة مما يؤدي إلى تهيّج الرئتين والعينين. ولدى التعرّض لتراكيز مرتفعة؛ يضعف هذا الغاز مقاومة الجسم للأمراض التنفسية مثل التهاب الرئتين.

تظهر الأبحاث أن الأطفال هم المجموعة الأكثر حساسية لغاز ثاني أكسيد النيتروجين حيث يميلون أكثر من غيرهم للإصابة بمختلف الأمراض التنفسية. كما يعتبر المرضى الذين يصابون بالربو هم مجموعة حسّاسة بشكل خاص لهذا الغاز.

١-٣-٤ الجسيمات الدقيقة بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون ($PM_{2.5}$)

هناك عدّة مصادر للجسيمات الدقيقة ($PM_{2.5}$) في الهواء المحيط فبالإضافة للمصادر الطبيعية، تنبعث هذه الجسيمات من وسائل النقل خاصة التي تعمل بالديزل والدخان المنبعث من مصادر الاحتراق المختلفة والحرائق واستخراج المعادن والبناء، إلخ.

تظهر عادةً آثار التعرض لهذه الجسيمات من خلال السّعال وإثارة القصبة الهوائية والعينين وحيث أن الجسيمات بهذا الحجم صغيرة بما فيه الكفاية لتتغلغل داخل الشعيبات الدقيقة في الرئتين فإنها تعتبر الأخطر على الرئتين. يعتبر الأشخاص الذين يعانون من أمراض تنفسية معينة مزمنة مثل الربو هم الأكثر حساسية من التعرض لهذه الجسيمات.

١-٤ مواقع الرصد

تم اختيار مواقع الرصد لتكون معبرة عن المناطق السكنية الأقرب لمصادر التلوث من الصناعات المختلفة في المدن الصناعية في سحاب وإربد والكرك وتقع ما أمكن في مهب الرياح السائدة بعد مرورها بالمدينة الصناعية (downwind) وقد تم إنشاء كرفانات مهيأة ومكيفة لأجهزة الرصد. وقد تم اختيار مواقع الرصد بحيث تغطي أهم التجمعات السكانية والتي تتعرض لمصادر تلوث الهواء المختلفة سواء كانت مصادر متحركة أو مصادر ثابتة. يبين الجدول رقم (١-٢) والخرائط في ملحق رقم (١) مواقع الرصد بالنسبة للمدن الصناعية. بينما يبين الجدول رقم (١-٣) والصور رقم ((١-١) – (١-٣)) وصفاً لمواقع الرصد. ومن الجدير بالذكر أنه تمّ أيضاً رصد سرعة واتجاه الرياح والرطوبة النسبية ودرجة الحرارة بشكل مستمر على مدار الساعة في جميع مواقع الرصد.

يوجد في مدينة عبدالله الثاني ابن الحسين الصناعية/سحاب محطة لمعالجة مياه الصرف الصناعي ويوجد بالقرب منها العديد من مناشير الحجر. تم مراقبة نوعية الهواء في موقع واحد يقع شمال شرق المدينة الصناعية تم فيه رصد تركيز غازات أكاسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت والجسيمات الدقيقة بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون. ويُقدر عدد سكان منطقة سحاب في محافظة عمان حتى نهاية عام ٢٠١٨ بـ ١٣٩٢٣٦[٢].

[٢] عدد سكان المملكة المقدر حسب البلدية والجنس في نهاية ٢٠١٨، دائرة الإحصاءات العامة

الشكل رقم (١-١): موقع الرصد في سحاب

من المصادر الرئيسة لتلوث الهواء في المدينة الصناعية في إربد مختلف الصناعات الغذائية والصناعات الدوائية والدهانات وتصنيع الملابس إضافة إلى محطة معالجة مياه الصرف الصناعي. تم مراقبة نوعية الهواء في موقع واحد يقع إلى الجنوب الشرقي من المدينة الصناعية حيث تم رصد تركيز غازات أكاسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت والجسيمات الدقيقة بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون. ويُقدر عدد سكان محافظة إربد حتى نهاية عام ٢٠١٨ بـ ١٩١١٦٠٠[٣].

الشكل رقم (١-٢): موقع الرصد في إربد

[٣] عدد سكان المملكة المقدر حسب البلدية والجنس في نهاية ٢٠١٨، دائرة الإحصاءات العامة

تعتبر صناعة الألبسة في المدينة الصناعية في الكرك من المصادر الرئيسة لتلوث الهواء المحيط بالملوثات الغازية الناتجة من احتراق الوقود والجسيمات الدقيقة الناتجة عن احتراق الوقود وعمليات الإنتاج. تم مراقبة نوعية الهواء في موقع واحد يقع إلى الجنوب الشرقي – الشرقي من المدينة الصناعية تم فيه رصد الجسيمات الدقيقة بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون. ويُقدر عدد سكان محافظة الكرك حتى نهاية عام ٢٠١٨ بـ ٣٤١٩٠٠[٤].

الشكل رقم (١-٣): موقع الرصد في الكرك

جدول رقم (١-٢): مواقع رصد الملوثات في سحاب وإربد والكرك بالنسبة للمدن الصناعية.

مواقع الرصد	الإحداثيات (UTM)	بُعد واتجاه موقع الرصد بالنسبة للمدينة الصناعية	الملوثات التي يتمّ رصدها
سحاب	E: 36° 00´ 29.98″ N: 31° 52´ 8.05″	شمال شرق مدينة عبدالله الثاني ابن الحسين الصناعية.	SO_2, CO, NOx & $PM_{2.5}$
إربد	E: 36° 01´ 49.92″ N: 32° 29´ 47.51″	على الحدود الجنوبية الشرقية لمدينة الحسن الصناعية.	SO_2, CO, NOx & $PM_{2.5}$
الكرك	E: 35° 50´ 28.01″ N: 31° 12´ 32.28″	على الحدود الجنوبية الشرقية – الشرقية لمدينة الحسين ابن عبدالله الثاني الصناعية.	$PM_{2.5}$

جدول رقم (١-٣): ملخص وصف مواقع رصد الملوثات في المدن الصناعية في سحاب وإربد والكرك.

مواقع الرصد	ارتفاع مدخل العينات عن سطح الأرض (م)	بعد موقع الرصد عن أقرب مبنى (م)	بعد موقع الرصد عن أقرب شجرة (م)	بعد موقع الرصد عن أقرب شارع (م)
سحاب	≈ ٧	≈ ٢٠	≈ ١٠	> ٥
إربد	≈ ٣	≈ ٥٠	لا يوجد أشجار قريبة	> ٥
الكرك	≈ ٣	≈ ١٥	≈ ٢	< ٢٠

[٤] عدد سكان المملكة المقدر حسب البلدية والجنس في نهاية ٢٠١٨، دائرة الإحصاءات العامة

١-٥ أسلوب العمل وأجهزة القياس المستخدمة

يبين الجدول رقم (١-٤) الأجهزة المستخدمة في عملية الرصد، ومبدأ عمل كل منها. تمّ رصد تراكيز ملوثات الهواء الغازية باستخدام أجهزة تحليل غازات أوتوماتيكية، حيث تأخذ عينات من الهواء المحيط بشكل متواصل، تحلل هذه العينات وتخزن نتائج التحليل على شكل معدلات ساعيّة لتركيز الغاز في الهواء المحيط. حيث تتم المعايرة الدورية للأجهزة باستخدام غاز معياري ذو تركيز محدد يقع ضمن مجال قياس الجهاز للتأكد من دقة عمل الأجهزة وتعديل استجابتها وصيانتها عند الضرورة. ويبين الجدول رقم (٥) في الملحق رقم (٢) نوع ودورية إجراء المعايرة المطلوبة.

بينما يتمّ رصد الجسيمات الدقيقة بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون باستخدام أجهزة أوتوماتيكية تعمل على مبدأ (Beta Attenuation) معتمدة من قبل وكالة حماية البيئة الأمريكية (US EPA) ومزودة بمداخل خاصة تعمل على فصل الدقائق التي يزيد قطرها عن ٢,٥ ميكرون كما تم تنفيذ الصيانة الوقائية والمعايرة كما هو مبين في الجداول المرفقة في الملحق رقم (٢).

جدول رقم (١-٤): الأجهزة المستخدمة في رصد نوعية الهواء المحيط في المدن الصناعية في سحاب وإربد والكرك.

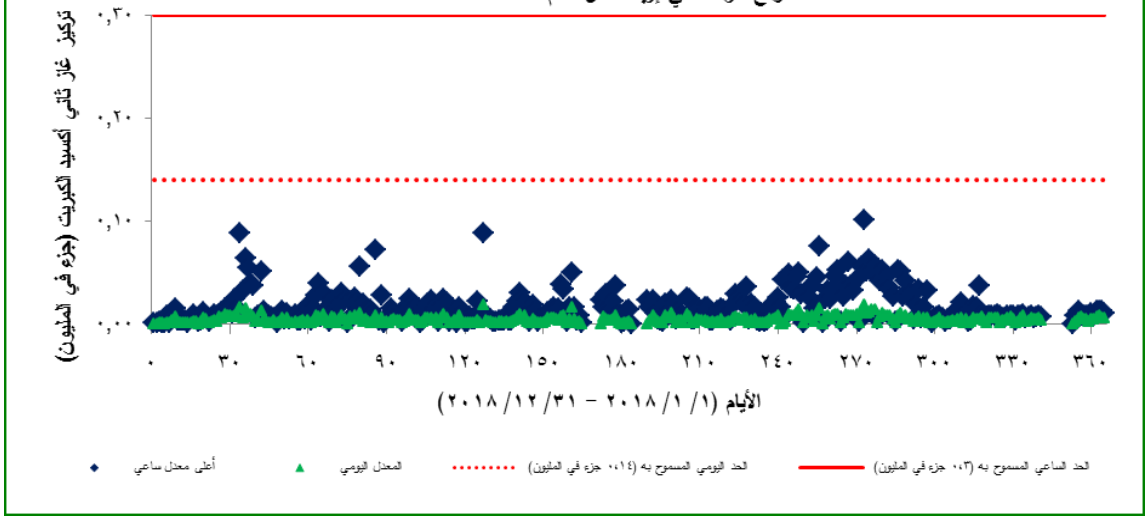
اسم الجهاز	مبدأ عمله	عمل الجهـاز	الموقع
Sulfur Dioxide Analyzer	UV- Fluorescence	رصد غاز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء المحيط بشكل متواصل	سحاب وإربد
Nitrogen Oxides (NO, NO_2 & NO_x) Analyzer	Chemiluminescence (NO, NO_2 & NOx)	رصد غازات أكاسيد النيتروجين (NO_x, NO_2 & NO) في الهواء المحيط بشكل متواصل	سحاب وإربد
Carbon Monoxide (CO) Analyzer	Infrared & Electro-chemical cell	رصد غاز أول أكسيد الكربون (CO) في الهواء المحيط بشكل متواصل	سحاب وإربد
Particulate Matter ($PM_{2.5}$) Monitor	Beta-Attenuation	رصد الجسيمات الدقيقة ($PM_{2.5}$) في الهواء المحيط بشكل متواصل	سحاب وإربد والكرك
Wind Speed and Direction, Relative Humidity and Temperature	-----	تسجيل سرعة واتجاه الرياح، ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية للهواء المحيط الكترونياً وبشكل متواصل	سحاب وإربد والكرك

٢. نتائج الدراسة

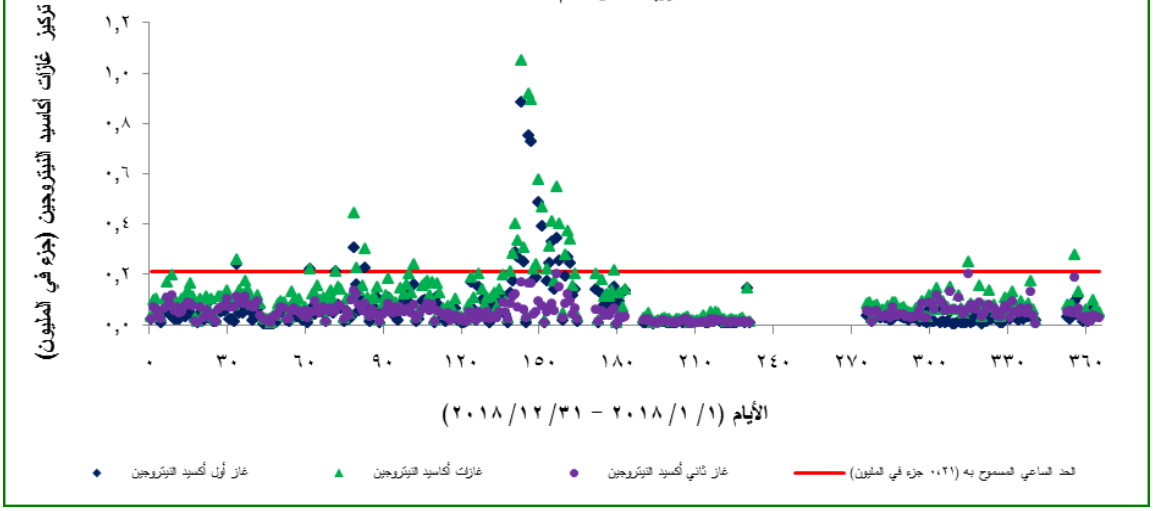
٢-١ مدينة الحسن الصناعية/إربد

تم رصد غاز ثاني أكسيد الكبريت وغازات أكاسيد النيتروجين وغاز أول أكسيد الكربون والجسيمات بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون في موقع الرصد في إربد. وقد أظهرت نتائج الرصد خلال عام ٢٠١٨ أن مستويات غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين وغاز أول أكسيد الكربون كانت ضمن الحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ كما هو مبين في الأشكال من (٢-١) إلى (٢-٤).

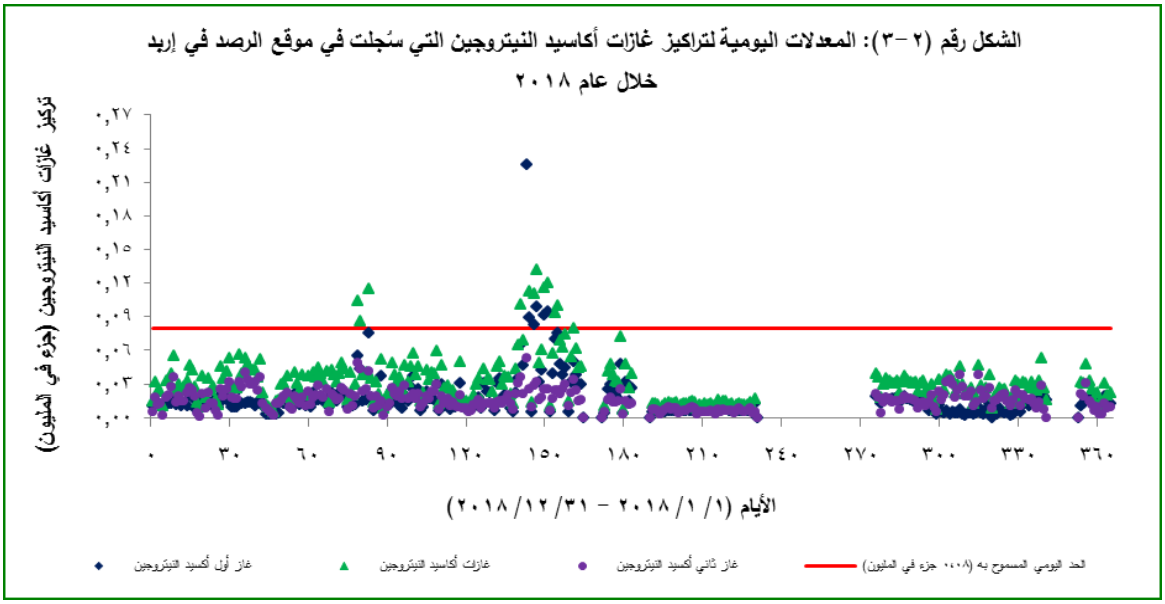
الشكل رقم (٢-١): المعدلات اليومية وأعلى المعدلات الساعية لتراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨



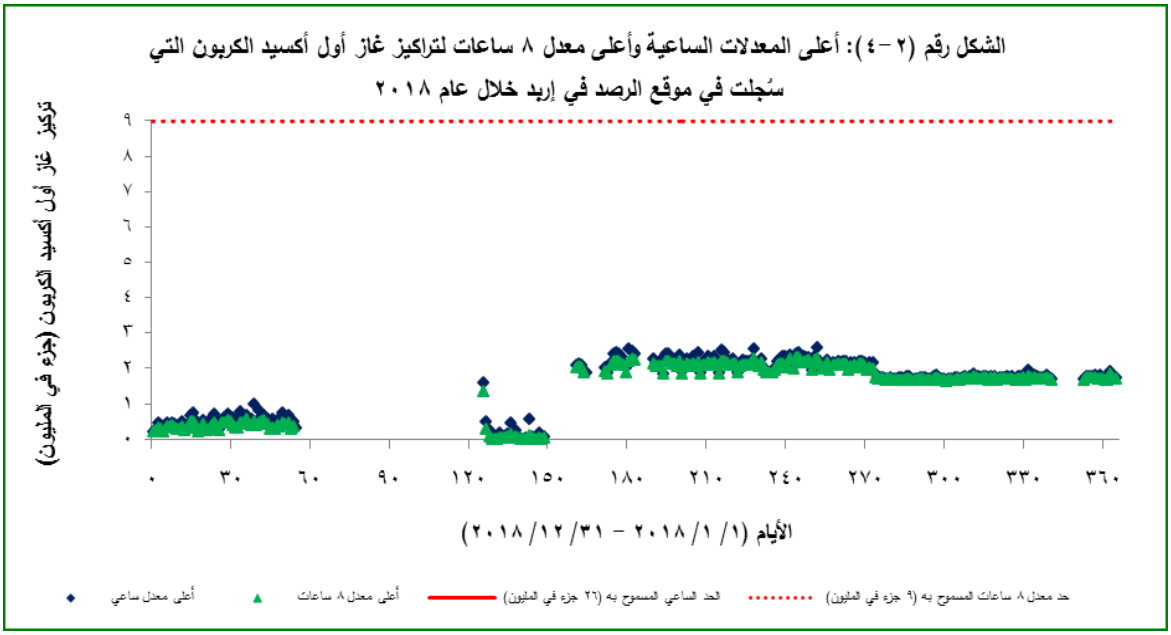
الشكل رقم (٢-٢): أعلى المعدلات الساعية لتراكيز غازات أكاسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨



الشكل رقم (٢-٣): المعدلات اليومية لتراكيز غازات أكاسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨



الشكل رقم (٢-٤): أعلى المعدلات الساعية وأعلى معدل ٨ ساعات لتراكيز غاز أول أكسيد الكربون التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨



ويظهر الجدول رقم (٢-١) أعلى المعدلات الساعية للملوثات الغازية التي تم رصدها في هذا الموقع، فقد بلغ أعلى معدل ساعي لغاز ثاني أكسيد الكبريت ٠,١٠١ جزء في المليون و٠,٢٠٢ جزء في المليون لغاز ثاني أكسيد النيتروجين و٢,٦٠ جزء في المليون لغاز أول أكسيد الكربون. كما يبين الجدول رقم (٢-٢) أن أعلى معدل يومي لغاز ثاني أكسيد الكبريت بلغ ٠,٠١٩ جزء في المليون والذي سجل بتاريخ ٢٠١٨/٩/٣٠ في حين بلغ أعلى معدل يومي لغاز ثاني أكسيد النيتروجين ٠,٠٥٣ جزء في المليون والذي سجل بتاريخ ٢٠١٨/٥/٢٣.

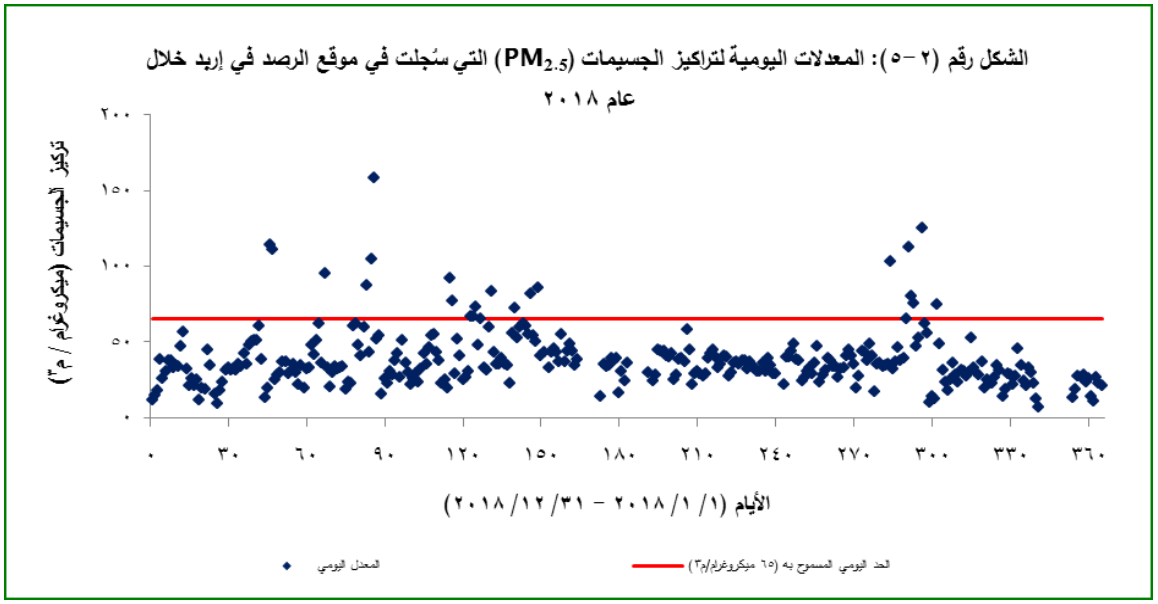
جدول رقم (٢-١): أعلى المعدلات الساعيّة للملوثات الغازية في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨.

الغاز	أعلى معدل ساعي (جزء في المليون)	وقت حدوث أعلى معدل ساعي – تاريخ الحدوث	عدد تجاوزات المعدلات الساعية لحد المواصفة	النسبة المئوية لتجاوزات المعدلات الساعية (%)
غاز ثاني أكسيد الكبريت	٠,١٠١	١٧:٠٠ ٢٠١٨/٩/٣٠	صفر	صفر
غاز ثاني أكسيد النيتروجين	٠,٢٠٢	١٦:٠٠ ٢٠١٨/٦/٦	صفر	صفر
غاز أول أكسيد النيتروجين	٠,٨٨٦	١٤:٠٠ ٢٠١٨/٥/٢٣	لا يوجد حد في المواصفات الوطنية	
غازات أكاسيد النيتروجين	١,٠٥١	١٤:٠٠ ٢٠١٨/٥/٢٣		
الغاز	**أعلى معدل ساعي (جزء في المليون)**	**وقت حدوث أعلى معدل ساعي – تاريخ الحدوث**	**أعلى معدل ٨-ساعات (جزء في المليون)**	**تاريخ حدوث أعلى معدل ٨-ساعات**
غاز أول أكسيد الكربون	٢,٦٠	٢٣:٠٠ ٢٠١٨/٩/٩	٢,٣١	٢٠١٨/٩/١

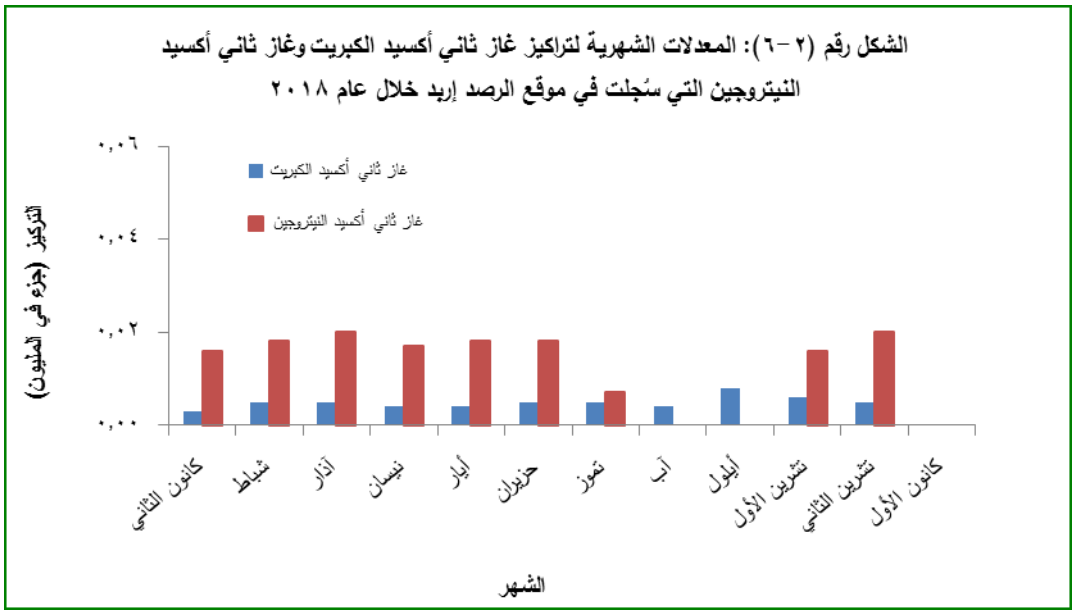
جدول رقم (٢-٢): أعلى المعدلات اليومية لغاز ثاني أكسيد الكبريت وغازات أكاسيد النيتروجين في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨.

الغاز	أعلى معدل يومي (جزء في المليون)	تاريخ حدوث أعلى معدل يومي	عدد تجاوزات المعدلات اليومية لحد المواصفة	النسبة المئوية لتجاوزات المعدلات اليومية (%)
غاز ثاني أكسيد الكبريت	٠,٠١٩	٢٠١٨/٩/٣٠	صفر	صفر
غاز ثاني أكسيد النيتروجين	٠,٠٥٣	٢٠١٨/٥/٢٣	صفر	صفر
غاز أول أكسيد النيتروجين	٠,٢٢٦	٢٠١٨/٥/٢٣	لا يوجد حد في المواصفات الوطنية	
غازات أكاسيد النيتروجين	٠,٢٧٩	٢٠١٨/٥/٢٣		

ويبين الشكل رقم (٢-٥) المعدلات اليومية لتراكيز الجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون ($PM_{2.5}$) في موقع الرصد في إربد. ويبين الشكل أن المعدلات اليومية لتركيز الجسيمات تجاوزت الحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية للجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء والبالغ ٦٥ ميكروغرام/م^{٣}. حيث بلغ عدد التجاوزات اليومية ٢٣ تجاوزاً.



يبين الشكل رقم (٢-٦) نتائج المعدلات الشهرية لغاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين في موقع الرصد في إربد. حيث بلغ أعلى معدل شهري لغاز ثاني أكسيد الكبريت في هذا الموقع ٠,٠٠٨ جزء في المليون خلال شهر أيلول ٢٠١٨. كما سُجل أعلى معدل شهري لغاز ثاني أكسيد النيتروجين والبالغ ٠,٠٢٠ جزء في المليون في موقع الرصد في إربد خلال شهري آذار وتشرين الثاني ٢٠١٨. ومن الجدير بالذكر بأنه حدث انقطاع في رصد غاز ثاني أكسيد الكبريت لعدة أيام خلال شهر كانون الأول ٢٠١٨ بسبب فصل في التيار الكهربائي. وانقطع رصد غاز ثاني أكسيد النيتروجين لعدة أيام خلال شهري آب وأيلول وكانون الأول ٢٠١٨ بسبب فصل في التيار الكهربائي أو لأسباب فنية تتعلق بإجراء الصيانة التصحيحية للجهاز. لذلك لم يتم احتساب المعدلات الشهرية لهذه الأشهر.



كما يبين الشكل رقم (٢-٧) أن أعلى معدل شهري لغاز أول أكسيد الكربون سُجل خلال شهر أيلول ٢٠١٨ في موقع الرصد في إربد حيث بلغت قيمته ٢,٠١٣ جزء في المليون. ومن الجدير بالذكر بأنه حدث انقطاع في رصد غاز أول أكسيد الكربون لعدة أيام خلال أشهر أيار وحزيران وكانون الأول ٢٠١٨ بسبب فصل التيار الكهربائي أو لأسباب فنية تتعلق بإجراء الصيانة التصحيحية للجهاز. لذلك لم يتم احتساب المعدلات الشهرية لهذه الأشهر. كما لم يتم التمكن من الرصد خلال شهري آذار ونيسان ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-٧): المعدلات الشهرية لتراكيز غاز أول أكسيد الكربون التي سُجلت في موقع الرصد إربد خلال عام ٢٠١٨

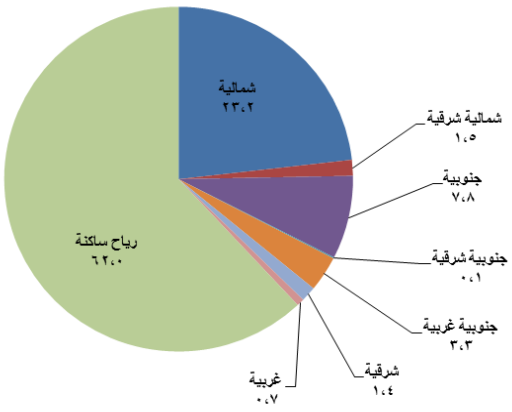
ويبين الشكل رقم (٢-٨) أدناه المعدلات الشهرية لتركيز الجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء ($PM_{2.5}$) في موقع الرصد في إربد. حيث يلاحظ أن أعلى معدل شهري لتركيز الجسيمات الدقيقة خلال فترة الدراسة بلغ ٥٢ ميكروغرام/م^3 لشهر أيار ٢٠١٨. حدثت انقطاعات متكررة لعدة أيام في رصد الجسيمات الدقيقة خلال شهري حزيران وكانون الأول ٢٠١٨ بسبب فصل التيار الكهربائي أو لأسباب فنية. لذلك لم يتم احتساب المعدلات الشهرية لهذين الشهرين.

الشكل رقم (٢-٨): المعدلات الشهرية لتراكيز الجسيمات ($PM_{2.5}$) التي سُجلت في موقع الرصد إربد خلال عام ٢٠١٨

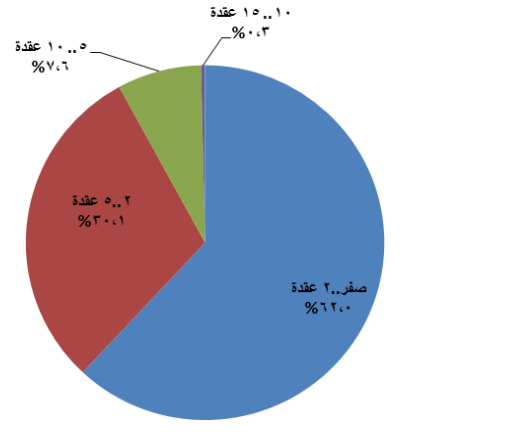
وكانت المعدلات السنوية للملوثات الغازية التي تم رصدها في هذا الموقع خلال عام ٢٠١٨ ضمن الحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ والمبينة في الجدول رقم (١-١)، حيث بلغ المعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد الكبريت ٠,٠٠٥ جزء في المليون و٠,٠١٦ جزء في المليون لغاز ثاني أكسيد النيتروجين. فيما تجاوز المعدل السنوي للجسيمات ($PM_{2.5}$) والبالغ ٣٨ ميكروغرام/م^3 الحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ (١٥ ميكروغرام/م^3). كما بلغ المعدل السنوي لغاز أول أكسيد الكربون ١,٣٤٩ جزء في المليون، علماً بأنه لا يوجد حد سنوي منصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ لغاز أول أكسيد الكربون.

تبين الأشكال (٢-٩) و (٢-١٠) نتائج رصد سرعة واتجاه الرياح في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨، حيث أظهرت هذه الأشكال أن الرياح السائدة في موقع الرصد كانت الرياح الساكنة حيث تواجدت بنسبة ٦٢,٠% تليها الرياح الشمالية بنسبة ٢٣,٢%.

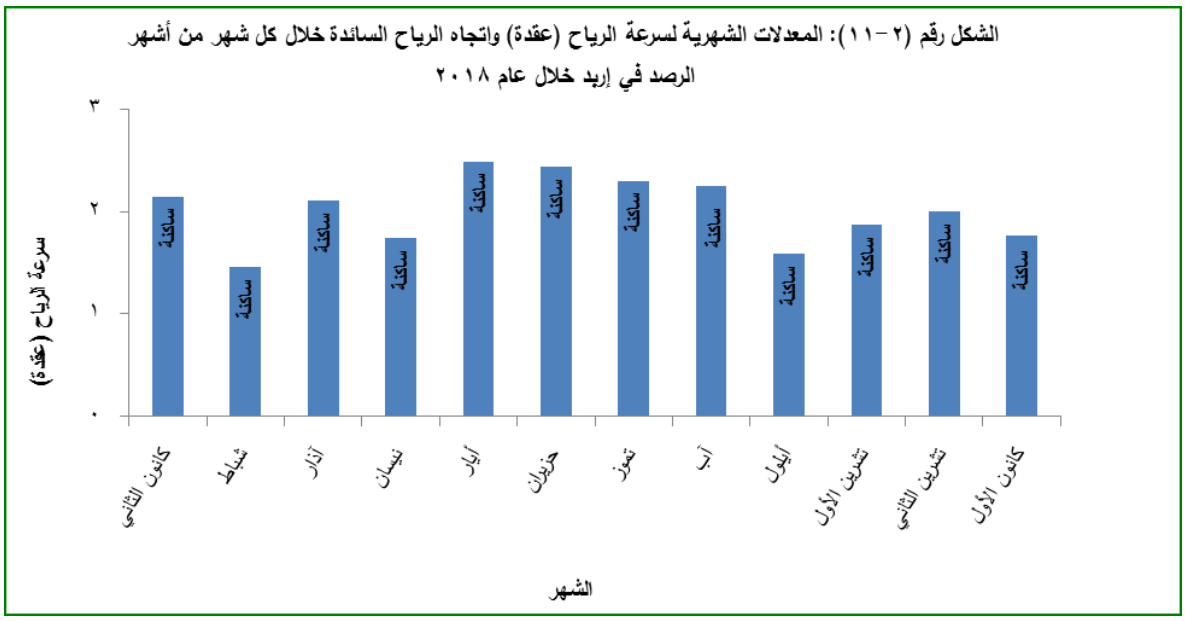
شكل رقم (٢-٩): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨



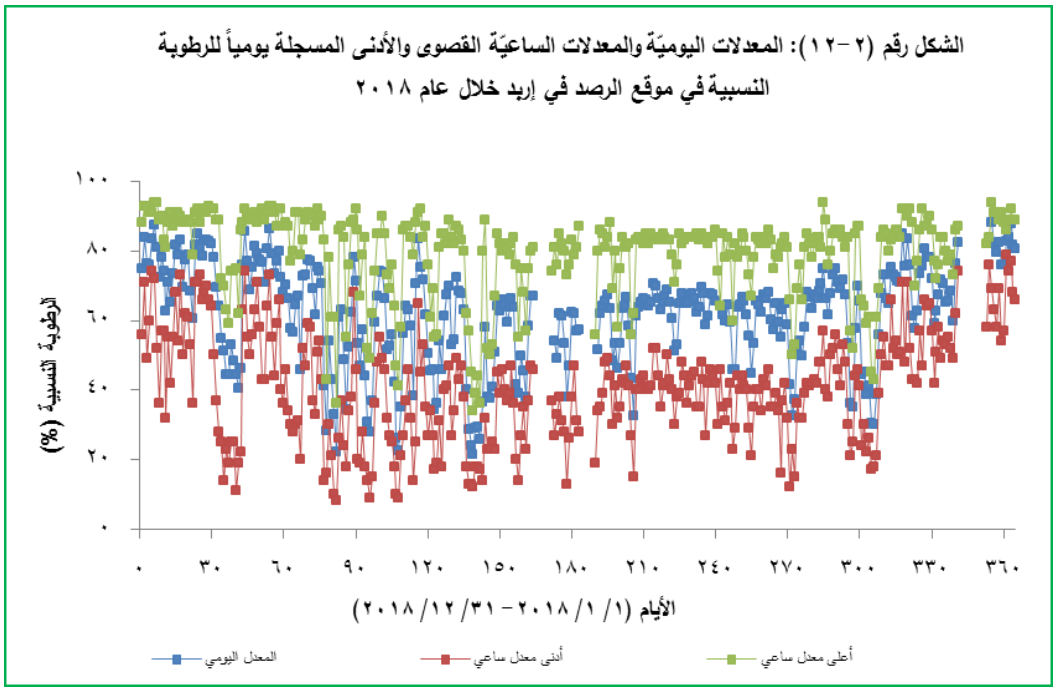
شكل رقم (٢-١٠): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨

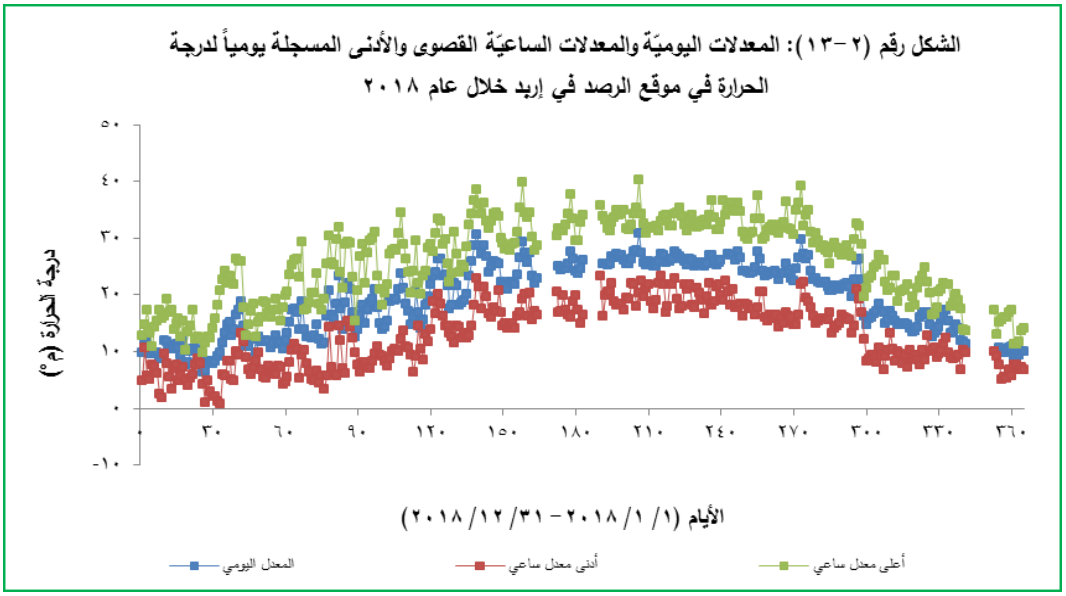


ويبين الشكل رقم (٢-١١) اتجاه الرياح السائدة والمعدل الشهري لسرعة الرياح لكل شهر من أشهر الرصد في موقع الرصد. حيث يلاحظ أن الرياح الساكنة كانت سائدة خلال جميع الأشهر.



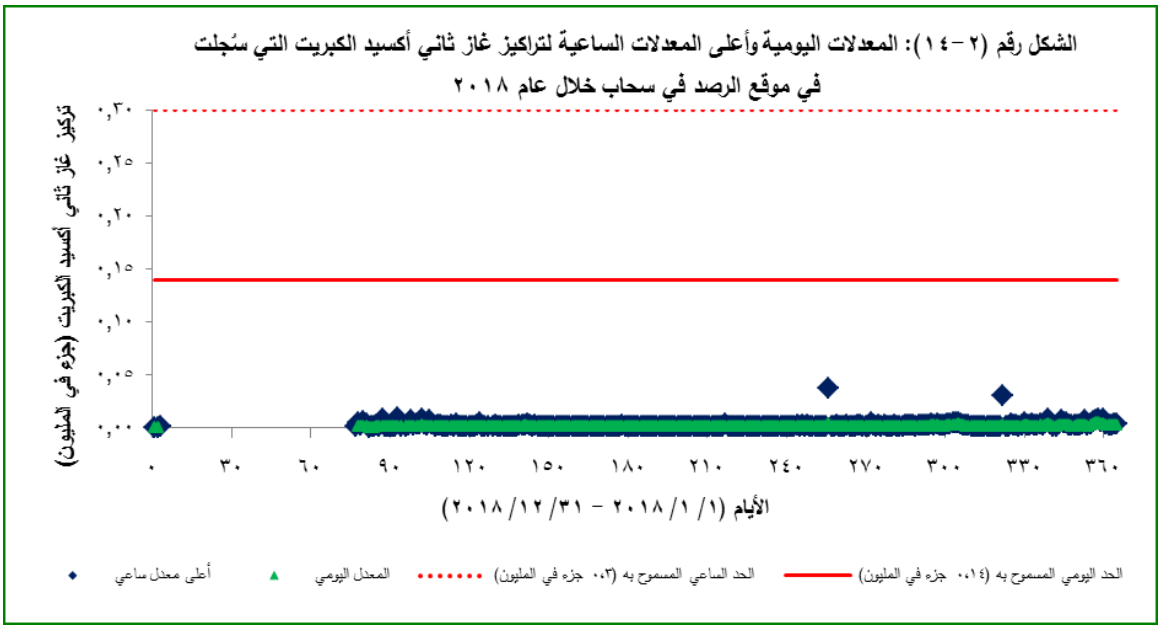
يظهر الشكلان رقم (٢-١٢) و (٢-١٣) المعدلات اليومية للرطوبة النسبية ودرجة الحرارة والحد الأدنى والحد الأقصى المسجلان يومياً في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨.



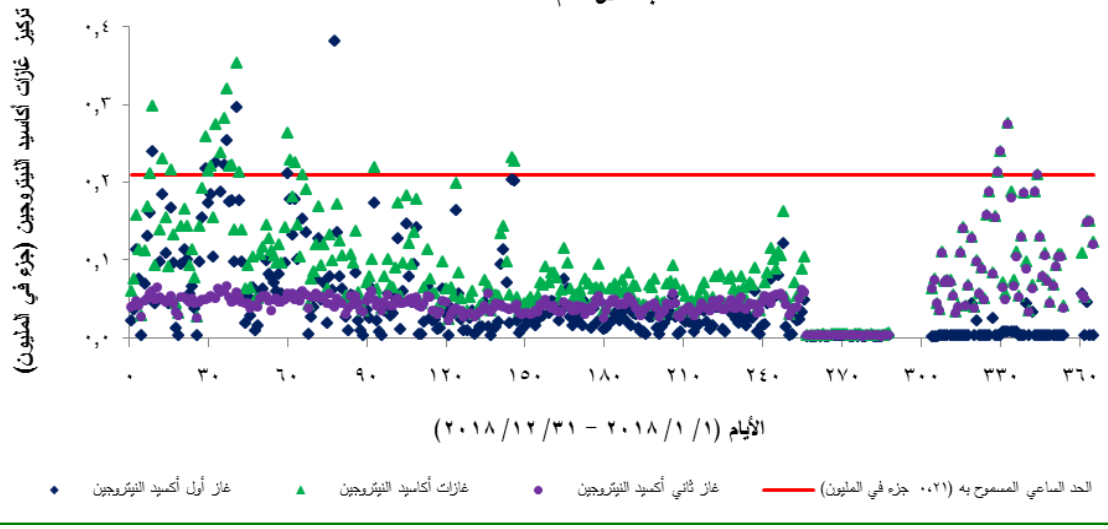


٢-٢ مدينة عبدالله الثاني ابن الحسين الصناعية/عمّان – سحاب

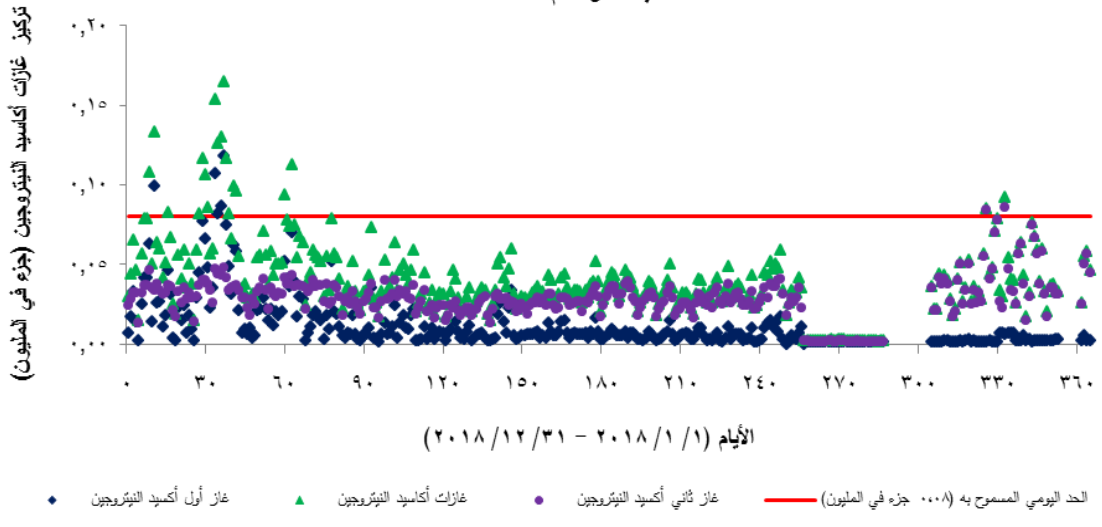
تم رصد غاز ثاني أكسيد الكبريت وغازات أكاسيد النيتروجين وغاز أول أكسيد الكربون والجسيمات بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون في موقع الرصد في سحاب. وقد أظهرت نتائج الرصد خلال عام ٢٠١٨ أن مستويات غازي ثاني أكسيد الكبريت وأول أكسيد الكربون كانت ضمن الحدود المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ فيما كانت مستويات غاز ثاني أكسيد النيتروجين مرتفعة وتجاوزت المواصفة الوطنية كما هو مبين في الأشكال من (٢-١٤) إلى (٢-١٧).



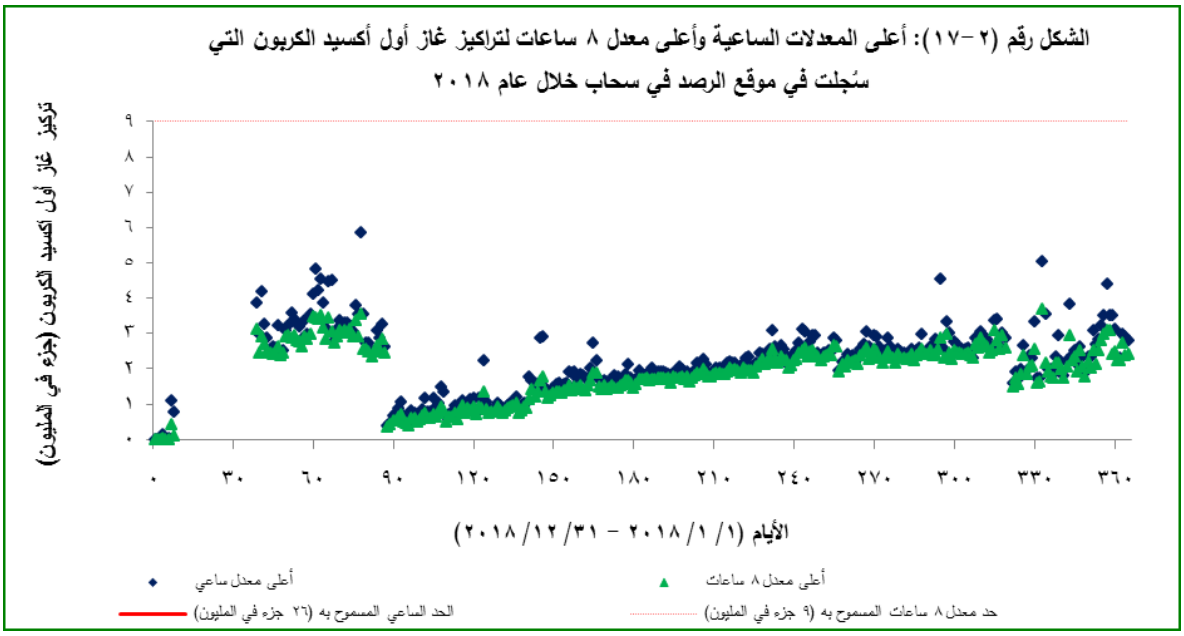
الشكل رقم (٢-١٥): أعلى المعدلات الساعية لتراكيز غازات أكاسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨



الشكل رقم (٢-١٦): المعدلات اليومية لتراكيز غازات أكاسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨



الشكل رقم (٢-١٧): أعلى المعدلات الساعية وأعلى معدل ٨ ساعات لتراكيز غاز أول أكسيد الكربون التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨



ويظهر الجدول رقم (٢-٣) أعلى المعدلات الساعية للملوثات الغازية التي تم رصدها في موقع سحاب، فقد بلغ أعلى معدل ساعي لغاز ثاني أكسيد الكبريت ٠,٠١٠ جزء في المليون و٠,٢٧٤ جزء في المليون لغاز ثاني أكسيد النيتروجين و٥,٨٥ جزء في المليون لغاز أول أكسيد الكربون. كما يبين الجدول رقم (٢-٤) أن أعلى معدل يومي لغاز ثاني أكسيد الكبريت بلغ ٠,٠٠٥ جزء في المليون سجل بتاريخ ٢٠١٨/١٢/٢٤ في حين بلغ أعلى معدل يومي لغاز ثاني أكسيد النيتروجين ٠,٠٨٦ جزء في المليون والذي سجل بتاريخ ٢٠١٨/١١/٢٩.

جدول رقم (٢-٣): أعلى المعدلات الساعيّة للملوثات الغازية في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨.

الغاز	أعلى معدل ساعي (جزء في المليون)	وقت حدوث أعلى معدل ساعي – تاريخ الحدوث	عدد تجاوزات المعدلات الساعية لحد المواصفات	النسبة المئوية لتجاوزات المعدلات الساعية (%)
غاز ثاني أكسيد الكبريت	٠,٠١٠	٩:٠٠ ٢٠١٨/٤/٣	صفر	صفر
غاز ثاني أكسيد النيتروجين	٠,٢٧٤	٢١:٠٠ ٢٠١٨/١١/٢٩	٩	٠,١١
غاز أول أكسيد النيتروجين	٠,٥٧٦	٢٢:٠٠ ٢٠١٨/١/١١	لا يوجد حد في المواصفات الوطنية	
غازات أكاسيد النيتروجين	٠,٦٤٢	٢٢:٠٠ ٢٠١٨/١/١١		

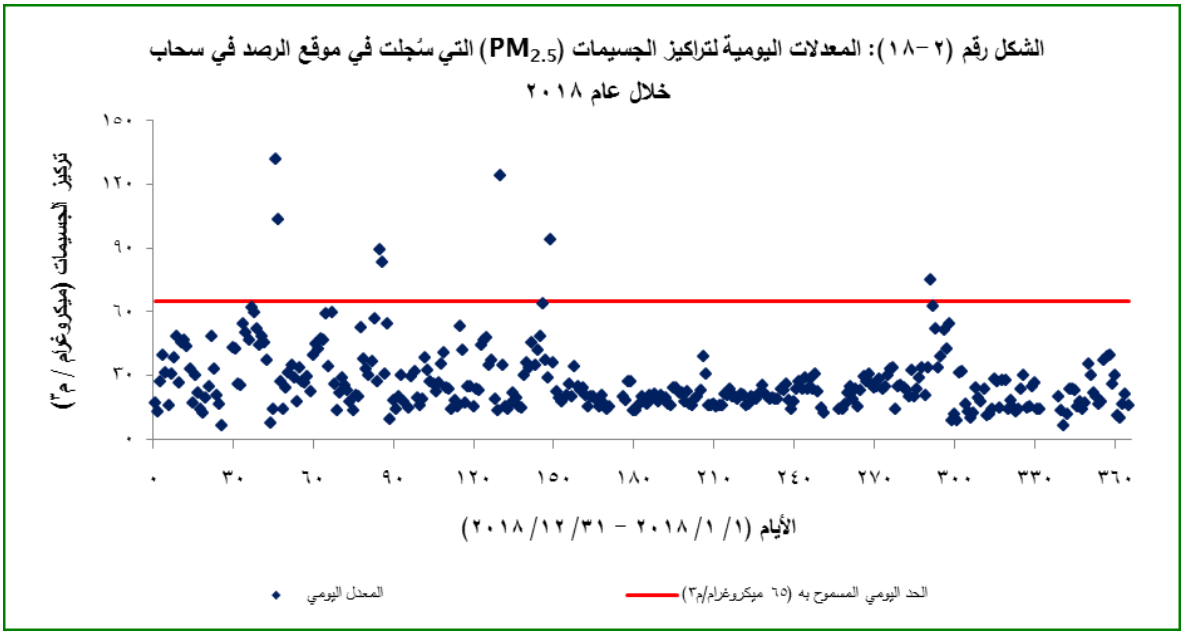
الغاز	أعلى معدل ساعي (جزء في المليون)	وقت حدوث أعلى معدل ساعي – تاريخ الحدوث	أعلى معدل ٨-ساعات (جزء في المليون)	تاريخ حدوث أعلى معدل ٨-ساعات
غاز أول أكسيد الكربون	٥,٨٥	٢٣:٠٠ – ٢٠١٨/٣/١٩	٣,٦٩	٢٠١٨/١١/٢٩

جدول رقم (٢-٤): أعلى المعدلات اليومية لغاز ثاني أكسيد الكبريت وغازات أكاسيد النيتروجين في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨.

الغاز	أعلى معدل يومي (جزء في المليون)	تاريخ حدوث أعلى معدل يومي	عدد تجاوزات المعدلات اليومية لحد المواصفات	النسبة المئوية لتجاوزات المعدلات اليومية (%)
غاز ثاني أكسيد الكبريت	٠,٠٠٥	٢٠١٨/١٢/٢٤	صفر	صفر
غاز ثاني أكسيد النيتروجين	٠,٠٨٦	٢٠١٨/١١/٢٩	٢	٠,٥٨١
غاز أول أكسيد النيتروجين	٠,١١٨	٢٠١٨/٢/٦	لا يوجد حد في المواصفات الوطنية	
غازات أكاسيد النيتروجين	٠,١٦٥	٢٠١٨/٢/٦		

ويبين الشكل رقم (٢-١٨) المعدلات اليومية لتراكيز الجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون ($PM_{2.5}$) في موقع الرصد في سحاب. ويلاحظ أن المعدلات اليومية للجسيمات ($PM_{2.5}$) كانت مرتفعة وتجاوزت الحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ والبالغ **٦٥** ميكروغرام/م^3.

الشكل رقم (٢-١٨): المعدلات اليومية لتراكيز الجسيمات ($PM_{2.5}$) التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨

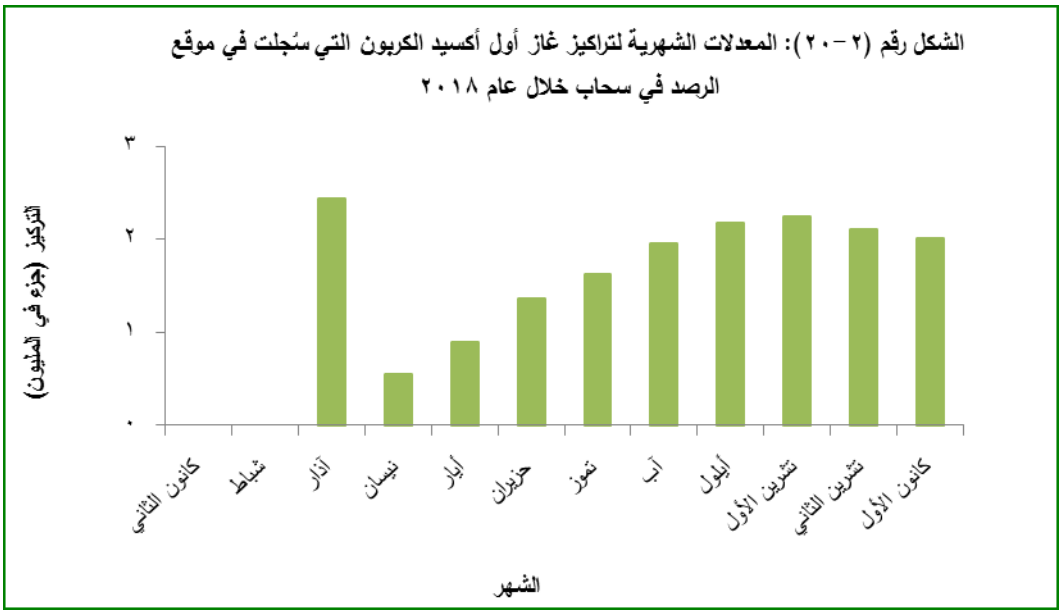


يبين الشكل رقم (٢-١٩) نتائج المعدلات الشهرية لغاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين في موقع الرصد في سحاب. حيث كانت المعدلات الشهرية لغاز ثاني أكسيد الكبريت في هذا الموقع منخفضة جداً ومتقاربة خلال كامل فترة الرصد وسُجل أعلى معدل شهري خلال شهر كانون الأول ٢٠١٨ حيث بلغ ٠,٠٠٣ جزء في المليون. فيما بلغ أعلى معدل شهري لغاز ثاني أكسيد النيتروجين في موقع الرصد في سحاب ٠,٠٤١ جزء في المليون والذي سُجل خلال شهر كانون الأول ٢٠١٨. وقد حدث انقطاع في رصد غاز ثاني أكسيد الكبريت لعدة أيام خلال شهري كانون الثاني وآذار ٢٠١٨ لأسباب فنية تتعلق بالجهاز، كما ولم يتم التمكن من الرصد خلال شهر شباط ٢٠١٨. وقد حدث أيضاً انقطاع في رصد غاز ثاني أكسيد النيتروجين لعدة أيام خلال شهر تشرين الأول ٢٠١٨ لأسباب فنية تتعلق بإجراء الصيانة التصحيحية للجهاز، لذلك لم يتم احتساب المعدلات الشهرية خلال هذه الأشهر.

الشكل رقم (٢-١٩): المعدلات الشهرية لتراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨

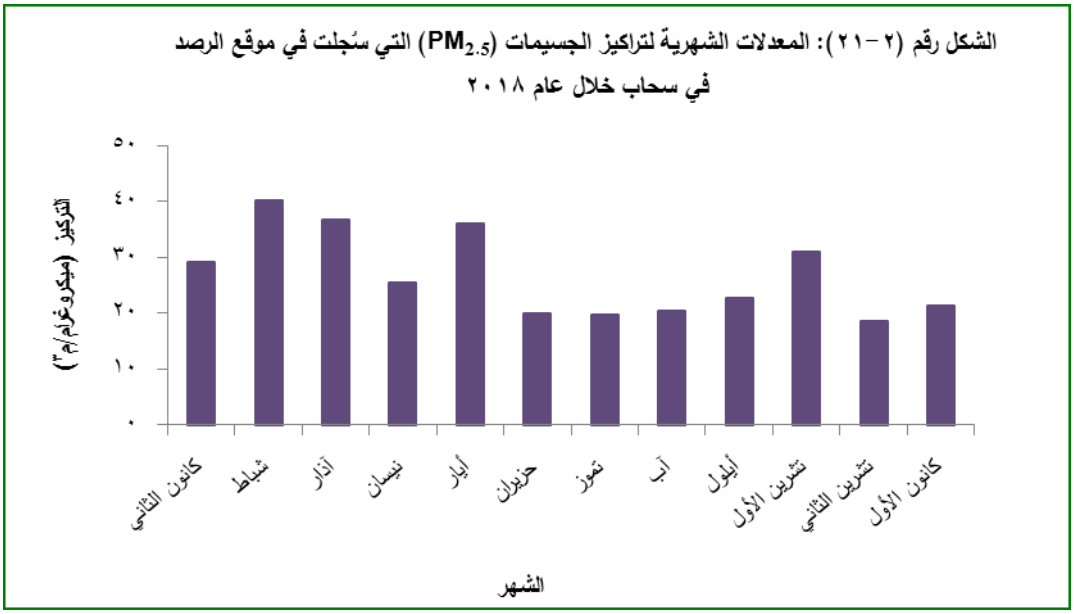
ويبين الشكل رقم (٢-٢٠) أن أعلى معدل شهري لغاز أول أكسيد الكربون سُجل خلال شهر آذار ٢٠١٨ حيث بلغت قيمته ٢,٤٤٠ جزء في المليون. وقد انقطع رصد غاز أول أكسيد الكربون لعدة أيام خلال شهري كانون الثاني وشباط ٢٠١٨ لأسباب فنية تتعلق بإجراء الصيانة التصحيحية للجهاز، لذلك لم يتم احتساب المعدلات الشهرية خلال هذين الشهرين.

الشكل رقم (٢-٢٠): المعدلات الشهرية لتراكيز غاز أول أكسيد الكربون التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨



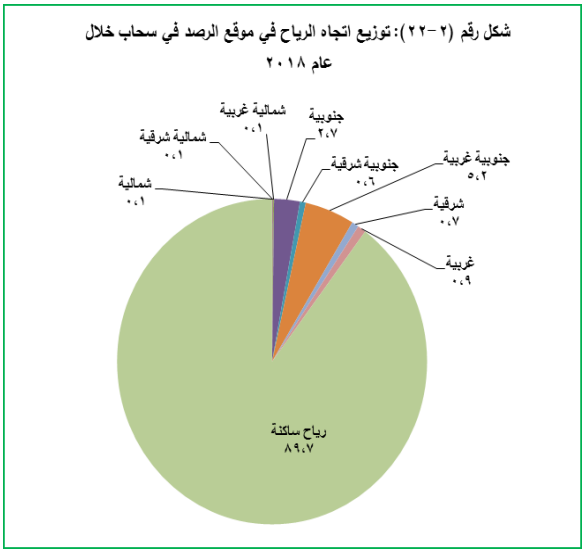
يبين الشكل رقم (٢-٢١) أدناه المعدلات الشهرية لتركيز الجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء ($PM_{2.5}$) في موقع الرصد في سحاب. حيث يلاحظ أن أعلى معدل شهري لتركيز الجسيمات الدقيقة بلغ ٤٠ ميكروغرام/م^3 لشهر شباط ٢٠١٨.

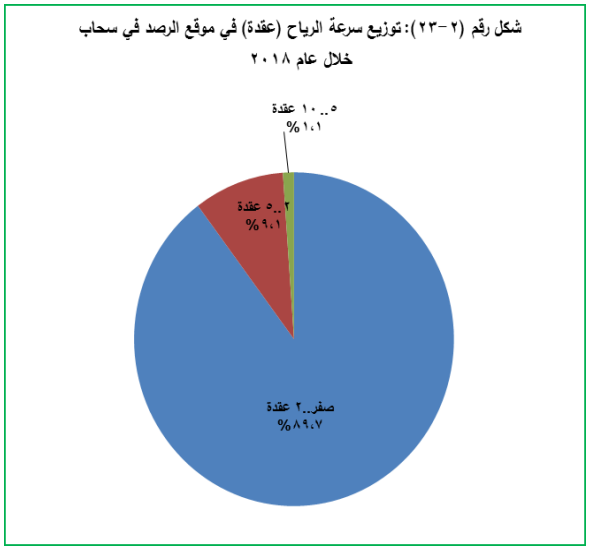
الشكل رقم (٢-٢١): المعدلات الشهرية لتراكيز الجسيمات ($PM_{2.5}$) التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨



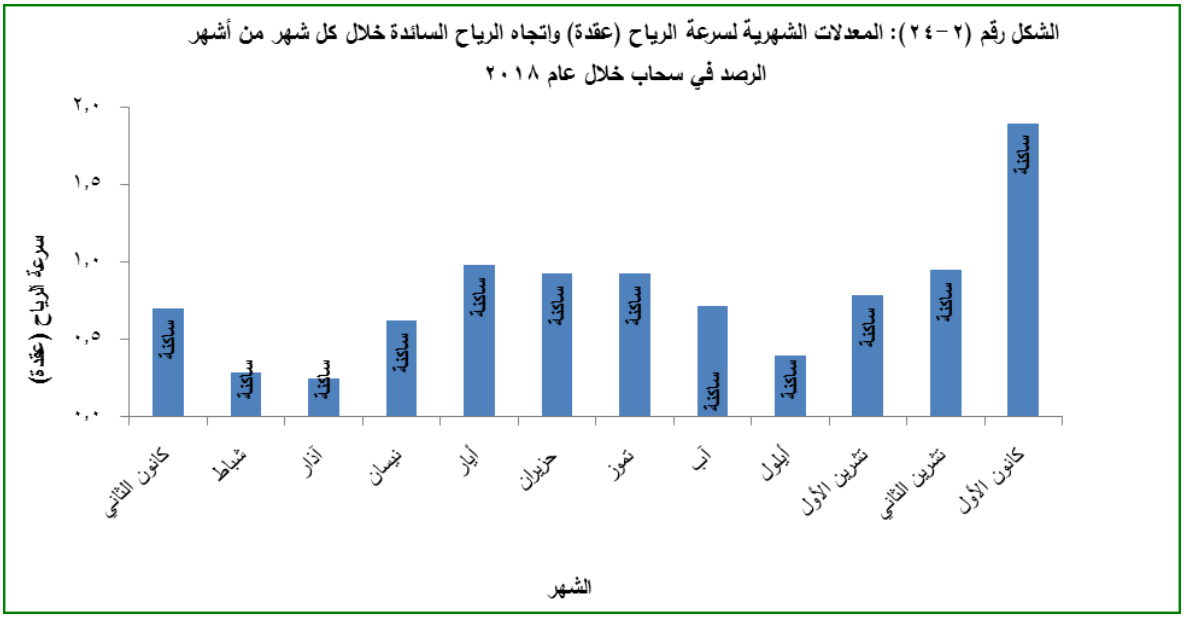
كانت المعدلات السنوية للملوثات الغازية في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨ ضمن الحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية، حيث بلغ المعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد الكبريت ٠,٠٠٢ جزء في المليون و٠,٠٢٨ جزء في المليون لغاز ثاني أكسيد النيتروجين. في حين تجاوز المعدل السنوي للجسيمات ($PM_{2.5}$) والبالغ ٢٧ ميكروغرام/م^3 الحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية والبالغ ١٥ ميكروغرام/م^3. كما بلغ المعدل السنوي لغاز أول أكسيد الكربون ١,٧٤٢ جزء في المليون، علماً بأنه لا يوجد حد سنوي منصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ لغاز أول أكسيد الكربون.

تبين الأشكال (٢-٢٢) و (٢-٢٣) نتائج رصد سرعة واتجاه الرياح في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨، حيث أظهرت هذه الأشكال أن الرياح السائدة في موقع الرصد كانت الرياح الساكنة حيث تواجدت بنسبة ٨٩,٧% تلتها الرياح الجنوبية الغربية بنسبة ٥,٢%.



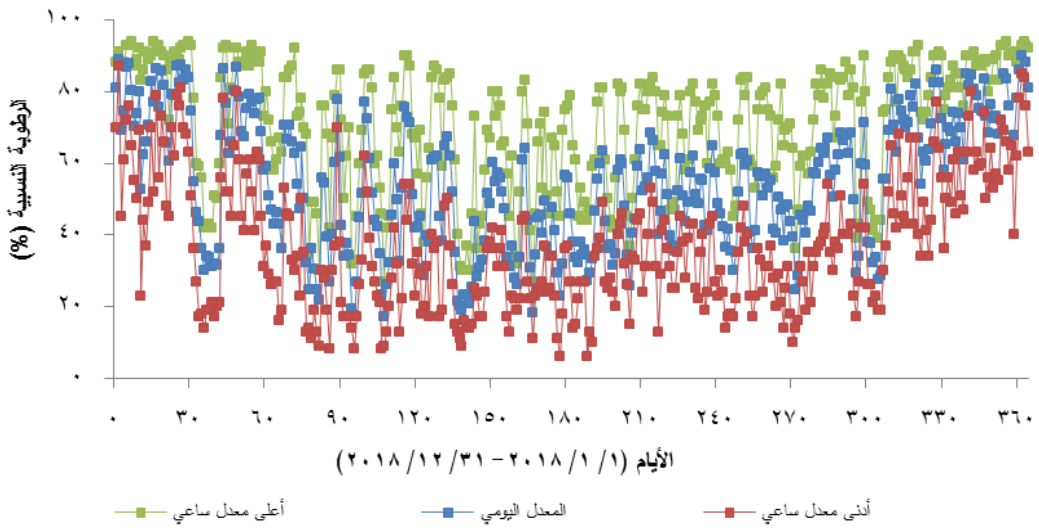


ويبين الشكل رقم (٢-٢٤) اتجاه الرياح السائدة والمعدل الشهري لسرعة الرياح لكل شهر من أشهر الرصد في موقع الرصد في سحاب. حيث يلاحظ أن الرياح الساكنة كانت سائدة خلال جميع أشهر الرصد.

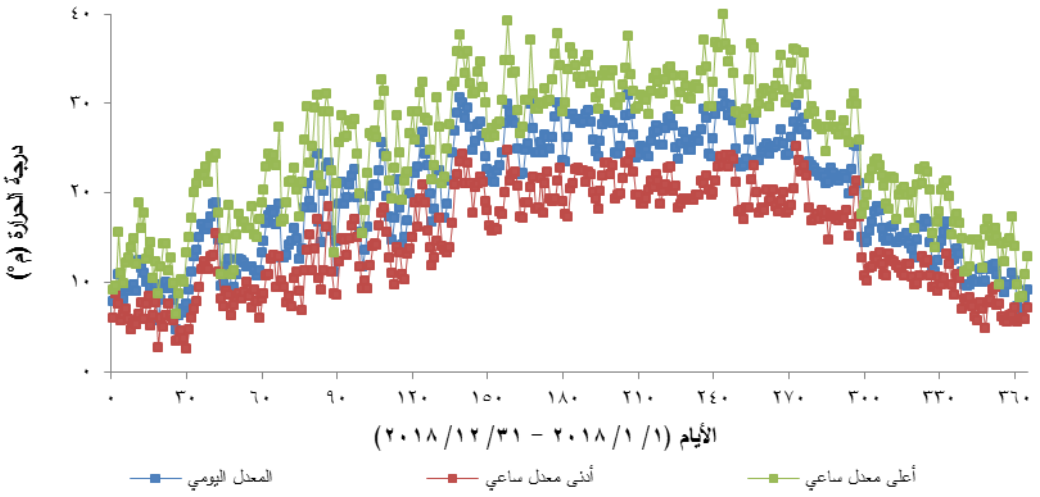


يظهر الشكلان رقم (٢-٢٥) و (٢-٢٦) المعدلات اليومية للرطوبة النسبية ودرجة الحرارة والحد الأدنى والحد الأقصى المسجلان يومياً في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-٢٥): المعدلات اليوميّة والمعدلات الساعيّة القصوى والأدنى المسجلة يومياً للرطوبة النسبية في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨



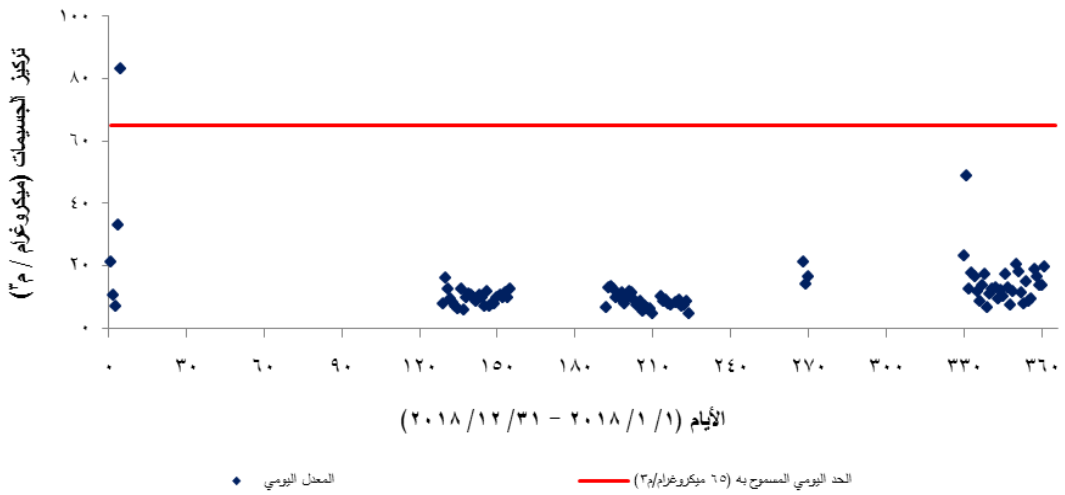
الشكل رقم (٢-٢٦): المعدلات اليوميّة والمعدلات الساعيّة القصوى والأدنى المسجلة يومياً لدرجة الحرارة في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨



٢-٣ مدينة الحسين ابن عبدالله الثاني الصناعية/الكرك

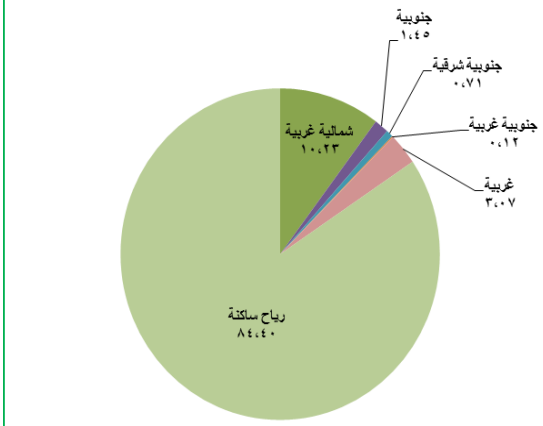
تم رصد مستويات الجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون ($PM_{2.5}$) في موقع الرصد في الكرك بشكل متقطع بسبب تعرض جهاز الرصد لمشاكل فنية نتيجة للظروف الجوية التي تعرضت لها المملكة خلال شهر كانون الأول ٢٠١٧. ويبين الشكل رقم (٢-٢٧) أدناه المعدلات اليومية لتركيز الجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء ($PM_{2.5}$) في موقع الرصد وحد المعدل اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية للجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء والبالغ ٦٥ ميكروغرام/م^3.

الشكل رقم (٢-٢٧): المعدلات اليومية لتراكيز الجسيمات ($PM_{2.5}$) التي سُجلت في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠١٨

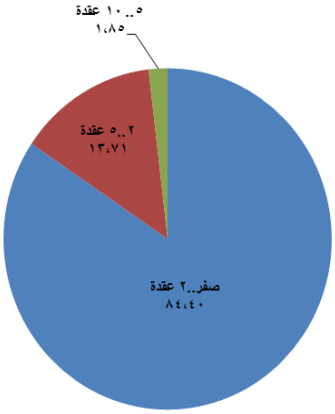


تبين الأشكال (٢-٢٨) و (٢-٢٩) نتائج رصد سرعة واتجاه الرياح في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠١٨، حيث أظهرت هذه الأشكال أن الرياح السائدة في موقع الرصد كانت الرياح الساكنة حيث تواجدت بنسبة ٨٤,٤% تلتها الرياح الشمالية الغربية بنسبة ١٠,٢%.

شكل رقم (٢-٢٨): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠١٨

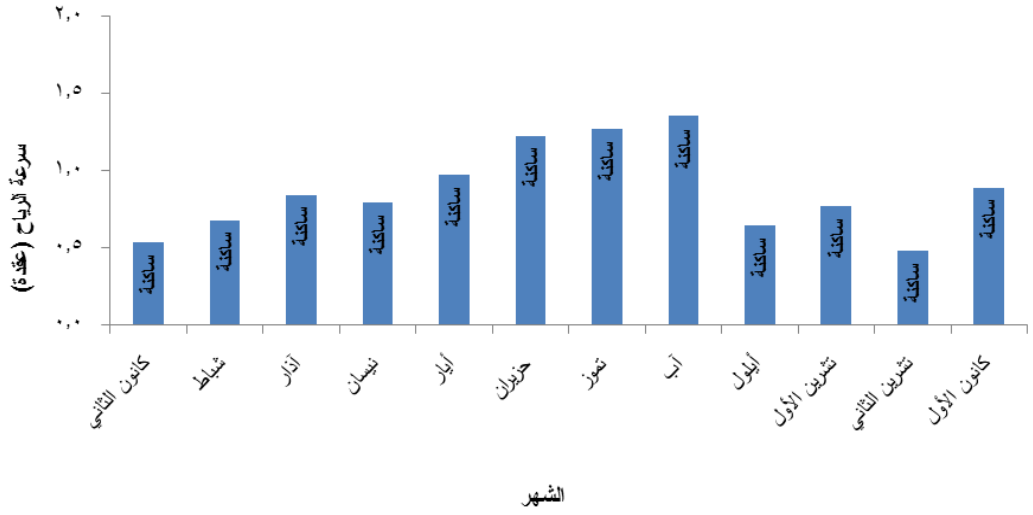


شكل رقم (٢-٢٩): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠١٨



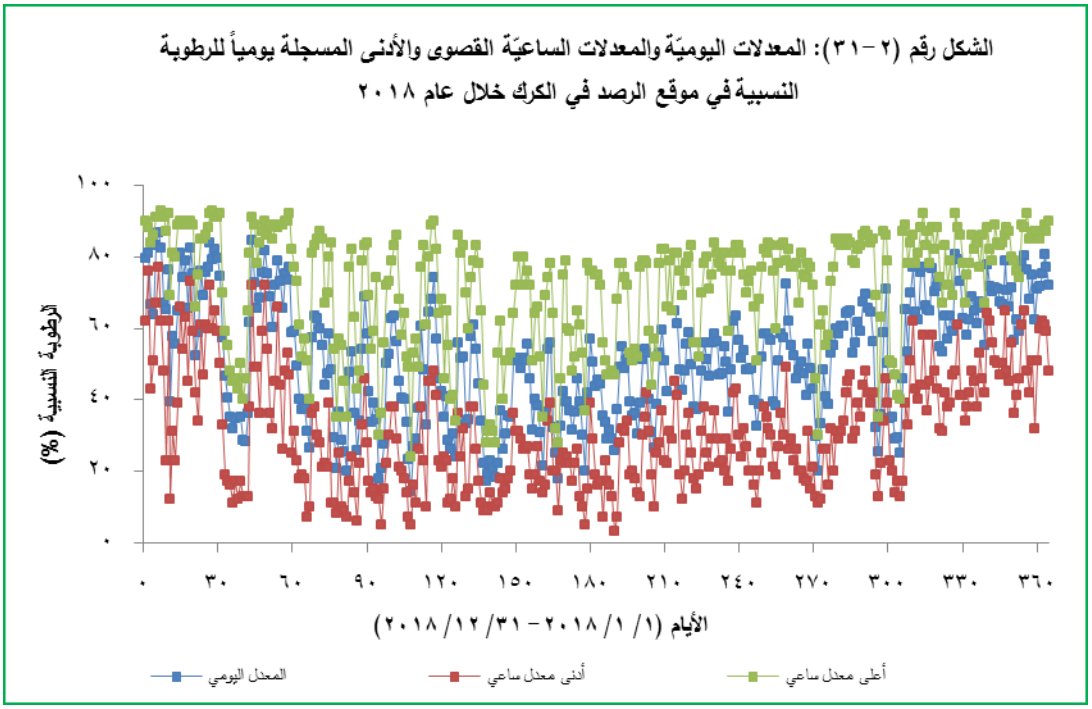
ويبين الشكل رقم (٢-٣٠) اتجاه الرياح السائدة والمعدل الشهري لسرعة الرياح لكل شهر من أشهر الرصد في موقع الرصد. حيث يلاحظ أن الرياح الساكنة كانت سائدة خلال جميع أشهر الرصد.

الشكل رقم (٢-٣٠): المعدلات الشهرية لسرعة الرياح (عقدة) واتجاه الرياح السائدة خلال كل شهر من أشهر الرصد في الكرك خلال عام ٢٠١٨

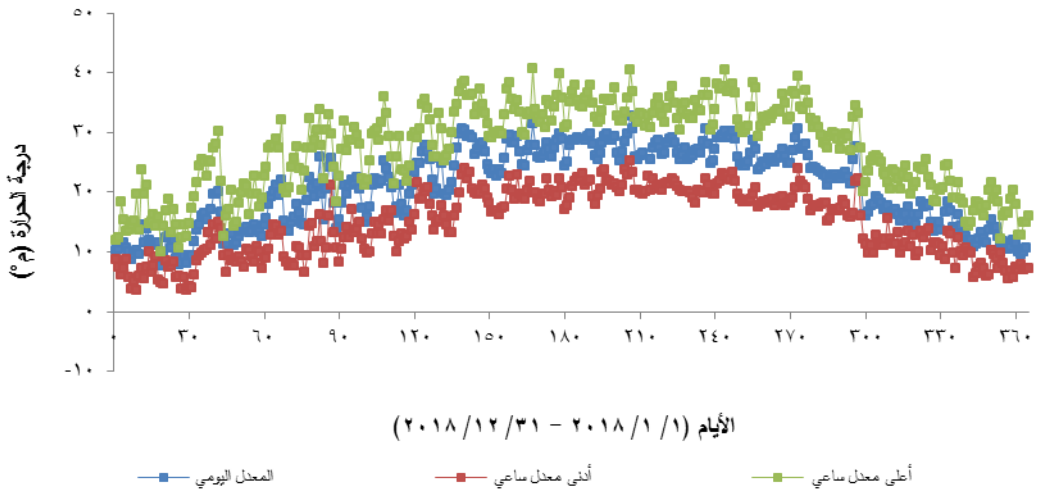


يظهر الشكلان رقم (٢-٣١) و (٢-٣٢) المعدلات اليومية للرطوبة النسبية ودرجة الحرارة والحد الأدنى والحد الأقصى المسجلان يومياً في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠١٨.

الشكل رقم (٢-٣١): المعدلات اليوميّة والمعدلات الساعيّة القصوى والأدنى المسجلة يومياً للرطوبة النسبية في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠١٨



الشكل رقم (٢-٣٢): المعدلات اليوميّة والمعدلات الساعيّة القصوى والأدنى المسجلة يومياً لدرجة الحرارة في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠١٨



٣. مناقشة نتائج الدراسة

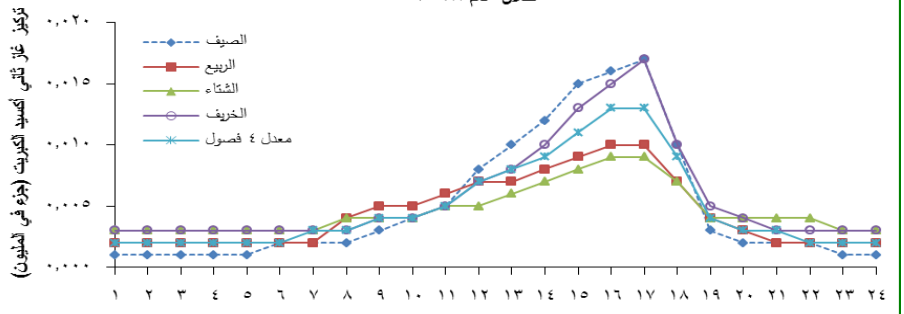
هناك العديد من العوامل المختلفة والمتداخلة التي تلعب دوراً هاماً في مستويات الملوثات في الهواء المحيط. فإن مستويات هذه الملوثات في الهواء المحيط تختلف من سنة لأخرى في نفس مواقع الرصد لأسباب عدّة منها:

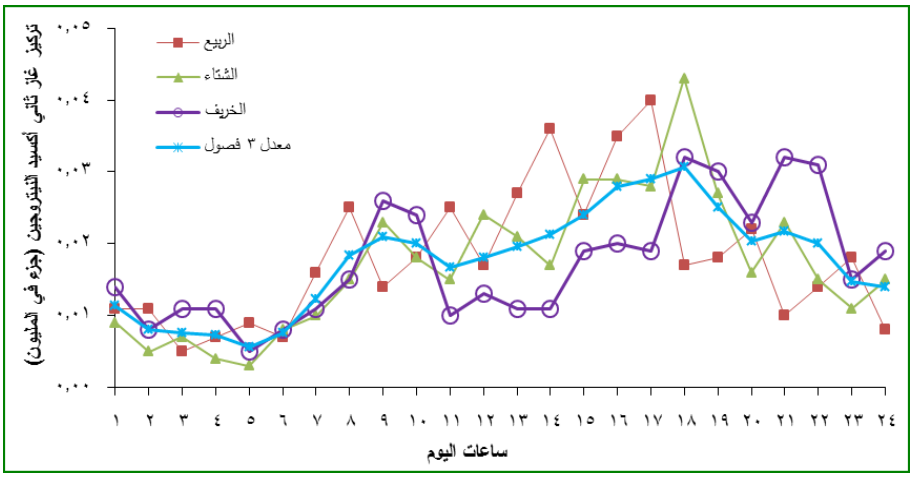
- نوعية الوقود المستخدم في الصناعات والمركبات وغيرها من النشاطات، فمثلاً هناك اختلاف في نسبة الكبريت في الديزل حسب مصدره.
- كفاءة حرق الوقود ودرجة حرارة حرق الوقود والتحكم بمستوى تركيز الملوثات في الانبعاثات الصادرة من عمليات الحرق.
- عدد ونوعية المركبات التي استخدمت الطرق الرئيسة والفرعية في مناطق الرصد وسرعة تحركها على الطرق غير المعبدة.
- الظروف الجوية التي تلعب دوراً هاماً في مدى انتشار الملوثات من المصادر إلى المناطق المحيطة ومستوياتها في الهواء المحيط والتي تختلف من سنة لأخرى مثل اتجاه وسرعة الرياح، ودرجة الحرارة، واستقرار الهواء، ومستوى تغطية الغيوم والرطوبة النسبية.
- حدوث تغيرات من صنع الإنسان في طبوغرافية المناطق القريبة من مصادر التلوث وفي الأبنية المجاورة لها.
- حدوث نشاطات غير متكررة سنوياً ينبعث منها الملوثات إلى الهواء المحيط.
- حجم الإنتاج في الصناعات المتواجدة في مناطق الرصد والذي يؤثر على كمية الوقود والهواء المضغوط المستخدم في عمليات الحرق، ونوعية ونوع الوقود المستخدم.
- مستويات غاز الأوزون في الهواء المحيط الذي يلعب دوراً في عملية أكسدة غاز أول أكسيد النيتروجين إلى غاز ثاني أكسيد النيتروجين في الهواء المحيط.
- الظروف الجوية التي تسبب انبعاث الجسيمات من المصادر الطبيعية.
- حجم النشاطات المختلفة التي تسبب انبعاث الجسيمات في الصناعات، والمحاجر والمقالع المتواجدة في مناطق الرصد، ونوعية ومدى كفاءة التحكم بهذه النشاطات.

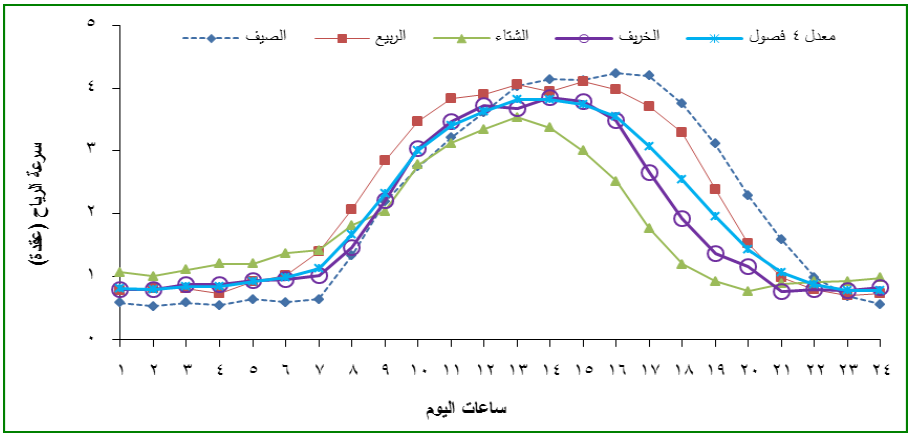
٣-١ مدينة الحسن الصناعية / إربد

يُبيّن الشكل رقم (٣-١) المعدلات السنوية والفصلية لتركيز كل من غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين وغاز أول أكسيد الكربون ولسرعة الرياح خلال كل ساعة من ساعات اليوم في موقع الرصد في إربد، حيث يلاحظ أن مستويات غاز ثاني أكسيد الكبريت تتناسب طردياً مع سرعة الرياح فكلاهما يصل إلى أعلى مستوياته خلال ساعات النهار وإلى أدنى مستوياته خلال ساعات الصباح الباكر. أما بالنسبة لغاز ثاني أكسيد النيتروجين وغاز أول أكسيد الكربون فإنه لا يوجد علاقة مضطردة بين مستويات هذه الغازات وسرعة الرياح خلال فترة الرصد.

شكل (٣-١): المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غازات ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون ولسرعة الرياح السائدة لكل ساعة من ساعات اليوم في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠١٨

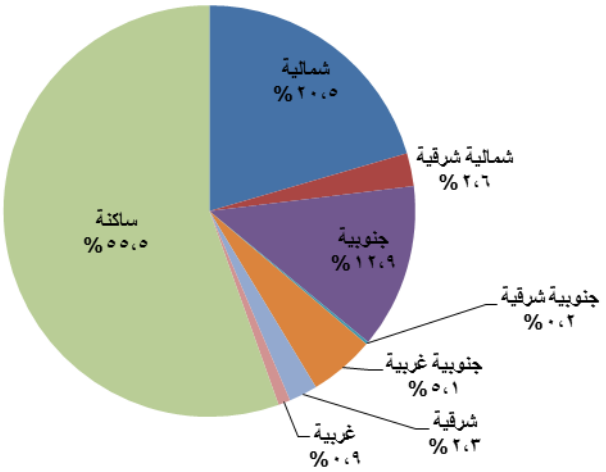




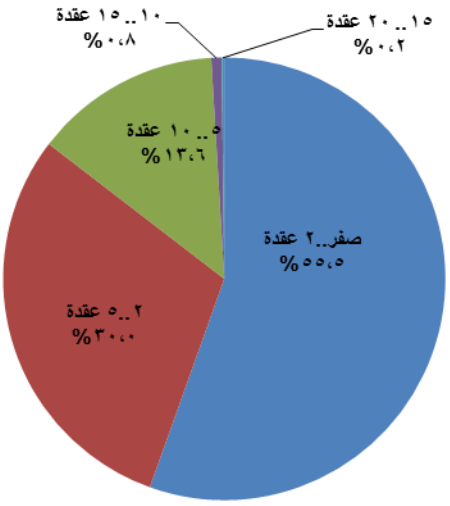


هنالك مصادر متعددة للجسيمات الدقيقة في إربد من أبرزها الغبار الطبيعي والجسيمات الدقيقة الناتجة عن حرق الوقود في المصادر الثابتة والمتحركة والغبار المنبعث من عمليات التصنيع المختلفة في المصانع الموجودة في مدينة الحسن الصناعية. تبين الأشكال (٣-٢) و (٣-٣) أدناه توزيع اتجاه وسرعة الرياح خلال الأيام التي تجاوز فيها المعدل اليومي للجسيمات الدقيقة حد القاعدة الفنية الأردنية حيث سادت الرياح الساكنة خلال هذه الأيام والتي تؤدي إلى نقل الإنبعاثات من مصادر التلوث القريبة من موقع الرصد وكذلك تقليل أو منع انتشار الملوثات وبقائها فوق المنطقة.

شكل رقم (٣-٢): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في إربد خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم (١١٤٠/٢٠٠٦) للجسيمات $PM_{2.5}$ خلال عام ٢٠١٨



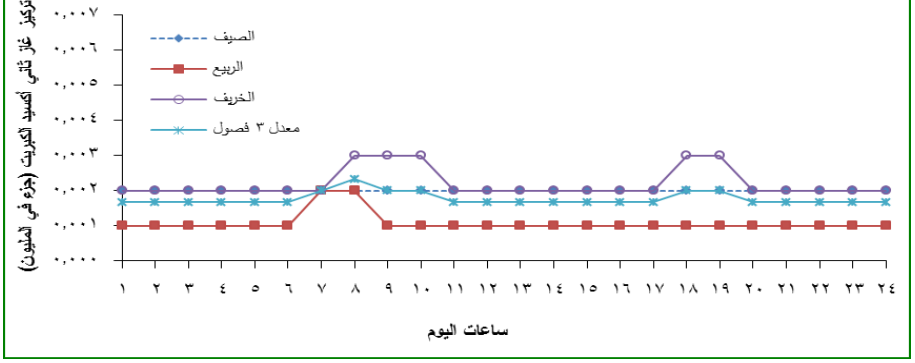
شكل رقم (٣-٣): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في إربد خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم (١١٤٠/٢٠٠٦) للجسيمات $PM_{2.5}$ خلال عام ٢٠١٨

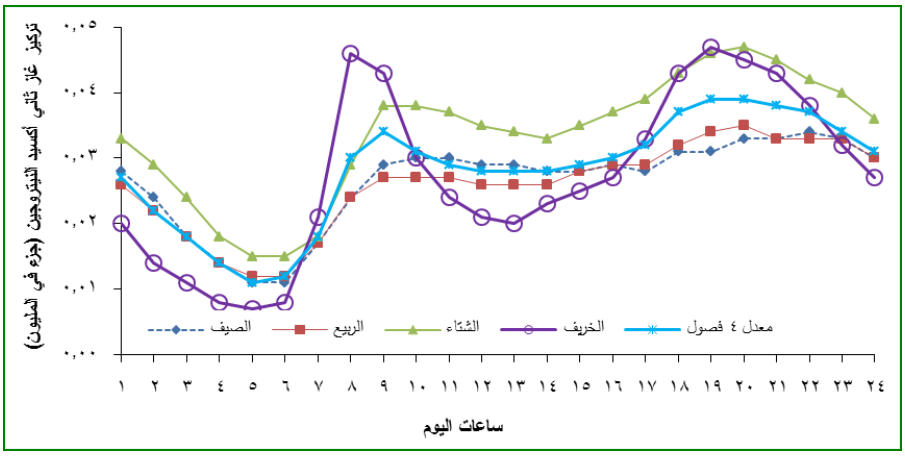


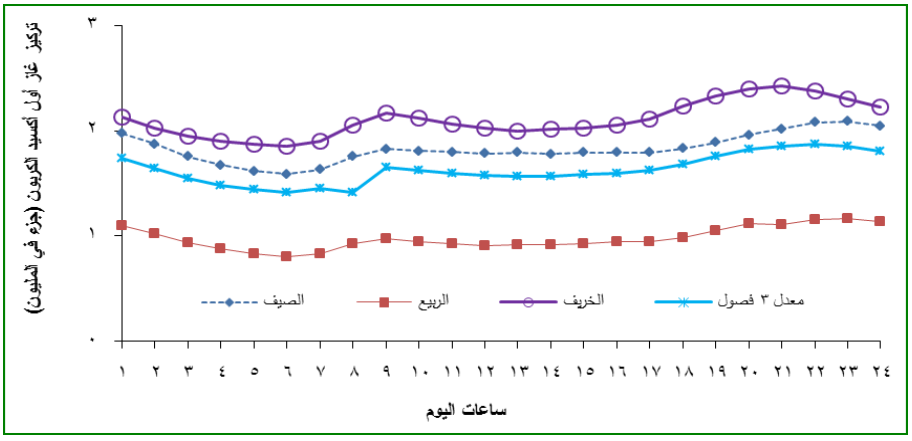
٣-٢ مدينة عبدالله الثاني ابن الحسين الصناعية/عمّان-سحاب

يظهر الشكل رقم (٣-٤) المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غازات ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون ولسرعة الرياح خلال كل ساعة من ساعات اليوم في سحاب حيث يلاحظ تشابه نمط التغير في مستويات هذه الغازات خلال ساعات النهار في معظم الفصول.

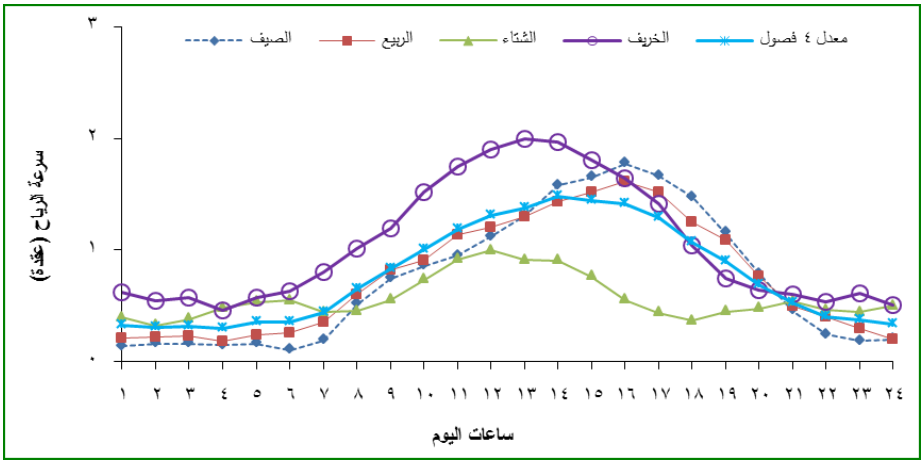
شكل (٣-٤): المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غازات ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون ولسرعة الرياح السائدة لكل ساعة من ساعات اليوم في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠١٨



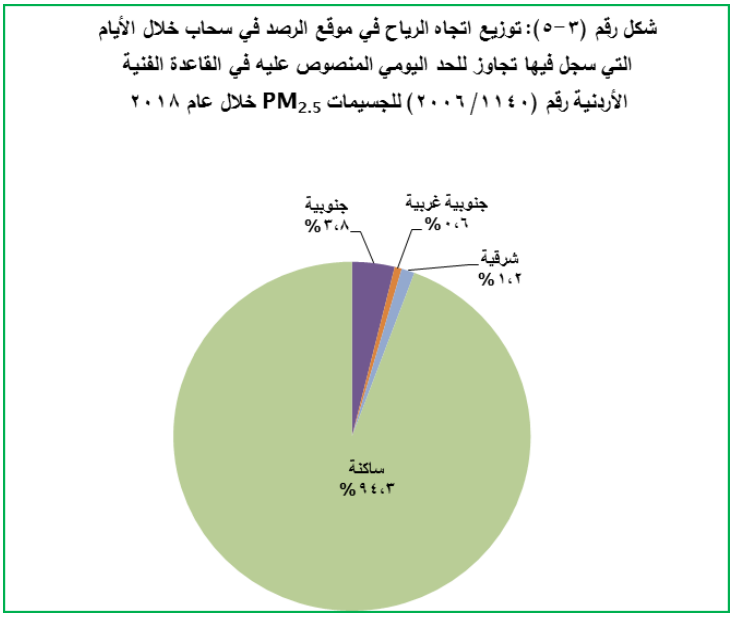




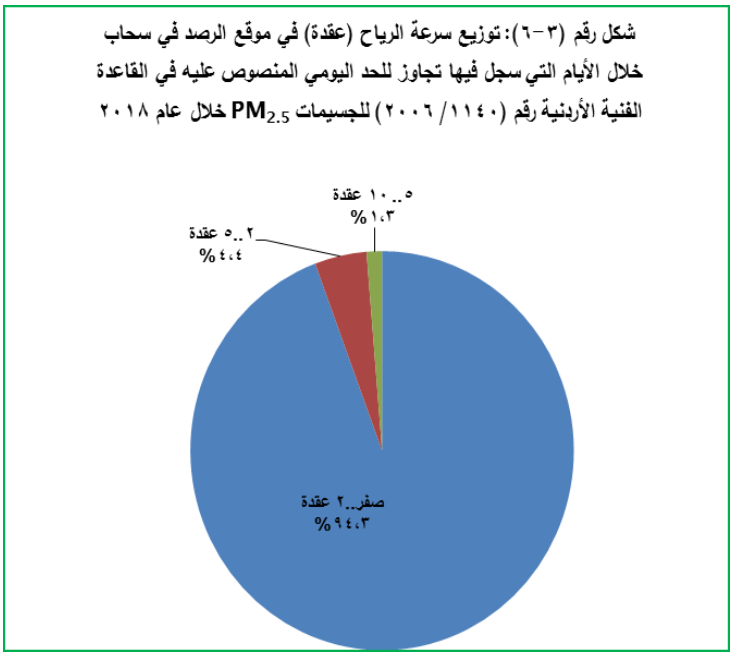
يتبع شكل رقم (٣-٤)



إن أهم مصادر التلوث بالجسيمات في المنطقة القريبة من موقع الرصد هي الإنبعاثات الصادرة من حرق الوقود خاصة في المركبات وذلك لقرب موقع الرصد من مجمع الحافلات وكذلك الصناعات القريبة، والكسارات والغبار الطبيعي. سجلت ٧ تجاوزات يومية في موقع سحاب ويبين الشكلان (٣-٥) و (٣-٦) توزيع اتجاه وسرعة الرياح خلال هذه الأيام، حيث تبين أن الرياح الساكنة والتي تقل سرعتها عن ٢ عقدة كانت سائدة بنسبة ٩٤,٣% مما يدل على تأثر موقع الرصد بالجسيمات الدقيقة المنبعثة من عوادم المركبات لقرب موقع الرصد من مجمع الباصات. ويدل تواجد الرياح التي من الممكن أن تؤدي إلى نقل الجسيمات من مدينة سحاب الصناعية إلى موقع الرصد وهي الرياح الجنوبية بنسبة ٣,٨% على مساهمة المنشآت والأنشطة المتواجدة في مدينة سحاب الصناعية في رفع مستويات الجسيمات خلال هذه الأيام.



شكل رقم (٣-٥): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في سحاب خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم (١١٤٠/٢٠٠٦) للجسيمات $PM_{2.5}$ خلال عام ٢٠١٨



تم تسجيل تجاوزان يوميان لغاز ثاني أكسيد النيتروجين بتاريخ ٢٠١٨/١١/٢٢ و٢٠١٨/١١/٢٩ وكانت الرياح السائدة خلال هذين اليومين هي الرياح الساكنة بنسبة ٨٣,٣ % و١٠٠% على التوالي. تم تسجيل ٩ تجاوزات للحد الساعي لغاز ثاني أكسيد النيتروجين خلال الفترة من ٢٠١٨/١١/٢٢ – ٢٠١٨/١١/٢٩، مما يدل على حدوث نشاط غير متكرر خلال هذه الفترة وهي الفترة التي ارتفعت فيها تراكيز هذا الغاز بشكل ملحوظ وتجاوزت الحد الساعي واليومي المنصوص عليهما في المواصفة الوطنية.

٣-٣ مدينة الحسين ابن عبدالله الثاني الصناعية/الكرك

تم تسجيل تجاوز يومي واحد في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠١٨، إلا أنه لا يمكن الحكم على نوعية الهواء في موقع الرصد لفترة الدراسة الحالية بسبب انقطاع الرصد لفترات طويلة بشكل متكرر بسبب الظروف الجوية في المنطقة التي أدت إلى حدوث خلل فني في الجهاز.

٣-٤ مقارنة بين نتائج الرصد للسنوات (٢٠٠٩-٢٠١٨)

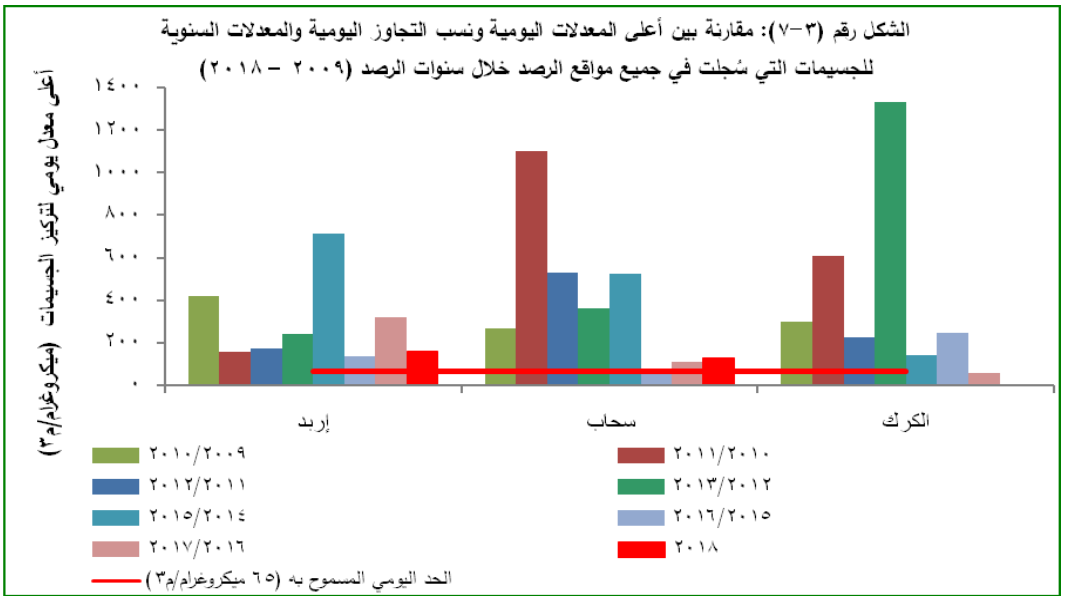
تبين الأشكال (٣-٧) إلى (٣-١٠) مقارنة لنتائج الرصد من حيث أعلى المعدلات الساعية واليومية والمعدلات السنوية التي سجلت للجسيمات والملوثات الغازية التي تم رصدها في مواقع الرصد في إربد وسحاب والكرك خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩-٢٠١٨).

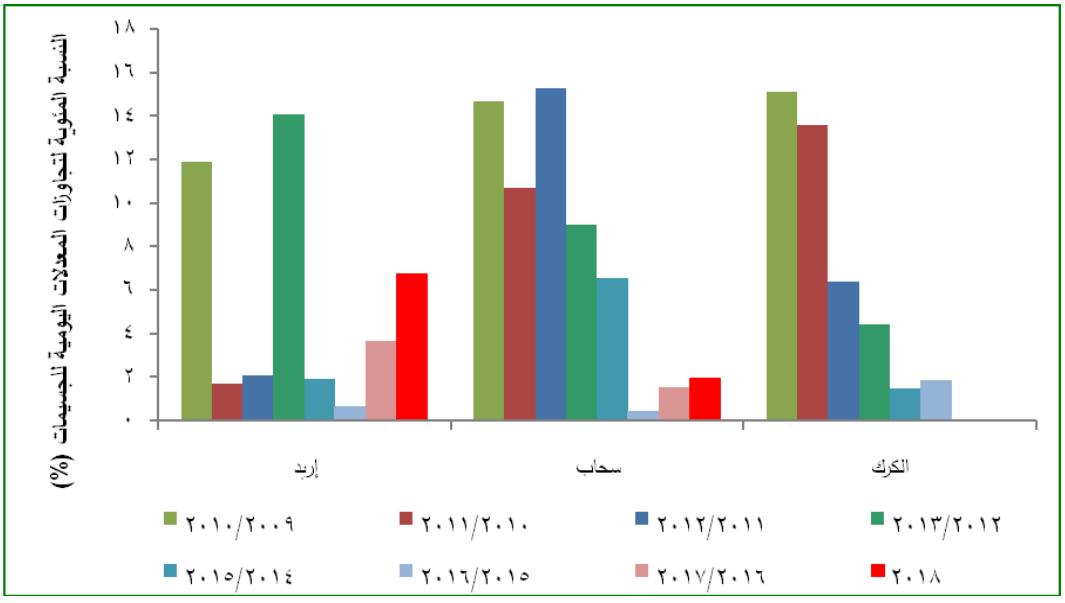
بينت نتائج الدراسة أن مستويات الجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون في موقع الرصد في إربد قد ارتفعت عن فترة الدراسة السابقة. كما ارتفعت مستويات غاز أول أكسيد الكربون في هذا الموقع بشكل ملحوظ لفترة

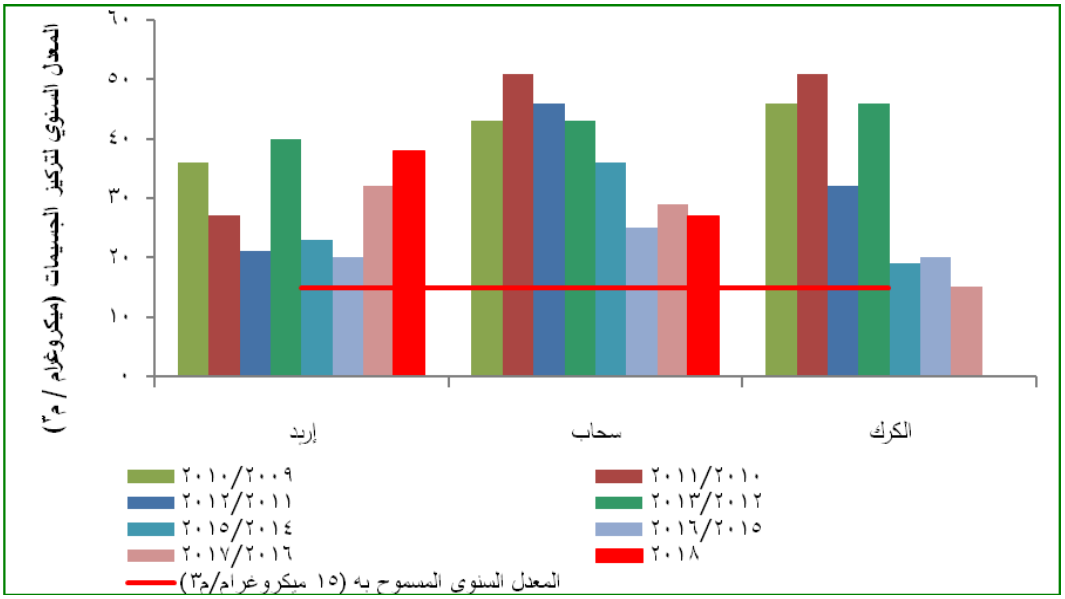
الدراسة الحالية عن الدراسات الثلاث السابقة. فيما انخفض المعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد الكبريت لفترة الدراسة الحالية مقارنة بفترة الدراسة السابقة وبقي المعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد النيتروجين لفترة الدراسة الحالية قريباً من مستواه في فترة الدراسة السابقة.

أما بالنسبة لموقع الرصد في سحاب فقد بينت نتائج الدراسة أن مستويات الجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون كانت مرتفعة حيث تجاوزت الحد السنوي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠. وارتفع المعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد الكبريت ولغاز ثاني أكسيد النيتروجين ولغاز أول أكسيد الكربون في فترة الدراسة الحالية مقارنةً بمستوياتها خلال فترة الدراسة السابقة.

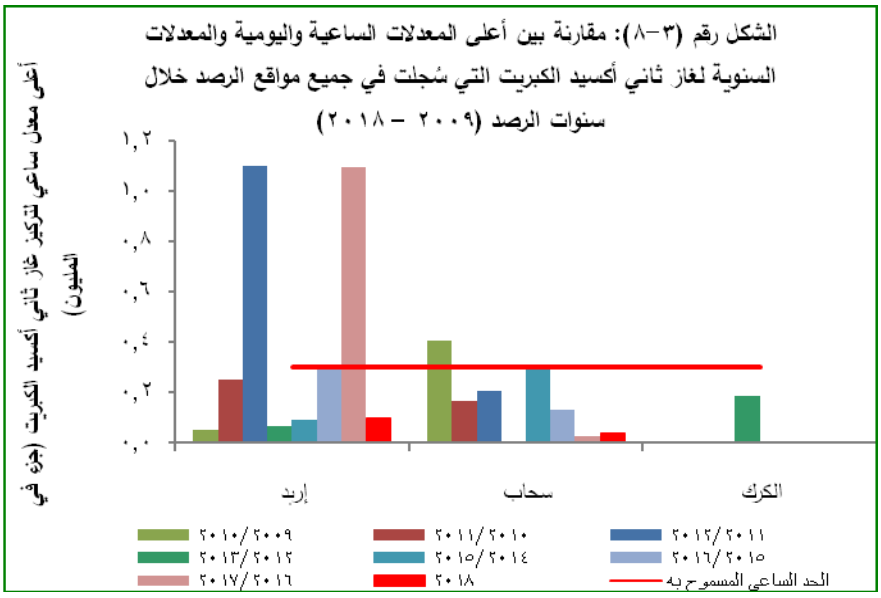
الشكل رقم (٣-٧): مقارنة بين أعلى المعدلات اليومية ونسب التجاوز اليومية والمعدلات السنوية للجسيمات التي سُجلت في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ – ٢٠١٨)

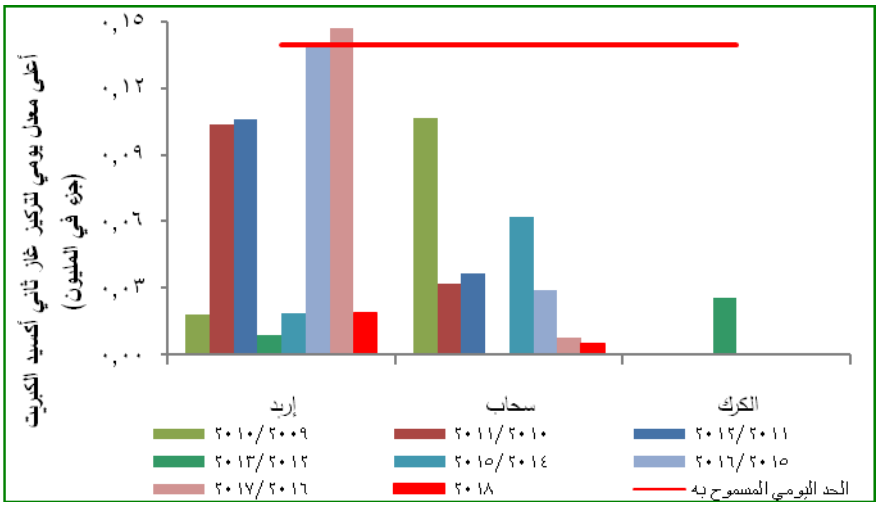


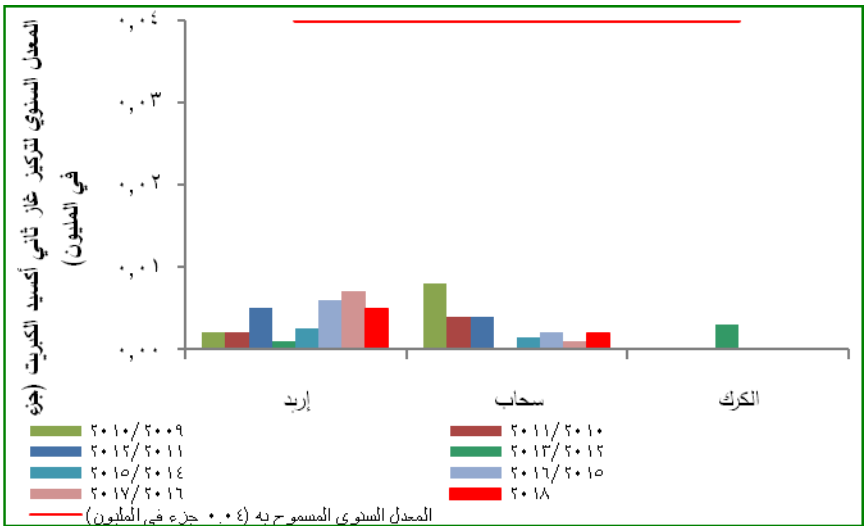




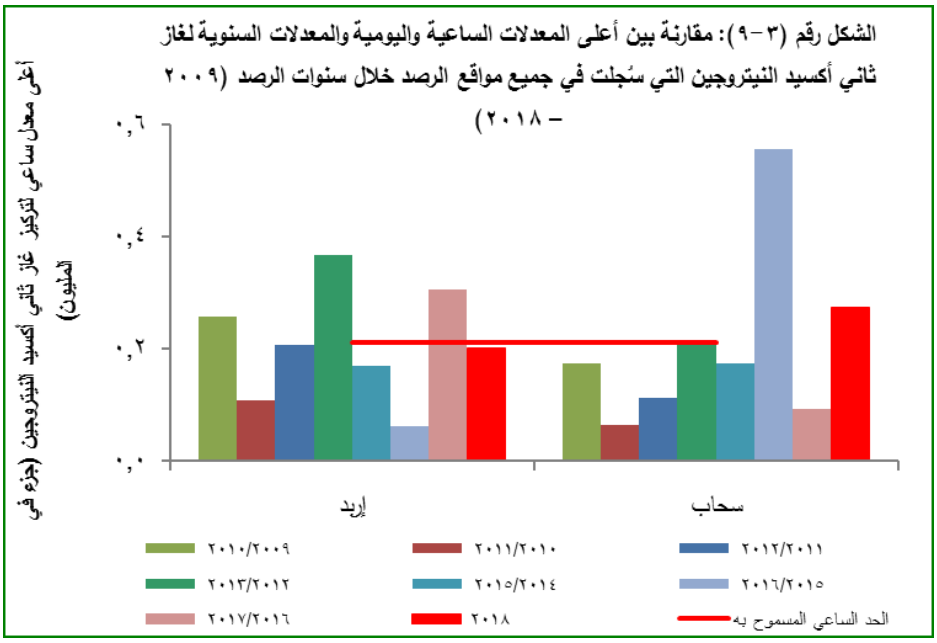
الشكل رقم (٣-٨): مقارنة بين أعلى المعدلات الساعية واليومية والمعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد الكبريت التي سُجلت في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ – ٢٠١٨)

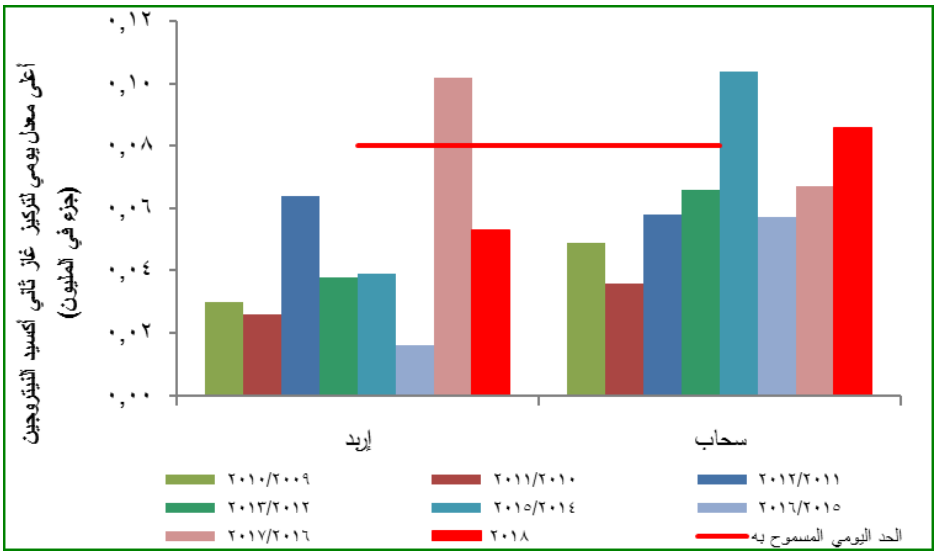


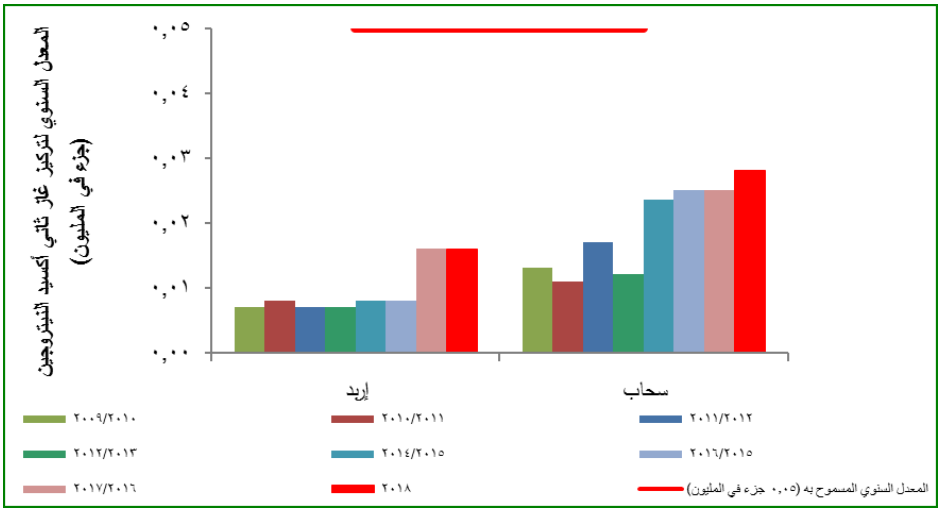




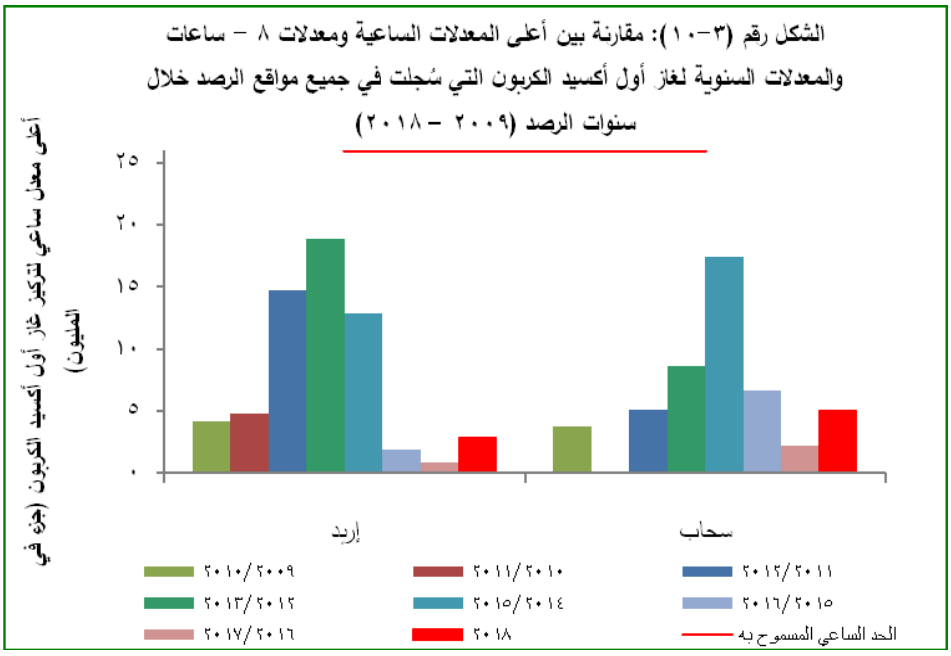
الشكل رقم (٣-٩): مقارنة بين أعلى المعدلات الساعية واليومية والمعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد النيتروجين التي سُجلت في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ – ٢٠١٨)

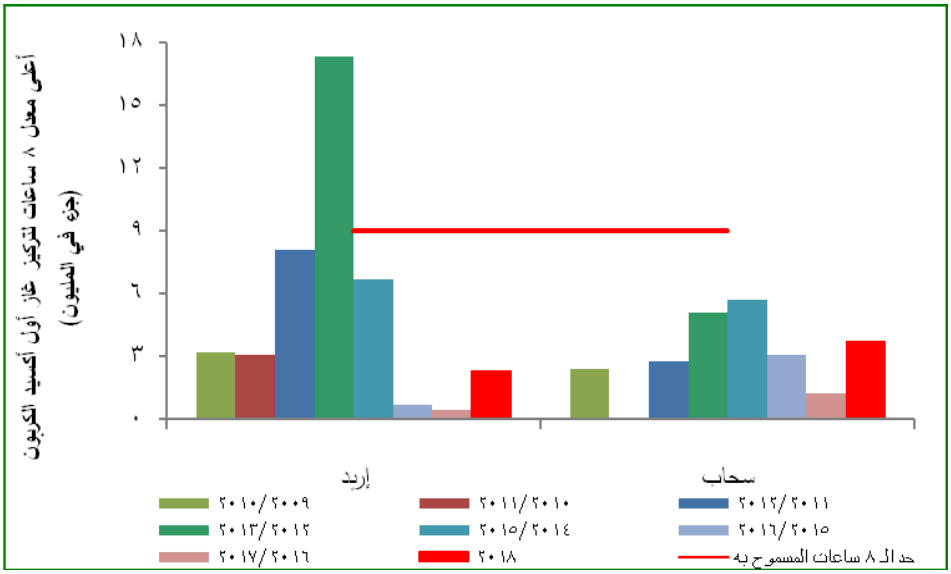


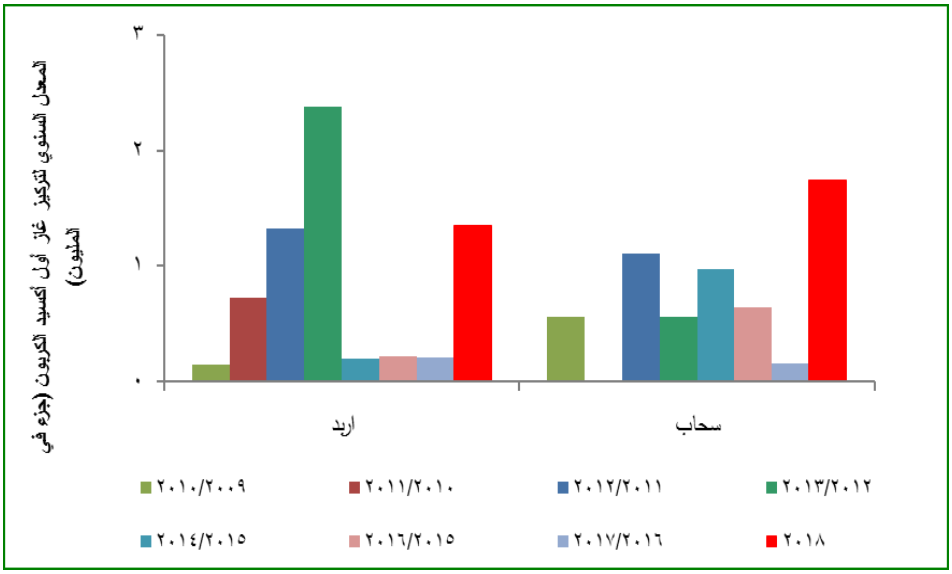




الشكل رقم (٣-١٠): مقارنة بين أعلى المعدلات الساعية ومعدلات ٨ – ساعات والمعدلات السنوية لغاز أول أكسيد الكربون التي سُجلت في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ – ٢٠١٨)







٤. التوصيــات

تؤكد نتائج الدراسة الحالية التي تغطي فترة الرصد من ٢٠١٨/١/١ إلى ٢٠١٨/١/٣١ الحاجة إلى تطبيق التوصيات التالية:

١. الاستمرار في مراقبة نوعية الهواء في مناطق الرصد الحالية وزيادة المناطق المغطاة مثل المدن الصناعية القائمة حالياً وغير المشمولة بالرصد

٢. يُوصى بتوسيع دائرة الرصد من حيث عدد الملوثات المرصودة. خاصة رصد مستويات (Black Carbon) في المناطق التي تعاني من كثافة حركة السير والتي يرصد فيها الجسيمات وكذلك رصد مستويات الأوزون (O_3).

٣. إن هذه الدراسة والدراسات الأخرى التي تهدف إلى رصد وتقييم نوعية الهواء المحيط تضع الأساس للعمل على الإستراتيجية الوطنية لنوعية الهواء المحيط في المملكة، والتي تحتاج أيضاً إلى تنفيذ العديد من الأبحاث والتي لا تنحصر على المقترحات التالية:

- تقييم العلاقة بين نوعية الهواء المحيط والصحة العامة.
- تقييم العلاقة بين نوعية الهواء المحيط ونوعية الهواء الداخلي.
- استخدام النمذجة الرياضية لانتشار الملوثات من المصادر الثابتة وذلك لتقييم تأثيرها على نوعية الهواء المحيط.

٤. استخدام النمذجة الرياضية لانتشار الملوثات في تحديد مواقع رصد نوعية الهواء المحيط

ملحـــق (١)

خرائط تبين مواقع الرصد ومصادر التلوث الثابتة

موقع الرصد
مدينة سحاب الصناعية / عمان
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
© 2015 ORION-ME
Google
880 متر
31°51'47.13" شمالاً
36°00'23.15" شرقاً
844 م الارتفاع
100% التحلق
3.87 كم ارتفاع الرؤية بالعين

مدينة الحسن الصناعية / اربد
موقع الرصد
Image © 2015 DigitalGlobe
© 2015 Google
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
© 2015 ORION-ME
©2007 Google™
257 متر
العوشز 32°29'54.08" شمالاً 36°01'44.55" شرقاً الارتفاع 541 م التحلق 100%
ارتفاع الرؤية بالعين 1.43 كم

N
مدينة الحسين ابن عبدالله الثاني / الكرك
موقع الرصد
© 2016 ORION-ME
Image © 2016 CNES / Astrium
Google Earth
2003
Imagery Date: 3/13/2015 31°12'34.70" N 35°50'18.25" E elev 793 m eye alt 1.45 km

ملحـــق (٢)

برامج الصيانة الدورية والمعايرة لأجهزة القياس المستخدمة

Table 1: The schedule of the preventive maintenance of sulfur dioxide analyzer (UV Fluorescent)

Equipment	PM	Frequency
SO_2 Analyzer Model AF22M	Replacement of sample inlet filter	Biweekly
	Check of electrical parameters	Monthly
	Replacement of internal zero filter cartridge	Annually
	Check of pump valves and diaphragms	6 months
	Replacement of kicker zero filter cartridge	Not required; the changed inlet zero filter will be installed to replace it.
	Replacement of UV lamp	When required depending on the voltage reading.

Equipment	PM	Frequency
SO_2 Analyzer Model APSA 370	Replace the sample filter element	Bi-weekly
	Replace the O-rings	Annual
	Replace the pump valves and diaphragms	Annual
	Replace the air filter	Annual
	Replace (if required) the Xenon lamp	Annual
	Replace the aromatic hydrocarbon cutter	Annual
	Replace the scrubber	Annual
	Replace the pump	Biennial
	Change the battery	Every 3 years or when BATT alarm occurs

Table 2: The schedule of the preventive maintenance of nitrogen oxides analyzer (Chemiluminescent)

Equipment	PM	Frequency
NOx Analyzer Model APNA 370	Replace the sample filter element	Bi-weekly
	Replace the O-rings	Annual
	Replace the filter packing	Annual
	Replace the pump valves and diaphragms	Annual
	Replace the deionizer unit (packing, filter element and deionizer catalyst)	Annual
	Replace the UV lamp unit and the UV liner	Annual

Equipment	PM	Frequency
	Replace the dehumidifier unit	Annual
	Replace the catalyst tube	Annual
	Replace the air filter	Annual
	Replace the scrubber	Annual
	Replace the silica gel	Annual
	Replace the pump	Biannual
	Replace the solenoid valve	Every 3 years
	Change the battery	Every 3 years or when BATT alarm occurs

Table 3: The schedule of the preventive maintenance of particulate matter ($PM_{2.5}$) monitor (Beta Gauge Monitor)

Equipment	PM	Frequency
$PM_{2.5}$ Analyzer Model BAM-1020	Nozzle and Vane Cleaning	Monthly
	Leak Check	Monthly
	Flow Rate Verification	Monthly
	Clean Capstan Shaft and Pinch Roller Tires	Monthly
	Clean the sampling Head	Monthly
	Replace Filter Tape	When required
	Run SELF-TEST Function	Quarterly
	Full Flow Audit and Calibration	Quarterly
	Verify BAM-1020 Settings	Quarterly
	Set Real-Time Clock	Quarterly
	Test Pump Capacity	Semi-annual
	Test Filter RH and Filter Temperature sensors	Semi-annual
	Test Smart Heater	Semi-annual
	Clean Internal Debris Filter	Annual
	Check Membrane Span Foil	Annual
	Beta Detector Count Rate and Dark Count Test	Annual
	Clean Inlet Tube	Annual

Equipment	PM	Frequency
	Check the flow rate and rebuild Vacuum Pump (If required)	Biennial
	Check and replace (If required) the Nozzle O-ring (Special tools required)	Biennial
	Check and replace (If required) Pump Tubing	Biennial

Equipment	PM	Frequency
Particulate Matter Analyzer Model 5014i	Clean the outside case using a damp cloth	Monthly
	Inspect and empty the water collector bottle located on the inlet	Monthly
	Dismantle and clean the sampler inlet	Monthly
	Check the O-rings of the inlet and replace as necessary	Monthly
	Inspect and clean the fan filter	Monthly
	Conduct leak test	If required (check flow rate on semi-annual basis)
	Clean the sample tube and the heater tube	Annually
	Rebuild the sample pump	If required
	Replacement of filter tape	In case the filter tape breaks or if it runs out
	Apply metal assembly paste around the parameter of the cam	When changing the filter tape

Equipment	PM	Frequency
Particulate Matter Analyzer Model MP101M	Check of electrical parameters	Biweekly
	Replacement of filter ribbon RF 100	When required (end of paper alarm)
	Check of Beta gauge tightness	Quarterly
	Check of filter ribbon tension	Semi-annual
	Flow rate test	Semi-annual
	Cleaning of sampling head	Semi-annual
	Check and change (if required) the pump brushes	Quarterly

Table 4: The schedule of the preventive maintenance of carbon monoxide (CO) analyzer

Equipment	PM	Frequency
CO Analyzer Model 48i	Inspect the sample inlet filter and replace if necessary	Biweekly
	Clean the outside case using a damp cloth	Monthly
	Check of electrical parameters (flow rate, AGC intensity, Internal Temp and chamber pressure)	Monthly
	Clean the optics (mirrors)	Quarterly
	Apply leak test (block the sample bulkhead and check the values of the flow rate and pressure)	When the instrument performance indicates that there may be a flow problem or when the analyzer response is weak to the span gas.
	Inspect, clean and recondition the fan filter	When required
	Replace the IR sources	If required
	Check the pump diaphragms and rebuild the pump if needed	When the instrument performance indicates that there may be a flow problem or gives high pressure value.

Equipment	PM	Frequency
CO Analyzer **Model APMA 370**	Replace the sample filter element	Bi-weekly
	Replace the O-rings	Annual
	Replace the filter packing	Annual
	Replace the pump valves and diaphragms	Annual
	Replace the catalyst unit	Annual
	Replace the filter element	Annual
	Replace the scrubber	Annual
	Replace the pump	Biennial
	Replace the solenoid valve unit	Biennial
	Change the battery	Every 3 years or when BATT alarm occurs

Equipment	PM	Frequency
CO/CO_2 Analyzer CO12M	Replacement of sample inlet filter	Biweekly
	Checking on electrical parameters	Biweekly
	Check and change (if required) the pump valves and diaphragms	Annually
	Cleaning of optical bench	Annually

Table 5: The schedule and type of calibration.

No.	Equipment name	Calibration type
1	Nitrogen oxides analyzer Sulfur dioxide analyzer Carbon monoxide analyzer	- Check of zero point This operation consists of comparing the monitor response for zero. *Frequency:* When required by using external zero source.
		- 1-point calibration This is a procedure for checking and correcting the response of the monitor at a span point. *Frequency:* monthly ± 2 weeks.
2	$PM_{2.5}$ analyzer	- Particles measurement calibration It is a Beta gauge calibration by using a reference gauge. *Frequency:* semi-annual or annually.
3	Weather parameters	- Verification only on the wind direction This procedure is conducted manually by directing the sensor to a specific direction, comparing the results that appeared on the screen with the actual direction and adjusting the wind direction sensor offset if needed. *Frequency*: annually

ملحــق (٣)

قيم الارتياب لأعلى المعدلات الساعية واليومية للملوثات الغازية المُسجلة في كل موقع

تم حساب قيمة الارتياب في فترة الثقة ٩٥% لأعلى معدل ساعي وأعلى معدل يومي لكل ملوث على حده بالإعتماد على تعليمات العمل التي تم وضعها من قبل قسم دراسات الهواء في الجمعية العلمية الملكية. علماً بأن حساب قيمة الارتياب لكل ملوث يعتمد على عدة عوامل وهي مواصفات الجهاز وتركيز الغاز المرجعي الذي تم استخدامه في المعايرة وقيمة الارتياب لهذا الغاز وفيما يلي ملخص لقيم الارتياب المحسوبة لكل ملوث في كل موقع.

الموقع	الملوث	وحدة القياس	أعلى معدل ساعي	قيمة الارتياب
إربد	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في المليون	٠,١٠١	٠,٠٠٥
	غاز ثاني أكسيد النيتروجين	جزء في المليون	٠,٢٠٢	٠,٠٢٠
	غاز أول أكسيد الكربون	جزء في المليون	٢,٦٠	٠,٠٨٠
سحاب	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في المليون	٠,٠١٠	٠,٠٠٣
	غاز ثاني أكسيد النيتروجين	جزء في المليون	٠,٢٧٤	٠,٠١٦
	غاز أول أكسيد الكربون	جزء في المليون	٥,٨٥	٠,٢٤٠

الموقع	الملوث	وحدة القياس	أعلى معدل يومي	قيمة الارتياب
إربد	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في المليون	٠,٠١٩	٠,٠٠١
	غاز ثاني أكسيد النيتروجين	جزء في المليون	٠,٠٥٣	٠,٠١٠
	غاز أول أكسيد الكربون*	جزء في المليون	٢,٣١	٠,٠٨٠
سحاب	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في المليون	٠,٠٠٥	٠,٠٠٣
	غاز ثاني أكسيد النيتروجين	جزء في المليون	٠,٠٨٦	٠,٠٢٠
	غاز أول أكسيد الكربون*	جزء في المليون	٣,٦٩	٠,١٣٠

ملاحظات:

* أعلى معدل ٨ – ساعات

- درجة اللايقين (uncertainty) لأعلى معدل ساعي (٠,١١٦ جزء في المليون) لغاز ثاني أكسيد النيتروجين في موقع الرصد في إربد هي ٠,٠٣٣ جزء في المليون في فترة الثقة ٩٥% لفترة الرصد (٣ /١ /٢٠١٨ – ١٢ /٢ /٢٠١٨).