استخدام نظم المعلومات الجغرافية لانتاج خرائط الكلفة المائية للزيتون في الأردن للسنة المائية 2019-2020

رشا أحمد سليم أبوركبه [1] وعلي عمر البريزات [2]

[1] المركز الوطني للبحوث الزراعية، البقعة، الاردن

[2] الجامعة الاردنية- كلية الزراعة، عمان، الاردن

*بريد الكتروني : rasha.pawa88@gmail.com

المُستَخلَص

تاريخ استلام البحث: 2021/03/15
تاريخ تعديل البحث: 2021/04/21
تاريخ قبول البحث: 2021/05/10

هدفت هذه الدراسة الى توظيف نظم المعلومات الجَغْرافية لانتاج خرائط الكلفة المائية لمحصول الزيتون في الاردن للسنة المائية 2019-2021 من خلال مفاهيم الاستهلاك المائي: (معدل التبخر- نتح المرجعي، التبخر- النتح المحصولي، الاحتياجات المائية، المياه الافتراضية، صافي استهلاك المياه، الطلب الفعلي للمياه، تجارة المياه الافتراضية) باتباع طريقة FAO56 بناءا على البيانات المناخية لمجموعة من المحطات المناخية موزعة على كافة انحاء المملكة ومعامل المحصول والانتاجية، من خلال استخدام المعايير الكارتوجرافية اللازمة لانتاج خرائط رقمية للتعبير عن الواقع الحقيقي للاستهلاك المائي لمحصول الزيتون.

قدر معدل تراكم التبخر نتح المرجعي بـ 1688 ملم وتراوحت قيمته ما بين (أقل قيمة 1129 ملم وأعلى قيمة 2222) ملم. ومعدل الاحتياجات المائية لكل دونم مزروع زيتون بـ 923 م3 مياه وتراوحت القيم ما بين (أقل قيمة 621 وأعلى قيمة 1227) م3/دونم. قدر صافي استهلاك المياه للمساحة (569.5 ألف دونم) المزروعة بالزيتون بـ 525.649 م م3 مياه. قدر معدل المياه الافتراضية لانتاجية الزيتون (0.22 طن/ دونم) بـ 4194 م3/طن وتراوحت القيم ما بين (أقل قيمة 2821 وأعلى قيمة 5576) م3/طن. قدر الطلب الفعلي للمياه كالتالي: (لانتاج الزيتون (125150 طن) بـ 524.879 م م3 مياه، لانتاج الزيتون المحفوظ (24691 طن) بـ 103.554 م م3 مياه، لانتاج زيت الزيتون (20706 طن) بـ 86.841 م م3 مياه). قدرت تجارة المياه الافتراضية كالتالي: (لصادرات الزيتون (1585 طن/السنة) بـ 6.647 م م3 / السنة مياه، لصادرات الزيتون المحفوظ (5442 طن/السنة) بـ 22.824 م م3 / السنة مياه، لصادرات زيت الزيتون (575 طن/السنة) بـ 2.412 م م3 / السنة مياه).

أوصت الدراسة بضرورة اعتماد مفهوم المياه الافتراضية كأداة أكثر حكمة لتحديد الكلفة المائية في الزراعة المروية، واستخدام نظم المعلومات الجغرافيا في انتاج خرائط الكلفة المائية للمحاصيل.

الكلمات الدالة: التبخر-نتح، الاحتياجات المائية، المياه الافتراضية، صافي استهلاك المياه، الطلب الفعلي للمياه، نظم المعلومات الجَغْرافية.

المقـدمـة

يقع الأردن في جنوب غرب آسيا، شمال غرب المملكة العربية السعودية وجنوب سوريا، بين خطي طول ˚29 إلى ˚33 شرقاً وبين دائرتي عرض ˚34 إلى ˚39 شمالاً. تبلغ مساحته 89.318 كم٢، يسوده مناخ البحر المتوسط الجاف وشبه الجاف المتصف بقلة الأَمْطار، ويعاني الأردن من عجز في الموازنة المائية ما بين العرض والطَّلب، ووقوعه ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث يقل معدل الهطول المطري عن 200 ملم سنوياً على 90٪ من مِساحة أراضيه في حين تتلقى حوالي 4٪ (المرتفعات الشمالية الغربية) امطارا تزيد عن 300 ملم سنويا وقد تصل الى 600 ملم سنويا، تتصف هذه الامطار بالتفاوت في كميات الهطول من منطقة لأخرى، وبالتذبذب كما وتوزيعا بين سنة وأخرى. وارتفاع درجات الحرارة، مما يؤدي إلى ارتفاع معدلات التبخر، بالتالي هناك حاجة إلى تغييرات جذرية في الممارسات الحالية والسلوك المتعلق باستهلاك المياه في جميع القِطاعات، خاصة قِطاع الزِراعة أكبر مستهلك للمياه في الأردن، حيثُ أن قِطاع الزِراعة المَرْوية Irrigated Agriculture Sector استهلك أكثر من 50٪ من الموارد المائية المتاحة في الأردن لعام 2019 (وزارة المياه والري 2019 أ، وزارة الزراعة، 2018).

هناك ثلاث مناطق جغرافية مناخية رئيسية في الأردن تشمل: الاغوار، الأراضي المرتفعة، البادية الاردنية وامتدادها الشرقي نحو 90٪ من مساحة الاردن ولا يتجاوز سقوط الامطار عليها الـ 150 ملم في السنة، وتعتبر الأغوار وبخاصة وادي الأردن (سلة غذاء الأردن) الجزء الأكثر خصوبة في الأردن ويتميز بدفئه في فصل الشتاء الانتاج الزراعي المبكر للخضار والفواكه مقارنة ببقية مناطق المملكة ودول الجوار. أما الأراضي المرتفعة فتمتد من الشمال الى الجنوب في الجزء الغربي من الأردن وتفصل الأغوار عن البادية الأردنية ويتراوح ارتفاعها ما بين 600-1500 متر فوق سطح البحر، حيث تتلقى أكبر كمية من الأمطار في الأردن وتتمتع بغطاء نباتي طبيعي واسع، ويقطنها 90٪ من سكان الأردن (وزارة الزراعة، 2018).

يعتبر الزيتون من أهم محاصيل الأشجار المثمرة في الأردن ويعتبر زيت الزيتون مصدرا غذائيا اساسيا للمستهلك الاردني اضافة الى أنه من أهم عناصر الصناعة التحويلية في القطاع الزراعي ومن أهم صادرات الأردن. بلغت المساحة الاجمالية المزروعة أشجار الزيتون (569.5) الف دونم، قسمت الى مساحة مروية تبلغ (218.8) ألف دونم ومساحة بعلية تبلغ (350.7) ألف دونم وبلغ عدد أشجار الزيتون (10740.4) ألف شجرة، وكمية الانتاج من الزيتون (125150) طن واجمالي الصادرات (1585) طن في حين بلغت الواردات 0 ونسبة الاكتفاء الذاتي 101.3٪، وبلغت كمية الانتاج من الزيتون المحفوظ (24691) طن واجمالي الصادرات (5442) طن في حين بلغت الواردات (3879) طن ونسبة الاكتفاء الذاتي 106.8٪، في حين بلغت كمية الانتاج من زيت الزيتون (20706) طن واجمالي الصادرات (575) طن في حين الواردات 12 ونسبة الاكتفاء الذاتي 102.8٪ (دائرة الاحصاءات العامة، 2019).

عرَّفت اللِجنة الاستشارية للشراكة العالمية من أجل المياه الإدارة المتكاملة للموارد المائية: بأنها عملية تتيح التنمية المستدامة للموارد المائية وغيرها من الموارد ذات الصلة لتحقيق أكبر قدرمن الرفاهية الاقتصادية والاجتماعية وذلك بشكل منصف لا يؤثرعلى استدامة النظم الأيكولوجية الحيوية مستقبلاً. وكانت مبادئ الإدارة المتكاملة للموارد المائية في إحدى الاجندة الهامة في مؤتمر كوبنهاغن، (1991) والمؤتمر الدولي عن المياه والبيئة في دبلن، (1992) وقمة الأرض في ريو دي جانيرو

(1992). أن للمياه قيمة اقتصادية اياً كانت استخداماتها وينبغي الاعتراف بها كسلعة اقتصادية (http://www.escwa.un.org/esiap)

قُدم مفهوم المياه الافتراضية "Virtual Water" في أوائل التسعينات، واستغرق الأمر عقداً للحصول على إعتراف عالمي بأهمية مفهوم تحقيق الأمن المائي الإقليمي والعالمي، وعقد الاجتماع الدولي الأول بشأن هذا الموضوع في دلفت، هولندا، ديسمبر 2002، وخصصت دورة خاصة لمسئلة تجارة المياه الافتراضية (Virtual Water Trade VWT) في المنتدى العالمي الثالث للمياه في اليابان مارس 2003، عرفت فيها المياه الافتراضية لمنتج معين بأنها حجم المياه المستهلكة في عملية إنتاجه، كما عرفت تجارة المياه الافتراضية بأنها استيراد المنتجات كثيفة الاستهلاك المائي من البلاد فقيرة المياه وتصدير هذه المنتجات إلى البلاد الغنية بالمياه. فإذا قام بلد ما بتصدير منتج كثيف المياه إلى بلد آخر، فإنه يصدر المياه بشكل افتراضي. حيثُ أنَّ التجارة في المياه الحقيقية بين المناطق الغنية بالمياه والمناطق فقيرة المياه مستحيلة، بسبب المسافات الكبيرة والتكاليف المرتبطة بها،ولكن التجارة في المنتجات كثيفة الاستخدام للمياه (تجارة المياه الافتراضية) واقعية (Hoekstra, 2003) .

نتجن محدودية مصادر المياه في الأردن عن اعتمادها بشكل رئيس على كميات الامطار التي تتصف بعدم الانتظام من حيث التوزيع المكاني والزماني مما يستوجب تقييم هذه الموارد وحسن إدارتها واستخدامها بالشكل الأمثل الذي يضمن استدامتها. بلغت كميات الأمطار الهاطلة في السنة المائية 2018-2019 حوالي (9568) م م^3، ومعدلات التبخر (8871) م م^3 ، وحجم التغذية الجوفية (439.8) م م^3. وكانت مصادر المياه الكلية في الأردن لعام 2019 من المياه الجوفية والمياه السطحية المحلية والمياه السطحية الاقليمية والمياه غير التقليدية (1215.72) م م^3. وكانت كميات المياه الجوفية المتجددة وغير المتجددة المستخرجة من الأحواض المائية الجوفية للعام 2019 حوالي (618) م م^3. وبلغت الاستخدامات الزراعية من المياه الجوفية بحسب الكميات المقاسة والمقدرة من الآبار الزراعية حوالي (235.65) م م^3 علماً بأن جزء منها يقدر ب (16.65) م م^3 من حقل ابار المخيبه يتم اسالتها في قناة الملك عبدالله كمياه سطحية للزراعة. بلغت كميات المياه السطحية المستعملة لمختلف الأغراض في العام 2019 حوالي (340.44) م م^3 منها (16.65) م م^3 من مصادر جوفية (ابار المخيبة) تستخدم للزراعة من خلال قناة الملك عبدالله. شكل الاستعمال المائي للأغراض الزراعية ما نسبته 54.09٪ من إجمالي المياه السطحية المستعملة (184.41) م م^3. يمثل الفرق بين مصادر المياه السطحية المتاحة ضمن حدود الأردن مضافاً اليها مصادر المياه السطحية الإقليمية (612.2 م م^3) وما هو مستغل من المياه السطحية في جميع المناطق (342.17) م م^3 كميات المياه من الفيضانات والفواقد غير المسيطر عليها والتي إما تتبخر أو يتم تصريفها في البحر الميت ونهر الأردن (الموازنة المائية، 2019 ب).

بلغت كميات المياه العادمة المعالجة في العام 2019 حوالي (178.2) م م^3 حيث يعاد استخدام حوالي 159.9 م م^3 منها أي ما نسبته 89.73 ٪ تقريبا. تستخدم هذه الكميات بعد خلطها بمياه الفيضانات ومياه الجريان الأساسي من الأودية لأغراض الري في وادي الأردن وجزء منها يستخدم بشكل مباشر في المناطق المحيطة بمحطات التنقية أو أثناء جريانها باتجاه السدود، كما يستخدم جزء بسيط منها أيضاً لأغراض الصناعة في محافظة العقبة. تنتج كميات المياه العادمة المعالجة التي لا يتم إعادة استخدامها والتي تقدر بحوالي (18.3) م م^3 وبشكل رئيسي من محطات التنقية شمال المملكة (وادي العرب والشلالة وإربد المركزية) بالإضافة الى محطة تنقية جنوب عمان وبعض المحطات الصغيرة جنوب المملكة. يتم تحلية حوالي (3.69) م م^3 من المياه الجوفية المسوس وخاصة من حقل ابار أبو

الزيغان ليتم ضخها في شبكة المياه واستعمالها للأغراض البلدية كما يتم تحلية مياه بعض الأبار في مناطق متفرقة من الأردن والتي تدنت نوعية مياهها الجوفية بسبب الضخ الجائر وتملح الطبقات المائية بحيث تستخدم للأغراض البلدية والزراعية وتعتبر كمياتها قليلة نسبياً. يضاف الى استعمالات المياه غير التقليدية المصادر المائية من تحلية مياه البحر والتي بدأت فعلياً في عام 2018 من خلال مشروع محطة تحلية العقبة والذي تبلغ سعتة الإنتاجية القصوى حالياً حوالي (5) م م^3 بحيث والتي يتم استعمال حوالي (1.81) م م^3 منها للأغراض البلدية في مدينة العقبة عام 2019 و الباقي يستخدم في الصناعة (وزارة المياه والري، 2019 ج).

أَظهَرَتْ دِراسة Gleick (2010)، أن الحضارة الحديثة حققت تقدماً ملحوظاً في إدارة المياه في القرون القليلة الماضية. وتعيش المدن المزدهرة الآن في المناطق الصحراوية، معتمدة على مزيج من التكنولوجيات البسيطة والمعقدة وأنظمة الإدارة لتوفير المياه الكافية ومعالجة المياه العادمة. وقد سمحت هذه النظم بتوفير احتياجات الإنتاج الزراعي التجمعات الحضرية والتوسع في المناطق التي كان يعتقد سابقاً أنها تعاني من رطوبة غير كافية. وبالرغم من ذلك تتزايد الأدلة أيضاً على أن إدارتنا الحالية للمياه واستخدامها غير مستدامين، فالقيود المادية والاقتصادية والبيئية تقيد تطوير إمدادات جديدة وسحب إضافي للمياه، حتى في المناطق التي لم يكن يعتقد من قبل أنها معرضة للقيود المفروضة على المياه. وتؤدي أنواع جديدة من الحدود إلى إجبار مديري المياه وصانعي السياسات على إعادة النظر في الافتراضات السابقة المتعلقة بالسكان والتكنولوجيا والتخطيط الإقليمي وأشكال التنمية. بالإضافة إلى ذلك، تظهر الآن تهديدات جديدة، لا سيما التحديات التي تفرضها التغيرات المُنَاخية. إن الإدارة المستدامة للمياه واستخدامها في المناطق الجافة وشبه الجافة سوف تتطَّلب تفكيراً جديداً حول استخدام المياه بطرق متعددة التخصصات وبإدارة متكاملة من قبل خيارات متعددة لخارِطَة طريق الإدارة المستدامة للمياه واستخدامها في العقود المقبلة.

بين Hadadin, *et al.* (2010)، أنَّ التحدي البيئي الكبير الذي يواجه الأردن اليوم هو ندرة المياه. ومن المؤكد أن وجود المياه هي السمة البارزة في معادلة السكان/ الموارد، حيثُ أن المياه في الأردن تتسم بمحدوديتها مع ارتفاع متواصل في عدد السكان، وهذا الارتفاع مقترناً بتدفقات هائلة من اللاجئين، سيؤدي إلى حالة من عدم التوازن بين السكان والمياه. موارد المياه في الأردن ليس لها القدرة على تلبية احتياجات السكان بطريقة مستدامة. إضافة إلى الزيادة السكانية فان الموارد المائية تستنزف في الغالب لمشاركة ثلاثة احواض سَطْحية مع البلدان المجاورة حيث أدت سيطرة هذه البلدان على المياه من حرمانها جزئياً من حصتها العادلة من المياه. وكذلك فان الاستخدام الحالي للمياه يتجاوز بالفعل كمية التغذية المتجددة. يتم نغطيه هذا العجز عن طريق ضخ جائر لمعظم خزانات المياه الجوفية مما انعكس على هبوط وانخفاض واضح وشديد في منسوب المياه وتراجع نوعية المياه. وخلصت الدِراســـة ان العناصر الأكثر أهمية و"القابلة للتنفيذ" من حلول استدامة المياه هي: تطوير إمدادات جديدة من المياه، جمع المياه، تحلية المياه، إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في القِطاع الزراعي والحد من الطَّلب على المياه.

أكدت دِراسة Wichelns, a (2010)، على ضرورة تطبيق مفهوم المياه الافتراضية في معظم الأحيان عند مناقشة أو مقارنة الدول الفقيرة بالمياه والدول الغنية أو التي توصف بوفرة المياه. لهذا السبب وصفت السياسات التي تنشأ من مناقشات المياه الافتراضية أن من شأنها تحقيق أقصى قدر من المنافع الصافية.

وفي دِراسة Wichelns, b (2010)، بعنوان التحليل الاقتصادي لمفهوم المياه الافتراضية، وفيما يتعلق بقِطاع الأغذية الزراعية، تم تعريف المياه الافتراضية وطرق التوصل إلى حسابها. حيثُ أجرى العديد من الباحثين تحليلاً تجريبياً لـ "تدفقات المياه الافتراضية" بين البلدان، من خلال مقارنة الاحتياجات المائية للمَحاصيل والمنتجات الحيوانية المشاركة في التجارة الدولية. واستنتج الباحثون أن بعض البلدان مستوردة للمياه الافتراضية في حين أن بلدان أخرى تُعْتَبَر مصدرة.

وفي دِراسة Abu-Sharar *et. al.*, (2012)، تم حِساب المياه الافتراضية للسلع المستوردة وتكاليفها، بالإضافة إلى انه تم حِساب وتقِيَمْ الجدوى الاقتصادية لجميع المَحاصيل في الأردن باستخدام صافي العائد لكل وحدة حجم من المياه والمياه الافتراضية كجزء لا يتجزأ من وحدة الكتلة من الإنتاج. وأَظهَرَتْ نتائج هذه التحليلات أن هناك اختلافات إقليمية في ربحية المَحاصيل وبالتالي صافي العائد من وحدة حجم من المياه للري. ويعزى ذلك إلى الاختلافات المُنَاخية المناطق الزراعية ومدخلات الإنتاج وتقنيات الري والوصول إلى موارد المياه.

يمكن اعتماد مفهوم المياه الافتراضية لتحسين إدارة المياه في إطار إدارة الموارد المائية الشحيحة، حيث تزايد مؤخراً الإهتمام بمفهوم الاستعمال المائي المستدام، والتركيز على تنمية الموارد المائية واستغلال المصادر غير التقليدية منها. بهدف تعظيم الاستفادة من الموارد المتاحة وزيادة كفاءة استخدامها. وتقليل الفاقد منها والحفاظ على نوعية المياه. من هنا جاءت أهمية معرفة محتوى المياه الافتراضية للمَحاصيل الزراعية Virtual Water Crop. إذ يخلق الوعي بأحجام المياه اللازمة لإنتاج مختلف المَحاصيل الزراعية المَرْوية، مما يوفر فكرة عن المَحاصيل التي تؤثر بشكل كبير على نظام المياه، حيثُ يمكن تحقيق وفورات في المياه المتاحة.

أهداف الدراسة

1. حساب الاستهلاك المائي للزيتون في الاردن من خلال المفاهيم التالية:
   - الاحتياجات المائية.
   - صافي استهلاك المياه.
   - المياه الافتراضية.
   - الطلب الفعلي للمياه.
   - تجارة المياه الافتراضية
2. انتاج خرائط الاستهلاك المائي (الكلفة المائية) للزيتون على مستوى الاردن:
   - التبخر-نتح المرجعي.
   - الاجتياجات المائية.
   - المياه الافتراضية.

المنهجية

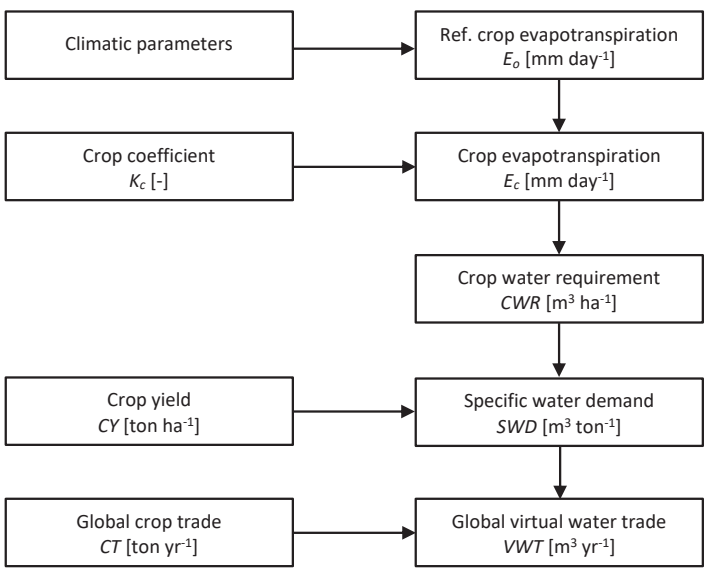
- تم استخدام البيانات المناخية (2019-2020) لمجموعة من المحطات المناخية الموضحة في الجدول (1)، وكانت البيانات ساعية للمتغيرات المناخية (درجات الحرارة العليا ودرجات الحرارة الدنيا والرطوبة النسبية وسرعة الرياح).

جدول (1): المحطات المناخية ومواقعها الجغرافية.

Type	ID	Class	Name (arab)	PBE	PBN
Weather	AB0007	Telemetric	سد الكرامه	202247.7	1158224
Weather	AD0038	Telemetric	الباقوره	206574.7	1226401
Weather	AE0008	Telemetric	اربد	228689.9	1215863
Weather	AL0057	Telemetric	وادي السير	230159	1151447
Weather	AL0066	Telemetric	الخربه السمرا	259489.1	1173788
Weather	CA0017	Telemetric	جبل نبو	221200.4	1130289
Weather	CC0004	Telemetric	المشقر	226058.9	1131458
Weather	CD0003	Telemetric	الموقر	255032.6	1135769
Weather	CD0008	Telemetric	سد وادي الموجب	227383.6	1095859
Weather	CD0010	Telemetric	الربة	220691.3	1075909
Weather	CF0006	Telemetric	الغور الصافي	197794.3	1050980
Weather	CF0007	Telemetric	الحسا	247871.6	1027513
Weather	DE0004	Telemetric	القادسيه	210724.6	1007257
Weather	EA0002	Telemetric	رحمه	162210.6	925424.3
Weather	ED0026	Telemetric	العقبة	147995.9	886662.7
Weather	F0021	Telemetric	الصفاوي	351666.3	1179787
Weather	F0022	Telemetric	قصر طوبا	310406.5	1078010
Weather	G0018	Telemetric	معان	218554.8	955746.5
Weather	K0001	Telemetric	المدوره	249155	861139.4

المصدر: وزارة المياه والري، 2020

- اتباع الخطوات التي نتجت عن الاجتماع الدولي للمياه الافتراضية عام 2003، International Expert Meeting on Virtual Water Trade، والتي تعتمد على منهجية منظمة الأغذية والزراعة – التابعة للأمم المتحدة، أو ما يعرف منهجية FAO56 (Allen et al., 1998) كما يظهر في شكل (1) التالي:



شكل (1):المنهجية المتبعة في الدراسة
المصدر: (Allen et al., 1898)

- تحويل البيانات المناخية الساعية إلى يومية لحساب التبخر -نتح المرجعي Reference (ETo) Crop Evapotranspiration اليومي باستخدام برمجية ETo-Calculator، وهي متاحة على الموقع الإلكتروني لمنظمة الأذية والزراعة للأمم المتحدة (http//www.fao.org/nr/water/eto.html).
- حِساب التبخر - نتح المحصولي CroP Evapotranspiration (ETc) لكل محصول بناءاً على المعادلة (1):

$$ETc = ETo \times Kc \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

ويظهر الجدول (2) قِيَمْ معامل المحصول Kc المحسوب وفقا لطريقة FAO56 للزيتون.

جدول (2): قِيَمْ معامل المحصول Kc النظرية للزيتون.

الشهر	أشجار الزيتون
تشرين الاول	0.6
تشرين الثاني	0.5
كانون الاول	0.3
كانون الثاني	0.4
شباط	0.4
اذار	0.5
نيسان	0.6
ايار	0.5
حزيران	0.55
تموز	0.6
آب	0.6
ايلول	0.6

المصدر: www.fao.org

- الاحتياجات المائية للمَحاصيل المَرْوية (RWC) tnemeriuqeR retaW porC تساوي تراكم التبخر- نتح المحصولي للمحصول طول الموسم cTE Σ كما في المعادلة (2):

$$CWR = \Sigma ETc \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

- المياه الافتراضية Virtual WateR Crop (VWC) تساوي الاحتياج المائي مقسوماً على الانتاجية لهذه المحاصيل Crop Yield (CY). كما في المعادلة (3):

$$VWC = CWR/CY \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

- صافي الاستهلاك المائي Net Crop Water Demand (NCWD) يساوي الاحتياجات المائية RWC مضروبة بمِساحة المحصول كما في المعادلة (4):

$$NCWD = CWR * area \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

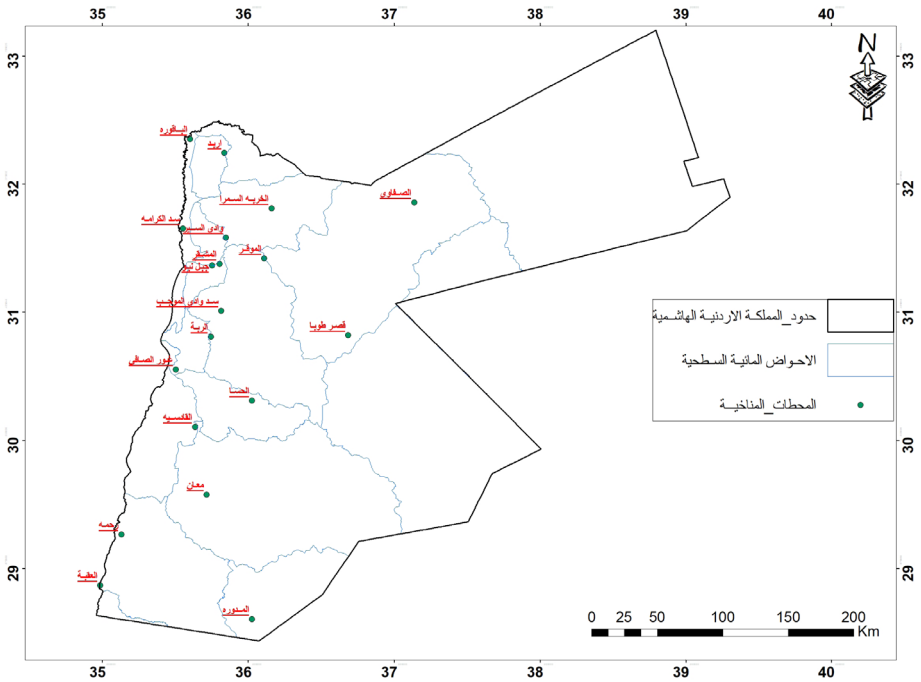
- الطَّلب الفعلي للمياه Specfiic Water Demand (SWD) تساوي المياه الافتراضية مضروبة بالإنتاج Production كما في المعادلة (5):

$$SWD = VWC * Production \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

- تجارة المياه الافتراضية (WVT) Global Virtual Water Trade تساوي الانتاج المصدر بالطن مضروبا في قيمة المياه الافتراضية له كما في المعادلة (6):

WVT = SWD * CT..... (6)

– استخدام برنامج Arc GIS 10.3 لإخراج خرائط التبخر-نتح المرجعي والاحتياجات المائية والمياه الافتراضية على مستوى الاردن، من خلال إدخال طبقه المحطات على برنامج ARC-GIS-10.3 باستخدام إحداثيات المحطات المناخية وطبقة حدود الاردن وطبقة الاحواض المائية السطحية (وزارة المياه والري)، وتحويلها إلى نظام الإحداثيات GCS_WGS_1984. ومن ثم تمثيل الخرائط باستخدام Raster Interpolation بطريقة IDW، وهي طريقة توليد البيانات ليكون لدينا قيم لكل نقطة في الخارطة، يظهر الشكل (2) المحطات المناخية موزعة على المملكة الاردنية الهاشمية والاحواض المائية السطحية.

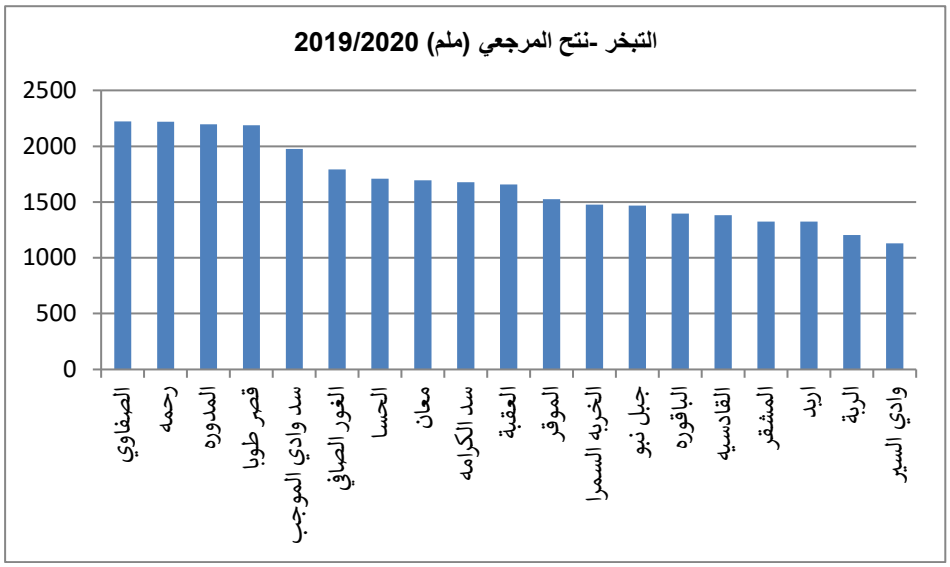


شكل (2): التوزيع المكاني للمحطات المناخية على المملكة الاردنية الهاشمية والاحواض المائية السطحية.

النتائج والمناقشة

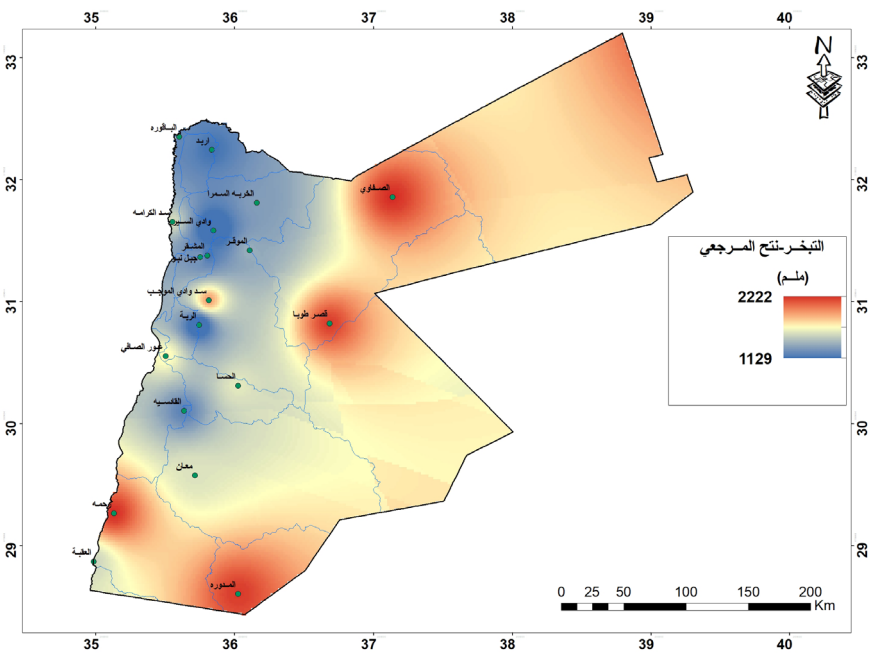
التبخر- نتح المرجعي (ETo)

يبين الشكل (3) توزيع التبخر-نتح المرجعي للسنة المائية (2019-2020) في المحطات المناخية المعتمد بياناتها، حيث يظهر أن قيم التبخر- نتح المرجعي في محطة الصفاوي هي الأعلى، بينما أقل قيمه للتبخر – نتح المرجعي في محطة وادي السير.



شكل (3): التبخر- نتح المرجعي للسنة المائية (2019-2020) للمحطات المناخية.

تبين الشكل (4) خارطة التبخر- نتح المرجعي (ETo) للسنة المائية (2019-2020) للاردن، ويظهر تباين في القيم من منطقة إلى أخرى فبالانتقال من الغرب الى الشرق ومن الشمال الى الجنوب حيث تزداد قيم التبخر-نتنح المرجعي ويعود ذلك العوامل المناخية خاصة ارتفاع درجات الحرارة، إذ تراوحت القيم من أقل قيمة (1129) ملم الى أعلى قيمة (2222) ملم وبمعدل **(1688) ملم**، وهذا ينطبق على الاحتياج المائي للزيتون في هذه المناطق.



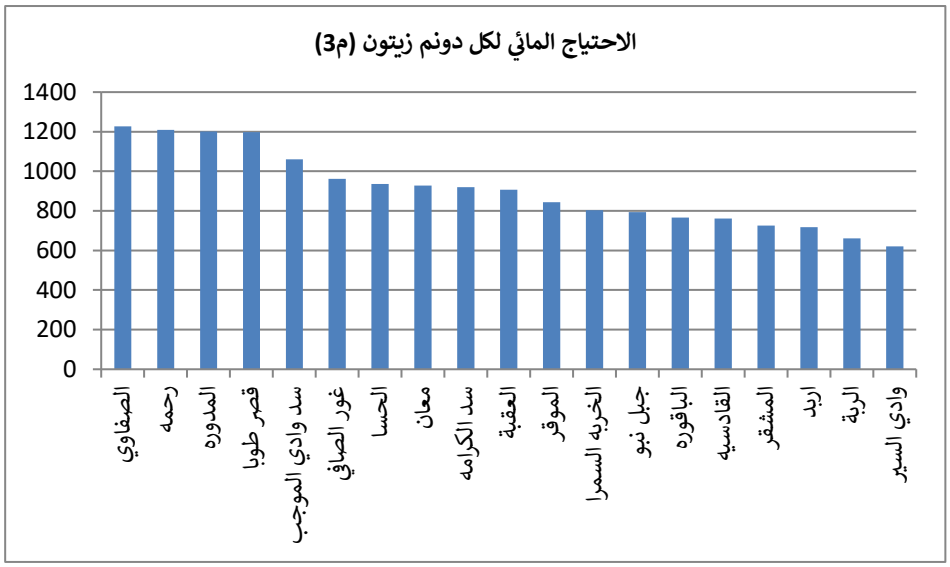
شكل (4): التبخر- نتح المرجعي للسنة المائية (2019-2020) للاردن.

الاحتياجات المائية Crop Water Requirement

استحدثت منظمة الأغذية والزراعة FAO مفهوم التبخر- نتح المرجعي ETo لدِراسة الطَّلب

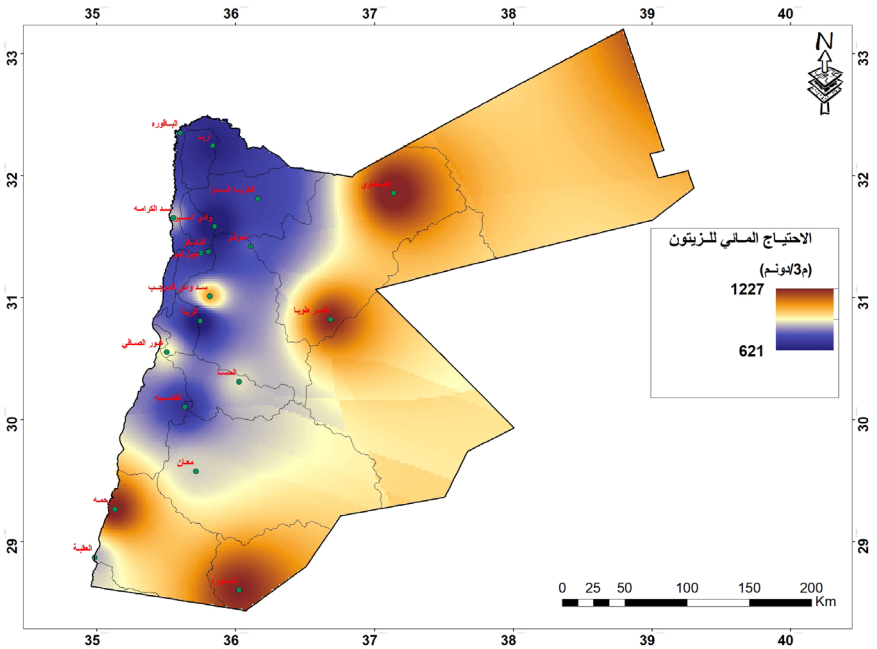
التبخيري للغلاف الجوي بشكل مستقل عن نوع المَحاصيل، ونمو المَحاصيل، والممارسات الإدارية. والعوامل الوحيدة التي تؤثر على التبخر- نتح المرجعي هي البيانات المُنَاخية. ويعرف ETo بأنه معدل التبخر – نتح من المحصول المرجعي الافتراضي (سَطْح عشبي أخضر) ممتد بارتفاع يبلغ من 12 سم مزدهر النمو ويغطي الأرض كلياً ولا يعاني من شح المياه او أية امراض.

يبين الشكل (5) الاحتياج المائي للزيتون في المحطات المناخية المعتمد بياناتها، وتراوحت القيم ما بين الأعلى احتياجاً للمياه في حوض الازرق (محطة الصفاوي)، في حين كان الزيتون أقل احتياجاً للمياه في حوض عمان-الزرقاء (محطة وادي السير) وكانت النتائج متوافقة مع نتائج التبخر-نتح المرجعي.



شكل (5): الاحتياج المائي لكل دونم زيتون للسنة المائية (2019-2020) للمحطات المناخية.

تظهر الخارطة (شكل 6) كمية الاحتياج المائي لكل دونم في السنة المائية 2019-2020 في الاردن لمحصول الزيتون والتي تتراوح ما بين اقل قيمة (-621) م^3 واعلى قيمة (1227) م^3 وبمعدل (**923**) **م**^{3} لكافة المحطات المناخية المستخدم بياناتها، من هنا نلاحظ الفرق الكبير بين المناطق في الاحتياج المائي لكل دونم مزروع بأشجار الزيتون.



شكل (6): كمية الاحتياج المائي م^3/دونم من الزيتون للسنة المائية (2019-2020) في الاردن

صافي الاستهلاك المائي Net Crop Water Demand

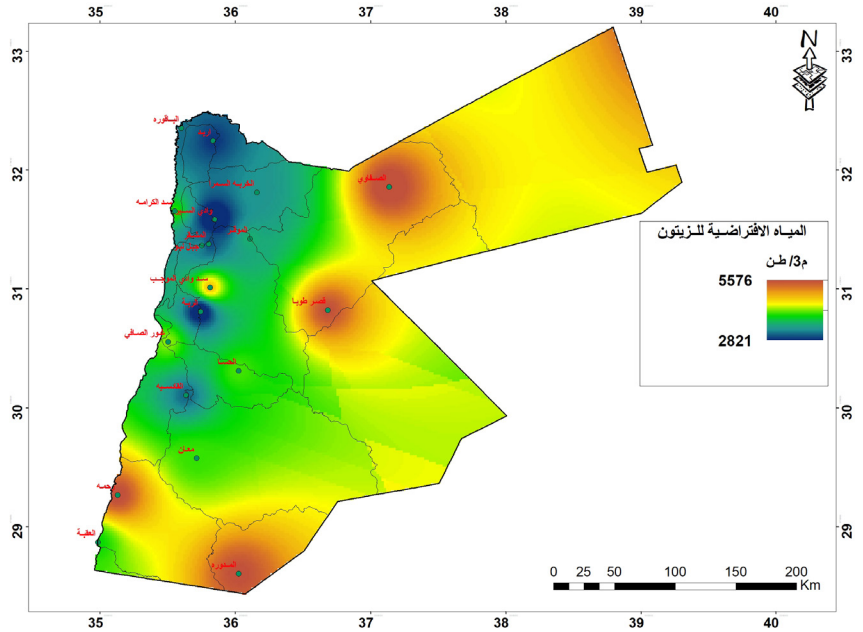
أَظهَرَتْ نتائج حساب صافي الاستهلاك المائي أن صافي استهلاك المياه لـ (569,5) الف دونم من أشجار الزيتون (2019-2020) يساوي (525.649) م م^3.

الانتاجية Crop Yield

تم الرجوع إلى دائرة الاحصاءات العامة (2019)، لحساب معدل الانتاجية Yield للزيتون لكامل الأردن، وذلك بمعرفة المِساحة والإنتاج. بلغت المساحة الاجمالية المزروعة بمحصول الزيتون (569.5) الف دونم، وبلغت كمية الانتاج (125150) طن، وعليه فإن معدل انتاجية الزيتون على مستوى الأردن (0.22) طن/دونم.

المياه الافتراضية Virtual Water Crop

تظهر الخارطة (شكل 7) كميات المياه الافتراضية اللازمة لانتاج -طن واحد من الزيتون في كافة انحاء الأردن - تتراوح ما بين اقل قيمة (2821) م^3 واعلى قيمة (5576) م^3. بالتالي يكون معدل الكلفه المائية **(4194) م^3** مياه لطن الزيتون المنتج في السنة المائية (2019-2020). كما ويظهر ارتفاع المياه الافتراضية للزيتون في المناطق الشرقية والجنوبية.



الشكل (7): كمية المياه الافتراضية (م^3/طن) في كافة انحاء الأردن لمحصول الزيتون (ثمار) للسنة المائية (2019-2020).

الطَّلب الفعلي للمياه Specific Water Demand

يمكن حِساب الطَّلب الفعلي للمياه SWD لانتاج الزيتون في السنة المائية 2019-2020 من خلال ضرب قِيَمْ المياه الافتراضية طوال السنة بقِيَمْ إنتاجه. يظهر الجدول (3) أن المساحة المزروعة بالزيتون (569500 دونم) أنتجت (125150) طن من الزيتون وكان طلبها الفعلي للمياه يساوي (524.879) م م^3، لكن في حال تم تقسيم الانتاج الى ثمار وزيت، فإن (20706) طن زيت كان طلبها الفعلي للمياه (86.841) م م^3، أما الزيتون المحفوظ كان انتاجه (24691) طن وطلبها الفعلي للمياه (103.554) م م^3.

جدول (3): تقديرات الطَّلب الفعلي للمياه للسنة المائية 2019-2020 لانتاج االزيتون في الاردن.

النوع	الإنتاج (طن)	معدل المياه الافتراضية (م^3/طن)	الطَّلب الفعلي للمياه (م م^3)
زيتون	125150	4194	524.879
زيتون محفوظ	24691	4194	103.554
زيت زيتون	20706	4194	86.841

تجارة المياه الافتراضية Virtual Water Trade

يمكن التوصل الى مقدار المياه التي يتم تصديرها من خلال ضرب الانتاج المصدر في قيمة المياه الافتراضية له بالتالي تقدير كمية المياه الافتراضية المصدرة مع كل طن يتم تصديره، ويظهر الجدول (4) أن تصدير (1585) طن لسنة (2019-2020) من الزيتون يعني تصدير (6.647) م م^3 مياه، وتصدير (575) طن زيت لسنة (2019-2020) يعني تصدير (2.412)م م^3 مياه، أما الزيتون المحفوظ كانت صادراته (5442) طن لسنة (2019-2020) مما يعني تصدير (22.824) م م^3 مياه لسنة.

جدول (4): تقديرات تجارة المياه الافتراضية للزيتون 2019-2020 في الاردن

النوع	معدل المياه الافتراضية (م³/طن)	الصادرات (طن للسنة)	تجارة المياه الافتراضية (م م ³ للسنة)
زيتون	4194	1585	6.647
زيتون محفوظ	4194	5442	22.824
زيت زيتون	4194	575	2.412

اخيراً توصي الدراسة بضرورة اعتماد مفهوم المياه الافتراضية كأداة أكثر حكمة لتحديد الكلفة المائية في الزراعة المروية، واستخدام نظم المعلومات الجغرافيا في انتاج خرائط الكلفة المائية للمحاصيل.

قائمة المراجع

Abu-Sharar, T. Al-Karablieh, E. & Haddadin, M. (2012). Role of Virtual Water in Optimizing Water Resources Management in Jordan. *Water Resource Manage, 26*, 3977–3993.

Allen, R.G., Perrier, L.S., Raes, D. and Smith, M. (1998) Crop Evapo-transpiration: Guidelines for Computing Crop Requirements*, Irrigation and Drainage Paper No. 56*, FAO, Rome, Italy

Gleick P. (2010), Roadmap for sustainable water resources in southwestern North America. PNAS, 107(50), 21300–21305.

Hoekstra, A.Y. (2003). Virtual water: An introduction, Virtual water trade Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, *Value of Water Research Report Series No. 12*.

Hadadin, N. Qaqish, M. Akawwi, E. & Bdour, A. (2010). Water shortage in Jordan - Sustainable solutions, *Desalination, 250*,197–202.

Ministry of Water and Irrigation (2020). *Unpublished Data and Reports*, Amman, Jordan.

Ministry of Water and Irrigation (2019). *Water Budget*, Amman, Jordan.

Ministry of Agriculture (2018). *Annual Statistical Report*, Amman, Jordan.

The Department of Statistics (2019). *Jordan Statistical yearbook*, Amman, Jordan.

Wichelns, D. (2010 a). Sustainable Management of Water Resources in Agriculture. www.oecd.org/publishing/corrigenda.

Wichelns, D. (2010 b). An Economic Analysis of the Virtual Water Concept in relation to the Agri-food Sector. *www.oecd.org/publishing/corrigenda http://www.escwa.un.org/esiap, http://www.fao.org/nr/water/ eto.html*

Using Geographic Information Systems to Produce Maps of The Water Cost of Olives in Jordan for The 2020-2019 Water Year

Rasha Ahmad Aburukba[1] and Ali Omar Albrezat[2]

[1]*National Agricultural Research Center, Al-Baqah, Jordan*

[2]*The University of Jordan, School of Agriculture, Amman, Jordan*

*E-mail: rasha.pawa88@gmail.com

Abstract

The study aims to employ geographic information systems to produce maps of the water cost of the olive harvest in Jordan for the water year 2019-2020 through the concepts of water consumption: (Reference Evapotranspiration, Crop Evapotranspiration, Water Requirement, virtual water, net water consumption, actual water demand. Virtual water trade) by following the FAO56 method, based on the climatic data of a group of climatic stations distributed throughout the Kingdom and the yield and productivity factors, by using the cartographic criteria necessary to produce digital maps to express the true reality of water consumption of the olive crop.

The Reference Evapotranspiration accumulation rate was estimated at 1688 mm, and the values ranged between (lowest value 1129 mm and highest value 2222) mm. The average water requirements for each dunum of olive cultivated was estimated 923 m3 of water, and the values ranged between (the lowest value 621 and the highest value 1227) m3 / dunum. The net Crop Water Demand of the area (569.5 thousand donums) planted with olives was estimated at 525.649 m3 of water. The Virtual water rate for olive productivity (0.22 tons / dunum) was estimated at 4194 m3 / ton, and the values ranged between (the lowest value 2821 and the highest value 5576) m3 / ton. The Specific Water Demand was estimated as follows: (for the production of olives (125150 tons) with 524.879 m m3 of water, for the production of preserved olives (24691 tons) with 103.554 m m3 for the production of olive oil (20706 tons) for 86.841 m m3 of water). The Virtual water trade was estimated as follows: (for olive exports (1585 tons / year) amount to 6.647 m m3/ year of water, for Preserved olives exports (5442 tons / year) amount to 22,824 mm3 / year for water, for olive oil exports (575 tons / year) with 2.412 mm3 / year water.

The study recommends the necessity of adopting the concept of virtual water as a wise tool for determining the water cost in irrigated agriculture, and using geographic information systems in producing crop water cost maps.

Keywords: Evaporation-Transpiration, Water Requirement, Virtual Water, Net Crop Water Demand, Specific Water Demand, Geographic Information Systems.

Received: 15/03/2021
Revised: 21/04/2021
Accepted: 10/05/2021