التغيرات الفصلية للعناصر الجوية المؤثرة في تردد العواصف الترابية في المملكة العربية السعودية

أ. مشاعل فهد العتيبي*

الملخص :

تناولت الدراسة ظاهرة العواصف الترابية في المملكة العربية السعودية وعلاقتها بالعناصر المناخية، وعن أثر العواصف الترابية على التنمية المستدامة بالمملكة العربية السعودية وسبل الحد منها. يتمحور موضوع الدراسة حول دراسة العواصف الترابية وذلك من خلال دراسة توزيع الضغط الجوي وتوزيع درجة الحرارة، حركة الرياح واتجاهاتها، ومن ثم تأثيرها على جوانب من التنمية المستدامة وتقديم الحلول والمقترحات لمواجهه هذه الظاهرة، وذلك بالاعتماد على بيانات محطات الرصد التابعة للهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة خلال الأعوام (١٩٨٥-٢٠١٢م). إعتمدت منهجية البحث على الاستقراء وذلك من خلال المنهج الإقليمي والمنهج الوصفي، الأسلوب التحليلي الكمي، الأسلوب التقني باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) تم استخدامه في انتاج الخرائط لما له من دور في سرعة تحليل البيانات ودقة النتائج وإمكانية بناء نظام معلومات متكامل، كما استخدم الأسلوب التقني لمعالجة البيانات إحصائيا واستخراج النتائج. واختتمت الدراسة بعدد من النتائج منها على سبيل الذكر: تمثل مدينه الأحساء أعلى مدن المملكة من حيث تكرار حدوث حالات العواصف الترابية خلال السنة بعدد من الحالات بلغ (٥١١ حالة)، ثم تليها القيصومة (٤٩٠ حالة)، ثم رفحا (٣٧١ حالة)، كما تبين بأن أقل تكرار لحدوث العواصف الترابية خلال السنة تمثل في مدينتي الوجه وخميس مشيط بلغت (١٢ حالة)، وهذا مؤشر على أن المناطق المرتفعة أقل المناطق عرضه للعواصف الترابية في حين تتركز في الوسط الشرقي من المملكة ويعود ذلك للأسباب التالية:

منطقه إلتقاء الرياح. منطقة مصدر من مصادر الغبار وهي صحراء الدهناء، ملتقى الصحاري الربع الخالي جنوباً وصحراء النفود شمالاً.

والتوصيات منها: تقترح الدراسة تنميه القطاع الصحي الخاص بأمراض الجهاز التنفسي والتحسس خاصه في الجزء الشرقي الأوسط من المملكة. ونتوجه بهذه التوصية الى وزارة الصحة.

الكلمات المفتاحية : العواصف الترابية، التغيرات الفصلية، الضغط الجوي، التنمية المستدامة.

---

* محاضرة بجامعة الملك فيصل بالأحساء.

المقدمة :

العواصف الترابية سمة من سمات الأقاليم الجافة، وشبه الجافة، التي ينتابها تغيرات مفاجئة في قيم الضغط الجوي في أثناء الليل والنهار، والصيف والشتاء، ترتبط مكوناتها بنشاط التعرية وسرعة الرياح، وتفكك الرمال وقلة الغطاء النباتي. تعرف الظواهر الترابية عامة "بأنها حركة تجمعات ترابية حملتها الرياح إلى ارتفاعات متفاوتة لها أثاراً مزدوجة مفيدة وضاره" وهي غالباً ما ترتبط بتخلخل نظام الضغط الجوي خلال الفترات الانتقالية من العام، وتتحرك هذه الظواهر باتجاه الرياح لتشمل مناطق أخرى غير مناطق تولدها ونشاطها، وقد يصل قطر الجسيمات الصلبة العالقة بالرياح إلى أحجام تتراوح من (١-٥٠ ميكرون) (الغفاري، ٢٠٠١م، ص ٥).

موضوع الدراسة وأهميته :

يتمحور موضوع الدراسة حول دراسة العواصف الترابية والتغيرات الفصلية للعناصر الجوية المؤثرة في تردد هذه العواصف في المملكة العربية السعودية، من خلال دراسة توزيع الضغط الجوي، وتوزيع درجة الحرارة، وحركة الرياح واتجاهاتها ومن ثمَّ تأثيرها على التنمية المستدامة، وتقديم الحلول والمقترحات، لمواجهة هذه الظاهرة وذلك بالاعتماد على بيانات محطات الرصد التابعة للهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة خلال الأعوام (١٩٨٥-٢٠١٢م).

مشكلة الدراسة :

زيادة تواتر العواصف الترابية على منطقة الدراسة خلال السنوات الأخيرة وما تخلفه من أضرار بيئية، وبشرية وصحية جعل منها ظاهرة تستدعي دراستها وتسليط الضوء عليها.

أهداف الدراسة :

١. دراسة العواصف الترابية والتغيرات الفصلية للعناصر الجوية المؤثرة في ترددها سنوات الدراسة (١٩٨٥-٢٠١٢م).
٢. تحليل العلاقة بين العواصف الترابية والعناصر المناخية الأخرى.
٣. توضيح تأثير العواصف الترابية على بعض مشاريع التنمية وإيجاد بعض الحلول والمقترحات.

تساؤلات الدراسة :

تحاول الدراسة الإجابة عن التساؤلات التالية:

١- ماهي خصائص العناصر المناخية في منطقة الدراسة؟
٢- ما العلاقة بين العواصف الترابية والعناصر المناخية الأخرى؟

٣- ماهو تأثير العواصف الترابية على التنمية المستدامة في المملكة العربية السعودية وكيف يمكن الحد منها؟

الدراسات السابقة :

أ- دراسات عن العواصف الترابية في منطقة الدراسة :

- قدم (الطاهر، ١٩٩٥م) بحثًا بعنوان: "العواصف الرملية والغبارية وأثرها في ترب الحقول الزراعية في واحة الأحساء في المملكة العربية السعودية"، وقد هدفت الدراسة إلى معرفة توزيع سرعه الرياح واتجاهاتها، ودراسة عدد أيام انسياق هبوب الرمال والغبار، وعدد أيام العواصف الرملية والغبارية المصاحبة لها، ودراسة أثرها على ترب الحقول الزراعية، في واحة الأحساء. وتوصلت الدراسة إلى أن الرياح الشمالية الغربية هي الرياح السائدة، التي تهب على واحة الأحساء في فصول الشتاء والصيف والخريف، في حين تسود الرياح الشمالية في فصل الربيع، لذلك تُعدُّ الجهة الشمالية الغربية أكثر الجهات التي يحدث بها انسياق وهبوب الرمال والغبار. هذه الدراسة تركز على تأثير العواصف الترابية على القطاع الزراعي في منطقة الاحساء، في حين بأن هذه الدراسة تتناول دراسة العواصف الترابية وتأثيرها على جميع مناطق المملكة خاصة بما يخص جوانب التنمية والبنية التحتية.
- قدم (الغفاري، ٢٠٠١) رسالة ماجستير بعنوان: "دراسة مناخية وديناميكية عن العواصف الترابية على المملكة العربية السعودية" عنت بالتصنيف المناخي لحالات العواصف الترابية، والتعرف إلى التغيرات السينوبتكية والديناميكية المسببة لإثارة العواصف الترابية، واقتراح الخطط المستقبلية لمواصلة البحوث في هذا المجال. وقد توصلت الدراسة إلى أن أكثر المناطق المتأثرة بالعواصف الترابية خلال الفترة (١٩٧٠-٢٠١٠م) هي الأجزاء التي تقع بين مدينة الرياض القيصومة ورفحا وتُعدُّ هذه الأجزاء الأكثر إثارةً للعواصف الترابية، إضافة إلى الجزء الذي يقع جنوب منطقة الرياض (الربع الخالي)، وتقل العواصف الترابية كلما اتجهنا نحو السواحل والمرتفعات. يُعدُّ فصل الربيع أكثر الفصول إثارةً للعواصف الرملية، كما وضح أن نقاط التركز تمتد في شمال شرقي المملكة والجزء الشرقي من جنوب المملكة، يلي فصلَ الربيع فصلُ الصيف من حيث عدد حالات حدوث العواصف الرملية، حيث يتركز حدوثها في شمال شرقي المملكة والجزء الشرقي. ركزت هذه الدراسة على ديناميكية العواصف الترابية من جانب أرصادي كما تطرقت بدراسة بعض الحالات بينما هذه الدراسة تتطرق لوصف العواصف الترابية من جانب مناخي.

- قدم (المسند، ٢٠١٠م) بحثًا بعنوان: "رياح البوارح وأثرها في إثارة العواصف الرملية في شرقي المملكة العربية السعودية" وكان من أهم أهداف الدراسة: تعريف البوارح، وتحديد وقت نشاط رياح البوارح ومكانها، وتحديد اتجاهاتها الجغرافية، ونسبة تكرار حدوثها. وتوصلت الدراسة إلى أن آلية الحراك في رياح البوارح الشمالية، بفرعيها يؤثر عليها اختلاف الضغط الجوي في منخفض الهند الموسمي. ركزت هذه الدراسة على تحديد مفهوم رياح البوارح بشكل خاص وتركزها في القطاع الشرقي من المملكة.
- قدمت (حبيب وآخرون، ٢٠١٢) بحثًا بعنوان: "رصد وتحليل سلوك العواصف الترابية العنيفة في المملكة العربية السعودية باستخدام صور الأقمار الصناعية"، إهتمت الدراسة بتحليل البيانات خلال الفترة (١٩٧٠-٢٠١٠م)، كما اهتمت بقراءة قيم عناصر المناخ، وشملت الضغط الجوي، الرياح، العواصف الترابية وتكراراتها الصادرة من الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة. كما اهتمت بتحليل وصفي لصور القمر الصناعي (Noaa) وتوصلت الدراسة إلى عدد من النتائج منها: إن العواصف الترابية العنيفة هي تلك العواصف التي تتشكل جبهتها على اليابسة وسط المملكة أو أطرافها الشمالية، ومعظمها يحدث خلال النهار بعد العاشرة صباحًا، كما أن هناك حاجة ماسة إلى تطوير النماذج التي تتنبأ بالعواصف الترابية الطويلة المدى في المملكة العربية السعودية لتسهم في سرعة الإمداد بالبيانات المناسبة، وإطلاق التحذيرات في الأوقات المناسبة. تناولت هذه الدراسة العواصف الترابية العنيفة على وجه الخصوص، بينما هذه الدراسة تركز على تكرار العواصف الترابية وقت نشاطها الفصلي على ارجاء المملكة بشكل عام.

ب- الدراسات الأجنبية :

- اهتمت دراسة (Goudie and Middleton, 2001) بعنوان (Saharan Dust Storms: Nature and Consequences) بفحص أثر العواصف الرملية على البيئة والطاقة الإشعاعية وصحة الإنسان، كما اهتمت بدراسة صحراء بوديل وصحراء الصين الغربية، اللتين تُعدانِ من أهم مصادر العواصف الرملية العالمية، كما أوضح مقاييس (TOMS) أن معدلات ترسيب الغبار ونشاط العواصف الرملية ماهي إلا استجابة للتغيرات المناخية طويلة الأمد والقصيرة. ومن خلال تتبع الماضي الجيولوجي، اختلفت في الآونة الأخيرة وتيرة العواصف الرملية استجابة للعوامل المناخية، مثل: الجفاف، وتوسع الاستخدام البشري للمناطق الصحراوية.

- اهتمت دراسة (Abdel Bassed, 2001) بعنوان: (Energy conversion of desert depression) بتحولات الطاقة لمنخفض صحراوي جوي، حيث تحدث في دراسته عن تحولات الطاقة الناجمة عن تقلب نظام الغلاف الجوي في المناطق شبه الاستوائية، وركز في دراسته على المنخفض الخماسي الذي وقع في شمالي إفريقيا، والذي تسبب بوقوع عدة عواصف رملية في المنطقة، حيث أرجع حدوث مثل هذا المنخفض إلى ظروف جوية قاسية في الساحل الجنوبي للبحر الأبيض المتوسط، وقد درس الانتشار الرأسي لهذا المنخفض وتغيراته في المستويات الجوية المختلفة خلال فترة الانخفاض.
- اهتمت دراسة (Roland, et al., 2002) بعنوان: (Estimating PM10 air concentrations from dust storms in Iraq Kuwait and Saudi Arabia) بتقييم مقياس تركز ذرات الغبار PM10 في الجو خلال العواصف الرملية، في كل من العراق والكويت وشبه الجزيرة العربية. اعتمد في دراسته على طريقة "bootstrap" و نموذج "Dralex and Hess"، ويعتمد مقياس (PM10) في عمله على عتبة سرعة الاحتكاك، التي تعتمد بدورها على مدى صلابة سطح الأرض، التي ترتبط ارتباطًا وثيقًا بخصائص التربة، حيث نجح هذا المقياس في التنبؤ بعدد مرات حدوث العاصفة الرملية، في الفترة الواقعة بين أغسطس من عام ١٩٩٠ وأغسطس من عام ١٩٩١ في الكويت وقد توافقت نتائج النموذج كميًا مع مقاييس عاصفة رملية رئيسة حدثت في أربعة مواقع في السعودية وموقع في الكويت، غير أن هذا المقياس لايُعدُّ مقياسًا ناجحًا في المناطق الشاطئية نظرًا إلى خلو الجو من الأغبرة.
- اهتمت دراسة (Paz and Kutiel, 2003) بعنوان: (Rainfall regime uncertainty (RRU) in an Eastern Mediterranean region: A methodological approach) بالخصائص المكانية والزمانية للعواصف الرملية، في منطقة الشرق الأوسط، واعتمدت الدراسة على المعلومات من (NCD)، من خلال تحليل تدني مدى الرؤية، للفترة الزمنية الواقعة بين عامي (١٩٧٣، ١٩٩٣)، ومن خلال الدراسة سجلت كل من السودان والعراق وشبه الجزيرة العربية والخليج العربي، وسجل الرقم الأعلى في تكرار هبوب العواصف الرملية في منطقة الشرق الأوسط، هذا وتبين أن تكرار هبوب هذه العواصف الرملية في كل من إيران وشمال شرقي العراق وشبه الجزيرة العربية والخليج العربي عادة ما يكون في فصل الصيف، في حين أنها تكون عادة في فصل الربيع في كل من غرب العراق والأردن وسوريا ولبنان وشمال شبه الجزيرة العربية وجنوبي مصر، ويتكرر حدوث هذه العواصف في فصلي الشتاء والربيع في جنوبي فلسطين، وفي أجزاء من البحر الأبيض المتوسط الواقعة شمالي مصر.

- قدمت دراسة (XingkuiXu, et al., 2006) بعنوان: (An investigation of sand–dust storm events and land surface characteristics in China using NOAA NDVI data) باستقصاء حول علاقة العواصف الرملية بخصائص سطح الأرض في الصين؛ وذلك باستخدام بيانات الإدارات الوطنية لعلوم المحيطات والغلاف الجوي وفرق بين الأغطية النباتية (NOAANDVi)، حيث جمع مشاهدات من ٥٦٠ محطة رصد جوي في الصين، وأظهرت النتائج أن العواصف الرملية يتكرر وقوعها غالبًا في شهر نيسان، في شمالي الصين، حيث أن هذه المنطقة تتميز بأنها أقل معدل هطول أمطار، وخصائص مناخها الجاف مرتفع الحرارة نسبيًا على مدار السنة، كما تمتاز بأنها ذات سطح صحراوي أو شبه صحراوي. هذا وأظهرت التحليلات الإحصائية أن وتيرة العواصف الرملية ترتبط بشدة بسرعة الرياح، والتي بدورها ترتبط ارتباطًا قويًا بخصائص سطح الأرض.
- أما دراسة (El-Askary, et al., 2006) بعنوان: (Dust Storm and Black Cloud Influence on Aerosol Optical Properties over Cairo and the Greater Delta. Region, Egypt) فقد اهتمت بدراسة بأحوال العواصف الرملية التي تُداهم منطقة حوض نهر الغانج الهندي، باستخدام بيانات الاستشعار المتعددة، وأثبتت أن هذه العواصف الترابية تداهم المنطقة عادة في موسم فصل الصيف، كما أنها تشكل خطرًا صحيًا كبيرًا على الملايين القاطنين في الحوض، خاصة في مناطق الهند، حيث لا يوجد أي نظام إنذار مبكر يحذر من اقتراب وقوع العواصف الرملية. واهتمت هذه الدراسة بتحليل خصائص العواصف الرملية، بالاعتماد على بيانات الاستشعار المتعددة، مما يساعد على التنبؤ بحركة هذه العواصف وخصائصها، ومن ثمَّ تفادي آثارها الصحية على البشر وتقليلها.
- اهتمت (El-Askary, et al., 2006) بعنوان: (Dust storms detection over the Indo.angetic basin usingmulti sensor data) بدراسة بخصائص العواصف الرملية في شمال شرقي آسيا، خلال فصل الربيع في الفترة الزمنية الواقعة بين (١٩٩٣، ٢٠٠٤)، باستخدام تقارير رصد العواصف الرملية الثلاثي الساعة (SYNOP)، الصادرة عن المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، وحيث أظهرت النتائج انخفاض وقوع العواصف الرملية خلال الفترة الزمنية الواقعة بين (١٩٩٧، ١٩٩٩م) نسبة إلى ارتفاع درجات الحرارة وهطول غزير للأمطار، إلا أنه ازداد وقوعها ازديادًا سريعًا وملحوظًا منذ عام ٢٠٠٠م، هذا وقد قسم الباحثان المناطق بناءً على تكرر حدوث العواصف الرملية، إلى: (A: قاحلة جافة، وB: شبه قاحلة، وC: زراعية). كما تحدثا عن أهمية سرعة عتبة الرياح في تهيئة الفرصة لنشوء العواصف الرملية، وأن نشوءَها لا يتعلق دائمًا بالغطاء النباتي، وارتفاع درجات الحرارة، ومعدل هطول الأمطار.

- اهتمت دراسة (Badarinath, et al., 2007) بعنوان: (Variation in black carbon aerosol, during the carbon monoxide and ozone over an urban area of Hyderabad, India forest fire season) بمعرفة حالة عواصف الغبار في منطقة حيدر آباد في الهند وأثرها على الإشعاع الشمسي؛ وذلك باستخدام بيانات الأقمار الصناعية والأرصاد الأرضية (MICROTOPS.11). الهدف الرئيس من هذه الدراسة هو تقييم حركة الهباء والملوثات من المصادر المحلية ورصدهما، وغيرها من المصادر الطبيعية والبشرية على حد سواء؛ وذلك باستخدام مزيج من بيانات الأرصاد الأرضية وبيانات الأقمار الصناعية. وتوصلت الدراسة إلى أن تلوث الجو، في منطقة مكتظة بالسكان، مثل: مدينة حيدر آباد، في الهند يعزى إلى عاصفة الرمال المنبعثة من صحراء طاهر في١٠ إلى ١١ إبريل ٢٠٠٦ التي وقعت في المنطقة الشمالية الغربية من الهند، حيث أظهرت التحليل تغييرًا كبيرًا في العمق البصري للهباء الجوي (AOD)، حيث إن عمق الهباء البصري في يوم مغبر يصل إلى نحو ٠,٢ هذا وقد لوحظ أيضًا انخفاض في الإشعاع، والأشعة فوق البنفسجية، المرتبطة بالاحمرار الجلدي (UVery)، والمكونات الإشعاعية الأخرى.
- اهتمت دراسة (Akbari, 2011) بعنوان: (Sources in the Middle East and Economic Model for Survey it's Impacts) بمصادر العواصف الرملية في منطقة الشرق الأوسط، موضحة آثارها الاقتصادية على المنطقة. وقد توصلت الدراسة إلى أن أكثر المناطق عرضةً للعواصف الرملية في فصل الصيف، هي: إيران وشمال شرقي العراق وجنوبي شبه الجزيرة العربية والخليج العربي، وأن أكثر المناطق عرضة للعواصف الرملية، في فصل الربيع هي غربي العراق وسورية، والأردن ولبنان وشمالي فلسطين وشمالي شبه الجزيرة العربية وجنوبي مصر ،وفي فصل الشتاء كانت المناطق الواقعة جنوبي البحر الأبيض المتوسط عرضة لمثل هذه العواصف أيضًا. وأوضحت الدراسة أن لهذه العواصف آثارًا سلبية؛ تتمثل في الحد من مدى الرؤية، والتقليل من خصوبة التربة، وتدمير المحاصيل الزراعية، ناهيك عن أثرها في الحد من الإشعاع الشمسي، وكفاءة أجهزة الطاقة الشمسية التي بدورها تلحق الأضرار بأنظمة الاتصالات السلكية واللاسلكية، والأنظمة الميكانيكية، وتؤدي إلى انتشار الأوساخ وتلوث الهواء ، وزيادة أمراض الجهاز التنفسي.
- هدفت (Indoitu, et al., 2012) بعنوان: (Dust Storms in Central Asia: Spatial and Temporal Variations) إلى رصد وتقييم التوزيع المكاني والزماني للعواصف الرملية في منطقة آسيا الوسطى خلال العقود السبعة الماضية، إذ يتركز هبوبها في

الصحاري الرملية، وغيرها من أنواع الصحاري، التي يعاني نظامها الإيكولوجي الحساس من أثر الإنسان. واعتمدت الدراسة على قاعدتي بيانات لتحليل الدراسة وهما: قاعدة بيانات "Reference Books of the USSR Climate" وقاعدة بيانات "Scientific and Applied Reference Books of the USSR". وأوضحت الدراسة أن المصدر الرئيس للعواصف الرملية، يتمركز في "حزام الرمال الذي يمتد من الغرب إلى الشرق، على مدى الصحاري الجنوبية، وشمال بحر قزوين إلى الجنوب من بحيرة بلكاش، ومنطقة بحر آرال. كما أظهرت نتائج التحليل انخفاضًا في وتيرة العواصف الرملية خلال العقود الماضية، وتغييرات كبيرة في طبيعة المناطق التي تُعدُّ مصدر هذه العواصف.

التعليق على الدراسات السابقة :

- ركزت الدراسات السابقة على دراسة العواصف الترابية بقراءة بيانات المحطات الأرضية وصور الأقمار الصناعية.
- تعرضت هذه الدراسات لتحديد مصادر العواصف الترابية ومدى استجابتها للتغيرات المناخية.
- ربطت العواصف الترابية بسرعة واتجاه الرياح واتجاهها.
- اهتمت برصد العواصف الترابية عبر الأقمار الصناعية.

ومن خلال هذه الدراسة التي تقوم بها الباحثة، استفادت من منهجية الأبحاث السابقة في المعالجة والتحليل للبيانات الأرضية وصور الأقمار الصناعية مع محاولة التركيز في التحليل على ما يخص منطقة الدراسة وإيجاد العلاقة الارتباطية بين العواصف الترابية موضوع الدراسة وبقية العناصر المناخية، وكذلك اقتراح الحلول والتوصيات التي تفيد جوانب الاستدامة للمنشآت البشرية في المملكة العربية السعودية.

منهجية الدراسة :

أ- أساليب الدراسة :

اعتمدت الدراسة على عدد من المناهج والأساليب لتحقيق أهدافها:

١- **المنهج الإقليمي** : تركزت جهود البحث على أراضي المملكة العربية السعودية فقط؛ لإبراز الخصائص الجغرافية للعواصف الترابية وتفسير توزيعها الجغرافي.

٢- **المنهج الوصفي** : يعتمد هذا المنهج على وصف الظاهرة وصفا تحليليا بالاعتماد على النتائج المستمدة من تحليل البيانات حيث يساهم في فهم الظاهرة المدروسة.

٣- **الأسلوب التحليلي الكمي:** اعتمد هذا الأسلوب على قراءة بيانات الأرصاد الجوية وتحليلها خلال الأعوام (١٩٨٥-٢٠١٢م) لكل من : (الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة، الضغط الجوي، والرطوبة النسبية، وسرعة الرياح واتجاهاتها، وعدد أيام العواصف الترابية)، بغرض التعرف إلى الخصائص العامة لتلك العناصر، وتحليل علاقة هذه العناصر بالعواصف الترابية. كما تم استخدام كلاً من الأساليب التالية: الارتباط المتعدد، حساب المتوسط الحسابي للعناصر المناخية.

٤- **الأسلوب التقني:** اعتمد هذا الأسلوب على تطبيق برنامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، واستخدام الإمكانات العالية في سرعة تحليل البيانات، ودقة النتائج، وبناء نظام معلومات متكامل، من خلال رسم الخرائط وتطبيق الأدوات الحاصة في دراسة العواصف الترابية.

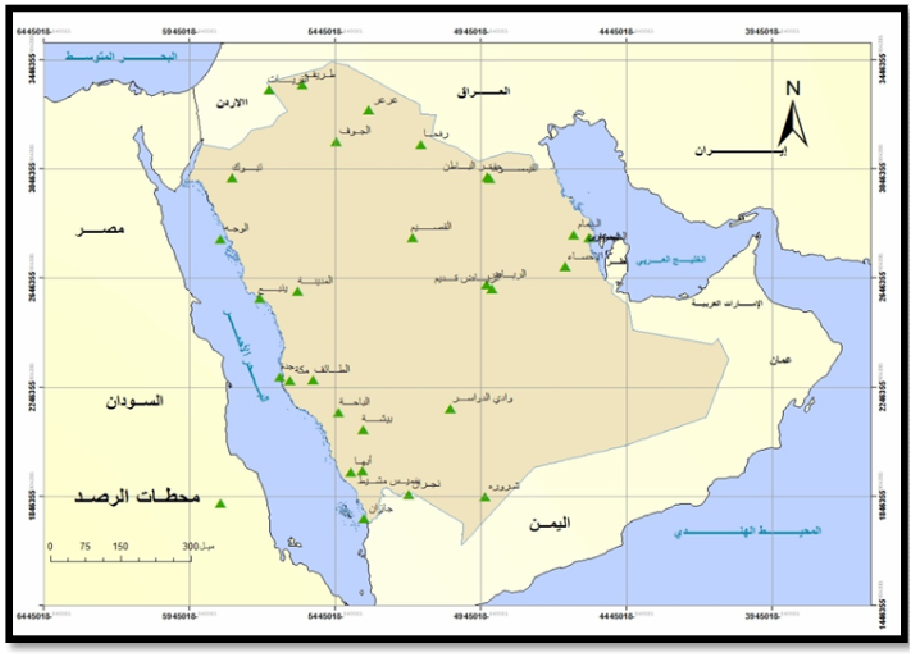
ب- مصادر البيانات :

- **مرحلة تجميع المادة العلمية:** جمُعتِ المادةُ العلميةُ من خلال الاطلاع على الدراسات السابقة في المكتبات: مكتبة جامعة الملك عبد العزيز، ومكتبة الملك عبد الله الرقمية، والاطلاع على الأبحاث العلمية، والمقالات الخاصة بموضوع الدراسة على شبكة الإنترنت، وقواعد البيانات، بالإضافة إلى البيانات المناخية من الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة، وزارة البيئة والمياه والزراعة.
- **مرحلة تصنيف البيانات وجدولتها:** تصنيف البيانات المناخية وجدولتها: وادخالها في الحاسب الالي، ومن ثم معالجتها احصائيا وعرض النتائج على صورة اشكال بيانية وعلى هيئة خرائط، تسهيلا في فهم الخصائص والعلاقات بين العناصر المناخية والعواصف الترابية موضوع البحث.

التعريف بمنطقة الدراسة

موقع منطقة الدراسة:

تقع المملكة العربية السعودية فلكيًا بين خطي طول (٣٤° و ٥٦° شرقًا)، ودائرتي عرض (١٦° و ٣٢° شمالاً) وهذا الموقع يجعلها تتدرج مناخيًا حسب تصنيف كوين ضمن المناخ المداري الجاف وشبه الجاف (Bw.Bwh)، وجغرافيًا تقع في أقصى الجنوب الغربي من قارة آسيا، ويحدها من الشرق: الخليج العربي، ودولة الإمارات العربية المتحدة، ودولة قطر، ومملكة البحرين، ومن الشمال: دولة الكويت، والجمهورية العراقية، والمملكة الأردنية الهاشمية، ومن الغرب: البحر الأحمر، ومن الجنوب: الجمهورية اليمنية، وسلطنة عُمان (سقا، ٢٠٠٤، ص ٨٩) (شكل ١).



شكل (١) : منطقة الدراسة ومحطات الرصد المستخدمة.

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على خريطة مليونيه، ١٤٢٤هـ، هيئة المساحة الجيولوجية، الرياض.

نتائج الدراسة

إجابة سؤال الدراسة الأول
ماهي خصائص العناصر المناخية في منطقة الدراسة؟

١) توزيع الإشعاع الشمسي :

يؤثر توزيع الإشعاع الشمسي تأثيرًا غير مباشر في نشأه العواصف الترابية، حيث إن هذا التوزيع يؤثر في توزيع درجات الحرارة ومن ثمَّ في توزيع الكتل الهوائية وتوزيع الرياح ومن المعروف أن الشمس هي المصدر الرئيس للإشعاع الذي يصل النظام الأرضي، وهي طاقة ضخمة تقدر بـ (١٧٠ ألف حصان، لكل م^{٢}) على سطح الشمس (شرف، ٢٠٠٠م، ص ٤٣)، ولا يصيب الأرض إلا جزء من ألفي مليون جزء، وهذا القدر الضئيل من الطاقة هو المسؤول عن الطاقة الحرارية لسطح الأرض وغلافها الجوي، وتختلف كمية الأشعة

الشمسية التي تصل سطح الأرض باختلاف الموقع الفلكي الذي يرتبط بمدة الإشعاع، وزاوية سقوطه، وبطول الليل والنهار، ومدى صفاء الجو، ودرجة تغييم السماء ودرجة انحدار السطح (شحاته، ٢٠٠٩م، ص ٥٥). تعد المملكة من أوفر البلاد حظاً من الأشعة الشمسية التي تصل الى سطح الأرض وتقدر بـ ٢٠ ألف كيلو وات بالساعة (بن حريب، ١٩٩٦م، ص ٦).

*** التوزيع الفصلي لمعدل الإشعاع الشمسي :**

- الشتاء :

تتركز الأشعة على مدار الجدي خلال الشتاء، تنخفض عامةً قيم الإشعاع الشمسي في معظم محطات المملكة، تسجل أكبر معدلات الإشعاع الشمسي في المحطات الجنوبية الغربية تُمثلها محطة أبها (٣٨٩,٠٥ سعرحراري/سم٢/اليوم) ويعزى ذلك إلى وقوعها قرب نطاق تركز الأشعة كما أن ارتفاع السطح يعزز من قيم الإشعاع في المحطات المرتفعة. يليها القطاع الأوسط تمثلهُ محطة المدينة (٣٢٧,٦٠ سعرحراري/سم٢/اليوم). وعلى ذلك فإن أقل معدلات الشتاء تظهر في القطاع الشمالي، والشمالي الغربي من البلاد الذي تمثلهُ حائل (٢٩٦,٣٣ سعرحراري/سم٢/اليوم) ويعود انخفاض معدلات الإشعاع في هذا القطاع نسبة إلى بعده عن نطاق تركز الأشعة على مدار الجدي خلال الشتاء كما أن قدرة عكس الصخور في هذا القطاع معظمها مرتفعة، وعليهِ تكون هبوب الرياح من الشمال الى الجنوب، وتتركز المناطق التي تتعرض للعواصف الترابية في جنوب وجنوب غربي المملكة خلال الشتاء (جدول ١).

- الربيع :

تُسجل أعلى معدلات الإشعاع الشمسي في القطاع الجنوبي والأوسط، حيثُ تقل زوايا سقوط الأشعة، وتتعامد أشعة الشمس على خط الاستواء، وبذلك تظل المرتفعات تُسجل قيماً مرتفعة نجد ذلك في النماص (٥٤٧,٩٩ سعرحراري/سم٢/اليوم) يليها القطاع الأوسط والشمالي في يبرين (٤٢٤,١٢ سعرحراري/سم٢/اليوم) أما بالنسبة الى القطاع الشرقي تصل معدلات الإشعاع الشمسي إلى (٣٤٤,١٨ سعرحراري/سم٢/اليوم) في القطيف. ويلاحظ عامة أن قيم الإشعاع تقل في القطاع الشرقي مقارنة ببقية المناطق (جدول ١).

- **الصيف :**

يتضح أن قيم الإشعاع الشمسي ترتفع عامةً خلال الصيف، نسبة إلى تعامد أشعة الشمس على مدار السرطان في (٢١ يونيو). يصل معدل الإشعاع الشمسي في الطائف (٥٥١,٤٦ سعرحراري/سم٢/اليوم) يليها القطاع الأوسط والقطاع الجنوبي الغربي والجنوبي، فتصل في النماص (٦٢٠,٤٧ سعر حراري/سم٢/اليوم) أما أقل كمية الإشعاع سُجلت في أقصى شمال منطقة الدراسة، تصل في تبوك (٤٢٨,٣١ سعرحراري/سم٢/اليوم) نظرًا إلى قربها نوعًا ما من نطاق تركز الأشعة على مدار السرطان في الصيف، وفي القريات (٥٠٤,١٩ سعرحراري/سم٢/اليوم)، نظرًا إلى وقوعها على حرة الحرة شمالًا. وبذلك فمن المتوقع أن تتركز المناطق المعرضة للعواصف الترابية في الجزء الجنوبي والأوسط من المملكة (جدول ١).

- **الخريف :**

أن معدلات الإشعاع الشمسي تنخفض في الخريف؛ نظراً إلى هجرة الشمس إلى خط الاستواء مرة أخرى؛ مما يؤدي إلى تدني معدلات الإشعاع الشمسي الواصلة إلى المنطقة، ويستمر القطاع الجنوبي والجنوبي الغربي في تسجيل أعلى معدلات الإشعاع الشمسي، في حين يقل نوعًا ما في القطاع الأوسط والشرقي أما أقل معدلات الإشعاع الشمسي فتظهر في القطاع الشمالي من المملكة، لذلك نجد أن أعلى معدلات الإشعاع خلال الخريف قد سُجلت في القطاع الجنوبي الغربي، والقطاع الجنوبي، والأوسط، في حين أقل معدلات الإشعاع تظهر في القطاع الشمالي.

*** التوزيع السنوي للإشعاع الشمسي :**

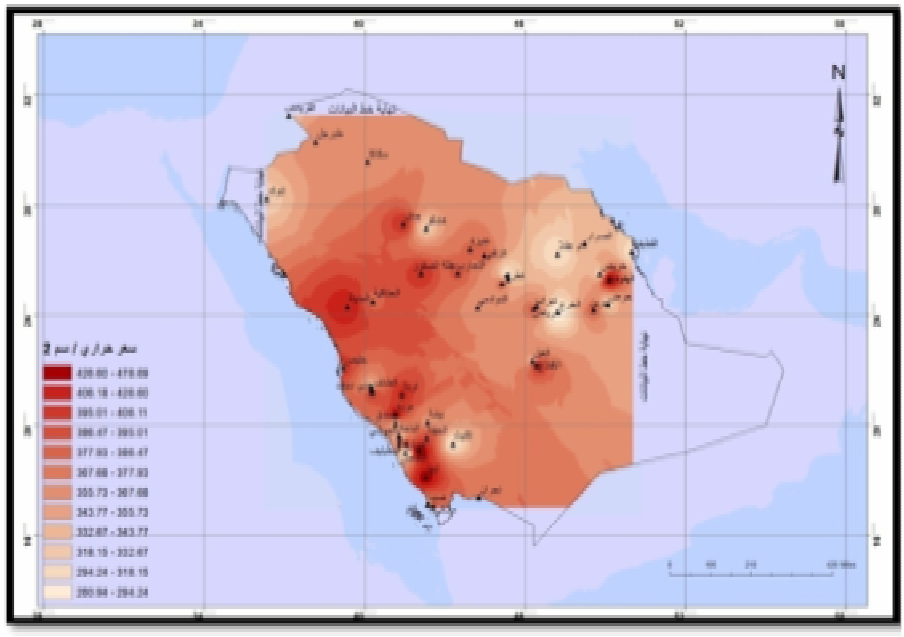
يتضح من شكل (٢) أن أعلى معدلات الإشعاع الشمسي السنوي تسجل في القطاع الجنوبي فتصل في نجران (٣٧٦,٢٠ سعرحراري/سم٢/اليوم)، ثم القطاع الأوسط من البلاد، تصل في المدينة (٤١٩,٤٠ سعرحراري/سم٢/اليوم) والدوادمي (٣٦٢,٩٥ سعرحراري/سم٢/اليوم). وفي المقابل تنخفض قيم الإشعاع في المحطات الشمالية نظرًا إلى وقوعها بعيدًا عن مركز تعامد أشعة الشمس، فتصل في طبرجل (٣٦٥,٩٧ سعرحراري/سم٢/اليوم) والقريات (٣٣٥,٨٨ سعرحراري/سم٢/اليوم) وتبوك (٣٢٥,٠٧ سعرحراري/سم٢/اليوم).

أما بالنسبة إلى المحطات الجبلية، فتقل في بعض المحطات مثل: بالجرشي (٣٥٠,٩٧ سعر حراري/سم٢/اليوم)، في حين ترتفع في أبها (٤٥١,٠٠ سعرحراري/سم٢/اليوم) حيث تعد الجبال نوافذ الاشعاع عامة (جدول ١).

جدول (١) : معدلات الإشعاع الشمسي الفصلي والسنوي (سعر حراري/سم^{٢}/اليوم) للفترة (١٩٨٥-٢٠١٢م).

المحطة	الشتاء	الربيع	الصيف	الخريف	السنوي
القريات	203.44	424.17	504.19	211.71	335.88
طبرجل	199.89	404.79	507.03	352.16	365.97
سكاكا	248.96	401.05	461.13	321.08	358.05
تبوك	222.92	358.28	428.31	290.75	325.07
حائل	296.33	444.48	518.76	358.11	404.42
هادكو	210.67	354.13	431.82	302.43	324.76
الصرار	265.82	336.98	436.87	329.73	342.35
عنيزة	284.23	408.13	486.31	340.65	379.83
القطيف	221.59	344.18	376.72	284.04	306.64
ام عقلا	186.44	337.11	411.81	241.32	294.17
الزلفي	273.71	421.42	493.57	354.21	385.73
التجارب	294.47	412.30	477.19	374.73	389.67
عقله الصقور	304.80	448.35	504.74	369.63	406.88
السليل	235.51	290.77	335.68	266.32	282.07
حوطة سدير	229.77	368.49	444.91	312.00	338.79
الهفوف	365.27	485.05	511.58	434.46	449.09
شقراء	295.19	411.64	497.25	373.00	394.27
خريص	241.26	336.03	391.89	306.87	319.01
الحناكية	265.40	433.04	500.54	333.65	383.16
حرض	261.53	352.03	374.59	306.94	323.77
الرياض	261.74	368.38	442.37	345.02	354.37
المدينة	327.60	458.15	505.88	385.97	419.40
الدوادمي	262.53	394.54	450.31	344.42	362.95
ديراب	314.43	416.50	486.49	375.99	398.35
بيرين	335.27	424.12	442.36	351.22	388.24
الخرج	201.64	299.36	286.23	253.77	260.25
الغيل	217.25	393.93	444.22	304.65	340.01
الافلاج	326.85	443.31	485.29	415.41	417.72
خليص	265.95	442.63	488.17	410.43	401.80
السليل الكبير	234.76	315.52	325.03	252.50	281.95
الطائف	372.42	488.14	551.46	429.81	460.46
حمي سيسد	331.24	402.84	433.89	358.24	381.55
تربة	305.48	454.22	493.05	394.87	411.91
عردة	390.13	466.29	475.49	438.49	442.60
بيشة	308.49	379.33	394.56	352.28	358.66
المندق	214.92	379.64	436.75	322.43	338.44
الباحة	262.59	387.80	403.73	365.92	355.01
الحيفة	314.00	419.51	469.59	379.84	395.73
بالجرشي	267.28	452.13	254.05	351.12	975.03
المظيلف	335.23	433.92	422.13	327.03	379.58
تثليث	260.47	315.80	328.53	284.50	297.32
سبت العلايا	333.06	434.53	484.31	416.64	417.14
النماص	283.46	547.99	620.47	467.78	479.92
خوش	201.64	299.36	286.23	253.77	260.25
أبها	389.05	471.30	474.00	469.66	451.00
نجران	317.77	404.52	400.62	381.91	376.20
صبيا	299.11	413.87	329.32	336.91	344.80
ملاكي	352.90	453.31	393.11	396.19	398.87

المصدر: الجدول من عمل الباحثة اعتماداً على بيانات: وزارة البيئة والمياه والزراعة، اداره تنميه المياه، قسم الهيدرولوجيا، بيانات مناخيه غير منشوره (١٩٨٥-٢٠١٢م).



شكل (٢) : التوزيع السنوي للإشعاع الشمسي.

المصدر: الشكل من عمل الباحثة اعتماداً على: الهيئة العامة الأرصاد الجوية وحماية البيئة، (بيانات مناخية غير منشورة ١٩٨٥، ٢٠١٢م) – بيانات مناخية غير منشورة (١٩٨٥-٢٠١٢م) (جدول ١).

يتضح مما سبق أن توزيع الإشعاع الشمسي خلال جميع المواسم (الشتاء، الربيع، الصيف، الخريف) يسهم في تركز الحرارة في جهات محددة من منطقه الدراسة؛ مما يتسبب في تكوين نطاقات ضغط تتناغم مع هذا الاختلاف؛ وعليه تشهد المملكة هبوب أنواع متفرقة من الرياح وذات اتجاهات متباينة تسهم في إثارة عواصف الأتربة والغبار.

٢) توزيع درجة الحرارة :

يتناغم مع الاشعاع الشمسي درجات الحرارة، حيث تعد أهم العناصر المناخية المؤثرة في توزيع عناصر المناخ الأخرى بما فيها العواصف الترابية، نطاقات الضغط الجوي، توزيع الرياح. هناك عدة عوامل تؤثر على توزيع درجة الحرارة أهمها: دائرة العرض والارتفاع عن سطح البحر، نسبة الرطوبة (شحاته، ٢٠٠٩، ص ٨١). كما يعكس تباين درجة الحرارة اختلاف كمية الأشعة الشمسية التي تسقط على سطح الأرض، ظهر ذلك كما أسلفنا سابقًا من خلال تحليل متوسط الإشعاع الشمسي. يمتاز مناخ المملكة عامةً بارتفاع درجات الحرارة؛ لذا يشغل سطحها معظم أعوام السنة نمط الضغط المنخفض

الجاذب للرياح. وسنتطرق بنوع من التحليل إلى الاختلافات الحرارية، التي لها تأثير كبير على توزيع الكتل الهوائية واتجاهات الرياح. وعلاقة ذلك وأثره على العواصف الترابية في نطاق الدراسة على النحو التالي:

*** التوزيع الفصلي لمعدل درجه الحرارة :**

- الشتاء :

ترتفع معدلات درجات الحرارة في القطاع الغربي من البلاد. مع تدرج ملحوظ كلما اتجهنا وسط المنطقة وجنوبيها، حيث تبلغ في مكة المكرمة (٢٤,٦°م)، وفي جنوب القطاع الغربي تبلغ درجات الحرارة أقصاها في جازان (٢٦,٦°م). يلي القطاع الساحلي القطاع الجنوبي تصل في بيشة (١٨,٩°م)، تسجل أدنى معدلات الشتاء في القطاع الشمالي من منطقة الدراسة، تتراوح معدلات الحرارة بين (٨ و ١٢°م) نسبة إلى تسرب الهواء البارد إلى هذا القطاع، قادمًا من سيبيريا قارس البرودة، فتبلغ معدلات الحرارة في طريف (٨,٤°م) (جدول ٢).

- الربيع :

تسجل معدلات درجات الحرارة قيمًا أعلى خلال الربيع، مقارنه بما كانت عليه خلال الشتاء حيثُ يسجل القطاع الشرقي أعلى المعدلات تقريباً، ثمُ الأوسط والقطاع الغربي، ثمُ النطاق الجنوبي، تبلغ درجات الحرارة في محطة حفر الباطن (٣٦,١°م) والمدينة المنورة (٢٨,٥°م)، ومكة المكرمة (٣٠,٩°م) (جدول ٢).

- الصيف :

في الصيف تتعامد أشعة الشمس على مدار السرطان حيث يسيطر على المنطقة ضغط منخفض يجذب الكتل المدارية الدافئة نحو جنوب المملكة وجنوب غربيها، كما تدخل معظم أجزاء المملكة تحت تأثير الرياح الشمالية الشرقية الحارة؛ مما يؤدي إلى رفع معدلات الحرارة في كلِّ أرجاء المملكة (حبيب، ١٩٩٥، ص ١٠)، أعلى المعدلات لدرجات الحرارة خلال الصيف سجلت في محطة الأحساء (٣٧,١°م). اما بالنسبة الى القطاع الشمالي فهومن أكثر القطاعات التي تسود فيه صفة التطرف القاري، حيث تتدنى درجات الحرارة في الشتاء إلى (١٠°م)، وترتفع في الصيف إلى أكثر من (٣٢°م)، بمدى حراري يبلغ (٢٢°م) (جدول ٢).

- الخريف :

تبدأ درجات الحرارة بالانخفاض التدريجي خلال الخريف، ويرتبط ذلك ببداية تسرب الهواء المعتدل إلى شمال المملكة وشمال غربيها (حبيب، ١٩٩٥، ص ١٦) وتسجل أعلى معدلات درجات الحرارة خلال الخريف في القطاع الأوسط والساحل الغربي، وفي جنوب منطقة الدراسة، في حين تنخفض نوعًا ما في قطاع المرتفعات الجنوبية الغربية، والقطاع الشمالي.

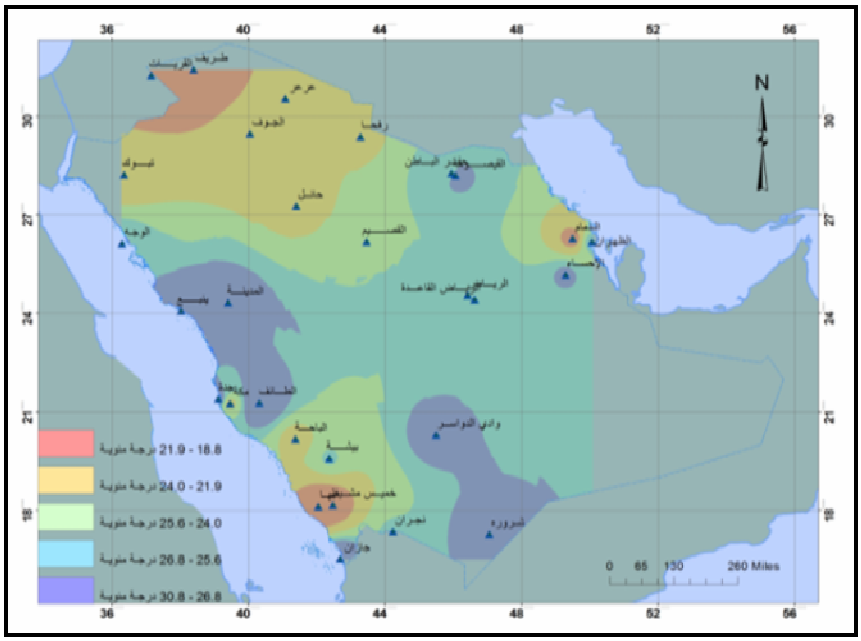
جدول (٢) : معدلات درجات الحرارة الفصلي والسنوي (م) للفترة (١٩٨٥-٢٠١٢م).

رقم المحطة	المحطة	شتاء	ربيع	صيف	خريف	السنة
40356	طريف	8.4	18.6	29.2	20.8	19.2
40360	القريات	9.6	19.4	28.7	21.2	19.7
40357	عرعر	10.3	21.9	33.4	23.6	22.3
40361	الجوف	11.1	22.1	32.6	24.1	22.5
40362	رفحا	11.6	23.5	34.2	25.1	23.6
40375	تبوك	12.2	22.1	31.1	23.6	22.2
40373	القيصومة	13.1	25.7	36.4	26.5	25.5
40377	حفر الباطن	13.0	36.1	36.1	26.8	28.0
40394	حائل	11.9	22.3	32.5	24.1	22.7
40417	الدمام	11.3	20.3	29.2	21.4	20.5
40405	القصيم	14.2	25.4	35.0	26.3	25.2
40416	الظهران	16.8	26.3	35.6	28.2	26.7
40400	الوجه	19.9	24.6	29.5	26.9	26.9
40420	الاحساء	16.2	27.4	37.1	28.5	27.3
40438	الرياض القاعدة	16.0	27.1	36.4	27.8	26.8
40437	الرياض	15.0	26.2	35.5	26.8	25.9
40430	المدينة	19.4	28.5	36.7	30.0	28.6
40439	ينبع	21.5	27.4	32.9	29.4	27.8
41024	جدة	23.9	27.8	32.3	29.6	28.4
41030	مكة	24.8	30.9	35.8	31.9	30.8
41036	الطائف	16.5	22.9	29.2	23.6	23.1
41061	وادي الدواسر	19.0	29.5	36.5	27.4	28.1
41055	الباحة	16.6	22.7	28.9	23.3	22.9
41084	بيشة	18.9	26.5	32.5	25.8	25.9
41112	أبها	14.1	18.9	23.2	18.9	18.8
41114	خميس مشيط	15.1	19.9	24.1	20.0	19.8
41136	شروره	20.7	29.9	35.3	28.4	28.6
41128	نجران	18.7	26.8	32.5	25.0	25.8
41140	جازان	26.6	30.3	33.5	31.2	30.4

المصدر: الجدول من عمل الباحثة اعتماداً على بيانات: وزارة الدفاع والطيران، الهيئة العامة لأرصاد وحماية البيئة، مركز الوثائق العلمية مجموعه تقارير مناخيه، بيانات مناخية غير منشورة (١٩٨٥-٢٠١٢م).

*** التوزيع السنوي لمعدلات درجة الحرارة :**

بالعودة الى (جدول ٢) تنخفض درجات الحرارة عامة في قطاع المرتفعات الجنوبية الغربية، كما تنخفض على القطاع الشمالي، وتتراوح معدلاتها بين (١٨°م كحد أدنى و ٢٣°م كحد أعلى) في حين ترتفع المعدلات السنوية في القطاع الأوسط لتتراوح بين (٢٥°م كحد أدنى و ٢٨°م كحد أعلى)، أما أعلى درجات الحرارة فتسجل في الساحل الجنوبي تتراوح بين (٢٥ و ٣٠°م).



شكل (٣) : التوزيع السنوي لدرجة الحرارة.

المصدر: الشكل من عمل الباحثة اعتماداً على: الهيئة العامة الأرصاد الجوية وحماية البيئة، بيانات مناخية غير منشورة (١٩٨٥، ٢٠١٢م) (جدول ٢).

يتضح مما سبق أن الحرارة تتأثر بدرجة القارية، الارتفاع عن مستوى البحر، ميل محور المملكة باتجاه الشمال الغربي، والجنوب الشرقي، كذلك طبيعة السطح. ينعكس ذلك كله على قيم درجات الحرارة التي تستجيب للعوامل السابقة، فتتركز درجات الحرارة المرتفعة في القطاع الجنوبي، خاصةً على ساحل البحر الأحمر الدافئ، الذي يزداد دفئًا كلما اتجهنا جنوبًا؛ مما يجعل المحطات التي تقع في هذا القطاع تسجل أعلى معدلات درجات الحرارة في منطقة الدراسة، بينما يستحوذ قطاع المرتفعات على اقل درجات الحرارة طوال العام تقريباً.

٣) توزيع الضغط الجوي :

يتأثر توزيع الضغط الجوي نظريًا بتوزع اليابس والماء، يتزحزح بحسب الحركة الظاهرية للشمس، وهذا ما تناولته الباحثة بالوصف وبالتوزيع النظري للضغط الجوي. نجد أن الضغط الجوي يتأثر بنمط التضاريس والتوزيع المحلي لدرجات الحرارة، من خلال تحليل الجداول والأشكال لقيم الضغط يتضح الآتي:

*** التوزيع الفصلي للضغط الجوي عند مستوى البحر:**

- الشتاء :

يسود المملكة خلال الشتاء نطاق من الضغط الجوي المرتفع المستقر نسبيًا، بسبب تكون تيارات هوائية باردة وهابطة وتظهر أعلى قيمة لمتوسط الضغط الجوي في محطة عرعر؛ إذ يبلغ (١٠١٩,٠ مليبار)، في حين يسجل أدنى القيم في محطة خميس مشيط (١٠١٢,١ مليبار) (جدول ٣).

- الربيع :

يُعدُ الربيع فترة انتقالية بين الشتاء والصيف، تأخذ فيه درجات الحرارة في الارتفاع التدريجي، وتبدأ مناطق الضغط بالتغيّر حيث تبدأ معدلات الضغط الجوي بالانخفاض، مقارنة بما كانت علية خلال الشتاء، وعند إلقاء نظرة إلى قيم الضغط نجد أن أعلى قيمة للضغط الجوي في محطتي: الطائف والقريات حيث بلغ معدل الضغط الجوي (١٠١١,٥ مليبار)، وأدنى قيمة في محطة رفحا (١٠١٠,٣مليبار) (جدول ٣).

- الصيف :

تسود تشكيلات من الضغط الجوي المنخفض على جميع أرجاء المملكة؛ نتيجة لارتفاع درجة الحرارة، ويُعدُّ المنخفض الجوي الشمالي هو المسيطر على وسط المملكة وشرقيها امتدادا لمنخفض الهند الموسمي، الذي يمتد غربًا باتجاه السواحل الغربية للمملكة، ويعمل على جذب الكتلة المدارية القارية الحارة من وسط آسيا، ويكون لها تأثير على رفع معدلات درجات الحرارة في القطاع الشرقي والشمالي الشرقي. ويبلغ الضغط في محطة حفر الباطن (١٠٠٠,٥ مليبار) محطة الأحساء (٩٩٨,٨) مليبار (جدول ٣).

- الخريف :

يُعدُّ الخريف فترة انتقالية من الصيف إلى الشتاء، حيث تأخذ درجات الحرارة في الانخفاض، وتبدأ قيم الضغط بالارتفاع، وتسجل أعلى قيمة للضغط الجوي خلال الخريف في محطة عرعر شمالًا (١٠١٢,٣ مليبار) في حين تسجل أدنى قيمة في محطة الباحة في القطاع الجنوبي الغربي (١٠٠٧,٤ مليبار)، ويتميز الخريف عامة باستقرار الأحوال الجوية خاصة في أثناء مرور المنخفضات الجوية، مثل: منخفض الهند الموسمي الذي يتضاعف في أواخر الصيف، كما تتضخم منخفضات آسيا وأوربا وتتزحزح جنوبًا (جدول ٣).

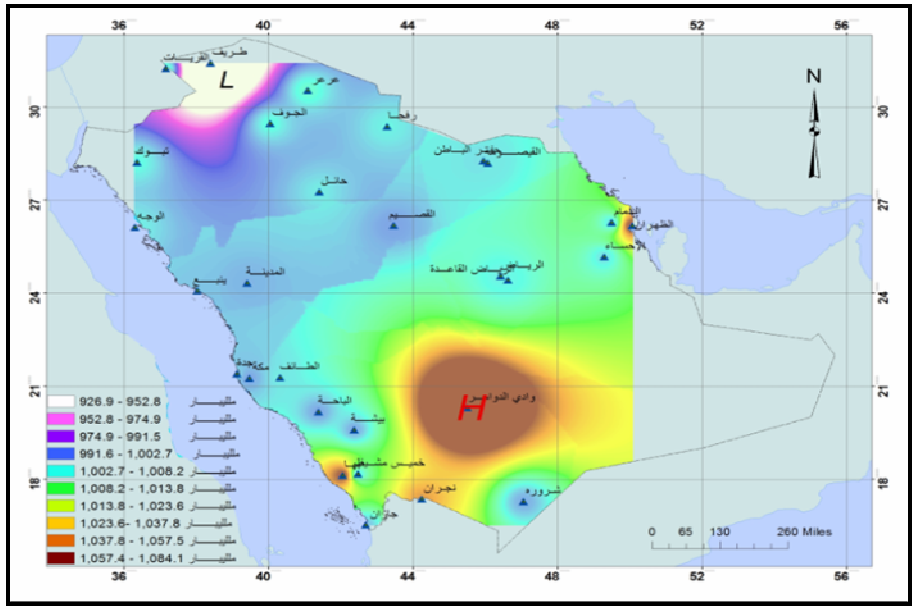
جدول (٣) : معدلات الضغط الجوي عند مستوى البحر (ملليبار) الفصلية والسنوية للفترة (١٩٨٥-٢٠١٢م).

رقم المحطة	اسم المحطة	شتاء	ربيع	صيف	خريف	السنة
40356	طريف	1017.9	1010.6	667.9	1011.8	927.0
40360	القريات	1018.3	1011.5	1004.7	1012.3	1011.7
40357	عرعر	1019.0	1010.6	1005.6	1012.3	1011.9
40361	الجوف	1018.6	1010.8	1002.6	1012.0	1011.0
40362	رفحاء	1018.6	1010.3	1001.0	1011.2	1010.3
40375	تبوك	1017.8	1010.4	1004.1	1011.0	1010.8
40373	القيصومة	1017.3	1008.7	999.9	1010.5	1009.1
40377	حفر الباطن	1019.0	1010.5	1000.5	1009.8	1009.9
40394	حائل	1017.6	1009.6	1001.0	1011.2	1009.9
40417	الدمام	1018.0	1009.8	998.1	1010.7	1009.2
40405	القصيم	1017.3	1009.0	999.7	1010.3	1009.1
40416	الظهران	1017.2	1008.6	997.8	1010.0	1005.5
40400	الوجه	1015.6	1010.3	1004.7	1010.0	1010.2
40420	الاحساء	1018.3	1010.1	998.9	1010.8	1009.5
40438	الرياض القاعدة	1018.7	1010.6	1000.3	1011.9	1010.5
40437	الرياض	1018.7	1010.2	1000.3	1010.8	1010.0
40430	المدينة	1014.0	1006.7	1000.1	1008.3	1007.3
40439	ينبع	1013.9	1007.9	1001.9	1008.8	1008.1
41024	جدة	1013.4	1008.6	1003.5	1008.9	1008.6
41030	مكة	1014.7	1009.7	1004.6	1010.1	1009.8
41036	الطائف	1012.6	1011.5	1001.2	1007.4	1008.2
41061	وادي الدواسر	1015.1	1007.5	998.4	1009.0	1084.0
41055	الباحة	1012.3	1006.6	1000.1	1007.4	1006.6
41084	بيشة	1013.0	1006.4	999.4	1008.4	1006.8
41114	خميس مشيط	1012.1	1007.2	1001.4	1007.8	1007.1
41112	أبها	1012.9	1007.9	1007.1	1009.2	1009.3
41136	شروره	1014.3	1006.9	996.5	1008.4	1006.5
41128	نجران	1014.1	1006.5	998.8	1008.5	1007.0
41140	جازان	1012.7	1007.7	1003.0	1008.6	1008.0

المصدر: الجدول من عمل الباحثة اعتماداً على بيانات: وزارة الدفاع والطيران، الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة، مركز الوثائق العلمية مجموعه تقارير مناخيه، بيانات مناخية غير منشورة (١٩٨٥-٢٠١٢م).

*** التوزيع السنوي للضغط الجوي عند مستوى البحر :**

بلغ أعلى معدل سنوي للضغط الجوي في محطة وادي الدواسر، حيث بلغ الضغط (١٠٨٤,٠ مليبار)، وأدنى قيمة لمحطة طريف بلغ الضغط الجوي (٩٢٧,٠ مليبار) (جدول ٣).



شكل (٤) : توزيع الضغط الجوي السنوي.

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على جدول (٣).

٤) سرعة الرياح واتجاهها :

تُعرَّف الرياح بأنها الهواء المتحرك أفقيًا فوق سطح الأرض، من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض. وتختلف الرياح التي تهب في طبقات الجو العليا عن تلك الرياح التي تلامس سطح الأرض، التي تتأثر بالطاقة الحرارية للمكان؛ مما يتسبب في ظهور بعض الأنشطة السطحية للرياح. للرياح وظائف كثيرة منها على سبيل الذكر لا الحصر: نقل الطاقة الحرارية من مكان إلى آخر، كما أن نشاط الرياح السطحية يتسبب في إثارة الغبار والأتربة، وتدني مستوى الرؤية الأفقية. وترتبط حركة الرياح وسرعتها بالتوزيع الجغرافي لمناطق الضغط الجوي على سطح الأرض (الزيلعي، ١٤٣٠هـ، ص ١٣).

جدول (٤) : معدلات سرعة الرياح (عقدة) الفصلية والسنوية للفترة (١٩٨٥-٢٠١٢م).

رقم المحطة	اسم المحطة	الشتاء	الربيع	الصيف	الخريف	السنة
40356	طريف	7.9	9.0	8.3	7.4	8.1
40360	القريات	6.3	8.8	10.9	7.0	8.3
40357	عرعر	6.5	8.1	7.6	6.1	7.1
40361	الجوف	6.9	8.5	8.1	6.7	7.5
40362	رفحاء	7.5	8.4	7.3	6.9	7.5
40375	تبوك	4.5	6.3	6.1	4.6	5.4
40373	القيصومة	6.8	7.8	7.4	6.0	7.0
40377	حفر الباطن	6.7	7.6	7.3	6.0	6.9
40394	حائل	6.4	7.5	6.3	5.8	6.5
40417	الدمام	8.9	9.0	8.8	7.4	8.5
40405	القصيم	5.4	6.7	5.7	5.0	5.7
40416	الظهران	8.2	9.1	8.9	7.4	8.4
40400	الوجه	8.0	9.2	8.8	8.1	8.5
40420	الاحساء	7.0	7.3	7.8	5.7	7.0
40438	الرياض القاعدة	6.0	6.9	6.5	4.9	6.1
40437	الرياض	5.6	6.5	6.5	4.5	5.8
40430	المدينة	5.6	6.2	6.3	5.3	5.8
40439	ينبع	6.3	7.6	8.9	6.7	7.4
41024	جدة	7.1	7.6	7.3	6.2	7.0
41030	مكة	2.9	3.3	2.9	2.6	2.9
41036	الطائف	6.2	7.1	9.5	5.8	7.1
41061	وادي الدواسر	8.9	8.7	7.1	2.5	6.8
41055	الباحة	5.7	6.3	8.6	6.0	6.6
41084	بيشة	4.0	5.1	4.7	4.8	4.7
41114	خميس مشيط	5.9	6.0	5.7	5.4	5.7
41112	أبها	7.1	6.6	7.3	5.1	6.5
41136	شروره	6.7	7.2	6.2	5.9	6.5
41128	نجران	3.3	4.4	5.1	3.6	4.1
41140	جازان	5.7	5.8	6.7	5.7	6.0

المصدر: الجدول من عمل الباحثة اعتماداً على بيانات الهيئة الأرصاد الجوية وحماية البيئة، مركز الوثائق العلمية مجموعه تقارير مناخيه، بيانات مناخية غير منشورة (١٩٨٥-٢٠١٢م).

جدول (٥) : معدلات اقصى سرعة للرياح (عقدة) الفصلية والسنوية للفترة (١٩٨٥-٢٠١٢م).

رقم المحطة	اسم المحطة	الشتاء	الربيع	الصيف	الخريف	السنة
40356	طريف	8.7	9.8	8.9	8.1	8.9
40360	القريات	33.4	39.8	31.6	33.6	34.6
40357	عرعر	27.9	36.1	26.9	27.0	29.5
40361	الجوف	30.6	37.5	27.8	27.1	30.8
40362	رفحاء	30.1	36.7	31.4	28.1	31.6
40375	تبوك	30.9	37.0	28.8	27.8	31.1
40373	القيصومة	27.0	37.2	28.9	25.8	29.7
40377	حفر الباطن	27.1	35.0	28.9	28.1	29.8
40394	حائل	31.7	41.0	26.9	28.9	32.1
40417	الدمام	30.2	35.3	35.5	28.3	32.3
40405	القصيم	24.1	31.1	23.6	22.2	25.2
40416	الظهران	28.1	37.3	32.3	26.3	31.0
40400	الوجه	30.3	29.8	26.7	26.8	28.4
40420	الاحساء	8.1	8.5	8.8	6.6	8.0
40438	الرياض القاعدة	6.0	6.9	6.5	4.9	6.1
40437	الرياض	25.8	36.4	30.4	23.7	29.1
40430	المدينة	25.8	29.8	26.9	27.3	27.5
40439	ينبع	27.3	30.8	32.4	27.4	29.5
41024	جدة	26.9	27.7	24.7	24.4	25.9
41030	مكة	18.3	19.3	17.1	18.6	18.3
41036	الطائف	27.8	30.8	30.9	28.1	19.9
41061	وادي الدواسر	23.0	29.2	23.8	21.9	24.5
41055	الباحة	25.7	29.1	32.7	25.1	28.1
41084	بيشة	21.0	25.4	24.1	21.4	23.0
41114	خميس مشيط	27.2	29.3	30.2	25.8	19.9
41112	ابها	27.5	28.6	30.1	25.3	27.9
41136	شروره	23.1	26.5	25.0	20.9	19.9
41128	نجران	3.3	5.0	5.8	4.0	4.7
41140	جازان	21.1	26.5	36.6	30.2	28.6

المصدر: الجدول من عمل الباحثة اعتماداً على: على بيانات الهيئة الأرصاد الجوية وحماية البيئة، مركز الوثائق العلمية مجموعه تقارير مناخيه، بيانات مناخية غير منشورة (١٩٨٥-٢٠١٢).

*** التوزيع الفصلي لمعدلات سرعه الرياح وأقصى سرعة للرياح :**

- الشتاء :

يلاحظ من الجدولين (٤) وجدول (٥)، أن أعلى متوسط لسرعة الرياح ومعدلاتها خلال الشتاء سجل في القطاع الشرقي، والشمال الشرقي، وشمال منطقة الدراسة وشمالها الغربي، حيث ينشط تأثير الرياح المتفرقة في هذه الجهات، ومعظمها ذات اتجاهات غربية وشماليه غربيه. بلغ معدل سرعة الرياح في الدمام (٨,٩ عقدة)، وكأقصى سرعة (٣٠,٢ عقدة)، تصنف حسب مقياس بيفورت بأنها رياح هوجاء قد تؤدي إلى تكسير الأغصان، حيث بلغت في الظهران (٨,٢ عقدة) وبلغ معدل أقصى سرعة (٢٨,١ عقدة)، وتصنف هذه الرياح بأنها رياح عالية يصعب السير بالاتجاه المضاد لها.

وفي القطاع الشمالي بلغ معدل أقصى سرعة لمحطة رفحا (٣٠,١ عقدة)، القريات (٦,٣ عقدة)، ومعدل أقصى سرعة (٣٣,١ عقدة) ومحطة رفحا (٧,٥ عقدة) وفي محطة الوجه (٨ عقدة) وبلغ أقصى سرعة (٣٠,٣ عقدة)، حسب مقياس بيفورت تصنف الرياح بأنها رياح عالية كذلك يصعب السير بالاتجاه المضاد لها.

وتنخفض سرعة الرياح عامة غربا، حيث تبلغ في محطة ينبع معدل أقصى سرعة (٢٧,٣ عقدة)، وتصنف الرياح بأنها نسيمًا قويًا، وأقل معدلات سرعة الرياح سُجلت خلال الشتاء في محطات وسط المملكة، مثالا: محطة الرياض القاعدة، حيث بلغ معدل أقصى سرعة (٦,٠ عقدة)، والقطاع الجنوبي ممثلًا في بيشة بلغ معدل أقصى سرعة (٢١ عقدة) وتتصف الرياح بأنها نسيم عليل، وفي المرتفعات الجنوبية الغربية يبلغ في الباحة معدل أقصى سرعة للرياح (٢٥,٧ عقدة) تصنف الرياح كنسيم قوي. وفي محطة نجران الجنوبية بلغ معدل أقصى سرعة (٣,٣ عقدة) وتصنف الرياح بهواء خفيف.

- الربيع :

يلاحظ من الجدولين (٤) وجدول (٥)، أن أعلى سرعة للرياح خلال الربيع قد سجلت أعلى قيمة في القطاع الشرقي، والشمال الشرقي، وشمال منطقة الدراسة، وشمالها الغربي حيث ينشط تأثير الرياح المتفرقة في هذه الجهات معظمها غربية وشمالية، وغرب الشمال الغربية بوجه عام، بحيث تزداد سرعة الرياح السطحية نتيجة لتشكل المنخفض الجوي الذي يمثل امتداداً لمنخفض الهند الموسمي. بلغ معدل أقصى سرعة للرياح في محطة الظهران (٣٧,٣ عقدة) لتصنف الرياح رياحًا هوجاء. وتقل سرعة الرياح نوعًا ما في طريف والجوف وحائل على التوالي، أما في القطاع الأوسط، فتقل سرعة الرياح نوعًاما عند مقارنته بالقطاع الشمالي حيث في محطة الرياض القديم بلغ معدل أقصى سرعة (٩,٦ عقدة)، وفي محطة المدينة المنورة بلغ معدل أقصى سرعة (٢٩,٨ عقدة). وأما

على الساحل الغربي في محطة جدة فمعدل أقصى سرعة (٢٧,٧ عقدة)، وعلى نطاق المرتفعات الجنوبية الغربية، والتي تمثله محطة أبها بلغ معدل أقصى سرعة (٢٨,٦ عقدة).

- الصيف :

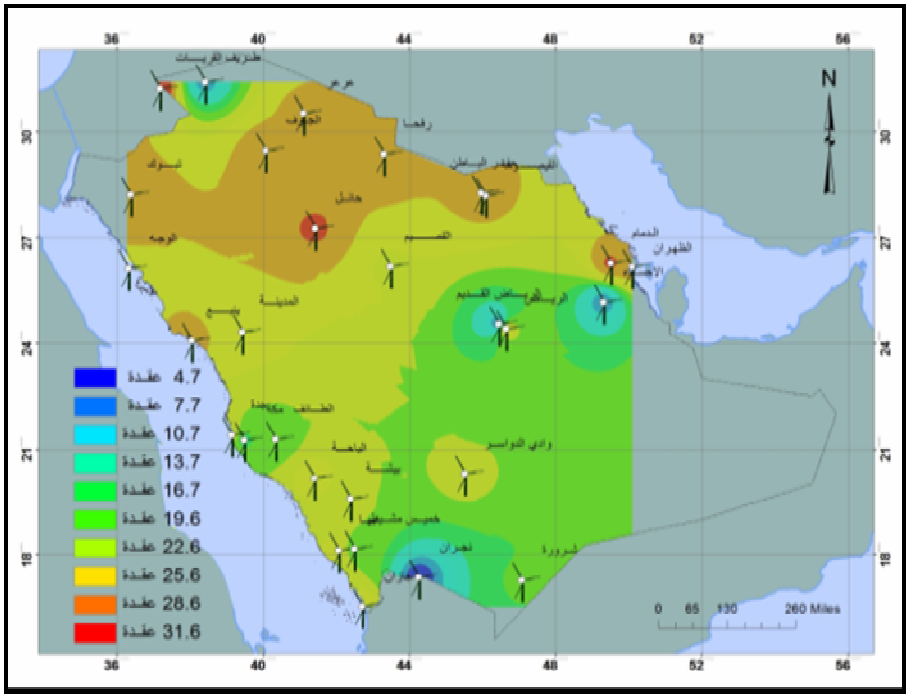
من خلال الجدولين (٤) وجدول (٥)، نلاحظ في القطاع الشرقي قد بلغ معدل أقصى سرعة في محطة الدمام (٣٥,٥ عقدة) وبالنظر الى محطة الظهران (٣٢,٣ عقدة/الساعة)، وقد قلت معدلات السرعة في الجوف، ورفحا، وحائل على التوالي (٩ عقدة)، (٨,٥ عقدة)، (٧,٥ عقدة)، وتقل سرعة الرياح في القطاع الأوسط مقارنة بالقطاع الشمالي، بلغت أقصى سرعة للرياح في محطة مطار الرياض القديم (٦,٥ عقدة).

- الخريف :

من خلال الجدولين (٤) و (٥)، نلاحظ أقصى سرعة للرياح خلال الخريف سجلت أعلى قيمة لها في القطاع الشرقي، والشمال الشرقي، وشمال منطقة الدراسة، وشمالها الغربي، حيث في الدمام بلغ معدل أقصى سرعة (٢٥,٨ عقدة)، وفي القريات بلغ معدل أقصى سرعة (٢٨,٣ عقدة/الساعة). وفي محطة الوجه بلغ معدل أقصى سرعة (٢٨,١ عقدة)، وتنخفض سرعة الرياح كلما اتجهنا جنوب محطة الوجه، حيث تبلغ معدل أقصى سرعة في محطة جدة (٢٤,٤ عقدة)، وفي محطة جازان الجنوبية بلغ معدل أقصى سرعة (٢١,٤ عقدة)، بينما أقل معدل لأقصى سرعة بلغ (٤,٩ عقدة) متمثلا في الرياض القاعدة.

*** التوزيع السنوي لمعدلات أعلى سرعة للرياح :**

من خلال الجدولين (٤) و (٥)، نلاحظ أن متوسط سرعة الرياح، وأعلى سرعة للرياح قد سجلت أعلى قيمة لها خلال السنة في القطاع الشرقي، والشمال الشرقي، وشمال منطقة الدراسة، وشمالها الغربي من أمثلة ذلك في محطة الظهران بلغ معدل أقصى سرعة (٢٩,٥ عقدة) محطة القريات بمعدل أقصى سرعة (٣٢,٣ عقدة)، وفي محطة الوجه (٢٨,٤ عقدة) ومحطة رفحا بلغ معدل أقصى سرعة (٣١,٦ عقدة). ونلاحظ انخفاض سرعة الرياح كلما اتجهنا جنوب محطة الوجه، في محطة ينبع بلغ معدل أقصى سرعة (٢٩,٧ عقدة)، وبلغ معدل أقصى سرعة (٢٣ عقدة) في محطة جازان الجنوبية، وأما أقل معدلات سرعة الرياح خلال السنة فقد سُجلت في المحطات الداخلية، مثل: محطة مكة المكرمة، حيث بلغ معدل أقصى سرعة (١٨,٣ عقدة) وفي بيشة، وقد بلغ معدل أقصى سرعة (٢٣ عقدة)، وأما في المرتفعات الجنوبية الغربية، فقد بلغ في أبها معدل أقصى سرعة للرياح (٢٧,٩ عقدة).



شكل (٥) : المعدل السنوي لأقصى سرعة للرياح.

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على بيانات جدول (٤).

إجابة سؤال الدراسة الثاني

ما العلاقة بين العواصف الترابية والعناصر المناخية الأخرى؟

١) التوزيع الفصلي للارتباط المتعدد بين العناصر المناخية والعواصف الترابية :

- الشتاء :

من خلال تتبع نتائج علاقة الانحدار المتعدد لمجموعة العناصر (الضغط عند مستوى البحر والضغط عند مستوى المحطة ومتوسط سرعة الرياح ومتوسط درجة الحرارة، ودرجة الحرارة العظمى ودرجة الحرارة الصغرى، ومتوسط الرطوبة والرطوبة العظمى والرطوبة الصغرى) وعلاقتها بالعواصف الترابية (جدول ٦).

خلال أشهر الشتاء نلاحظ أن هذه العناصر ترتبط بالعواصف الترابية بعلاقات قوية موجبة ذات معنوية تتباين خلال الشهور، فنجدها خلال سبتمبر مثلًا في الجوف (٠,٧٩٤)

شمالًا، وفي حائل (٠,٧٧٣) ومحطتي رفحا، وطريف، وعرعر. وفي القطاع الأوسط: الرياض القاعدة كانت (٠,٧٠٧)، وشرقًا: حفر الباطن (٠,٨٩٨) القيصومة (٠,٧٣٢) والأحساء (٠,٧٣٦) والدمام (٠,٧٨٣) وغربًا في جدة (٠,٧٠٦)، بمعنى أن هناك تضافرًا لهذه العناصر في حدوث العاصفة الترابية في المحطات الوسطى وعلى السواحل وبالأصح في المحطات ذات الارتفاع المنخفض. وتظهر العلاقات القوية خلال يناير في تبوك (٠,٧٣٢)، وحائل وحفر الباطن، وكذلك بالقطاع الأوسط في الرياض القاعدة والرياض المطار، وفي القطاع الجنوبي نجران (٠,٨٥٨) والباحة (٠,٧٤٤)، وشرقًا الدمام (٠,٨٩٩) وكذلك نلاحظ ظهور العلاقات القوية خلال فبراير في كلٍّ من: القريات وطريف، وعرعر شمالًا، والرياض القاعدة (٠,٧٣٩)، ونجران (٠,٩٢٠) والباحة (٠,٨٨٧)، في محطة وادي الدواسر. وفي الدمام على الساحل الشرقي، وهي كذلك خارج نطاق المرتفعات. كما تظهر العلاقات الارتباطية فوق المتوسطة الموجبة خلال شهري يناير وفبراير في أغلبية منطقة الدراسة. نلاحظ تسجيل عدد من العلاقات المتدنية والضعيفة خلال يناير في عدد من مناطق المملكة مثل: الطائف (٠,٣٢٨)، كما نلاحظ ظهور عدد من العلاقات الضعيفة خلال فبراير في المدينة (٠,٤٤٦)، شروره (٠,٤٨٦)، مكة المكرمة (٠,٣٢٠)، محطة ينبع على الساحل الغربي (٠,٤٤٨) هذا يدل على أن طبيعة السطح لها دورًا كبيرًا في تركز عواصف الغبار وتكرارها (جدول ٦).

- الربيع :

من خلال تتبع نتائج علاقة الانحدار المتعدد لمجموعة العناصر وعلاقتها بالعواصف الترابية خلال أشهر الربيع يظهر أن هذه العناصر ترتبط بالعواصف الترابية بعلاقات ارتباطية قوية موجبة ذات معنوية، وذات دلالة خلال مارس في القيصومة (٠,٧٩٠) والدمام (٠,٨٨٩) شرقًا والرياض القاعدة (٠,٨٣١) والرياض المطار (٠,٧١٧) في القطاع الأوسط، والباحة (٠,٨٨٢) وبيشة (٠,٩١١) وشروره جنوبًا (٠,٨٤٨)، وتظهر العلاقات القوية الموجبة خلال إبريل ومايو، ففي طريف شمالًا (٠,٧٣٢) وفي الدمام شرقًا (٠,٧٤٧) والمدينة المنورة (٠,٧٣١) الباحة (٠,٧٣٥) وبيشة جنوبًا (٠,٨٩٥). كما أن هناك علاقات فوق المتوسطة تظهر خلال أشهر الربيع في أغلب محطات الدراسة، فنلاحظ خلال مارس في الجوف (٠,٥٥٧) وتبوك (٠,٥٢٨) وحائل (٠,٦٩٨) وطريف شمالًا (٠,٦٧٤) والمدينة المنورة في القطاع الأوسط (٠,٥٥٥)، وفي جدة غربًا (٠,٧٠٦) والأحساء شرقًا (٠,٧٣٦) ووادي الدواسر (٠,٦٨٥) كما تظهر خلال إبريل ومايو أيضًا. وتسجل عدد من العلاقات المتدنية في القيم خلال أشهر الربيع مثالا على ذلك الوجه وينبع غربًا، ورفحا شمالًا، وفي جازان جنوبًا (جدول ٦).

جدول (٦) : الارتباط المتعدد بين العناصر المناخية والعواصف الترابية خلال الشتاء والربيع.

المحطة	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو
طريف	0.693	0.663	0.965	0.674	0.733	0.732
القريات	0.563	0.555	0.769	0.552	0.672	0.713
عرعر	0.721	0.437	0.801	0.626	0.677	0.726
الجوف	0.794	0.514	0.621	0.557	0.586	0.665
رفحا	0.634	0.418	0.683	0.491	0.225	0.746
تبوك	0.430	0.732	0.584	0.528	0.719	0.596
حفر الباطن	0.898	0.726	0.614	0.443	0.711	0.719
القيصومة	0.732	0.583	0.647	0.790	0.695	0.773
حائل	0.773	0.802	0.663	0.698	0.727	0.866
الدمام	0.783	0.899	0.901	0.889	0.842	0.747
القصيم	0.513	0.861	0.694	0.478	0.748	0.677
الظهران	0.538	0.418	0.626	0.699	0.620	0.473
الوجه	0.522	0.421	0.598	0.466	0.443	0.460
الاحساء	0.736	0.624	0.685	0.630	0.623	0.825
الرياض المطار	0.672	0.728	0.597	0.717	0.712	0.681
الرياض القاعدة	0.707	0.824	0.739	0.831	0.562	0.702
المدينة	0.555	***	0.446	0.689	0.716	0.731
ينبع	0.661	0.609	0.448	0.392	0.669	0.734
جدة	0.706	0.524	0.625	0.625	0.695	0.527
مكة	0.477	***	0.320	0.694	***	0.514
الطائف	***	0.328	0.546	***	0.556	0.165
وادي الدواسر	***	0.738	0.830	0.685	0.553	0.701
الباحة	***	0.744	0.887	0.882	0.735	0.895
بيشة	***	***	***	0.911	0.843	0.706
خميس مشيط	***	***	***	***	0.597	***
أبها	***	***	***	***	0.519	***
نجران	***	0.858	0.920	0.828	0.945	0.641
شروره	0.498	0.590	0.486	0.848	0.606	0.645
جازان	0.488	***	***	0.439	0.764	0.641

المصدر: الجدول من عمل الباحثة اعتمادا على معامل الارتباط المتعدد.

*** يدل أن القيمة تساوي صفر لا يتم حسابها.

- **الصيف :**

من خلال تتبع نتائج علاقة الانحدار المتعدد خلال الصيف نلاحظ أن هذه العناصر ترتبط بالعواصف الترابية بعلاقات ارتباطيه قوية موجبة ذات معنوية، خلال أشهر الصيف في حائل شمالًا، ونجران وبيشة وشروره جنوبًا، والأحساء والدمام شرقًا. كما تظهر علاقات ارتباطية متوسطة وفوق المتوسطة موجبة خلال يوليو وأغسطس في عرعر شمالًا، وجدة ومكة المكرمة، وينبع غربًا والأحساء شرقًا، وجازان وخميس مشيط جنوبًا. كما تظهر علاقات ارتباطيه ضعيفة خلال شهر يونيو في تبوك (٠,٤٠٣) وعرعر شمالًا (٠,٤٥٥) وفي حفر الباطن (٠,٤٨٦) في الظهران (٠,٤٠٦) شرقًا، وفي ينبع (٠,٣٦٩) غربًا. كما تظهر العلاقات المتدنية خلال شهر يوليو في الرياض المطار (٠,٤٢٢) والمدينة المنورة (٠,٤١٥) وتظهر كذلك في أغسطس في الجوف (٠,٤٨٠) شمالًا، والرياض المطار في القطاع الأوسط، والظهران شرقًا (جدول ٧).

- **الخريف :**

خلال شهر سبتمبر تظهر علاقات ارتباطية قوية ذات دلالة في رفحا (٠,٧٥٦) وطريف (٠,٩٩٧) شمالًا، حفر الباطن شرقًا، والقصيم في القطاع الأوسط (٠,٨٨٤)، وخميس مشيط جنوبًا، وتظهر العلاقات القوية في شهر أكتوبر في الجوف (٠,٧٦٥)، والقريات وحفر الباطن وطريف (٠,٩٥٠) وعرعر شمالاً، والمدينة المنورة في القطاع الأوسط (٠,٧٨٩) ونجران (٠,٩٣٣) وبيشة جنوباً، وتظهر خلال نوفمبر في الجوف تبوك ورفحا شمالاً، وحفر الباطن، والأحساء، والدمام شرقًا، والرياض المطار في القطاع الأوسط، وجازان وشروره جنوبًا، وينبع غربًا، كما تظهر العلاقات الارتباطية فوق المتوسطة موجبة في أغلبية منطقة الدراسة، خلال أشهر الخريف، كما تسجل بعض العلاقات الضعيفة المتدنية خلال شهر سبتمبر في الرياض المطار (٠,٤٩٧) القيصومة وشرورة. كما تظهر العلاقات المتدنية في شهر أكتوبر في جدة والقصيم والرياض القاعدة وتبوك وحائل ووادي الدواسر، وخلال شهر نوفمبر تظهر تلك العلاقات في المدينة (٠,٣٩٢) القيصومة، وعرعر (٠,٣٨٤) (جدول ٧).

نلاحظ من العرض السابق تظهر نتائج الارتباط المتعدد علاقات قوية موجبة بين العناصر موضوع الدراسة والعواصف الترابية خلال فصول السنة.

جدول (٧) : الارتباط المتعدد بين العناصر المناخية والعواصف الترابية الصيف والخريف.

المحطة	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر
طريف	0.861	***	***	0.997	0.950	***
القريات	0.644	***	0.654	0.536	0.770	0.458
عرعر	0.455	0.551	0.509	0.545	0.789	0.384
الجوف	0.626	***	0.480	0.519	0.765	0.795
رفحا	0.535	***	0.759	0.756	0.672	0.923
تبوك	0.403	0.548	0.653	0.583	0.461	0.797
حفر الباطن	0.486	0.735	0.573	0.801	0.761	0.776
القيصومة	0.631	0.641	0.536	0.469	0.578	0.365
حائل	0.958	0.93	***	0.587	0.429	***
الدمام	0.921	0.921	0.901	***	***	0.804
القصيم	0.420	0.817	0.645	0.884	0.402	0.584
الظهران	0.406	0.853	0.469	***	0.622	0.612
الوجه	***	***	***	***	0.587	***
الاحساء	0.828	0.705	0.586	0.678	0.661	0.779
الرياض المطار	0.615	0.422	0.478	0.497	0.517	0.867
الرياض القاعدة	0.667	0.561	0.783	***	0.431	.545
المدينة	***	0.415	0.701	***	0.785	0.392
ينبع	0.369	0.594	0.579	0.628	0.661	0.881
جدة	0.643	0.527	0.570	0.568	0.419	0.553
مكة	***	***	0.606	0.647	0.660	0.597
الطائف	***	0.832	0.474	0.576	0.588	***
وادي الدواسر	0.510	0.855	0.428	0.662	0.451	0.532
الباحة	0.628	0.7	0.707	***	***	***
بيشة	0.874	0.948	0.827	***	0.802	***
خميس مشيط	0.768	0.480	0.877	0.877	***	***
أبها	0.688	0.953	0.887	***	***	***
نجران	0.894	0.867	0.965	***	0.933	***
شروره	0.658	0.741	0.739	0.444	***	0.815
جازان	0.725	0.508	0.743	0.684	0.653	0.735

المصدر: الجدول من عمل الباحثة معامل الارتباط المتعدد.

*** يدل أن القيمة تساوي صفر لا يتم حسابها.

٢) خصائص توزيع العواصف الترابية :

*** التوزيع الفصلي لمجموع العواصف الترابية :**

- الشتاء :

تسجل الأحساء شرقًا أكبر مجموع بين محطات مدن المملكة من حيث تكرار حدوث حالات العواصف الترابية خلال الشتاء، حيث بلغ مجموع عدد الأيام (١٦٦) يومًا خلال الشتاء، ثم تليها مدينة القيصومة (٦٩) يومًا، ثم الجوف شمالاً (٦٢) يومًا، كما يبين الجدول بأن أقل مجموع الأيام تكرارًا لحدوث العواصف الترابية خلال الشتاء سجل في الباحة في القطاع الجنوبي الغربي والمدينة في القطاع الأوسط (٦) أيام، ومدينة الوجه غربًا وحائل شمالاً (٥) أيام، والطائف (يومان)، وخميس مشيط وجازان (يوم واحد) خلال الشتاء خلال فترة الدراسة، بمعنى أن الشتاء يمثل موسم لهبوب عواصف الأتربة والرمال في شرق المملكة وشمال شرقيها (جدول ٨ وشكل ٦).

- الربيع :

خلال الربيع وجد أن القيصومة شرقًا أعلى مدن المملكة من حيث تكرار حدوث حالات العواصف الترابية خلال الربيع (٢٨٧) يومًا ثم الأحساء (٢٣٢ يومًا)، ثم رفحا شمالاً (٢١٩ يومًا)، كما يبين الجدول بأن أقل تكرار لحدوث العواصف الترابية خلال الربيع في مكة المكرمة غربًا (٦ أيام)، والطائف (٥ أيام) ومدينة الوجه (٤ أيام)، وكلٌّ من خميس مشيط وأبها (يوم واحد)، وعليه يظل شرق المملكة ووسطها الشرقي يتصدر مجموع حالات حدوث العواصف الترابية، وتظل المرتفعات أقل الجهات نصيبًا. ويتضح ذلك أيضا من خلال شكل (٧).

- الصيف :

من خلال الشكل (٨)، نجد أن أعلى عدد أيام العواصف الترابية في الصيف سجل في مدينة ينبع (١٦٦) يومًا، ثم مدينة جازان (١٤٧) يومًا، ثم الأحساء (١٢٧) يومًا، كما يبين الجدول بأن أقل تكرار لحدوث العواصف الترابية خلال الصيف سجل في حائل شمالًا (١,٧ أيام)، ثم القريات (٤ أيام)، ثم غربًا تمثله مكة المكرمة (يومان).

جدول (٨) : المجموع الفصلي والسنوي للعواصف الترابية لمحطات المملكة للفترة الممتدة من (١٩٨٥-٢٠١٢م).

اسم المحطة	شتاء	ربيع	صيف	خريف	السنة
طريف	53	87	14	41	195
القريات	30	74	4	21	129
عرعر	56	142	14	59	271
الجوف	62	150	15	44	271
رفحاء	57	219	11	84	371
تبوك	9	49	30	15	103
القيصومة	69	287	95	39	490
حفر الباطن	71	192	36	44	343
حائل	5	28.7	1.7	4.3	119
الدمام	24	48	17	2	91
القصيم	26	123	15	19	183
الظهران	17	60	19	5	101
الوجه	5	4	0	3	12
الاحساء	116	232	127	36	511
الرياض	24	118	21	10	173
الرياض القاعدة	9	75	16	8	108
المدينة	6	13	6	8	33
ينبع	17	118	166	29	330
جدة	19	34	9	17	79
مكة	3	6	2	4	15
الطائف	2	5	9	7	23
وادي الدواسر	27	169	38	5	239
الباحة	6	10	12	3	31
بيشة	13	94	41	6	154
خميس مشيط	1	1	9	1	12
أبها	0	1	20	0	21
شروره	26	104	75	5	210
نجران	16	80	52	4	152
جازان	1	77	147	130	355

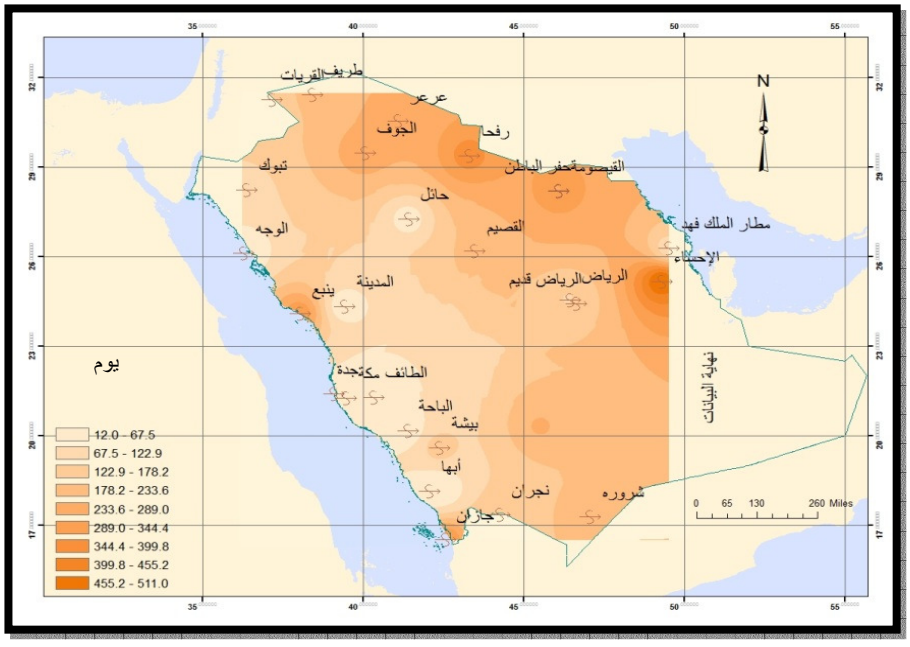
المصدر: الجدول من عمل الباحثة اعتماداً على: على بيانات الهيئة الأرصاد الجوية وحماية البيئة، مركز الوثائق العلمية مجموعه تقارير مناخيه، بيانات مناخية غير منشورة (١٩٨٥-٢٠١٢م).

- الخريف :

نجد أن جازان أعلى مدن المملكة من حيث تكرار حدوث حالات العواصف الترابية خلال الخريف (١٣٠) يومًا ثم رفحا شمالًا (٨٤) يومًا، ثم عرعر (٥٩) يومًا، كما يبين الجدول بأن أقل مجموع لتكرار حدوث العواصف الترابية خلال الخريف سجل في شرورة ووادي الدواسر (٥ أيام)، ونجران ومكة المكرمة (٤ أيام)، الباحة والوجه (٣) أيام، خميس مشيط (يوم واحد).

*** التوزيع السنوي لمجموع العواصف الترابية :**

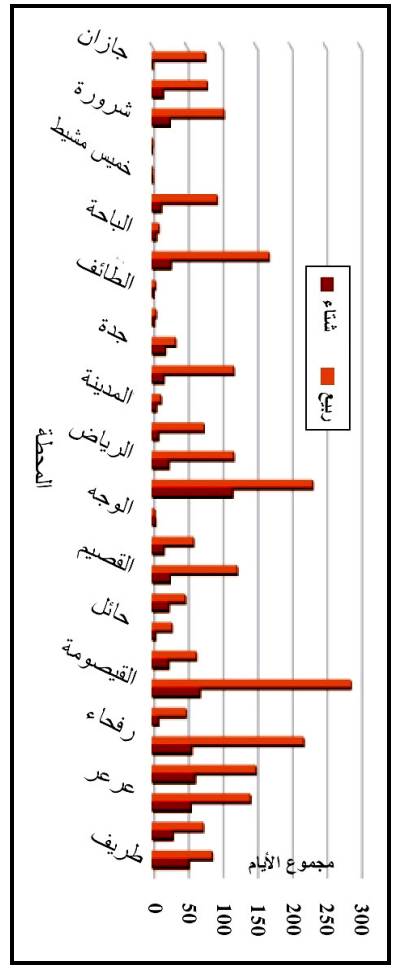
وجد أن الأحساء أعلى مدن المملكة من حيث تكرار حدوث حالات العواصف الترابية خلال السنة (٥١١) يومًا، ثم القيصومة (٤٩٠) يومًا، ثم رفحا شمالًا (٣٧١) يومًا، وحائل (٣٤٣) يومًا، وينبع (٣٣٠) يومًا، وجازان (٣٥٥) يومًا، كما يبين الجدول بأن أقل مجموع لتكرار حدوث العواصف الترابية خلال السنة كان في محطتي الوجه وخميس مشيط (١٢) يومًا، ومن حيث فصول العام يلاحظ أن أعلى تكرار لحدوث العواصف الترابية على مدن المملكة خلال الربيع في حين يمثل الخريف أقل فصول السنة تكرارًا لحدوث العواصف الترابية (جدول ٨).



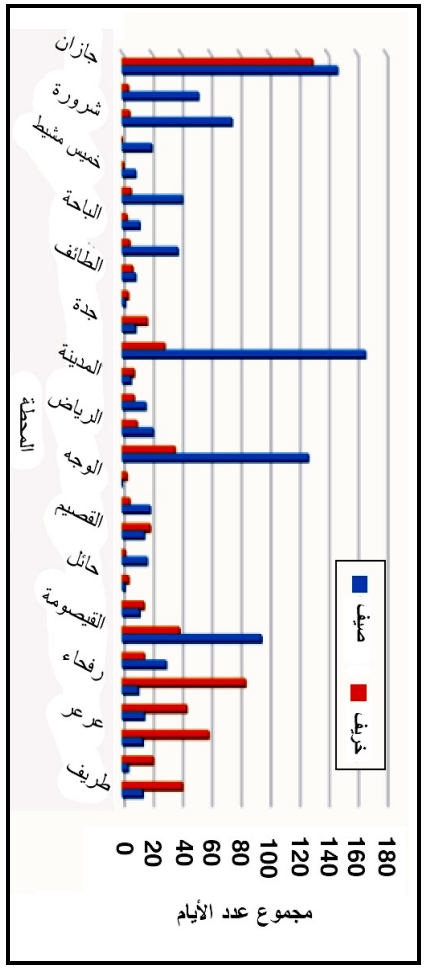
شكل (٦) : المعدل السنوي لعدد أيام العواصف الترابية.

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على جدول (٨).

شكل (٧) : مجموع العواصف الترابية خلال فصلي الشتاء والربيع على منطقة الدراسة.



شكل (٨) : مجموع العواصف الترابية خلال فصلي الصيف والخريف على منطقة الدراسة.



المصدر: من عمل الباحثة اعتمادا على جدول (٨).

الإجابة عن سؤال الدراسة الثالث
ماهو تأثير العواصف الترابية على التنمية المستدامة في المملكة العربية السعودية وكيف يمكن الحد منها؟

هناك كثير من التعاريف للتنمية المستدامة منها: "التنمية التي تهيئ للجيل الحاضر متطلباته الأساسية والمشروعة، دون أن تخلَّ بقدرة المحيط الطبيعي على أن يهيئ للأجيال التالية متطلباتهم، أو بعبارة أخرى: استجابة التنمية لحاجات الحاضر، دون المساومة على قدرة الأجيال المقبلة على الوفاء بحاجاتها" (عدلي، ٢٠٠٦م، ص ١٢).

مشاريع البنى التحتية :

تمثل البنية التحتية العمود الفقري وشريان الحياة لجميع أنشطة الحياة الاقتصادية والاجتماعية والسياسية في المجتمعات المتحضرة. ومن دونها لا يمكن تحقيق أي تطور أو رفاهية حضارية في المجتمع. وهذه الحقيقة تؤكدها الدراسات والأبحاث القديمة والحديثة، بدأت في السنوات القليلة الماضية علاقة الإنسان تزداد سوءًا مع البيئة؛ نظرًا إلى سوء استخدامه لعناصر البيئة وتهديده المستمر لنظم البيئة من خلال زيادة كمية الملوثات المنبعثة ونوعيتها. ومن المعروف إن زيادة التلوث سوف يؤثر على الإنسان وصحته، ومن ثمَّ انعكاس ذلك على إنتاجيته لذلك لابد لنا من التخطيط السليم؛ إذ يعد أحد الوسائل المهمة لعملية التنمية (الكندري، ١٩٩٢، ص ٥١، ص ٦٠).

أن التنمية التي لا تأخذ في حساباتها الحفاظ على البيئة ونظامها ومقوماتها الطبيعية أسهمت في تفكيك التربة وتعريتها من نباتاتها عبر مناشط الإنسان المختلفة منها:

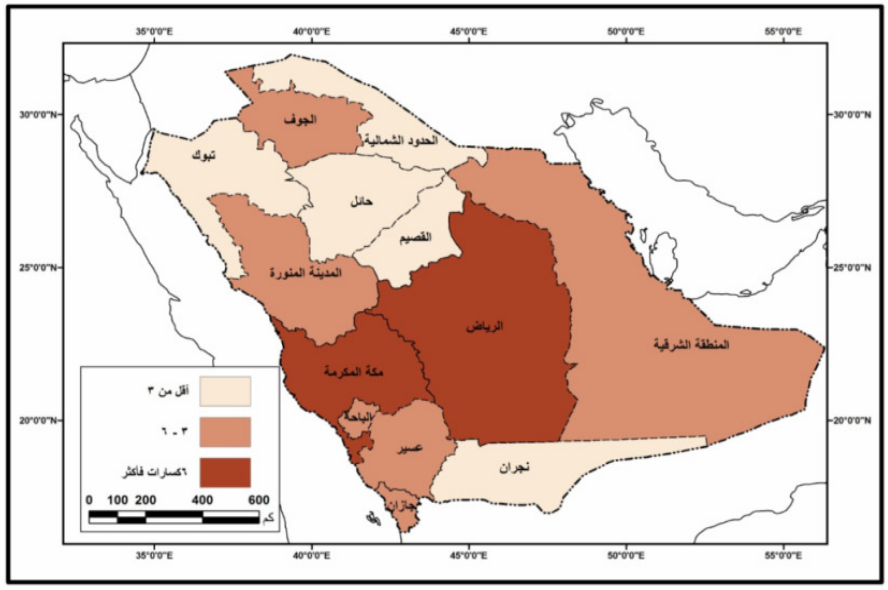
١) المحاجر والكسارات :

تشهد المملكة العربية السعودية نموًا سريعًا في مجالات كثيرة، منها البناء؛ مما يعني المزيد من الطلب على المواد الخام المستخدمة في انشاء الكباري والجسور وبناء الطرق والتي تتطلب تحجير الصخور، وتسبب أنشطة المحاجر ومقالع الصخور التي انتشرت انتشارًا كبيرًا وعشوائيًا أضرارًا كبيرة على البيئة والإنسان، يلمسها بوضوح وبشكل مباشرًا أولئك القاطنون قريبًا منها. وقد سجل كثير من المشكلات البيئية ومنها كثرة هبوب الأتربة والغبار في مناطق عدة من المملكة (جدول ٩ وشكل ٩).

جدول (٩) : توزيع مجموع الكسارات بمناطق المملكة.

المنطقة	مجموع الكسارات
الرياض	15
مكة المكرمة	9
المدينة المنورة	4
القصيم	2
الشرقية	5
عسير	4
حائل	1
تبوك	2
الباحة	5
الحدود الشمالية	3
الجوف	4
جازان	4
نجران	1
المجموع	**59**

المصدر: وزارة البترول والثروة المعدنية، ٢٠١٥م.



شكل (٩) : توزيع مجمعات الكسارات بالمملكة العربية السعودية.

المصدر: من عمل الباحثة اعتمادا على جدول (٩).

٢) تأثير الغبار على الصحة العامة :

ازدادت في السنوات الأخيرة العواصف الترابية، ونتج عن ذلك زيادة أعراض تهيج الجهازين التنفسي العلوي والسفلي لدى كثير من الناس، وازدحمت غرف الإسعاف في المستشفيات بالمراجعين بسبب زيادة أعراض أمراض الصدر المزمنة والحساسية. وتشكل نسبة المصابين بالربو ومشكلات الجهاز التنفسي المختلفة في السعودية نسبة كبيرة، تقدر في بعض مناطق المملكة بنحو ٢٥%، عند حدوث موجة غبار كثيفة، وهم أشد الناس حساسية لمثل هذه الظروف الجوية. إن ظاهرة العواصف الرملية تتكرر في كل الفصول، وتتعاظم في فصل الربيع وأحيانًا تعصف خلال اليوم الواحد مرتين، وحيث إن التحسس من الغبار مرض مزمن ومنتشر إلى حد كبير لدى أفراد المجتمع متمثلاً أزمات الربو وسرطانات الرئة، والتهابات الأوعية القلبية، والموت المبكر أحيانًا، حيث تتمكن ذرات الغبار في أثناء العواصف من الدخول إلى الأنف والفم مؤدية إلى صعوبة في التنفس، لذلك فإنه من المجدي والضروري أن توجد المراكز العلمية الوطنية في المملكة العربية السعودية لإجراء أبحاث ودراسات حول العواصف الغبارية والجسيمات الموجودة في الهواء والمشكلات المناخية الأخرى (صيام، ٢٠٠٨م).

الخاتمة والنتائج :

بعد الانتهاء من دراسة ومناقشة موضوع الدراسة: "التغيرات الفصلية للعناصر الجوية المؤثرة في تردد العواصف الترابية في المملكة العربية السعودية"، وإلقاء الضوء على علاقة العواصف الترابية بكل عنصر مناخي، يمكن اجمال النتائج فيما يلي:

١- أن الإشعاع الشمسي يساهم في توزيع العواصف الترابية في المملكة بشكل غير مباشر عبر تأثيره في الحرارة والضغط الجوي واتجاهات الرياح ويتركز الاشعاع بحسب موقع المملكة من الشمس في الأجزاء الجنوبية والوسطى في حين يقل نصيب الأجزاء الشمالية منها، وبتحليل مجموع العواصف الترابية السنوي نجد أن الأحساء تمثل أعلاها بمجموع سنوي (٥١١ يوم) وهي تقع في وسط المملكة الشرقي وتليها القيصومه (٤٩٠ يوم).

٢- أن توزيع الحرارة في المملكة بصورته الحالية له دوراً في التأثير على حركة الرياح وهبوب الأتربة والرمال بشكل مباشر وغير مباشر فتتركز درجات الحرارة المرتفعة في القطاع الجنوبي، حيث نلاحظ أعلى درجات الحرارة حصدتها جازان وهي نطاق هبوب رياح ترابيه متكرر. كذلك نلاحظ استحواذ قطاع المرتفعات على أقل درجات الحرارة طوال العام تقريبًا.

٣- تعتبر محطات المرتفعات اقل تأثراً بعواصف الغبار.

٤- يؤثر الضغط الجوي وتوزيعه خلال الشتاء والصيف والربيع والخريف في نظام هبوب الرياح وبالتالي يحدد بشكل غير مباشر النطاقات المتأثرة بهبوب الأتربة والرمال.

٥- سرعة الرياح هي العامل المؤثر الأكبر في حمل ذرى الأتربة والرمال من مصادرها إلى المدن والمناطق القريبة منها ويتناسب ذلك طرديا بزيادة سرعه الرياح. سُجل أعلى معدل لسرعة الرياح خلال الصيف في طريف، وأعلى معدل لمتوسط سرعة الرياح خلال الخريف في وادي الدواسر، نجد ان أعلى معدل لأقصى سرعة للرياح قد سُجل خلال الربيع في حائل، في حين أدنى معدل لأقصى سرعة سُجل خلال الشتاء في نجران. كما تستحوذ الرياح الغربية على أعلى نسبة من اتجاهات الرياح السائدة، ويسود هبوب الرياح الغربية خلال فصل الشتاء على مناطق الدراسة. مما يعني أن هذا الفصل هو الأعلى في نسبه هبوب العواصف الترابية.

٦- أن الأحساء أعلى مدن المملكة من حيث تكرار حدوث حالات العواصف الترابية خلال السنة (٥١١ حالة)، ثم القيصومة (٤٩٠ حالة)، ثم رفحا (٣٧١ حالة)، كما تبين أن أقل تكرار لحدوث العواصف الترابية خلال السنة الوجه وخميس مشيط (١٢ حالة)، وهذا دليل على أن المناطق المرتفعة أقل المناطق عرضه للعواصف الترابية في حين تتركز في الوسط الشرقي من المملكة. تتركز العواصف في الوسط الشرقي من المملكة للأسباب التالية:

- منطقه إلتقاء الرياح. منطقة مصدر من مصادر الغبار وهي صحراء الدهناء، ملتقى الصحاري الربع الخالي جنوباً وصحراء النفود شمالاً.

٧- إن النطاقات التي تحتاج لدراسة مكثفه لأثر الرمال في الإقتصاد والبيئة والمجتمع تتمثل في القطاع الشرقي الأوسط.

٨- إن تحقيق التنمية المستدامة يتطلب أخذ الجوانب البيئية في عين الإعتبار لكي نحصد من جميع الجهود المبذولة الأثر المأمول منها.

التوصيات :

توصي الدراسة بوضع إعتبار خاص لأثر الأتربة والرمال وعواقبها عند وضع خطط التنمية والمشاريع للقطاع الشرقي الأوسط والقطاع الأوسط من المملكة. ونتوجه بهذه التوصية الى وزارة الاقتصاد والتخطيط.

- تقترح الدراسة تنميه القطاع الصحي الخاص بأمراض الجهاز التنفسي والتحسس خاصه في الجزء الشرقي الأوسط من المملكة. ونتوجه بهذه التوصية الى وزارة الصحة.
- تقترح الدراسة استغلال توصي الدراسة بالإستفادة من الدراسات التي تتناول الرمال واستخدامها كمادة تخزن الطاقة واستخدامها كمادة أوليه في الصناعات الأخرى التي تفيد المجتمع. ونتوجه بهذه التوصية الى وزارة الطاقة والصناعة والثروة المعدنية.

- توصي الدراسة بالاهتمام بالنماذج التي تحاكي تشتت الغبار ولكن استخدامها يحتاج الى تطوير تصنيف البيانات واتاحتها للطلاب والدارسين لتطبيق النماذج والسيناريوهات الخاصة بها والتي تفيد التخطيط واتخاذ القرار. ونتوجه بهذه التوصية الى الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة ومدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية.

قائمة المراجع

أولاً : المراجع العربية.

١. القران الكريم.

٢. أبا حسين، أسماء علي (١٩٩٩م)، الإنسياق الرملي في البحرين: دراسة تطبيقية في محمية العرين. مجلة مركز الوثائق والدراسات الإنسانية، عدد ١١، دولة قطر.

٣. أبو الخير، يحيى محمد (١٩٨٤م)، زحف الرمال بواحة الأحساء، الجمعية الجغرافية الكويتية، عدد ٦٤، الكويت.

٤. أبو الخير، يحيى محمد (١٩٩٩م)، الرياح والعواصف الرملية في المملكة العربية السعودية مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، العدد ٤٩، الرياض.

٥. أبو الخير، يحيى محمد (١٩٩٩م)، منظومة النماذج الرياضية للرياح والعواصف الرملية المفاهيم والمحددات العددية دراسة في جيومورفلوجيه الرمال، الجمعية الجغرافية الكويتية، عدد ٢٢٧، الكويت.

٦. أبو حسن، عطا الله احمد (١٩٩٤م)، التشجير وأثره في مقاومة التصحر، قضايا بيئية، مجلة العلوم والتقنية، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، العدد ٣٠، الرياض.

٧. بن حريب، فهد بن سلطان (١٩٩٥م)، الطاقة الشمسية، مجلة العلوم والتقنية مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، العدد ٣٤، الرياض.

٨. الأحمدي، طلال حامد (٢٠١١)، العواصف الرملية والأحوال الجوية المصاحبة لها بالمدينة المنوره، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة أم القرى مكة المكرمة.

٩. البيشي، فيروز مذكر (٢٠٠٢م)، العواصف الترابية والرملية بمنطقة مكة المكرمة، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة الملك عبد العزيز، كلية التربية للبنات، جدة.

١٠. الزيلعي، غادة عبد الكريم (٢٠١٠)، العلاقة بين المناخ وانماط العمران في منطقه جازان (دراسة في المناخ التطبيقي)، رساله ماجستير غير منشوره، جامعه الدمام.

١١- ال زمام، صالحة بنت ناصر (٢٠١٤م)، العواصف الترابية والرملية بمحافظة بيشة في منطقة عسير رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة الملك عبد العزيز، كلية التربية للبنات، جدة.

١٢. الطاهر، عبداللة أحمد (١٩٩٦م)، العواصف الرملية والغبارية وأثرها في ترب الحقول الزراعية في واحة الأحساء بالمملكة العربية السعودية، الجمعية الجغرافية السعودية، العدد ٢٤، الرياض.

١٣. الطاهر، عبداللة أحمد (١٩٩٨م)، تقدير التبخر في المملكة العربية السعودية، الجمعية الجغرافية الكويتية، عدد ٢١٣، الكويت.

١٤. العريشي، عائشة علي (٢٠٠٨م)، العواصف وتأثيرها على التنمية في منطقة جازان، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الملك خالد، أبها.
١٥. العمودي، أحمد عثمان (٢٠٠٢)، دراسة تكرار حدوث العواصف الترابية على المملكة العربية السعودية، كلية الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة، جامعة الملك عبد العزيز، جدة.
١٦. العمودي، أحمد عثمان (٢٠١١م)، دراسة سينو بيتيكية وديناميكية لعاصفة ترابية أثرت على المملكة العربية السعودية، مجلة جامعة الملك عبد العزيز كلية الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة، م٢٢، ع٢، ص ص ٢٠٩-٢٦٢، جدة.
١٧. الغفاري، ياسر حامد (٢٠٠١م)، دراسة مناخية وديناميكية عن العواصف الترابية على المملكة العربية السعودية، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة الملك عبد العزيز، كلية الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة، جدة.
١٨. المسند، عبدالله عبد الرحمن (٢٠١١م)، رياح البوارح في النصف الشرقي من المملكة العربية السعودية، جامعة طنطا، كلية الآداب، عدد ٤٢.
١٩. حبيب، بدرية محمد، فهد، مشاعل، اسيف، نادين، فهد، الاء، عباس، ياسمين (٢٠١٢م)، رصد وتحليل سلوك العواصف الترابية العنيفة في المملكة العربية السعودية باستخدام صور الأقمار الصناعية، مؤتمر نظم المعلومات الجغرافية السابع، إمارة المنطقة الشرقية، الدمام.
٢٠. سقا، عبد الحفيظ محمد (٢٠٠٤م)، الجغرافيا الطبيعية للمملكة العربية السعودية دار كنوز المعرفة، جدة.
٢١. صيام، نادر محمد(٢٠٠٨)، العواصف الغبارية والجسيمات الهوائية، جريدة الجزيرة (النسخة الإلكترونية)، الأربعاء ٢٨ ربيع الأول، العدد (١٣٣٢٧).
٢٢. وزارة الدفاع والطيران، (١٩٨٥، ٢٠١٢م)، التوقعات الفصلية الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة، جدة.
٢٣. وزارة الزراعه، ادارة الموارد الطبيعية (بدون تاريخ)، مخاطر تنامي الاحتطاب على البيئة والتنمية المستدامة بالمملكة.

ثانياً : المراجع غير العربية.

1. Abdel Bassed, H. (2001): Energy conversion of desert depression, Metorol. Atmos. Phys., 7(6): 203-222.
2. Akbari, S. (2011): Dust storms, sources in the Middle East and economic model for survey it's impacts, Australian. Journal of Basic and Applied Sciences, 5, 227-233.

3. Badarinath KVS, Kharol SK, Kiran Chand TR, Parvathi YG, Anasuya T, Jyothsna AN. (2007): Variation in black carbon aerosol, carbon monoxide and ozone over an urban area of Hyderabad, India, during the forest fire season. Atmospheric Research, 85: 18-26.
4. El-Askary, H. and Kafatos, M. (2008): Dust Storm and Black Cloud Influence on Aerosol Optical Properties over Cairo and the Greater Delta. Region, Egypt, Int. J. Rem. Sens., 29(24): 7199-7211.
5. Goudie, A. & Middleton, N. (2001): Saharan dust storms: nature and consequences, Earth. Science, 56: 179-204.
6. Indoitu, R, Orlovsky, L, Orlovsky, N. (2012): Dust storms in Central Asia: Spatial and temporal variations. Journal of Arid Environments, 85: 62-70.
7. Paz, S., & Kutiel, H. (2003): Rainfall regime uncertainty (RRU) in an Eastern Mediterranean region. A methodological approach. Journal of Earth Science, 52(2): 47-63.
8. Roland R., Dale, A., Jeffrey S. & Jack H. (2001): Estimating PM10 air concentrations from dust storms in Iraq Kuwait and Saudi Arabia. Atmospheric Environment, 35: 4315-4330.

ثالثاً : مواقع الشبكة العنكبوتيه.

١. عدلي، عماد الدين (٢٠٠٦م)، "التنمية المستدامة للصحاري". الشبكة العربية للبيئة والتنمية .www.raednetwork.org

ABSTRACT

This study has examined the dust storms phenomenon in kingdom of saudi Arrabi and its correlation with climatefactors. It investigates the effects of dust storm on the sustainable development in Saudi Arabia and methods of redcucing them. The study focuses on examining the dust storms by studying distribution of air pressure, temperature, air directions and movements and their effects on sustainable developments in Saudi Arabia and providing some solutions and suggestions to face this phenomenon based on the data from monitoring stations of the General Authority for Meteorology and Environmental Protection between (1985-2012).

The research adopted the induction methodology through the regional approach, the descriptive approach, the quantitative analytical method, the technical method using the GIS program, which was used in producing maps because of its role in the speed of data analysis, accuracy of results and the possibility of building an integrated information system. Technical method of statistical data processing was used in the extraction of results. The study concluded several findings, including:

1. The city of Al-Ahsa is the highest city in the Kingdom in terms of dust storms frequency all over the with a number of (511 cases), followed by Qaisum (490 cases), and Rafah (371 cases), It was found that the least frequent occurrence of dust storms during the year represent In the cities of Alwagh and Khamis Mushait as they reached (12 cases), and this indicates that the high areas are the least areas exposed to dust storms, while the dust storms are concentrated in the eastern center of the Kingdom due to the following reasons:

- Wind convergence: the desert of Dahana is a source of dust, as it is as intersection area between the Empty Quarter desert in the south and the Al-Nofud desert in the north.

The study Recommendations include:

The study suggests improving the health sector relevant to respiratory diseases and allergies especially in the eastern central part of the Kingdom. We refer this recommendation to the Ministry of Health.

Key Words: dust storm, seasonal change, air pressure, sustainable development.