

تغير خطر حرائق الغابات في منطقة القرداحة في الساحل السوري خلال الفترة 2000-2020

ميشيل سكاف⁽¹⁾ وروز القبلي⁽¹⁾ وأغراه زاهر⁽¹⁾

(1). قسم الحراج والبيئة، كلية الهندسة الزراعية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

(للمراسلة: م. أغراه صالح زاهر، البريد الإلكتروني eghaazaher@gmail.com، هاتف: 0991781935).

تاریخ القبول: 11/07/2024

تاریخ الاستلام: 22/02/2024

الملخص

تعد حرائق الغابات أحد أهم الاضطرابات التي تهدد استدامة النظم البيئية الحراجية، والتي يزداد خطرها عاماً بعد آخر في مختلف مناطق العالم في ظل التغيرات المناخية الراهنة. استخدمت القيم اليومية لكميات الهطل ومتوسطات درجات الحرارة والرطوبة النسبية للهواء لمحطة القرداحة، الواقعة في أحد أهم المناطق الحراجية في المنطقة الساحلية في سوريا، من أجل تقييم خطر نشوب حرائق الغابات باستخدام مؤشر Teliycn خلال السنوات الممتدة بين عامي 2000 و2020. وقد استخدمت مخططات الصندوق Box-Plots والتحليل الإحصائي الوصفي Descriptive analysis من أجل دراسة الخصائص المناخية لمنطقة الدراسة، كما استخدمت خطوط الاتجاه Trends من أجل تحديد اتجاه التغير وتقييم قيمته وتم التحقق من معنوية التغير باستخدام اختبار مان- كندال Mann- kendall. أظهرت النتائج التباين الكبير في موعد بدء خطر نشوب حرائق الغابات، وفي طول موسم الحريق ودرجة الخطر بين السنوات تبعاً للاختلاف في كميات وتوزيعات الهطل ومستوى درجات الحرارة. كما بينت النتائج التغير الواضح باتجاه تزايد خطر الحرائق في المنطقة. فقد تزايدت أعلى قيمة لمؤشر Teliycn بمقدار 25.7 وتزايد طول موسم الحريق بحوالي 22 يوم في حين كان الاتجاه واضحاً نحو البدء المبكر لخطر الحريق بحدود 7 أيام خلال فترة الدراسة 2000-2020. إن هذه النتائج تؤكد على أهمية التغيرات المناخية الراهنة في تزايد خطر حرائق الغابات في منطقة الدراسة، الأمر الذي يستدعي اتخاذ الإجراءات المناسبة لمواجهة هذا الخطر الذي يهدد النظم البيئية الحراجية في المنطقة.

الكلمات المفتاحية: حرائق الغابات - قابلية الاشتعال - مؤشر خطر الحريق - مؤشر الجفاف - تغير المناخ وحرائق الغابات - سورية.

المقدمة:

تعد حرائق الغابات Forest fires الاضطراب الأشد قسوة في النظم الحراجية المتوسطية، فعلى الرغم من أن الحرائق تعتبر ظاهرة طبيعية في هذه المناطق (Pausas *et al.*, 2008)، إلا أن التزايد في شدة الحرائق واستمراريتها وتكرارها كان واضحاً خلال العقود الأخيرة مع تغير المناخ والتغير في استخدامات الأراضي (Fernandez-Anez *et al.*, 2021).

تؤكد العديد من الدراسات على أهمية الجفاف Drought في حرائق الغابات (Turco *et al.*, 2017; Ruffault *et al.*, 2017; Dai. 2013; al., 2018; Nolan *et al.*, 2020; Abram *et al.*, 2021 Ficklin & Novick. 2017; Vicente- Trenberth *et al.*, 2014; Spinoni *et al.*, 2019 Di Virgilio *et al.*, 2020) بتأثير التغيرات المناخية المتتسارعة إلى تزايد خطر حرائق الغابات في مختلف مناطق العالم (Serrano *et al.*, 2020) ، وتزايد القدرة التخميرية للغلاف الجوي (Zittis *et al.*, 2019; Jones *et al.*, 2022 *al.*, 2019; Cos *et al.*, 2022) خاصة وأن هذا الحوض يعد أحد أهم النقاط الساخنة **Hot spots** بالنسبة لتغير المناخ (Cos *et al.*, 2022).

يكون لحرائق الغابات مجال واسع من التأثيرات البيئية والتي تشمل تلوث الهواء (Ford *et al.*, 2018; Lapere *et al.*, 2021; Hauer *et al.*, 1998; Bladon *et al.*, 2014; Yu *et al.*, 2019) والماء (Aguilera *et al.*, 2021 *et al.*, 2020; Kelly *et al.*, 2020) ، وفقدان التنوع الحيوي (Halofsky *et al.*, 2020; Stefanidis *et al.*, 2022) ، إضافة إلى تغير العواكسية للموقع المحروقة والتي يكون لها تأثيرات ارتجاعية في المناخ وخاصة بالنسبة لحرائق الكبيرة **Megafires** (Quintano *et al.*, 2015; Bowman *et al.*, 2020). عدا ذلك فإن الحرائق تؤدي إلى تحول الموقع المحروقة من موقع لحرز الكربون إلى موقع لانطلاقه (Bawman *et al.*, 2020). أما التأثيرات الاقتصادية فترتبط بالخسائر المباشرة التي تسببها الحرائق (Gill Breshears *et al.*, 2013) وتراجع العديد من الفوائد والخدمات التي تقدمها المناطق الحرجية للمجتمعات البشرية (Adams *et al.*, 2020; Pastur *et al.*, 2018 *et al.*, 2011).

تتميز المناطق المحيطة بحوض البحر المتوسط بفصل صيف طويل حار وجاف وبغطاء نباتي قابل للاشتعال، إضافة للعوامل الطيورافية المعقدة وتدخل الأراضي الزراعية مع المناطق الحرجية، مما يساعد على نشوب حرائق الغابات وانتشارها (Ager *et al.*, 2018). لذلك يتوقع أن تؤدي الزيادة في تكرار الجفاف المترافق مع ارتفاع في درجات الحرارة (Alizadeh *et al.*, 2020; Ruffault *et al.*, 2020) إلى تزايد خطر نشوب حرائق الغابات واتساع نطاق المناطق المحروقة (Amatuli *et al.*, 2013; Mitsopoulos *et al.*, 2016; Kotroni *et al.*, 2020).

أشارت دراسة Saker (2015) إلى وجود تغير واضح في الظروف المناخية في المنطقة الساحلية في سوريا، حيث أظهرت الدراسة الاتجاه نحو تراجع معدلات ال�طل وارتفاع درجات الحرارة وتزايد شدة الجفاف وتكراره خلال الفترة 1960-2010، وأثر هذه التغيرات في تزايد خطر نشوب حرائق الغابات. كذلك أكدت دراسة سكاف وبركات (2020) على تزايد شدة الجفاف واستمرارته وتكراره في المنطقة الساحلية. كما بينت دراسة سكاف ورنجوس (2022) على الاتجاه الحاد والمعنوي نحو تزايد درجات الحرارة العظمى وشدة وتكرار واستمرارية موجات الحر في المنطقة الساحلية، الأمر الذي يهدد استقرار النظم البيئية الحرجية من خلال تعديل نظم الاضطراب في المنطقة، إذ إن تزايد شدة وتكرار الجفاف المترافق مع موجات حر كظاهرة متطرفة مركبة Compound extreme event سوف يؤدي إلى تزايد خطر حرائق الغابات. من هنا فإن تحديد خطر حرائق الغابات في كل عام في أحد أهم المواقع الحرجية في المنطقة الساحلية ودراسة التغير في هذا الخطر بتأثير تغير المناخ يعد في غاية الأهمية من أجل الاستعداد لمواجهة الحرائق ومنع حدوثها والسيطرة عليها بالشكل الذي يضمن حماية هذه النظم البيئية الهامة ويؤمن استدامتها (نحال، 2015). لذلك فقد تركزت أهداف البحث في تحديد الفترة التي

يبدأ خلالها خطر نشوب حرائق الغابات في كل عام من فترة الدراسة 2000-2020 باستخدام مؤشر Telicyn وتقدير التغير في طول موسم الحرائق وفي موعد ومستوى الخطر بتأثير التغيرات المناخية الراهنة.

2- مواد البحث وطريقه:

استخدمت لإنجاز البحث القيم اليومية لكميات الهطل ومتوسطات درجات الحرارة والرطوبة النسبية للهواء لفترة رصد امتدت من عام 2000 حتى عام 2020 لمحطة القرداحة، التي تقع في المنطقة الرطبة من جبال المنطقة الساحلية على خط عرض 24° وخط طول 35° وترتفع عن سطح البحر بمقدار 350 متراً.

تم استخدام مخططات الصندوق Box-plots والتحليل الإحصائي الوصفي Descriptive analysis كما تم حساب معامل التباين (Cv%) من أجل دراسة الخصائص الإحصائية لقيم العناصر الميتوولوجية. تم تقدير خطر نشوب حرائق الغابات باستخدام مؤشر Telicyn, 1970 (Telicyn)، وذلك بحساب محصلة قيم المؤشر بدءاً من نهاية موسم الهطل من أجل تحديد موعد الخطر وذررته وطول موسم الحرائق في كل عام من فترة الدراسة 2000-2020.

يحسب مؤشر Telicyn بالعلاقة التالية :

$$TI = \sum_{i=1}^n \log(ti - ri) \quad TI$$

حيث TI قيمة مؤشر Telicyn ليوم محدد i.

ti المتوسط اليومي لدرجة الحرارة °C

ri درجة الحرارة عند نقطة الندى °C.

n عدد الأيام التي يتم خلالها حساب المؤشر بدءاً من اليوم الذي يلي آخر كمية هطل تزيد عن 3 مم.

إذا كانت قيمة المؤشر أقل من 2 لا يوجد خطر لنشوب الحرائق

الخطر قليل بين 2.1 و 3.5

الخطر معتدل نسبياً بين 3.6 و 5

الخطر مرتفع بين 5 و 15

الخطر شديد أكثر من 15

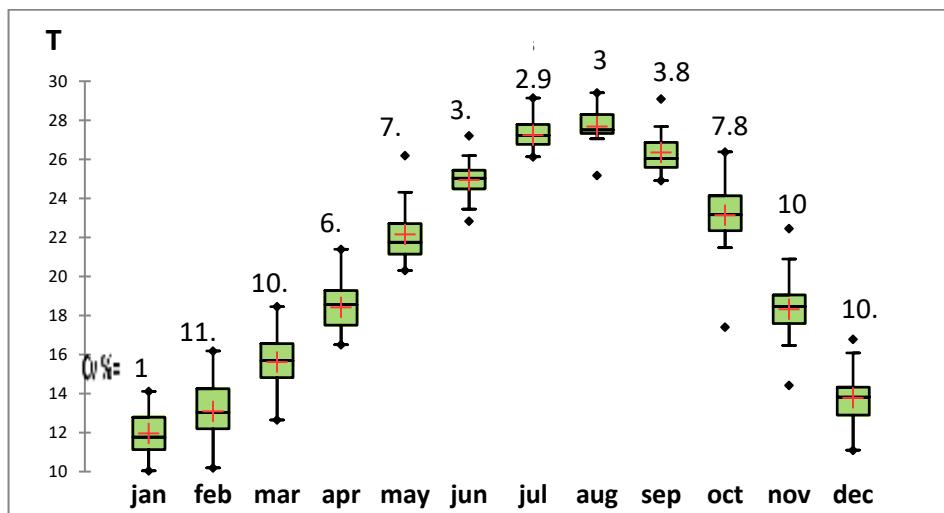
استخدمت خطوط الاتجاه Trends من أجل تحديد اتجاه وقيمة التغير في القيم العظمى للمؤشر خلال سنوات الدراسة، وفي طول موسم الحرائق بالأيام، وفي عدد الأيام حتى بدء خطر الحرائق منذ نهاية شهر آذار وتم التحقق من معنوية التغير باستخدام اختبار مان Kendall test.

3- النتائج والمناقشة:

3-1-الخصائص المناخية العامة لمنطقة الدراسة:

يبين الشكل (1) أهم الخصائص الإحصائية لمتوسطات درجات الحرارة الشهرية، ومنه يلاحظ وجود مسار واضح لدرجات الحرارة، إذ تسجل أعلى القيم في أشهر الصيف وخاصة خلال شهري تموز وأب، حيث يزيد معدل درجات الحرارة عن 27°C، في حين تسجل أدنى المعدلات خلال أشهر الشتاء وخاصة شهر كانون الثاني، الذي تتحفظ فيه قيمة المعدل إلى 11.9°C. من جهة أخرى نلاحظ أن قيمة

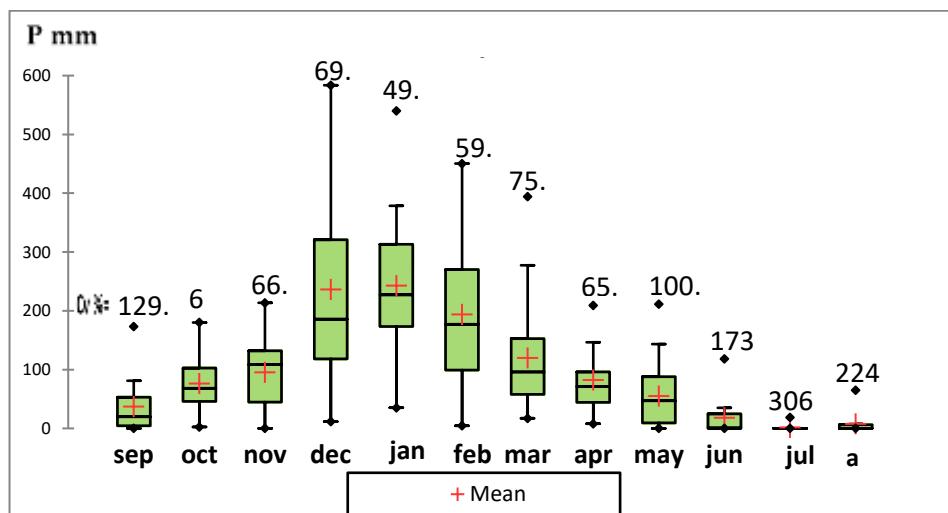
معامل التباين محدودة عموماً وخاصة في أشهر الصيف حيث تقل عن 5% خلال الفترة من حزيران وحتى أيلول، كما أنها لا تزيد عن 10% إلا خلال الفترة من كانون الثاني وحتى آذار مع أعلى قيمة في شهر شباط (11.3%).



الشكل(1):الخصائص الإحصائية لمتوسطات درجات الحرارة الشهرية لمحطة القرداحة خلال فترة الدراسة 2000-2020.

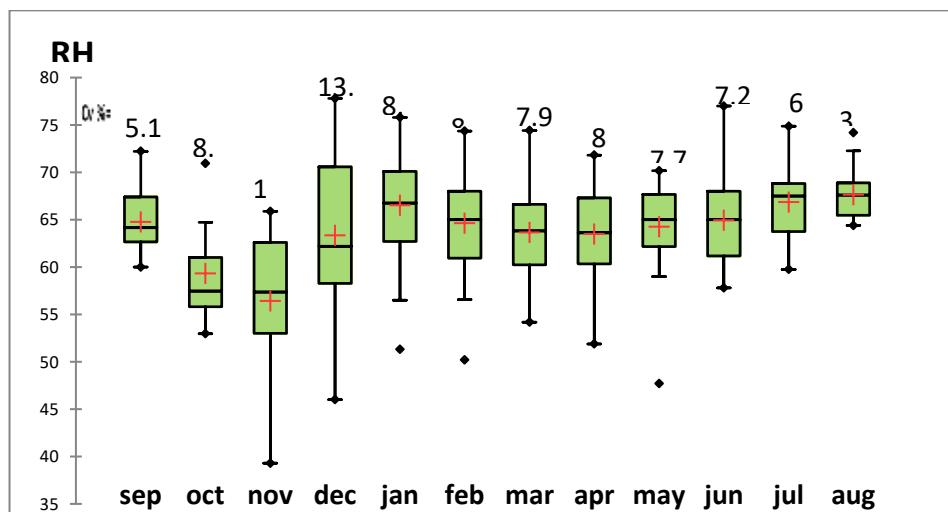
يظهر الشكل (2) أهم الخصائص الإحصائية لكميات الهطل الشهيرية في منطقة الدراسة، ومنه يلاحظ عدم التوافق بين مسار الهطل ومسار درجات الحرارة، حيث أن أعلى المعدلات تتركز في فصل الشتاء وتصل إلى ذروتها في شهر كانون الثاني يليه كانون الأول ثم شباط، أما خلال أشهر الخريف والربيع ف تكون معدلات الهطل أقل وأكثر تبايناً وخاصة خلال بداية ونهاية الموسم الماطر. من جهة أخرى نلاحظ التباين الكبير في كميات الهطل الشهرية بين المواسم وعدم الانتظام في توزع الهاطل، والذي يظهر من خلال القيم المرتفعة لمعامل التباين ومن خلال أعلى وأدنى القيم وعدم تطابق قيم المتوسط مع الوسيط، إذ لم تقل قيمة معامل التباين $Cv\%$ عن 50% إلا في شهر كانون الثاني، كما أنها تجاوزت قيمة 100% خلال الفترة من أيار حتى أيلول.

إن الانحسار التدريجي للهطلات في نهاية فصل الربيع وانعدامها خلال فصل الصيف، والذي يترافق مع ارتفاع حاد في درجات الحرارة يخلق ظروفاً مناسبة لجفاف الغطاء النباتي العشبي والبقايا النباتية الموجودة في أرض الغابة، الأمر الذي يساعد على نشوب حرائق الغابات وانتشارها.



الشكل(2)الخصائص الإحصائية لكميات المطر الشهيرية لمحطة القرداحة خلال فترة الدراسة 2000-2020.

يتضح من الشكل (3) أن معدلات الرطوبة النسبية للهواء في منطقة الدراسة مرتفعة خلال معظم أشهر العام ولا تختفي إلا خلال أشهر الخريف، حيث أن المعدلات الشهيرية لا تقل عن 60% إلا خلال شهري تشرين الأول وتشرين الثاني. من جهة أخرى نلاحظ أن تباين المتوسطات الشهيرية للرطوبة النسبية للهواء بين السنوات محدود ويقل عن 10% في جميع الأشهر ما عدا تشرين الثاني وكانون الأول حيث يبلغ 13% و13.1% على التوالي.

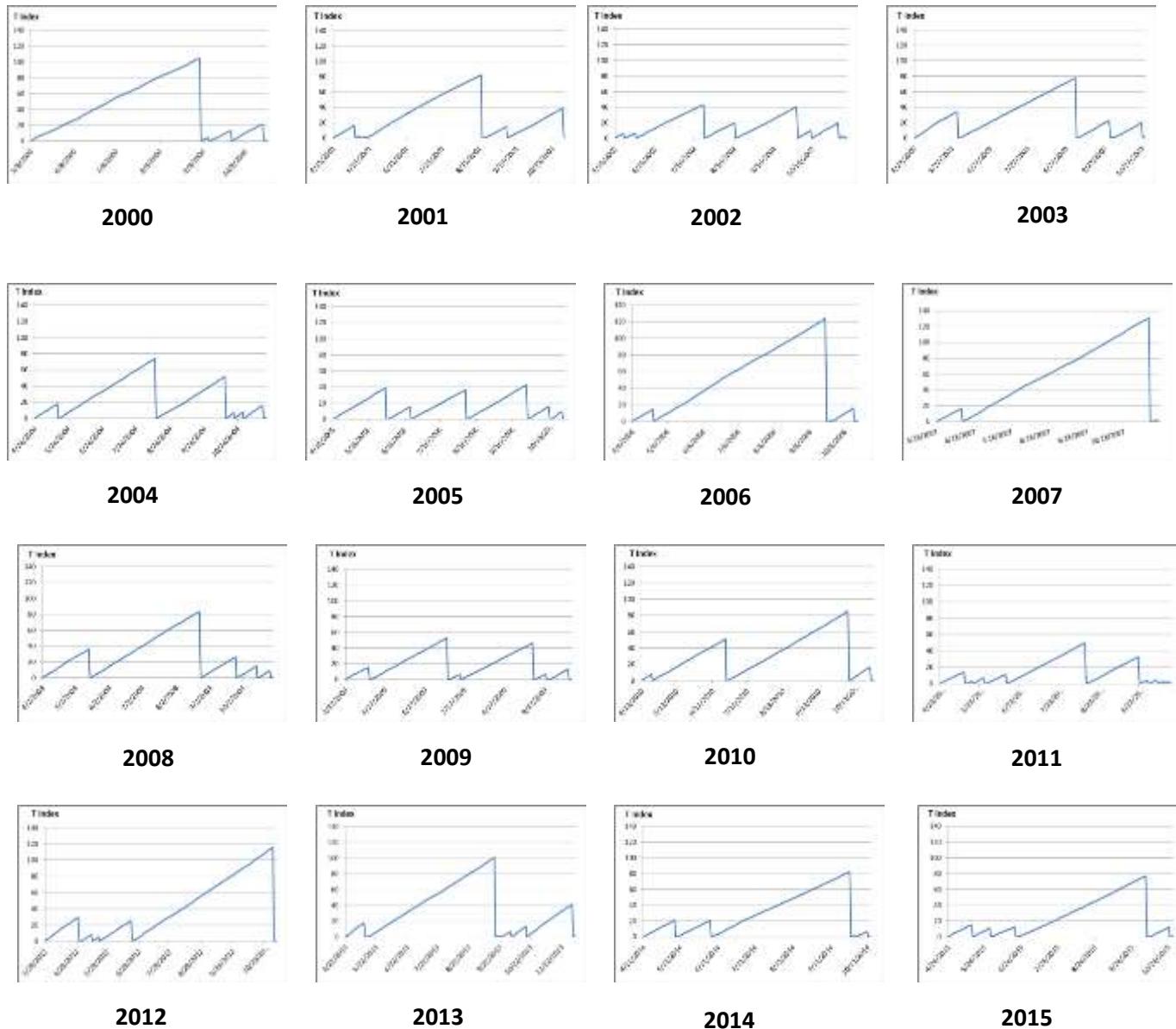


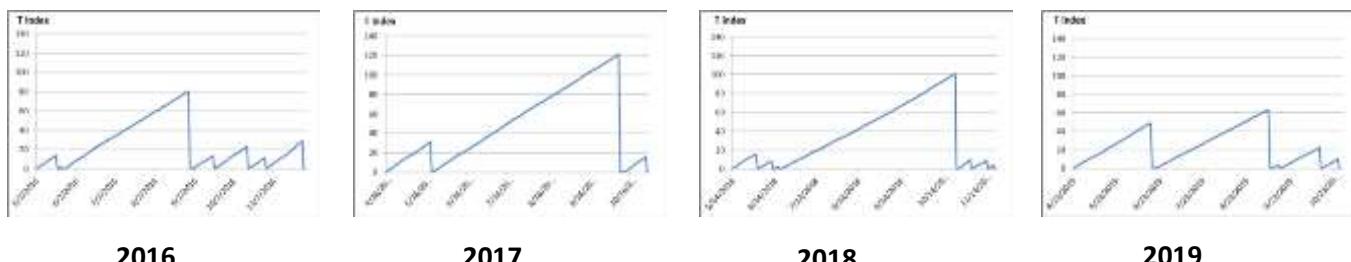
الشكل(3): الخصائص الإحصائية لمتوسطات القيم الشهيرية لرطوبة الهواء في محطة القرداحة خلال فترة الدراسة 2000-2020.

3- تقدير خطر نشوب حرائق الغابات خلال سنوات الدراسة 2000-2020 في منطقة القرداحة:

تبين المخططات المدرجة في الشكل (4) الاختلاف بين المواسم في الظروف المساعدة على نشوب حرائق الغابات خلال الفترة 2000-2019. حيث يلاحظ تباين المسارات في قيم مؤشر Telicyn تبعاً للتغير في توزيع المطر وبالناتي موعد آخر حادثة مطرية إضافة للتغير في مستوى درجات الحرارة و رطوبة الهواء والتي تلعب دوراً بالغ الأهمية في تحديد محصلات فرق الإشباع (VPD) Vapor pressure deficit وبالتالي تراكم الخطر بعد آخر حادثة مطرية تتجاوز 3mm، إضافة إلى إمكانية وجود حوادث مطرية خلال الفصل الجاف، والتي تحد من إمكانية نشوب الحرائق مؤقتاً لحين تراكم قيمة جديدة للمؤشر تتجاوز حدود الخطر مرة أخرى.

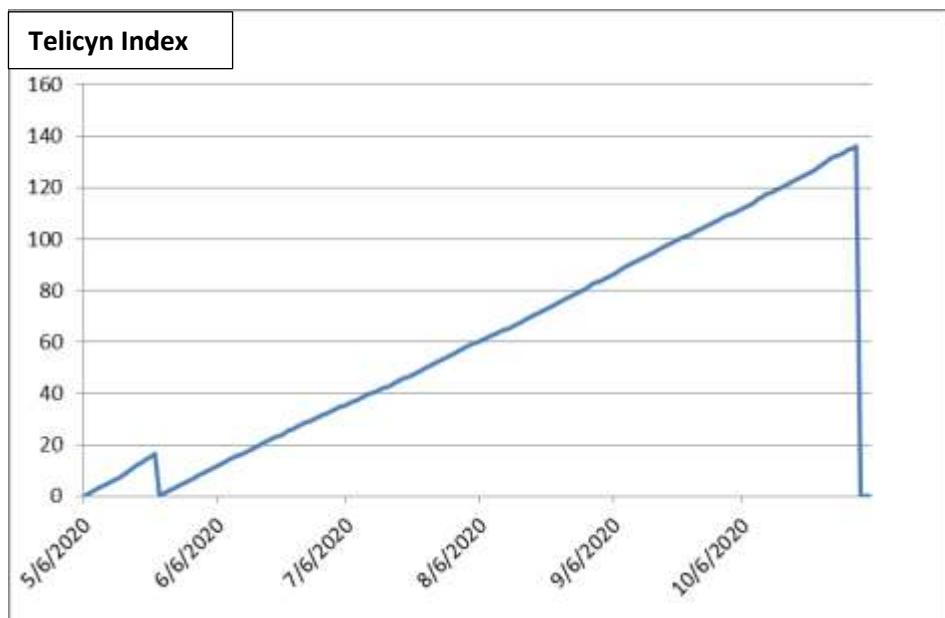
يلاحظ من الشكل (4) أن خطر نشوب الحريق قد يكون مستمراً دون تقطع من بداية الصيف حتى شهر أيلول كالأعوام: 2000 و 2006 و 2014 أو حتى شهر تشرين الأول كالأعوام: 2007 و 2015 و 2017 و 2018 وفي بعض الأحيان قد يكون الخطر مستمراً حتى الأيام الأولى من شهر تشرين الثاني كما في العام 2012. أما في سنوات أخرى فقد يكون الخطر متقطعاً ليبلغ الذروة في شهر تموز كما في العامين 2002 و 2009، أو في شهر أب كما في الأعوام: 2001 و 2004 و 2008 و 2011، أو في شهر أيلول كما في الأعوام: 2003 و 2005 و 2013 و 2016 و 2019 ، وقد يستمر الخطر ليبلغ الذروة في تشرين الأول على الرغم من التقطع كما هو الحال في عام 2010.





الشكل(4): تغير خطر حرائق الغابات في منطقة القرداحة بين سنوات الدراسة 2000-2019 تبعاً لمؤشر Telicyn.

من جهة أخرى نلاحظ أن صيف العام 2020 تميز باستمرار الخطر حتى بداية تشرين الثاني حيث تجاوزت القيمة العظمى للمؤشر مثيلاتها لجميع سنوات الدراسة كما هو مبين في الشكل (5).



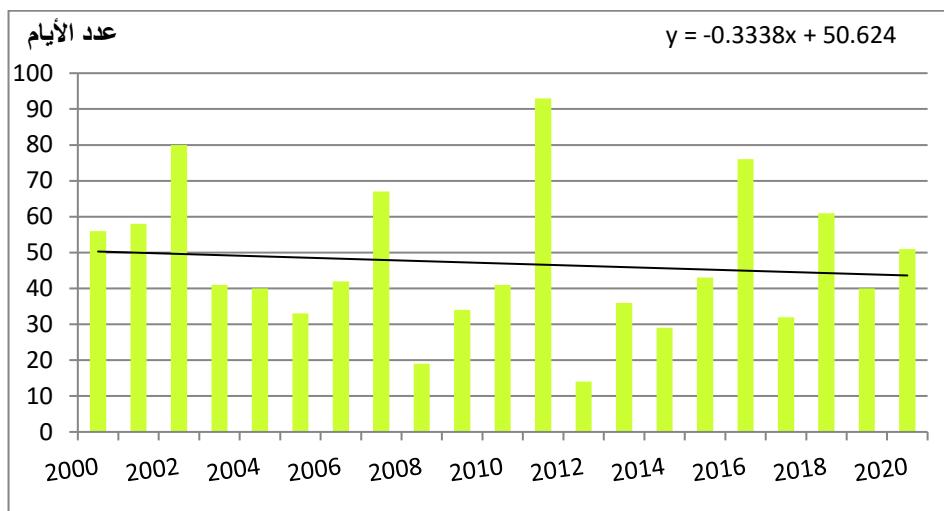
الشكل(5): تراكم خطر نشوب الحريق خلال صيف عام 2020 في القرداحة تبعاً لمؤشر Telicyn.

3-3- تغير خصائص خطر حرائق الغابات في منطقة الدراسة خلال الفترة 2000-2020:

٣-٣-١ التغير في بدء موسم الحريق خلال سنوات الدراسة :

تختلف بداية موسم الحريق بشكل كبير بين عام وأخر تبعاً لموعد انحباس الهطل ومستوى درجات الحرارة في نهاية الربع وببداية الصيف كما هو مبين في الشكل (6)، حيث يلاحظ التباين بين المواسم في بدء الخطر، الذي قد يتوافق مع شهر نيسان في بعض السنوات وقد يتأخر في سنوات أخرى إلى شهر حزيران أو تموز. فقد بدء الخطر عام 2012 في 14 نيسان وفي عام 2008 في 19 نيسان، في حين تأخر حتى 19 حزيران عام 2002 وحتى 15 حزيران عام 2016 بينما تجاوزت بداية الخطر نهاية حزيران عام 2011 وكانت بتاريخ 2 تموز.

يظهر الشكل(6) وجود اتجاه واضح نحو تناقص عدد الأيام حتى بداية الخطر وذلك من نهاية شهر آذار حيث بلغت قيمة التناقص سبعة أيام، وهذا يعني أن هناك تغيراً ملحوظاً باتجاه الخطر المبكر لإمكانية نشوب حريق الغابات بدءاً من أواخر الربع.

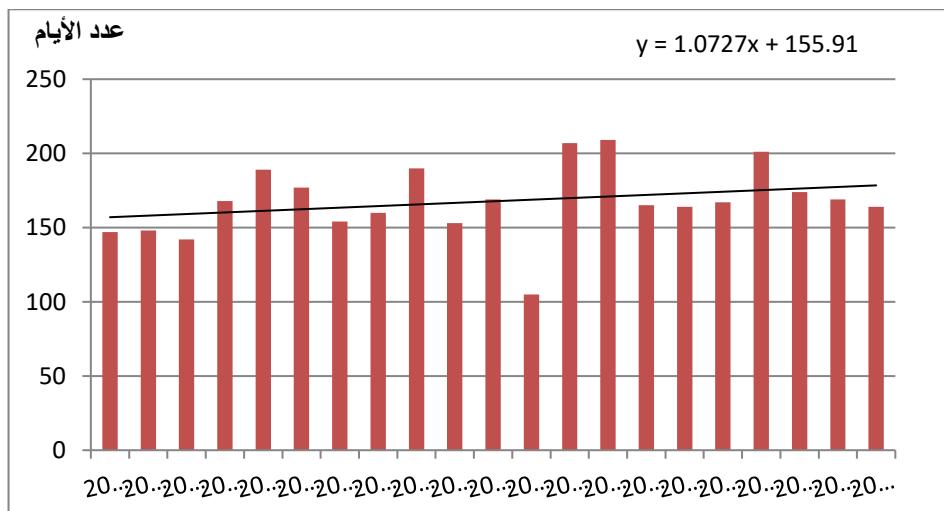


الشكل (6): التغير في بدء موسم الحرائق (عدد الأيام حتى تجاوز عتبة خطر نشوب حرائق الغابات) من نهاية شهر آذار خلال سنوات الدراسة 2000-2020 في القرداحة.

3-3 التغير في طول موسم الحريق خلال فترة الدراسة:

يبين الشكل (7) التغير في طول موسم الحريق خلال سنوات الدراسة 2000-2020 في منطقة القرداحة، ومنه يلاحظ التباين الكبير في استمرار خطير نشوب الحريق بين عام وأخر. فقد اقتصر طول موسم الحريق عام 2011 على 105 أيام وامتد عام 2002 لفترة 142 يوماً، في حين استمر طول موسم الحريق في عامي 2013 و 2012 لمدة 209 و 207 أيام على التوالي. وعموماً فإن موسم الحريق في منطقة الدراسة يستمر لفترة طويلة حيث أن معدل طول الفترة كان حوالي 167 يوماً وباختلاف معياري وصل إلى 23 يوماً. لذلك كانت قيمة التباين بين السنوات كبيرة نسبياً حيث بلغ معامل التباين 13.7%.

يتضح من تحليل السلسلة الزمنية لعدد أيام الخطير وجود اتجاه واضح نحو تزايد طول موسم الحريق خلال فترة الدراسة حيث تجاوزت معدل التزايد 22 يوماً كما هو مبين في الشكل (7).



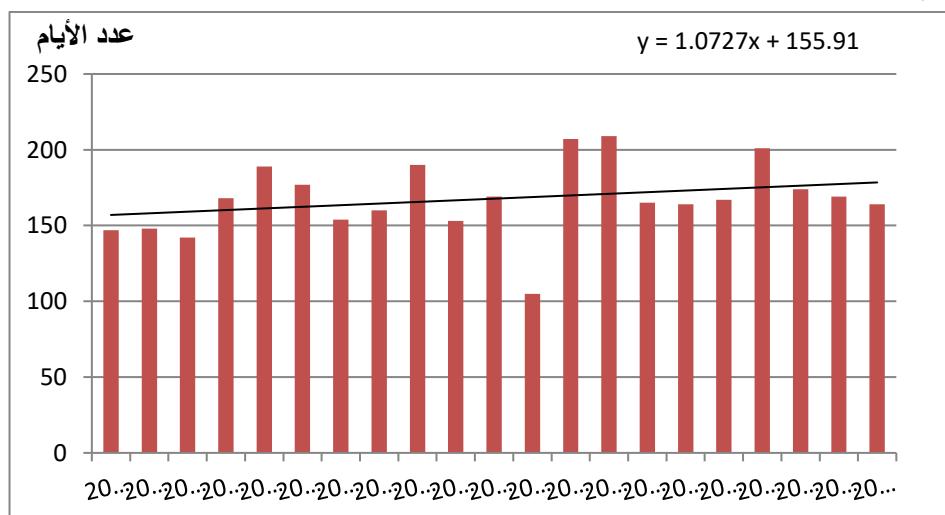
الشكل (7): التغير في طول موسم الحرائق (عدد الأيام التي تتفاق بخطر نشوب حرائق الغابات) لفصل الصيف في القرداحة خلال سنوات الدراسة 2000-2020.

3-3-3 التغير في القيمة العظمى لمؤشر خطر نشوب حرائق الغابات خلال فترة الدراسة:

يبين الشكل (8) أعلى القيم التي وصل إليها مؤشر خطر الحرائق خلال مختلف سنوات الدراسة، ومنه يلاحظ وجود خطر كبير لنشوب حرائق الغابات في جميع السنوات، فقد تجاوز معدل هذه القيم لفترة الدراسة قيمة 87. من جهة أخرى تبينت أعلى قيمة لمؤشر بشكل كبير بين سنوات الدراسة، حيث قلت عن 45 خلال العامين 2002 و 2005 وعن 50 في عام 2011، في حين تجاوزت قيمة 135 في عام 2020 الذي ترافق بظروف جوية أشد خطراً من باقي الموسم. كذلك ترافق العام 2007 بظروف شديدة الخطر حيث تجاوزت قيمة المؤشر 130. هذا وقد بلغ الانحراف المعياري لقيم السلسلة 22.7.

يظهر اتجاه التغير المبين في الشكل (8) وجود تزايد واضح في القيم العظمى لمؤشر خطر الحرائق خلال الفترة 2000-2020 حيث بلغ معدل التزايد 25.7، مما يفاقم خطر نشوب وانتشار حرائق الغابات في منطقة الدراسة.

تفيد النتائج التي تم التوصل إليها في هذا البحث على وجود خطر كبير ومتزايد لنشوب حرائق الغابات في المناطق الحرجية في الساحل السوري والذي يظهر من خلال البداية المبكرة لموسم الحرائق وزيادة طول موسم الحرائق، إضافة إلى تزايد شدة الخطر والذي يظهر من خلال تراكم قيم مرتفعة لمؤشر الجفاف. وهذه النتائج تتفق مع العديد من الدراسات في مختلف مناطق العالم حول تأثير التغيرات المناخية الراهنة في تزايد خطر حرائق الغابات (Jones *et al.*, 2022; El Garroussi *et al.*, 2024)، وخاصة تلك التي تخضع لظروف المناخ المتوسطي (Serbouti *et al.*, 2022; Fernández-Guisuraga & Calvo, 2023).



الشكل(8): التبادل في أعلى قيمة لمؤشر Telicyn بين سنوات الدراسة 2000-2020 في الاتجاه العام للتغير.

الاستنتاجات:

- 1- تظهر الخصائص المناخية لمنطقة الدراسة عدم التوافق الواضح بين مساري درجات الحرارة والهطول مع وجود تباين كبير في كميات الهطول الشهرية بين الأعوام، الأمر الذي يفرض ضرورةً من الخطر الشديد لنشوب وانتشار حرائق الغابات خلال فصل الصيف الحار والجاف.
- 2- بينت نتائج البحث الاختلاف الكبير في بدء واستمرار خطر نشوب حرائق الغابات بين الأعوام، كما أن الخطر قد يكون متقطعاً أو مستمراً تبعاً للتبادل الكبير بين الموسما في كميات وتوزعات الهطول ومستويات درجات الحرارة.

3- أظهرت نتائج البحث أن الاحتمال الكبير لنشوب وانتشار الحرائق يتافق غالباً مع شهري أيلول وتشرين الأول على الرغم من احتمال وجود خطر كبير في بعض السنوات بدءاً من شهر تموز، وقد تميز صيف العام 2020 بأعلى قيمة لخطر نشوب الحرائق تلاه صيف العام 2007.

4- أكدت نتائج البحث على وجود تغير في الظروف المساعدة على نشوب وانتشار حرائق الغابات في منطقة القرداحة خلال فترة الدراسة 2000-2020، حيث أن هناك اتجاهًا واضحًا نحو تزايد كل من طول موسم الحرائق وأعلى قيمة لمؤشر خطر الحرائق، إضافة إلى البدء المبكر لخطر الحرائق في فصل الربيع.

المقتراحات:

- 1- ضرورة التوسيع في دراسة خطر حرائق الغابات في مختلف المناطق الحرجية في سوريا باستخدام مختلف المؤشرات ولفترات زمنية طويلة.
- 2- ضرورة التكامل بين المؤشرات الميتورولوجية ومؤشرات الاستشعار عن بعد لتقدير خطر حرائق الغابات.

المراجع:

العلي، يوسف؛ الشاطر، زهير؛ خضر، رشا . (2014). تأثير الحرائق على انجراف التربة وقدر انبعاثات العناصر المعدنية منها في غابة عين الجوز-طرطوس. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية-سلسلة العلوم البيولوجية. المجلد(36)، العدد 2 ص 290-277

سكاف، ميشيل وبركات، راما. (2020). دراسة تغير شدة الجفاف و تكراره في بعض أجزاء المنطقة الساحلية في سوريا خلال الفترة 1960-2016. مجلة جامعة تشرين للبحوث و الدراسات العلمية : سلسلة العلوم البيولوجية،Mag. 42، ع. 5، ص ص. 99-115

سكاف، ميشيل و رنجوس، ليال. (2022). دراسة التغير في درجات الحرارة العظمى وخصائص موجات الحر لفصل الصيف في المنطقة الساحلية من سوريا خلال الفترة 1977-1996. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية- سلسلة العلوم البيولوجية، 44(3)، 217-233

صقر، رنا. (2015) "تغير الظروف المناخية في المنطقة الساحلية من سوريا وآثاره الكامنة على حرائق الغابات". [أطروحة ماجستير]، جامعة تشرين. 98 صفحة.

نحال، إبراهيم. (2005). استراتيجية الإدارة المتكاملة لحرائق الغابات بالنهج التشاركي في سوريا، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، منظمة الأغذية والزراعة مشروع الإدارة المتكاملة لحرائق الغابات بالنهج التشاركي GCP/SYP/010/ITA ص ،83

Abram, N.J., Henley, B.J., Sen Gupta, A., Lippmann, T.J., Clarke, H., Dowdy, A.J., Sharples, J.J., Nolan, R.H., Zhang, T., Wooster, M.J. and Wurtzel, J.B., 2021. Connections of climate change and variability to large and extreme forest fires in southeast Australia. Communications Earth & Environment, 2(1), p.8.

Adams, M.A., Shadmanroodposhti, M. and Neumann, M., 2020. Causes and consequences of Eastern Australia's 2019–20 season of mega-fires: A broader perspective. Global change biology, 26(7), pp.3756-3758.

Ager AA, Preisler HK, Arca B, Spano D, Salis M (2014) Wildfire risk estimation in the Mediterranean area. Environmetrics 25:384–396.

- Aguilera, R., Corringham, T., Gershunov, A., and Benmarhnia, T. (2021). Wildfire smoke impacts respiratory health more than fine particles from other sources: observational evidence from Southern California. *Nature Communications*, 12(1), 1-8.
- Alizadeh MR, Adamowski J, Nikoo MR, AghaKouchak A, Dennison P, Sadegh M. 2020. A century of observations reveals increasing likelihood of continental scale compound dry-hot extremes. *Science Advances* 6: aaz4571.
- Amatulli, G., Camia, A., & San-Miguel-Ayanz, J. (2013). Estimating future burned areas under changing climate in the EU-Mediterranean countries. *Science of the Total Environment*, 450, 209-222.
- Bladon, K.D., Emelko, M.B., Silins, U. and Stone, M. (2014). Wildfire and the future of water supply. *International Journal of Environmental Science and Technology* 48(16), 8936–8943.
- Bowman, D.M., Kolden, C.A., Abatzoglou, J.T., Johnston, F.H., van der Werf, G.R. and Flannigan, M. (2020). Vegetation fires in the Anthropocene. *Nature Reviews Earth & Environment* 1(10), 500-515.
- Breshears, David D., Laura López-Hoffman, and Lisa J. Graumlich. (2011) "When ecosystem services crash: preparing for big, fast, patchy climate change." *Ambio* 40: 256-263.
- Cos, J., Doblas-Reyes, F., Jury, M., Marcos, R., Bretonnière, P. A., & Samsó, M. (2022). The Mediterranean climate change hotspot in the CMIP5 and CMIP6 projections. *Earth System Dynamics*, 13(1), 321-340.
- Dai A. 2013. Increasing drought under global warming in observations and models. *Nature Climate Change* 3:52–58.
- Di Virgilio, G., Evans, J. P., Blake, S. A. P., Armstrong, M., Dowdy, A. J., Sharples, J., & McRae, R. (2019). Climate change increases the potential for extreme wildfires. *Geophysical Research Letters*, 46(14), 8517–8526.
- Duane, A., & Brotons, L. (2018). Synoptic weather conditions and changing fire regimes in a
- El Garroussi, S., Di Giuseppe, F., Barnard, C., & Wetterhall, F. (2024). Europe faces up to tenfold increase in extreme fires in a warming climate. *npj Climate and Atmospheric Science*, 7(1), 30.
- Fernandez-Anez, N., Krasovskiy, A., Müller, M., Vacik, H., Baetens, J., Hukić, E., Kapovic Solomun, M., Atanassova, I., Glushkova, M., Bogunović, I., Fajković, H., Djuma, H., Boustras, G., Adámek, M., Devetter, M., Hrabalikova, M., Huska, D., Martínez Barroso, P., Vaverková, M. D., ... Vieira, D. (2021). Current Wildland Fire Patterns and Challenges in Europe: A Synthesis of National Perspectives. *Air, Soil and Water Research*, 14.
- Fernández-Guisuraga, J. M., & Calvo, L. (2023). Fuel build-up promotes an increase in fire severity of reburned areas in fire-prone ecosystems of the western Mediterranean Basin. *Fire Ecology*, 19(1), 72.
- Ficklin, D. L., and K. A. Novick (2017). Historic and projected changes in vapor pressure deficit suggest a continental-scale drying of the United States atmosphere. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 122, 2061–2079,
- Ford, B., Val Martin, M., Zelasky, S.E., Fischer, E.V., Anenberg, S.C., Heald, C.L. and Pierce, J.R., 2018. Future fire impacts on smoke concentrations, visibility, and health in the contiguous United States. *GeoHealth*, 2(8), pp.229-247.
- Gill A M, Stephens S L and Cary G J .2013 .The worldwide ‘wildfire’ problem *Ecol. Appl.* 23 438–54
- Halofsky, J.E., Peterson, D.L. and Harvey, B.J. (2020). Changing wildfire, changing forests: the effects of climate change on fire regimes and vegetation in the Pacific Northwest, USA. *Fire Ecology*, 16, 4.
- Hauer, F.R. and Spencer, C.N. (1998). Phosphorus and nitrogen dynamics in streams associated with wildfire: a study of immediate and longterm effects. *International Journal of Wildland Fire* 8(4), 183-198.
- Jones, M.W., Abatzoglou, J.T., Veraverbeke, S., Andela, N., Lasslop, G., Forkel, M., Smith, A.J., Burton, C., Betts, R.A., van der Werf, G.R. and Sitch, S., 2022. Global and regional trends and drivers of fire under climate change. *Reviews of Geophysics*, 60(3), p.e2020RG000726.

- Kelly, L.T., Giljohann, K.M., Duane, A., Aquilué, N., Archibald, S., Batllori, E., Bennett, A., Buckland, S., Canelles, Q., Clarke, M., Fortin, M., Hermoso, V., Herrando, S., Keane, R., Keane, F., McCarthy, M., & Morán-Ordóñez, A., Parr, C., Pausas, J., Brotons . (2020). Fire and biodiversity in the Anthropocene. *Science*, 370(6519).
- Kotroni, V., Cartalis, C., Michaelides, S., Stoyanova, J., Tymvios, F., Bezes, A., Christoudias, T., Dafis, S., Giannakopoulos, C., Giannaros, T.M. and Georgiev, C., 2020. DISARM early warning system for wildfires in the eastern Mediterranean. *Sustainability*, 12(16), p.6670.
- Lapere, R., Mailer, S. and Menut, L. (2021). The 2017 Mega-Fires in Central Chile: Impacts on Regional Atmospheric Composition and Meteorology Assessed from Satellite Data and Chemistry-Transport Modeling. *Atmosphere* 12, 344.
- Martínez Pastur, Guillermo, Ajith H. Perera, Urmas Peterson, and Louis R. Iverson. "Ecosystem services from forest landscapes: an overview." Ecosystem services from forest landscapes: broadscale considerations (2018): 1-10.
- Mediterranean environment. *Agricultural and Forest Meteorology*, 253–254, 190–202.
- Mitsopoulos, I., Mallinis, G., Karali, A., Giannakopoulos, C., & Arianoutsou, M. (2016). Mapping fire behaviour under changing climate in a Mediterranean landscape in Greece. *Regional Environmental Change*, 16(7), 1929-1940.
- Nolan RH, Blackman CJ, de Dios VR, Choat B, Medlyn BE, Li X, Bradstock RA, Boer MM. 2020. Linking forest flammability and plant vulnerability to drought. *Forests* 11: 779.
- Pausas, J. G., Llovet, J., Rodrigo, A., & Vallejo, R. (2008). Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin? – A review. *International Journal of wildland fire*, 17(6), 713-723.
- Quintano, C., Fernández-Manso, A., Calvo, L., Marcos, E., & Valbuena, L. (2015). Land surface temperature as potential indicator of burn severity in forest Mediterranean ecosystems. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 36, 1-12.
- Ruffault J, Curt T, Martin-StPaul NK, Moron V, Trigo RM. 2018. Extreme wildfire events are linked to global-change-type droughts in the northern Mediterranean. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 18: 847–856.
- Ruffault J, Curt T, Moron V, Trigo RM, Mouillot F, Koutsias N, Pimont F, Martin-StPaul N, Barbero R, Dupuy JL, Russo A, Belhadj-Khedher C. 2020. Increased likelihood of heat-induced large wildfires in the Mediterranean Basin. *Sci Rep.* 10(1):13790
- scenario, and multi-domain analysis of regional climate projections for the Mediterranean. *Regional Environmental Change*, 19(8), 2621-2635.
- Serbouti, S., Abbas, Y., Ettaqy, A., Boukcm, H., Achiban, H., Abderrazzak, B., & El Ghachoui, N. (2022). Evolution of wildfires, burned areas, and affected species in Middle Atlas forests (Morocco) from 2000 to 2020. *Trees, Forests and People*, 10, 100319.
- Spinoni, J., Barbosa, P., De Jager, A., McCormick, N., Naumann, G., Vogt, J.V., Magni, D., Masante, D. and Mazzeschi, M., 2019. A new global database of meteorological drought events from 1951 to 2016. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 22, p.100593.
- Stefanidis, S., Alexandridis, V., Spalevic, V., Mincato, R.L. (2022). Wildfire Effects on Soil Erosion Dynamics: The Case of 2021 Megafires in Greece. *Agriculture and Forestry*, 68 (2): 49-63.
- Telicyn, G. P. "Logarithmic index of fire weather danger for forests." *Lesnoe Khozyaistvo* 11 (1970): 58-9.
- Trenberth, K. E., Fasullo, J. T., Branstator, G., & Phillips, A. S. (2014). Seasonal aspects of the recent pause in surface warming. *Nature Climate Change*, 4(10), 911-916.
- Turco M, von Hardenberg J, AghaKouchak A, Llasat MC, Provenzale A, Trigo RM. 2017. On the key role of droughts in the dynamics of summer fires in Mediterranean Europe. *Scientific Reports* 7: 81.

- Vicente-Serrano, Sergio M., Teodoro Lasanta, and Carlos Gracia.2010."Aridification determines changes in forest growth in *Pinus halepensis* forests under semiarid Mediterranean climate conditions." *Agricultural and Forest Meteorology* 150.4: 614-628
- Yu, M., Bishop, T.F. and Van Ogtrop, F.F. (2019). Assessment of the decadal impact of wildfire on water quality in forested catchments. *Water* 11(3) 533.
- Zittis, G., Hadjinicolaou, P., Klangidou, M., Proestos, Y., & Lelieveld, J. (2019). A multi-model, mti-

The changing risk of forest fires in the Qardaha region on the Syrian coast during the period 2000-2020

Micheal Skaf⁽¹⁾ , Roze Al Koubaily⁽¹⁾ and Eghaa Zaher^{* (3)}

(1). Forestry and Environment Department, Faculty of Agricultural Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

(*Corresponding author: Eng. Eghraa Saleh Zaher. E-mail: eghraazaher@gmail.com, phone : 0991781935).

Received: 22/02/2024 Accepted: 11/07/2024

Abstract

Forest fires are one of the most important disturbances that threaten the sustainability of forest ecosystems, and their danger increases year after year in various regions of the world in light of current climate changes. The daily values of precipitation amounts, average temperatures, and relative air humidity for the Qardaha station, located in one of the most important forest areas in the coastal region of Syria, were used to estimate the risk of forest fires using Teliycn index during the years extending between 2000 and 2020. Box-Plots and descriptive statistical analysis were used to study the climatic characteristics of the study area. In order to determine the direction of change and estimate its value, trend lines were used, and the significance of the change was verified using the Mann-Kendall test. The results showed great variation in the start date of the risk of forest fires, the length of the fire season and the degree of danger between years depending on the differences in the amounts and distributions of precipitation and the level of temperatures. The results also showed increasing tendency of fire danger in the region. The highest value of the Teliycn index increased by 25.7, and the length of the fire season increased by about 22 days, while the trend was clear towards an early onset of fire danger by about 7 days during the study period 2000-2020. These results emphasize the importance of current climate changes in increasing the risk of forest fires in the study area, which requires taking appropriate measures to confront this danger that threatens forest ecosystems in the region.

Keywords: forest fires forest - flammability - fire danger index - drought index - Climate change and forest fire -Syria.