الخصائص المناخية للعواصف الغبارية في الأردن (1975-2005م)

Climatic characteristics of dust storms in Jordan (1975-2005)

د. يوسف مصطفى يوسف خليل*

الملخص:

يهتم هذا البحث بدراسة الخصائص المناخية للعواصف الغبارية ذات مدى الرؤية (صفر-1كم)، والتي حدثت في الأردن في ثمان محطات خلال المدة 1975-2005م، وقد استخدمت الدراسة المنهج الاستقرائي والاستنباطي، إضافة للمنهج التحليلي التفسيري والأساليب الكمية، وتوصلت الدراسة الى أن هذه العواصف تختلف زمانيًا ومكانيًا، وأن أكبر عدد من العواصف الغبارية قد حدث في عام 1976 (60 عاصفة) وأقلها في عام 1999 (عاصفة واحدة)، وكان معدلها السنوي 17.7 عاصفة بمعامل اختلاف 66% وعمر تراوح ما بين (1-4) أيام، وأن معظم العواصف الغبارية قد حدثت في فصل الربيع وبنسبة 54.1%، وكان أكثرها في شهر نيسان (22.2%)، وقد لوحظ من الدراسة تزايد عدد العواصف بالاتجاه جنوبًا وشرقًا، فتزايدت من 13 عاصفة في محطة إربد (شمالي الأردن) إلى 182 عاصفة في الجفر (جنوبي الأردن) وإلى 102 عاصفة في الصفاوي (شرقي الأردن).

* جامعة الملك فيصل، كلية الآداب، جغرافيا.

كما وأظهرت الدراسة علاقة إيجابية بين حدوث العواصف الغبارية وسرعة الرياح، وعلاقة سلبية مع الرطوبة النسبية والضغط الجوي والأمطار، ولم تظهر أية علاقة مع درجة الحرارة العظمى، وتوصي الدراسة بإجراء المزيد من الدراسات حول تأثير الأحوال السطحية وفي طبقات الجو العليا على حدوث العواصف الغبارية.

كلمات مفتاحية: العواصف الغبارية، الأردن، السنوية، الفصلية، الشهرية، المكانية، علاقة.

Abstract

This study is devoted to examine the Climatic characteristics of the Dust Storms (DS) with visibility 0-1km that occurred in Jordan, in eight meteorological stations, from 1975-2005. Inductive and deductive approach are used in this research, in addition to the explanatory analytical method and quantitative methods. It is found that the DS varies temporally and spatially, the largest number of DS occurred in 1976 (60 DS) and the lowest occurred in 1999 (one DS). The average was 17.7 DS with the coefficient of variation of 66%, the DS durations ranged from 1-4 days, most of them occurred in spring (54.1%) and specially in April (22.2%).

The DS increases to the south and east directions, they increase from 13 DS in Irbid station in the north, to 182 DS in Al-Jafr in the south, and to 102 DS in Safawi in the east.

Also the results showed positive relationship between DS and wind speed, and negative relationships with relative humidity, pressure and rainfall occurrences, and there was no relationship between DS and the maximum temperature.

The study recommends further studies on the effect of surface conditions and in the upper atmosphere on the occurrence of dust storms.

Keywords: Dust storms, Jordan, Annual, Seasonal, Monthly, Spatial, Relationships.

المقدمة:

يقع الأردن في منطقة شرق البحر المتوسط بين دائرتي العرض 29.15 –32.55 شمالًا وخطي الطول 35 –39 شرقًا، ويسود في الأجزاء الشمالية الغربية من الأردن مناخ البحر المتوسط، وبالاتجاه جنوبًا وشرقًا يسود المناخ شبه الصحراوي ثم المناخ الصحراوي الجاف. لذلك يتعرض الأردن بكثرة لحدوث العواصف الغبارية، وتحدث العواصف الغبارية (Dust Storms) عندما تشتد سرعة الرياح لتحمل الغبار والرمال التي يصل قطرها إلى 200 مايكرون، وعندما تقل سرعة الرياح تترسب المواد الرملية والثقيلة لتبقى المواد الغبارية التي يقل قطرها عن 20 مايكرون لتنقلها الرياح لمسافات كبيرة، وتعد الصحراء الكبرى مصدرًا أساسيًّا للغبار، الذي يصل منها إلى منطقة شرق البحر المتوسط (Goudi and Middleton, 2004, Morales, 1986). وعادة ما تحدث العواصف الغبارية في المدة بين تشرين الأول وآيار، ولكن معظمها يحدث بين كانون الأول ونيسان (Ganor, 1975).

وتظهر أهمية العواصف الغبارية باعتبارها إحدى الظواهر الجوية التي تحدث تأثيرات سلبية نتيجة لانتشار الغبار وانخفاض مدى الرؤية وما يسببه من حوادث وخسائر وتأثيرات على الإنسان (يوسف خليل، 2008)، ويؤثر الغبار والرمال على الزراعة بتدمير المحاصيل (طارق سالم، 2004 وياسر السيد، 2004). وللعواصف الغبارية والرملية تأثير على العناصر الطبيعية فتقلل من كمية الإشعاع الشمسي (Akrawi, et al, 1989)، وتزيد من شدة الحت

الريحي لما تحمله من رمال (Goudie, 1978)، وهي من العوامل المهمة التي تسبب التصحر (Wang et al, 2006).

وتكون العواصف الغبارية في الغالب مرافقة للمنخفضات الجوية المصحوبة برياح قوية، فتزداد شدة الرياح مع تزايد انحدار الضغط الجوي (Katsnelson, 1970)، وتحدث كثير من العواصف الغبارية في منطقة شرق البحر المتوسط في مقدمة المنخفض الجوي، أو في القطاع الدافئ أمام الجبهة الهوائية الباردة الذي تسود فيه رياح جنوبية إلى جنوبية غربية، وتبدأ العواصف بالتلاشي مع تقدم الجبهة الهوائية الباردة وسقوط الأمطار الذي يغسل الجو من الغبار (Brazel & Nickling, 2007).

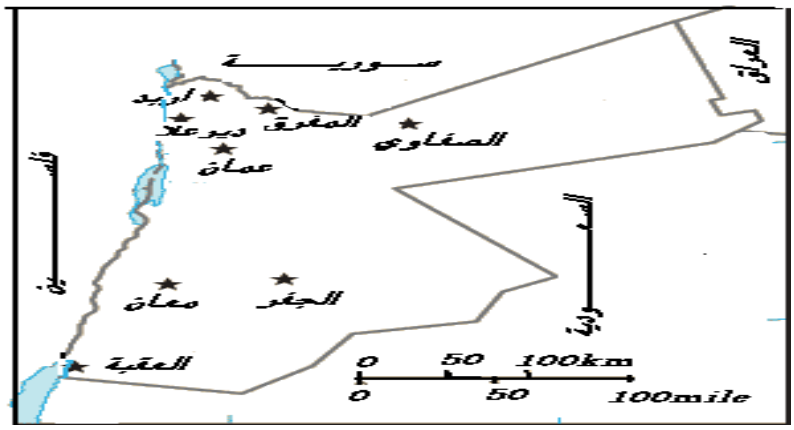
الأهداف:

- دراسة الخصائص المناخية والإحصائية للعواصف الغبارية في منطقة الدراسة
- تحليل التباين الشهري والفصلي والسنوي للعواصف الغبارية في منطقة الدراسة
- الكشف عن التوزيع الزماني والمكاني للعواصف الغبارية في منطقة الدراسة.
- رصد التغير في عدد مرات حدوث ظاهرة العواصف الغبارية في منطقة الدراسة خلال المدة 1975-2005م.
- تأثير العناصر المناخية على حدوث العواصف الغبارية في منطقة الدراسة.

واقتصر الاهتمام على العواصف الغبارية التي كان فيها مدى الرؤية واحد كيلو متر فأقل، ويهتم البحث في دراسة العواصف الغبارية التي تختلف عن العواصف الرملية، في أن العواصف الرملية تتكون من رمال ثقيلة لا ترتفع كثيرًا عن سطح الأرض، بينما تتكون العواصف الغبارية من الغبار الذي يحمله الهواء إلى مئات وآلاف الكيلومترات في الغلاف الجوي (Morales, 1986)، ويؤثر على مدى الرؤية الذي ينخفض ليصل إلى الصفر في بعض الأحيان، وعادة ما تحتوي العواصف الغبارية على كميات كبيرة من الرمال في الهواء القريب من سطح الأرض.

البيانات:

تم الحصول على البيانات لثمان محطات خلال المدة 1975–2005 من دائرة الأرصاد الجوية الأردنية. وتشمل البيانات اليومية مدى الرؤية، ودرجة الحرارة العظمى، والرطوبة النسبية، والضغط الجوي، وسرعة الرياح واتجاهها، وكمية الأمطار. ولقد اختيرت محطات الدراسة لتوفر بياناتها خلال مدة الدراسة كاملة، وهي موزعة على الأقاليم الجغرافية المختلفة في الأردن (الشكل 1)، والمحطات هي مطار عمان وإربد وتمثل المنطقة الوسطى والشمالية الغربية، وديـر عـلا والعقبة وتمثل منطقة الأغوار، ومحطات الجفر ومعان والمفرق والصفاوي وتمثل البادية الأردنية، ويبين الجدول (1) الموقع الفلكي لمحطات الدراسة وارتفاعاتها عن مستوى سطح البحر.



الشكل 1 محطات الدراسة المختارة في الأردن

الجدول1. مواقع محطات الدراسة وارتفاعاتها عن مستوى سطح البحر

	اسم المحطة	خط الطول	درجة العرض	الارتفاع عن سطح البحر/ م
1	إربد	35.51	32.33	616
2	مطار عمان	35.59	31.59	766
3	دير علا	35.37	32.13	224 -
4	مطار العقبة	35.00	29.33	51
5	معان	35.47	30.10	1069
6	الجفر	36.09	30.17	865
7	المفرق	36.15	32.22	686
8	الصفاوي (H5)	37.12	32.12	674

دائرة الأرصاد الجوية الأردنية

المنهجية:

لتحقيق أهداف البحث تم الاعتماد على المنهج الاستقرائي والاستنباطي، فضلًا عن المنهج التحليلي، ولقد تم تحديد العواصف الغبارية التي يصل فيها مدى الرؤية إلى 1كم فأقل، في ثمان محطات (الشكل رقم 1)، اعتمادًا على بيانات دائرة الأرصاد الجوية الأردنية، للمدة من1975–2005م في منطقة الدراسة، واعتمدت عاصفة إذا سجل مدى الرؤية المذكور في محطة واحدة أو أكثر. ولمعالجة البيانات تم استخدام الأساليب الإحصائية لحساب المتوسطات والانحراف المعياري ومعامل الاختلاف، وعمل الجداول التكرارية لفهم التباين المكاني للمحطات الثمان، والتباين الزماني الشهري والفصلي والسنوي، إضافة إلى استخدام أسلوب الانحدار اللوجستيكي لأيضًاح العلاقة بين العناصر المناخية والعواصف الغبارية.

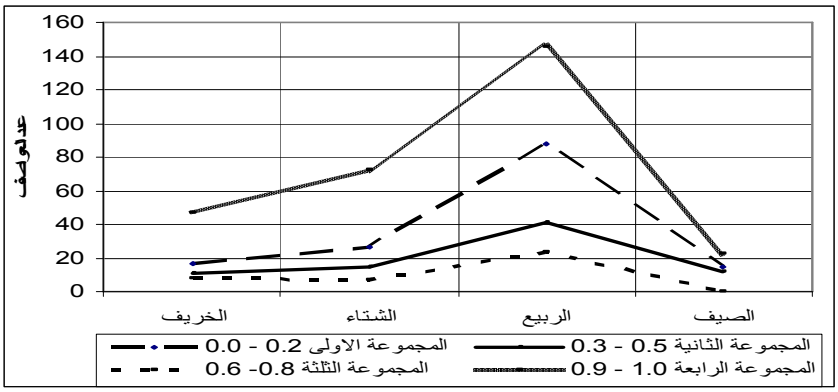
مدى الرؤية:

مدى الرؤية visibility هو المسافة الأفقية التي يستطيع الراصد الجوي مشاهدتها بوضوح بالعين المجردة (دائرة الأرصاد الأردنية،2005م)، ويقل مدى الرؤية مع تزايد تركز الغبار والرمال في الهواء، ولتحقيق أهداف هذا البحث، تم تقسيم مدى الرؤية في العواصف الغبارية 1كم فأقل إلى أربع مجموعات كما في الشكل (2).

المجموعة الأولى: وتشمل العواصف الغبارية الشديدة جدًّا التي يتراوح مدى الرؤية فيها من صفر إلى 0.2 كم، وقد بلغ عددها خلال مدة الدراسة (146) عاصفة وبنسبة 26.6% من المجموع الكلي، وحدث معظمها (88 عاصفة) في

فصل الربيع، وأقلها (15 عاصفة) حدثت في فصل الصيف، وقد تركز حدوث هذه العواصف في المنطقة الجنوبية من الأردن والتي تمثلها محطة الجفر، وكانت نسبتها في المحطة 53.4% (78 عاصفة).

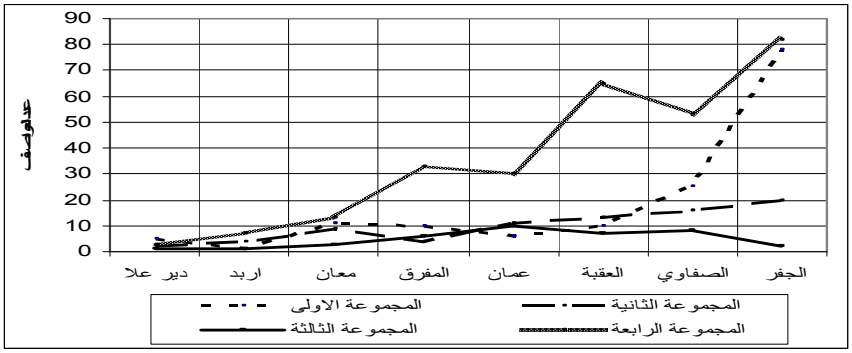
المجموعة الثانية: تشمل العواصف الغبارية الشديدة، ويتراوح مدى الرؤية فيها من 0.3–0.5كم، وقد بلغ عددها 79 عاصفة وبنسبة 14.4% من المجموع الكلي، حدثت معظم عواصف هذه المجموعة في فصل الربيع، وقد بلغ عددها 41 عاصفة وبنسبة 51.9%، كان حوالي ثلثها مصاحبًا لتأثير المنخفضات الخماسينية، أما أقل عواصفها فحدثت في فصل الخريف وكان عددها 11 عاصفة، وقد تركزت عواصف هذه المجموعة في المنطقة الصحراوية كما في مناطق الجفر (20) والصفاوي (16) والعقبة (13) عاصفة.



الشكل 2.التوزيع الفصلي لمجموعات مدى الرؤية / كم
في العواصف الغبارية
في الأردن (1975–2005)

المجموعة الثالثة: وتشمل العواصف الغبارية المعتدلة التي يتراوح مدى الرؤية فيها ما بين 0.6–0.8كم، وتمثل أقل عدد من العواصف وهو (38 عاصفة) (6.9%) خلال مدة الدراسة، حدث حوالي (60.5%) منها في فصل الربيع، وكان أكثر حدوث لها في محطة مطار عمان وقد بلغ (26.6%)، و أقل حدوث في محطتي دير علا وإربد بعاصفة واحدة في كلٍّ منهما.

المجموعة الرابعة: وتشمل العواصف الغبارية الخفيفة التي تتراوح مدى الرؤية فيها ما بين 0.9–1كم، وشملت حدوث 52% من مجموع العواصف الكلي، ومثل باقي المجموعات تركز حدوث العواصف في فصل الربيع بحوالي 145 عاصفة (50.7%)، وقد حدث معظمها في المنطقة الصحراوية من الأردن، وكان منها (82 عاصفة) في الجفر و(65) في العقبة و(53) في الصفاوي، وكان أقلها في محطتي دير علا وإربد، الشكل (3).



الشكل 3.التوزع المكاني لمجموعات مدى الرؤية في العواصف الغبارية (2005– 1975)

عمر العاصفة الترابية:

يقصد بعمر العاصفة الغبارية المدة الزمنية بالأيام التي استمر فيها تأثيرها على أي منطقة في الأردن والتي تراوحت ما بين يوم واحد إلى أربعة أيام. وقد قسمت أعمار العواصف الغبارية التي تعرض لها الأردن خلال مدة الدراسة إلى ثلاث فئات كما في الجدول 2، وقد وجد أن العواصف قصيرة المدى التي استمرت يومًا واحدًا هي الأكثر شيوعًا في جميع محطات الدراسة وبلغ عددها 421 عاصفة وبنسبة 76.7% من المجموع الكلي. وتتفاوت النسب بين المحطات المدروسة، فترتفع في محطة إربد في الشمال لتصل إلى 100%، بينما تنخفض نسبتها في المحطات الجنوبية (72% في الجفر و74.7% في العقبة) والشرقية (الصفاوي 83.3%).

وتميزت محطة إربد بأن جميع العواصف الغبارية التي حدثت فيها كانت أعمارها قصيرة المدى وليوم واحد، وذلك لتوفر العوامل التي تقلل من حدوثها مثل ارتفاع الرطوبة في التربة وانتشار النبات والأشجار فيها. ولقد تركز حدوث العواصف الغبارية متوسطة المدى والتي استمرت ليومين وبلغ عددها 47 عاصفة في المناطق الجنوبية والشرقية وكان أكثرها في الجفر ثم في العقبة ومطار عمان فالصفاوي، وفي نفس المحطات حدثت العواصف الغبارية طويلة المدة التي استمرت ثلاثة أيام، وكان أكثرها في منطقة الجفر وهي المحطة الوحيدة التي حدثت فيها عاصفة ترابية استمرت لمدة أربعة أيام متوالية.

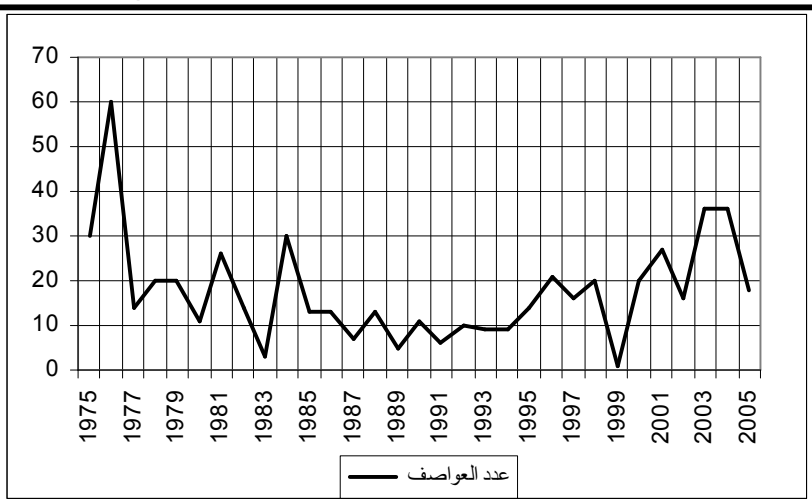
الجدول 2. أعمار العواصف الغبارية في محطات الدراسة (1975–2005)

عمر العاصفة	إربد	مطار عمان	دير علا	مطار العقبة	معان	الجفر	المفرق	الصفاوي	مجموع العواصف	عدد الأيام العاصفة
يوم واحد	13	33	7	71	32	131	49	85	421	421
يومان		9	2	9	2	16	2	7	47	94
ثلاثة أيام		2		2		5		1	10	30
أربعة أيام						1			1	4
عدد العواصف	13	44	9	82	34	153	51	93	479	549

التوزع الزماني للعواصف الغبارية:

تعرض الأردن خلال مدة الدراسة (31 سنة) إلى حوالي 549 عاصفة غبارية، وبمعدل 17.7 عاصفة في السنة وبانحراف معياري 11.7 عاصفة بينما بلغ معامل الاختلاف 66%. ويدل ذلك على وجود تباين زماني كبير في حدوث العواصف الغبارية، وعلى اختلاف عددها من سنة لأخرى.

التباين السنوي: اختلف عدد العواصف الغبارية من سنة إلى أخرى، ويبين الشكل (4) التذبذب السنوي لعدد العواصف، حيث وجد تزايدٌ في بعض السنوات كما حدث في عام 1976 الذي يعتبر أكثر السنوات حدوثًا للعواصف الغبارية التي بلغ عددها 60 عاصفة (10.9%) خلال مدة الدراسة، بينما كان عام 1999 أقل الأعوام حدوثًا للعواصف حيث لم يتم تسجيل سوى عاصفة واحدة في جميع محطات الدراسة، وتعد هذه من السنوات الشاذة المتطرفة لابتعاد عدد العواصف فيها لأكثر من 3 انحرافات معيارية عن المعدل السنوي.



الشكل 4. التوزع السنوي للعواصف الغبارية في الأردن (1975 – 2005)

ويلاحظ من الشكل (4) أن عدد العواصف لم يزد عن 25 عاصفة إلا في عدد محدود من السنوات وهي 1975، 1976، 1984، 2001، 2003، 2004، وهي السنوات التي أثرت على قيم المعدل السنوي والانحراف المعياري بصورة إيجابية، وكانت من أكثر السنوات جفافًا.

وقد يفسر التباين السنوي لعدد العواصف الغبارية لاختلاف تأثير الظروف السينوبتيكية والمرتبطة بحدوث المنخفضات الجوية، وبحالات عدم الاستقرار الجوي Atmospheric instability (نوح الصبابحه، 2005)، وهذا يقود للاستنتاج بأن معظم العواصف في الأردن ذات مصادر خارجية أكثر مما هي محلية، فالأجزاء الشرقية والشمالية الشرقية من الأردن جزء من بادية الشام، والأجزاء الجنوبية هي امتداد لصحارى شبه الجزيرة العربية، والأجزاء الجنوبية

الغربيـة تتـأثر بالصـحراء الكبـرى وصـحراء سـيناء، لـذلك فـإن الريـاح الشـرقية والجنوبية عادة ما تكون محملة بالغبار من الصحارى المجاورة.

ويلاحظ من الشكل(4) أيضًا تذبذب كبير بين 5–30 حالة خلال المدة بـين 1977–1984، تبعهـا تذبـذب بسـيط بلـغ حـوالي 10عواصـف بـين المـدة 1985–1995، ثـم بـدأت باتجـاه التزايـد خـلال العقـد الأخيـر، باسـتثناء عـام 1999.

ومن استخدام طريقة أشباه المتوسطات Semi Averages Methods (محمد السرياني، وناصر الصالح، 2000)، وجد تناقص في حدوث العواصف الغبارية حيث كان الفرق بين متوسط الفترتين +1.34 عاصفة، وكان متوسط الفترة الأولى الممتدة (1975–1989) (18.6 عاصفة) أكبر من متوسط الفترة الثانية (1990–2005) (17.26 عاصفة).

التباين الشهري:

يتعرض الأردن لحدوث العواصف الغبارية في جميع الشهور، إلا أن توزعها يتفاوت بشدة ما بين شهور السنة، ويعود ذلك لعوامل مناخية تؤثر على العواصف. ويعد شهر نيسان أكثر الشهور حدوثًا للعواصف الغبارية في الأردن، وقد حدث فيه 122 عاصفة (22.2%) من المجموع الكلي للعواصف خلال مدة الدراسة، بينما كان شهر آب أقل الشهور حدوثًا للعواصف الغبارية، حيث لم يحدث فيه سوى عاصفة واحدة، ففصل الصيف خالٍ من المنخفضات الجوية، حيث يقل فيه انحدار الضغط الجوي ومن ثم تقل سرعة الرياح التي يعتمد عليها في حدوث العواصف الغبارية (جدول3).

ويبين الجدول تباينًا كبيرًا وعدم انتظام في حدوث العواصف في كل شهر، ولقد كان شهر نيسان أقل الشهور تباينًا في عدد العواصف الغبارية حيث بلغ معامل الاختلاف 78% وهي الأقل بين كافة الشهور، ولقد حدث حوالي ثلثي العواصف الغبارية في شهور شباط وآذار ونيسان وآيار وذلك لتزايد عدد حالات عدم الاستقرار الجوي وتزايد في حدوث المنخفضات الجوية في البحر المتوسط والمنخفضات الخماسينية ومنخفض البحر الأحمر.

الجدول 3. التوزع الشهري للعواصف الغبارية–الرملية في الأردن خلال مدة الدراسة

الشهر	عدد العواصف	النسبة٪	المتوسط	الانحراف المعياري
كانون الثاني/ يناير	29	5.3	0.9	1.8
شباط/فبراير	60	10.9	1.9	2.6
آذار/مارس	89	16.2	2.9	3.6
نيسان/أبريل	122	22.2	3.9	3.4
آيار/مايو	86	15.7	2.8	2.4
حزيران/يونيو	24	4.4	0.8	1.7
تموز/يوليو	24	4.4	0.8	2.5
آب/أغسطس	1	0.2	0.03	0.2
آيلول/سبتمبر	13	2.4	0.4	1.0
تشرين أول/أكتوبر	36	6.6	1.2	1.4
تشرين ثاني/نوفمبر	34	6.2	1.1	1.7
كانون أول/ديسمبر	31	5.5	1.0	1

التباين الفصلي:

يختلف عدد العواصف الغبارية من فصل لآخر بشكل كبير، حيث كان معدلها الفصلي 137.2 عاصفة وبلغ معامل الاختلاف حوالي 70%، والذي يدل على التباين الفصلي الكبير وعدم انتظام في توزع حدوث العواصف. ويظهر

الجدول(4) أن أكثر العواصف تحدث في فصل الربيع وقد بلغت 297 عاصفة (54.1%)، وإن معظم العواصف (76%) قد حدثت في فصلي الشتاء والربيع، وهي الفصول التي تحدث فيها المنخفضات الجوية وحالات عدم الاستقرار الجوي، ونجد أن أقلها حدث في فصل الصيف (49 عاصفة) وذلك لندرة حدوث حالات عدم الاستقرار الجوي فيه وضعف الرياح بزيادة نسبة حالات السكون. وإن انخفاض عدد العواصف الغبارية في الشتاء بالمقارنة مع الربيع لأن الأمطار في فصل الشتاء أكثر، حيث إن الأمطار تقلل من حدوث العواصف الغبارية.

الجدول 4. التوزع الفصلي للعواصف الغبارية في الأردن خلال مدة الدراسة

الفصل	العدد	النسبة المئوية	المتوسط	الانحراف المعياري
الخريف	83	15.1	2.7	2.1
الشتاء	120	21.9	3.9	3.4
الربيع	297	54.1	9.5	7.1
الصيف	49	8.9	1.6	4.1

ويظهر الجدول تباينًا فصليًّا كبيرًا وعدم انتظام في حدوث العواصف الغبارية في الأردن، فكان فصل الخريف هو أكثر الفصول انتظامًا في حدوث هذه العواصف حيث بلغ الانحراف المعياري فيه 2.1عاصفة، بينما كان فصل الربيع أقلها انتظامًا وبلغ الانحراف المعياري فيه 7.1عاصفة، حيث تكثر في هذا الفصل حالات عدم الاستقرار الجوي.

التباين المكاني:

يتبين من تحليل بيانات العواصف الغبارية خلال مدة الدراسة وجود تباين في عدد العواصف في محطات الدراسة. ويظهر الجدول (5) أن أكبر عدد من

العواصف حدث في الجفر في جنوب الأردن وأقلها في إربد شمال الأردن. وأن حوالي 85.2% من العواصف حدثت في منطقة البادية الأردنية (العقبة ومعان والجفر والمفرق والصفاوي). ويلاحظ من الجدول تزايد عدد العواصف الغبارية بالاتجاه شرقًا وجنوبًا داخل البادية الأردنية، فعدد العواصف في إربد قد بلغ 13 عاصفة، وبالاتجاه شرقًا لمسافة 20كم إلى المفرق زاد إلى 53 عاصفة، و100 كم شرقًا إلى الصفاوي زاد إلى 102عاصفة. وكذلك يتزايد عدد العواصف في جنوب الأردن في الجفر والعقبة بالمقارنة مع عددها في شمال الأردن (إربد ودير علا).

وأن سبب تزايد العواصف في المناطق الجنوبية والشرقية ناجم عن توفر أسباب تشجع على تطورها مثل الجفاف وتفكك التربة وقلة الغطاء النباتي، مع قلة التضرس السطحي، بالإضافة إلى ندرة الأمطار، وهذه بعكس الظروف في المناطق الشمالية والجبلية من الأردن، حيث يوجد فيها النبات، والتضرس السطحي، وهي عوامل تقلل من سرعة الرياح وتزيد من تماسك التربة، بالإضافة إلى أن الأمطار في المناطق الجبلية والشمالية الغربية أكثر حدوثًا، حيث أن الأمطار تعد سببًا مهمًّا في منع تكون العواصف الغبارية أو إنهائها. وينطبق ذلك على محطة دير علا التي حدث فيها أقل عدد من العواصف (11 عاصفة) الواقعة في الأغوار الشمالية نظرًا لطبيعتها الجغرافية الغورية وموقعها بين سلاسل جبلية ممتدة طوليًّا من الشمال إلى الجنوب، مما يحدّ من قدرة الرياح على التوغل وحمل الرمال وإثارة العواصف، إضافة إلى أنها منطقة زراعية تعتمد على الري.

الجدول 5. التوزع المكاني للعواصف الغبارية في محطات الدراسة (1975–2005)

المحطة	الخريف		الشتاء		الربيع		الصيف		مجموع العواصف الغبارية- الرملية	٪من المجموع الكلي للعواصف
	عدد العواصف	٪	عدد العواصف	٪	عدد العواصف	٪	عدد العواصف	٪		
إربد	2	15.4	2	15.4	9	69.2	0	0	13	2.4
مطار عمان	13	22.8	18	31.6	25	43.8	1	1.8	57	10.4
دير علا	1	9	5	45.5	5	45.5	0	0	11	2
مطـــــار العقبة	5	5.3	16	16.8	65	68.4	9	9.5	95	17.3
معان	9	25	8	22.2	17	47.2	2	5.6	36	6.5
الجفر	21	11.5	41	22.5	92	50.6	28	15.4	182	33.1
المفرق	11	20.8	10	18.9	28	52.8	4	7.5	53	9.7
الصفاوي	21	20.6	20	19.6	56	54.9	5	4.9	102	18.6

علاقة العناصر المناخية بالعواصف الغبارية:

تباينت درجات الحرارة العظمى والرطوبة النسبية المرافقة للعواصف الغبارية في محطات الدراسة، فتراوحت العظمى ما بين 2.8 مْ إلى 41.6 مْ ، بينما تراوحت الرطوبة النسبية ما بين 13.7% إلى 90% ، مما يدل على وجود مدى واسع فيها، وإلى احتمال حدوث العواصف الغبارية على مختلف درجات الحرارة والرطوبة النسبية.

ويشير تحليل الانحدار اللوجستيكي المتدرج (Stepwise Logistic Regression) الفصلي لدرجة الحرارة العظمى المرافقة للعواصف الغبارية، إلى

أنه لم تظهر متغيرات دالة إحصائيًّا في هذا التحليل لدرجة الحرارة العظمى في أي من الفصول، وبالتالي لم يظهر تحليل اللوجستك أية علاقة بين درجة الحرارة العظمى واحتمالية حدوث العواصف الغبارية في أي من الفصول، بينما ظهرت متغيرات دالة إحصائيًّا للرطوبة النسبية وبلغ معامل تفسيرها (R^2) في حدوث العواصف الغبارية 18,7% في فصل الشتاء و 8,9% في فصل الربيع، وهذا يعني أن العلاقة كانت عكسية بين احتمالية حدوث العواصف الغبارية والرطوبة النسبية في فصلي الربيع والشتاء، أي أنه كلما انخفضت الرطوبة النسبية في هذين الفصلين، أدى ذلك إلى زيادة احتمالية حدوث العواصف الغبارية، و أن تزايد الرطوبة النسبية قد يؤدي إلى تدني قدرة الرياح في إثارة وحمل الغبار والرمال وبالتالي يطرأ تحسن على مدى الرؤية، كما في عاصفة إربد يوم 1980/5/2 حينما كانت نسبة الرطوبة 33% ومدى الرؤية 1كم، وفي اليوم التالي ازدادت الرطوبة النسبية إلى 71% وانخفضت درجة الحرارة وتحسن مدى الرؤية إلى ثمانية كيلومترات، أما في فصلي الصيف والخريف، فإن تحليل الانحدار اللوجستيكي المتدرج لم يظهر متغيرات دالة إحصائيًّا فيهما لمتغير الرطوبة النسبية، وبالتالي لم يظهر التحليل أية علاقة بين الرطوبة النسبية واحتمالية حدوث العواصف الغبارية في هذين الفصلين (الجدول6)

الجدول 6. تحليل الانحدار اللوجستيكي المتدرج الفصلي لبعض العوامل المناخية المرافقة للعواصف الغبارية في محطات الدراسة (1975–2005)

الفصل	المتغير المستقل	معامل الانحدار	الخطأ المعياري لمعامل الانحدار	قرينة وولد	درجات الحرية	مستوى الدلالة	قيمة R^2
الخريف	درجة الحرارة العظمى	-	-	-	-	-	-
	الرطوبة النسبية	-	-	-	-	-	-
	الضغط الجوي	-	-	-	-	-	-
	سرعة الرياح	- 0.200	- 0.061	10.825	1	0.001	0.126
الشتاء	درجة الحرارة العظمى	-	-	-	-	-	-
	الرطوبة النسبية	- 0.039	0.013	9.409	1	0.002	0.187
	الضغط الجوي	- 0.108	0.045	5.704	1	0.017	0.28
	سرعة الرياح	0.100	0.019	27.766	1	0.000	0.214
الربيع	درجة الحرارة العظمى	-	-	-	-	-	-
	الرطوبة النسبية	- 0.018	0.008	5.476	1	0.019	0.89
	الضغط الجوي	- 0.183	0.035	28.187	1	0.000	0.14
	سرعة الرياح	0.062	0.011	30.449	1	0.000	0.156
الصيف	درجة الحرارة العظمى	-	-	-	-	-	-
	الرطوبة النسبية	-	-	-	-	-	-
	الضغط الجوي	-	-	-	-	-	-
	سرعة الرياح	-	-	-	-	-	-

كما أظهر تحليل الانحدار اللوجستيكي المتدرج للضغط الجوي للتنبؤ بحدوث العواصف الغبارية في محطات الدراسة تباينًا ما بين الفصول، حيث وجد له تأثير محدود في فصلي الشتاء والربيع، فبلغ معامل تفسيره 2.8% في فصل الشتاء و 1.4% في فصل الربيع، وكانت العلاقة عكسية بين احتمالية حدوث العواصف الغبارية كمتغير تابع والضغط الجوي كمتغير مستقل في الفصلين المذكورين. أي أنه كلما ارتفعت قيمة الضغط الجوي أدى ذلك إلى انخفاض

احتمالية حدوث العواصف الغبارية في فصلي الشتاء والربيع، بينما تؤدي المنخفضات الجوية العميقة إلى تزايد تحدر الضغط الجوي وهبوب رياح قوية قادرة على إثارة الغبار والرمال في الجو مسببة تدني مدى الرؤية، كما في عاصفة الصفاوي يوم 2004/2/22 حينما انعدمت الرؤية تمامًا لوجود منخفض عميق وهبوب رياح شمالية شديدة بلغت سرعتها 78 عقدة.

أما في فصلي الصيف والخريف، فإن تحليل الانحدار اللوجستيكي المتدرج لم يظهر متغيرات دالة إحصائية للضغط الجوي، وبالتالي لم يظهر التحليل أية علاقة بين متغير الضغط الجوي واحتمالية حدوث العواصف الغبارية في هذين الفصلين.

ويشير الجدول أيضًا إلى وجود تأثير لسرعة الرياح في حدوث العواصف الغبارية في الفصول بنسب متباينة، حيث أسهمت سرعة الرياح في تفسير حوالي 21.4% من حدوث العواصف الغبارية في فصل الشتاء و 15.6% في فصل الربيع و 12.6% في فصل الخريف، وكانت العلاقة طردية بين احتمالية حدوث العواصف الغبارية وسرعة الرياح في فصلي الربيع والشتاء وذلك لكثرة حالات عدم الاستقرار الجوي، أي أنه كلما ازدادت سرعة الرياح، فإن ذلك يؤدي إلى زيادة احتمالية حدوث عواصف غبارية في هذين الفصلين.

أما في فصل الخريف، فقد كانت العلاقة عكسية بين احتمالية حدوث عواصف غبارية وسرعة الرياح، فكلما كانت سرعة الرياح أقل، ازدادت احتمالية حدوث عواصف غبارية لكثرة حدوث حالات عدم الاستقرار الجوي، كما في عاصفة الصفاوي يوم 10/16/ 1981 حيث كانت سرعة الرياح (13) عقدة

ومدى الرؤية فيها منعدمًا. وفي فصل الصيف لم يظهر تحليل الانحدار اللوجستيكي المتدرج متغيرات دالة إحصائية لسرعة الرياح، وبالتالي لم يظهر التحليل أية علاقة بين سرعة الرياح واحتمالية حدوث العواصف الغبارية.

إن تحديد سرعة رياح معينة لحدوث العواصف الغبارية لا يمكن أن يكون حدًّا فاصلًا لحدوث عاصفة غبارية أو عدم حدوثها، فحدوث العواصف الغبارية يمكن أن يكون لها سرعات متباينة للرياح وكذلك تباين في شدة هذه العواصف، فقد تصل سرعة الرياح إلى (52) عقدة ولا تحدث عاصفة، بل ويرتفع مدى الرؤية إلى عشرة كيلو مترات كما في الحالة الجوية التي رصدت في محطة معان بتاريخ 1979/11/30 ، وقد تنخفض سرعة الرياح إلى (9) عقد وتحدث عاصفة غبارية بمدى رؤية 0.2 كم، كما في العاصفة التي رصدت في محطة المفرق يوم 2004/10/14، وذلك لوجود متغيرات أخرى غير الرياح تسهم في حدوث العاصفة الغبارية.

من جهة أخرى، يمكن أن تكون العواصف الغبارية لها نفس الشدة ونفس مدى الرؤية، بينما سرعات الرياح المرافقة لها متباينة، كما في عاصفتي الجفر يومي 1976/3/23 و1982/12/5، حيث كان مدى الرؤية في كليهما منعدمًا، بينما كانت سرعة العاصفة الأولى (7) عقدة والثانية (44) عقدة. كما يمكن أن تكون سرعة الرياح في العواصف الغبارية مختلفة الشدة ومختلفة في مدى الرؤية، كما في العاصفتين اللتين رصدتا في محطة العقبة بتاريخ 2000/7/17 و 2001/3/3 ، حيث كان لهما سرعة متماثلة بلغت (31) عقدة ، لكنهما

اختلفتا في شدتهما، فكانت العاصفة الأولى خفيفة بمدى رؤية (1) كم بينما كانت الثانية شديدة بمدى رؤية (0.1) كم.

الأمطار:

يؤدي سقوط الأمطار عادة إما إلى إنهاء العاصفة الغبارية التي سبق تكونها أو منع تكون عاصفة جديدة عندما ترتفع نسبة البلل بين جزيئات الغبار والرمال، ويعتبر فصل الربيع أكثر الفصول التي سقطت فيه أمطار تالية لحدوث العواصف الغبارية وأدت إلى إنهاء تلك العواصف.أما تكرارات العواصف الغبارية التي أدى سقوط الأمطار إلى إنهائها، فقد تركزت في فصل الشتاء حيث بلغت (27) تكرارًا وبنسبة 45%، ثم في فصل الربيع وقد بلغت (21) تكرارًا بنسبة (35%) ثم في فصل الخريف وقد بلغت (12) تكرارًا وبنسبة (20%).

وقد خلا فصل الصيف من سقوط أية أمطار بعد حدوث العواصف الغبارية باعتبار أن فصل الصيف هو فصل الجفاف الرئيس في الأردن، ويندر تأثر البلاد خلاله بمنخفضات جوية أو كتل هوائية باردة. من جهة أخرى، وجد أن العواصف الغبارية التي تبعها سقوط أمطار وكانت سببًا في إنهاء تلك العواصف قد اختلفت من مكان إلى آخر في الأردن.

كما وجد أيضًا تباين بين المحطات المدروسة في تكرار سقوط الأمطار التي تلت العواصف الغبارية وسببت انتهاءها، من مجموع تكرارات العواصف في كل محطة، إذ كانت أكثرها حدوثًا في إقليم الشمال وقد بلغت 30.7% في إربد، 27.3% في دير علا، و22.6% في محطة المفرق، و21% في محطة مطار عمان (إقليم الوسط)، وذلك لأن المناطق الشمالية أكثر تأثرًا بالجبهات

الهوائية الباردة والمنخفضات الجوية القادمة عبر شرقي البحر المتوسط، بينما انخفضت النسبة في محطات إقليم الجنوب فبلغت في الجفر 6.6% وفي العقبة 3.2% لسيادة الجفاف فيها (جدول7).

الجدول7. التوزع المكاني لكميات الأمطار/ملم التالية للعواصف الغبارية (2005-1975)

المحطة	مجموع العواصف الغبارية	عدد العواصف الغبارية التي تلاها أمطار	*%
إربد	13	4	30.8
مطار عمان	57	12	21
دير علا	11	3	27.3
مطار العقبة	95	3	3.2
معان	36	3	8.3
الجفر	182	12	6.6
المفرق	53	12	22.6
الصفاوي	102	11	10.8
المجموع	549	60	

- نسبة عدد العواصف الغبارية التي تلاها أمطار إلى عدد العواصف الغبارية في المحطة.

النتائج والتوصيات:

والخلاصة أن حدوث العواصف الغبارية في الأردن يتركز في أربعة شهور هي شباط وآذار ونيسان وأيار، وتتزايد تكراراتها وشدتها بالاتجاه نحو الأجزاء الجنوبية والشرقية من البلاد، أي باتجاه المناطق الصحراوية، لدرجة أنه يمكن القول أن خريطة انتشار العواصف الغبارية في الأردن يتم بصورة معاكسة لخريطة توزع الأمطار، وتحدث غالبية العواصف الغبارية في المناطق الجنوبية والشرقية بسبب قلة التضرس وجفاف المنطقة وقلة الأمطار وقلة الغطاء النباتي فيها، وجفاف التربة وعدم تماسكها. و يقل حدوثها في المناطق الجبلية والشمالية بسبب ارتفاع الرطوبة فيها، وهي أكثر المناطق الأردنية من حيث كمية الأمطار، بالإضافة إلى توفر الغطاء النباتي من الغابات والمزروعات، ويمكن تلخيص نتائج البحث بما يلي:

1- تحدث العواصف الغبارية بمدى رؤية واحد كم فأقل، بمعدل 17.7 عاصفة سنويًّا مع معامل تغير 66%.
2- تحدث معظم العواصف الغبارية في فصلي الشتاء والربيع، وأكثرها في شهر نيسان.
3- يتراوح عمر العاصفة الغبارية ما بين يوم واحد إلى أربعة أيام، وأن أكثرها تكرارًا هي العواصف من عمر يوم واحد.
4- وجدت علاقة عكسية بين احتمالية حدوث العواصف الغبارية والرطوبة النسبية في فصلي الشتاء والربيع، ولم تظهر أية علاقة في فصلي الصيف والخريف.

5- لم تظهر أية علاقة بين درجات الحرارة العظمى واحتمالية حدوث العواصف الغبارية في أي من الفصول الأربعة.

6- وجدت علاقة عكسية بين احتمالية حدوث العواصف الغبارية والضغط الجوي في فصلي الشتاء والربيع، ولم تظهر أية علاقة بينهما في فصلي الصيف والخريف.

7- وجدت علاقة طردية بين سرعة الرياح واحتمالية حدوث العواصف الغبارية في فصلي الشتاء والربيع، وعلاقة عكسية في فصل الخريف، ولم تظهر أية علاقة في فصل الصيف.

8- يؤدي سقوط الأمطار إلى التقليل من عدد العواصف الترابية.

وتحتاج العواصف الغبارية إلى دراسات أخرى للإحاطة بتأثير العناصر المناخية والأحوال الجوية عليها، ومن التوصيات: دراسة تأثير الأحوال الجوية السطحية على حدوث العواصف الغبارية من خلال تأثير اختلاف توزع الضغط الجوي، بالإضافة إلى دراسة تأثير الأحوال الجوية في طبقات الجو العليا وعلاقتها بالعواصف الغبارية.

المراجع:

1. دائرة الأرصاد الجوية الأردنية، بيانات غير منشورة، عمان: الأردن
2. سالم ، طارق زكريا (2004). العواصف الرملية والترابية وأثرها على الزراعة في منطقة جيزان بالمملكة العربية السعودية. المجلة الجغرافية العربية، مجلد 36، عدد 44: 1-34.
3. غانم ، علي، 2006. التباين المكاني والزماني لسرعة الرياح في الأردن. مجلة العلوم الاجتماعية/جامعة الكويت، المجلد34، العدد 4: 111-140.
4. السرياني، محمد محمود، وناصر عبدالله الصالح (200). الجغرافيا الكمية والإحصائية: أسس وتطبيقات بالأساليب الحاسوبية الحديثة. الطبعة الثانية، جامعة أم القرى، مكة المكرمة: السعودية.
5. الصبابحة، نوح (محمد علي) (2005). حالات عدم الاستقرار الجوي في الأردن (1990-2003). رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الدراسات العليا، الجامعة الأردنية، عمان: الأردن.
6. السيد، ياسر أحمد (2004). المناخ والزراعة: دراسة في الجغرافيا المناخية التطبيقية لبيئة دلتا النيل. كلية الآداب، دمنهور، جامعة الإسكندرية، مصر.

7. خليل ، يوسف مصطفى (2008). العواصف الترابية في الأردن خلال السنوات 1975–2005. رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الدراسات العليا، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.

8. Akrawi,A., M.Al-Riahi, A. Al-Baali, I. Hameed. (1989). Analysis of severe dust storm and its effects on solar radiation and weather parameters in Baghdad.
9. Brazel, A.J. and W.G. Nickling. 2007. The relationship of weather types to dust storm generation in Arizona (1965-1980). International Journal of Climatology, Vol.6, No.3:255-275.
10. Ganor,E. (1975).Atmospheric dust in Israel, sedimentological and meteorological analysis of dust deposition. PhD thesis, the Hebrew university of Jerusalem; 224.
11. Goudi, A.S. and Middleton N.J. (2001). Saharan dust storms nature and consequences, Earth Science Reviews 56:179-204
12. . Goudie, A.S. (1978). Dust storm and geomorphological implications, Journal of Arid Environments, 1:291-310.
13. Katsnelson, J. (1970). Frequency of dust storm at Bear Sheba, Israel journal of earth sciences, vol.19: 69-76.
14. Morals, c. (1986). The airborne transport of Sahara dust: a review, department of meteorology, University of Stockholm, S-106 91 Stockholm, Sweden.
15. Meddleton, N.J. (1986). Dust storms in the Middle East, Journal of Arid Environment, v.10 (2), National Agricultural Library, USA.
16. Wang X. M., et, al. (2006). The relative role of climatic and human factors in desertification in semiarid, China.