

تأثير ظاهرة الاحتباس الحراري على الاحتياجات المائية للمحاصيل في مدينة مصراتة - ليبيا حتى عام 2050

أ. عبدالرحمن عبدالله عبدالرحمن معيوف

كلية الهندسة - جامعة مصراتة - ليبيا

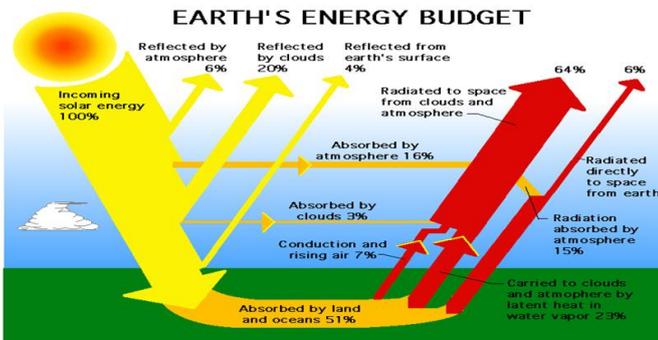
قسم الهندسة المدنية

abdurrhman.mayof@eng.misuratau.edu.ly

خلال العقود الأخيرة من القرن الماضي مما أدى إلى ذوبان الجليد في كل من القطبين الشمالي والجنوبي وهذا بدوره أدى إلى زيادة منسوب المياه في البحار [17]. وأكثر من ذلك، فإن ارتفاع درجة حرارة الجو سوف يزيد من عملية البخر- نتح للنباتات المختلفة، مما يزيد من احتياجاتها المائية، كما يؤثر أيضا على إنتاجية المحاصيل الزراعية. ومن ثم فإن هذه الظاهرة سوف تضع على عاتق متخذي القرار العديد من التحديات لتوفير المتطلبات المائية لمجابهة الاحتياجات المائية نتيجة الزيادة السكانية وما يلزمها من توسع في الأنشطة الزراعية. والأنتعاني ليبيا ومنها مدينة مصراتة من عجز مائي كبير والذي يزداد في العقود المستقبلية، ويزيد الوضع تعقيدا في المستقبل، التغيرات المناخية وتأثيرها على الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية.

ومن المتوقع حدوث تغير في معدلات وأماكن سقوط الأمطار ومواسمها، وكذلك نقص في الجريان السطحي في الأنهار. هذا بالإضافة إلى إن ارتفاع درجة الحرارة سيؤدي إلى زيادة معدل الاستهلاك المائي للمحاصيل أو ما يسمى بالبخر- نتح (ET) Evapotranspiration، وهذا هو الموضوع قيد البحث في الدراسة الحالية. وتمتص الأرض حوالي 51% من طاقة الإشعاع الشمس، ويتبقى 49% في الغلاف الجوي يمكن توزيعها كما يلي [14]:

- 6% تعكس بالغلاف الجوي.
 - 20% تعكس بالسحب.
 - 4% تعكس من سطح الأرض.
 - 16% تمتص في الغلاف الجوي بواسطة بخار الماء وغازات أخرى.
 - 3% تمتص بالسحب.
- وشكل (1) يوضح التوازن الحراري بين الأرض والغلاف الجوي.



شكل 1. التوازن الحراري بين الأرض والغلاف الجوي [14]

المخلص---تعتبر ليبيا ومنها مدينة مصراتة من المناطق الجافة، حيث تبلغ نسبة مساحة المناطق التي يتجاوز معدل سقوط الأمطار السنوي فيها 100مم حوالي 5% من المساحة الكلية. ويعتبر معدل البخر السنوي فيها مرتفع حيث يتراوح ما بين 1700مم في الشمال إلى 6000 مم في الجنوب، [3]. وتعتبر المياه الجوفية هي المصدر الرئيسي للمياه في ليبيا حيث تمثل 86% من الموارد المائية المتاحة، يستعمل منها حوالي 85% في الري والمشاريع الزراعية. ومع التزايد السكاني المضطرب والتوسع العمراني وازدياد الأنشطة الزراعية، يزداد الطلب على المياه في ظل ثبات الموارد والاحتياجات المائية، الأمر الذي يندرج بالخطر. وتعاين ليبيا حاليا عجزا مائيا، فقد بلغ هذا العجز حوالي 0.98 مليار م³ عام 1990 ويتفاقم تدريجيا حتى يصل إلى 5.34 مليار م³ عام 2050 وذلك مع تحقق الحجم الافتراضي لثبات سكان ليبيا عام 2050، والذي قد يصل إلى 36 مليون نسمة. ومن ناحية أخرى فإن حصة الفرد من المياه المتجددة بلغت حوالي 110م³ في عام 2010، بينما يقدر الحد الحرج بحوالي 500 م³ لكل فرد سنويا، ويقدر حد الاستقرار الذي يضمن استمرار التنمية والاستقرار الاقتصادي بحوالي 1000م³ لكل شخص في السنة وهو ما يسمى بخط الفقر المائي، [4].

وفي ظل هذا الوضع المائي الصعب في ليبيا، تطل علينا ظاهرة الاحتباس الحراري لتزيد الوضع تعقيدا، حيث تشير تقارير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) إلى حدوث تغير في مناخ الكرة الأرضية بسبب ظاهرة الاحتباس والذي يؤثر سلبا على البيئة الأرضية.

1. المقدمة

إن مصطلح الاحتباس الحراري (Global Warming (GW هو الارتفاع التدريجي في درجة حرارة الطبقة السفلية من الغلاف الجوي المحيطة بسطح الأرض. وارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي المحيط بالأرض هو أحد عدة متغيرات مناخية حدثت للأرض وستستمر في الحدوث في المستقبل. وتلعب ما يسمى بغازات البيوت الزجاجية (GHG) Greenhouse gases دورا حيويا في هذه التأثيرات التي تحدث لمناخ الأرض. ومن المعلوم أن ظاهرة التغيرات المناخية الناشئة عن الاحتباس الحراري هي ظاهرة عالمية إلا أن تأثيراتها محلية، أي تختلف من مكان إلى مكان على سطح الأرض.

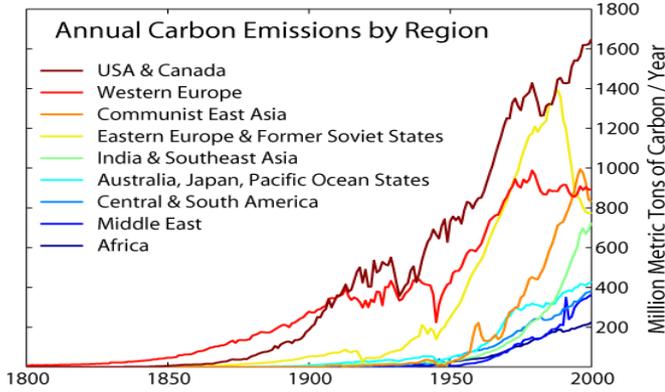
ومع تنامي الاحتياجات المائية المستقبلية وثبات الموارد المائية الحالية في ليبيا يزداد الوضع المائي تعقيدا خاصة مع تأثير ظاهرة الاحتباس الحراري وتأثيراتها السلبية على البيئة فقد أصبح العالم بأكمله متقبلا لنظرية التغيرات المناخية التي تحدث لكوكب الأرض، حيث أجمع الكثير من العلماء على أن زيادة تركيز غازات الصوبات الزجاجية يؤثر بشكل ملحوظ على درجة حرارة الأرض. ولقد ارتفعت درجات الحرارة بالفعل

استلمت الورقة بالكامل في 1 يونيو 2023 وروجعت في 3 أغسطس 2023
وقبلت للنشر في 26 أغسطس 2023

ونشرت ومتاحة على الشبكة العنكبوتية في 3 أكتوبر 2023.

2. تأثير البيت الزجاجي

وهو ما يعرف في بعض الأقطار العربية بتأثير الدفيئات باعتبار أن كلمة الدفيئة هي التعريب لكلمة البيت الزجاجي، حيث يستقبل البيت الزجاجي طاقة الإشعاع الشمس ويخزنها بداخله مما يزيد من حرارة الهواء بداخله. وتلعب الغازات الدفيئة (GHG) دوراً حيوياً ومهماً في إعتدال درجة حرارة سطح الأرض، حيث تمتص الأرض الطاقة المنبعثة من الإشعاعات الشمسية وتعكس جزءاً من هذه الإشعاعات إلى الفضاء الخارجي، وجزءاً من هذه الطاقة أو الإشعاعات يمتص من خلال بعض الغازات الموجودة في الغلاف الجوي. وهذه الغازات هي الغازات الدفيئة التي تلعب دوراً حيوياً ورئيسياً في تدفئة سطح الأرض وتحافظ على حرارته ثابتة وبمعدلها الطبيعي (أي بحدود 15°C)، ولولا هذه الغازات لوصلت درجة حرارة سطح الأرض إلى (-18°C) تحت الصفر، [16]. ونتيجة النشاطات الإنسانية المتزايدة وخاصة الصناعية منها إزداد إنبعاث الغازات الدفيئة لدرجة أصبح مقدارها يفوق ما يحتاجه الغلاف الجوي للحفاظ على درجة حرارة سطح الأرض، فوجود كميات إضافية من الغازات الدفيئة وتراكمها في الغلاف الجوي يؤدي إلى الاحتفاظ بكمية أكبر من الطاقة الحرارية وبالتالي تبدأ درجة حرارة سطح الأرض في الارتفاع، والشكل (2) يوضح تأثير البيت الزجاجي.



شكل 4. إنبعاثات الكربون السنوية، [8]

3. موضوع البحث أو الدراسة

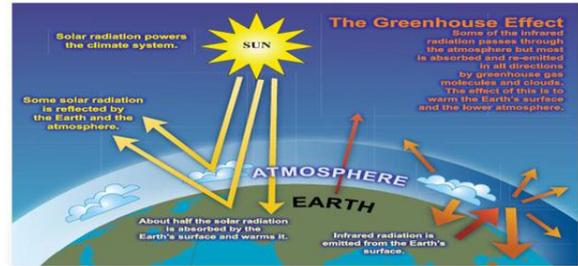
الموضوع قيد البحث في هذا الدراسة هو تأثير التغيرات المناخية المصاحبة لظاهرة الاحتباس الحراري على الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية. فمن ضمن التأثير السلبي لظاهرة الاحتباس الحراري هو إحداث تغيرات ملحوظة في الظروف المناخية مثل درجة الحرارة والرطوبة. وزيادة حرارة الأرض يزيد من معدلات البخر - نتح من النبات والمحاصيل الزراعية وهذا يؤدي إلى زيادة احتياجات المياه في المستقبل. وتركز الدراسة الحالية على تأثير التغيرات المناخية المصاحبة لظاهرة الاحتباس الحراري على معدلات البخر - نتح للمحاصيل وبالتالي احتياجاتها المائية في مدينة مصراته - ليبيا حتى عام 2050. ولقد تم الحصول على البيانات المناخية لمدينة مصراته من المركز الوطني للأرصاد بمدينة طرابلس، والتي تشمل البيانات المناخية درجات الحرارة العظمى والصغرى والرطوبة النسبية العظمى والصغرى وسرعة الرياح وعدد ساعات سطوع الشمس، في العتدين الأخيرين بداية من سنة 1990 وحتى 2009. وتم استخدام هذه البيانات في الحصول على درجات الحرارة والرطوبة المتوقعة حتى عام 2050. تم استخدام البيانات المناخية المتوقعة في برنامج الحاسوب Cropwat للحصول على قيم معدلات البخر - نتح المرجعي بحلول عام 2050 باستخدام معادلة بنمان مونتنيث المعدلة. تم اختيار مزرعة بمساحة 100 هكتار مزرعة بعدة محاصيل لتحديد الزيادة في حجم المياه المتوقعة بحلول عام 2050 لري هذه المساحة في ظل التغيرات المناخية المتوقعة للمدينة مصراته، وذلك مقارنة بعام 2009. وكذلك تهدف هذه الدراسة إلى:

- 1- بناء قاعدة بيانات للظروف المناخية الحالية والمستقبلية.
- 2- حساب البيانات المناخية المتوقعة كل خمس سنوات حتى عام 2050، ومن ثم حساب الزيادة في درجة الحرارة المتوقعة حتى عام 2050.
- 3- حساب معدلات البخر - نتح المتوقعة كل خمس سنوات حتى عام 2050، ومن ثم حساب نسب الزيادة مقارنة بعام 2009.
- 4- حساب الاحتياجات المائية الزراعية لمزرعة مساحتها 100 هكتار حتى 2050 ومن ثم حساب نسبة الزيادة في الاحتياجات المائية مقارنة بعام 2009.
- 5- الإقتراحات المطلوبة لتنمية الموارد المائية لمجابهة الزيادة في الاحتياجات المائية المستقبلية.

4. الآثار المترتبة على التغيرات المناخية في الشمال الإفريقي

قام الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ [10] بنشر تقرير عن التوقعات التي تم التوصل إليها معتبراً الفترتين 1980-1990، 2080-2099، والتي يمكن إيجازها فيما يخص الشمال الإفريقي، كما يلي:

- 1- يمكن أن تزداد المياه المتاحة بما يتراوح من بين صفر و 40 مم / سنة في جنوب الجزائر إلى جنوب مصر مروراً بليبيا.



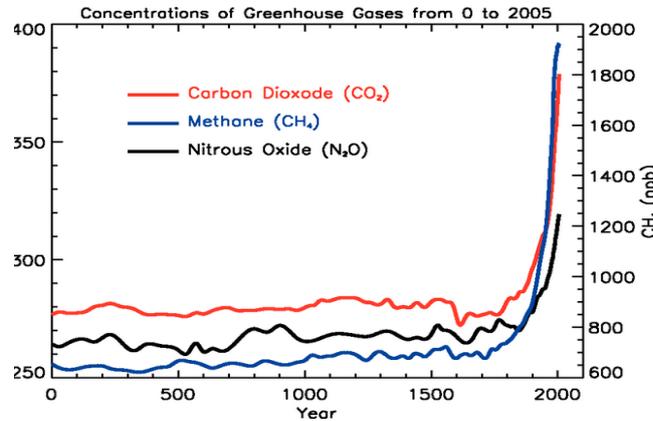
شكل 2. تأثير البيت الزجاجي [14]

وغازات البيوت الزجاجية أو الغازات الدفيئة GHG هي ثاني أكسيد الكربون CO_2 ، والميثان CH_4 ، وثاني أكسيد النيتروجين N_2O ، بالإضافة إلى الكلوروفلوروكربونات CFCs، [8]. وجدول (1) يوضح نسب مساهمة الغازات الدفيئة.

جدول 1. نسب مساهمة الغازات الدفيئة

النسبة المئوية %	الغاز
64	ثاني أكسيد الكربون CO_2
19	الميثان CH_4
11	الكلوروفلوروكربونات CFCs
6	ثاني أكسيد النيتروجين

وشكل (3) يوضح تركيز الغازات الدفيئة CO_2 ، CH_4 ، N_2O ، بينما يوضح شكل (4) إنبعاثات الكربون السنوية.



شكل 3. تركيز الغازات الدفيئة CO_2 ، CH_4 ، N_2O خلال ال 2000 سنة الأخيرة حتى سنة 2005، [10]

وكما أوضحنا بأن ظاهرة الإنبعاث الحراري تسببت في حدوث تغييرات مناخية، مثل درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، سرعة الرياح، وأدى ذلك إلى حدوث آثار سلبية في البيئة، وهذا ما ثبت بالفعل في العقود الثلاثة الأخيرة. فمن المتوقع حدوث تغييرات مناخية في المستقبل بسبب ظاهرة الإنبعاث الحراري. ولذلك يجب حساب قيم هذه البيانات المستقبلية، وذلك بطرق منها ما هو تقريبي مثل طرق التعداد السكاني، ومنها ما هو أكثر دقة مثل التحليل الإحصائي.

ولاستخدام هذه الطرق والأساليب يلزم وجود قاعدة بيانات مناخية في الأزمنة السابقة ومنها يمكن استنتاج وتوقع البيانات المناخية المستقبلية.

أ. الطريقة المبنية على البيانات المناخية السابقة

تتلخص هذه الطريقة برسم منحني للبيانات المناخية للسنوات الماضية، حيث يمثل المحور الأفقي الزمن بالسنوات والمحور الرأسي البيانات المناخية. بعد توقيع البيانات على المخطط المذكور أنفاً والموضح في شكل (5)، يتم توصيل النقاط لتكون منحني يمثل منحني التغيير المناخي خلال أشهر السنوات الماضية حتى آخر بيانات مناخية مسجلة. وباستخدام الإرتباط الخطي البسيط يمكن إيجاد معادلة خط مستقيم لمتوسطات البيانات المناخية لكل شهر من أشهر السنوات الماضية على الصورة التالية:

$$y = c + b x \quad (1)$$

حيث:

y المتغير المناخي المستقبلي عند أي سنة (x).

وكمثال على ذلك المعادلات المدونة في المخطط الموضح في الشكل (5) والخاصة بإيجاد معادلة الخط المستقيم في شهر يونيو لمدينة مصراته ومن خلال هذه المعادلة يمكن إيجاد البيانات المناخية لأي سنة مستقبلية. ولقد تم اعتماد هذه الطريقة في حساب البيانات المناخية المستقبلية نظراً لصعوبة الحصول على برامج الحاسوب المبنية على التحليل الإحصائي والذي يشتمل على السلاسل الزمنية Time series.

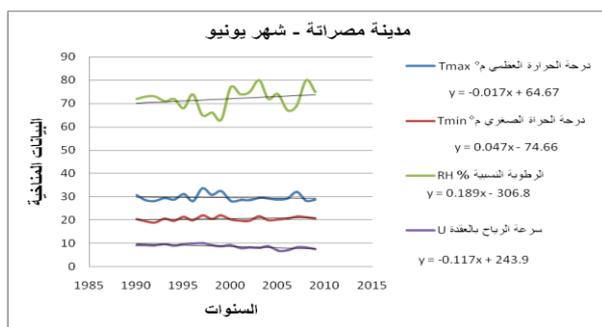
ب. البيانات المناخية المرصودة في السنوات الماضية

تم الحصول على البيانات المناخية من المركز الوطني للأرصاد الجوية بمدينة طرابلس وذلك من عام (1990 وحتى عام 2009) والتي تشمل:

- 1- درجات الحرارة المتوسطة الشهرية العظمى والصغرى، (T_{max})، (T_{min}).
 - 2- درجة الرطوبة الشهرية المتوسطة، (RH_{mean}).
 - 3- متوسط سرعة الرياح بالعقدة، (U_{day}).
 - 4- عدد ساعات صفاء السماء نهاراً، (n).
- والملاحق (م) يوضح البيانات المناخية المرصودة لمدينة مصراته، المرفق في الملف الإضافي وجدول (2) يوضح الارتفاع عن سطح البحر وخطوط العرض والطول لمدينة مصراته

جدول 2. المنسوب وخطوط العرض والطول لمدينة مصراته

الارتفاع (متر)	خط العرض (شمالاً)	خط الطول (شرقاً)
32	32.42	15.05



شكل 5. البيانات المناخية في شهر يونيو

2- في جميع السيناريوهات، ستكون أشد الآثار في إفريقيا، فإذا ارتفعت درجة الحرارة بمقدار 3 درجات مئوية، فقد يتعرض للخطر ما بين 125 إلى 250 مليون نسمة.

3- سوف يتناقص تجدد المياه الجوفية بدرجة هائلة- بأكثر من 70% - على إمتداد الحافة الجنوبية للبحر المتوسط بحلول عام 2050.

4- يتعرض الشرق الأوسط وشمال إفريقيا بصفة خاصة لنقص المياه وقد يعاني ما بين 155 مليون و 600 مليون نسمة من اشتداد ندرة المياه مع ارتفاع درجة الحرارة بمقدار 3 درجات مئوية.

5- تنخفض غلة محصول الذرة في شمال إفريقيا ما بين 15 إلى 25% مع ارتفاع درجة الحرارة بمقدار 3 درجات مئوية.

6- من المرجح بدرجة كبيرة حدوث خسائر زراعية وانخفاض في غلة المحاصيل وإنتاج المراعي في شمال إفريقيا نتيجة لارتفاع درجات الحرارة وانخفاض معدلات الأمطار.

7- ارتفاع منسوب مياه البحر المتوسط بسبب ذوبان الجليد في القطبين جراء ارتفاع درجة الحرارة قد يؤدي إلى ارتفاع منسوب المياه المالحة وزحفها تحت اليابسة مما يؤثر على جودة المياه الجوفية في الخزانات الجوفية المجاورة للساحل الليبي، وكذلك غرق المناطق المنخفضة في شمال ليبيا مثل سرت.

5. التغييرات المناخية

يعرف المناخ بأنه الإحصاء الوصفي للحرارة والرطوبة والرياح والأمطار المتوقعة الحدوث في مكان ما خلال فترة معينة من السنة (شهر أو فصل معين). أما التباين المناخي فيعرف بأنه التباين الحاصل في الحالات المناخية بين السنين، أي خلال الشهور نفسها والفصول نفسها بين سنة وأخرى، وهذا ما يعرف بالتغير المناخي والذي يحدث بسبب ظاهرة الاحتباس الحراري والتي تنشأ عندما تزداد مقادير الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي بسبب النشاطات البشرية المختلفة، وفيما يلي نستعرض بعض التغييرات المناخية المصاحبة لظاهرة الاحتباس الحراري.

أ. التغييرات في درجة الحرارة

ناقش (2009) De Wrachien تأثير التغييرات المناخية على الاحتياجات المائية للري وخاصة بسبب ارتفاع درجة الحرارة. وقد ذكر في هذا التقرير بأن درجة حرارة شمال البحر المتوسط ستزداد بمقدار 1.25⁰ م إلى 2.25⁰ م، في مقابل زيادة تتراوح من 1.5 إلى 2.5⁰ م جنوب البحر المتوسط، وذلك بحلول عام 2050. وأن الزيادة السنوية لقارة أفريقيا هي تتراوح من 0.2⁰ م لكل عقد وهو أضعف السيناريوهات إلى 0.5⁰ م لكل عقد وهو أعلى السيناريوهات. وطبقاً لتقرير [10] بأنه حدث فعلاً زيادة في درجة الحرارة خلال الخمس والعشرون سنة الأخيرة وأن 11 سنة من 12 سنة كانت الأعلى في درجات الحرارة هي التي حدثت خلال 12 سنة الأخيرة. ذكر التقرير أيضاً أن أفضل التقديرات لارتفاع درجة حرارة الأرض خلال القرن الواحد والعشرين هو زيادة درجة حرارة الأرض بمقدار 3⁰ م، ومن المتوقع زيادة درجة الحرارة بقيم تتراوح من 1.8⁰ م حتى 4⁰ م، بحلول عام 2100.

ب. التغييرات في الرطوبة النسبية

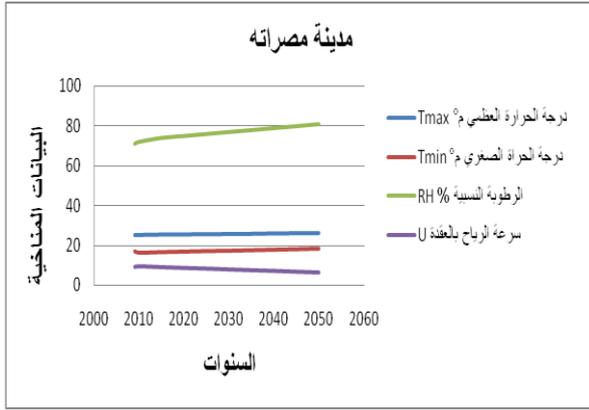
ذكر (2004) Frierson أنه يوجد تغير بسيط في الرطوبة النسبية بسبب ظاهرة الاحتباس الحراري.

ج. التغييرات في سرعة الرياح

إن ازدياد درجة الحرارة بسبب الاحتباس الحراري تدريجياً قد يصاحبه تأثير على سرعة الرياح وتوزيعاتها على اليابسة. فقد ذكر في دراسة أجرتها جامعة أيوا الأمريكية عام 2009 أن سرعة الرياح نقصت بنسبة تتراوح بين 0.5% إلى 1% منذ عام 1973، وعلى النقيض من ذلك فقد أكدت دراسة أجرتها جامعة كاليفورنيا سانتا كروز في ديسمبر عام 2008 أن سرعة الرياح على الساحل الأمريكي الغربي قد تزداد بمقدار 2 م / ث، [12].

6. تعيين البيانات المناخية المستقبلية

لتحديد قيمة البحر- نتج (ET) في السنوات المستقبلية وحتى عام 2050 وما بعد ذلك، يجب تعيين البيانات المناخية في تلك الأزمنة المستقبلية.



شكل 6. درجات الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح المتوقعة

7. تعيين البخر - النتج للنبات

إن الغرض الأساسي من عملية الري هو تعويض النقص في رطوبة التربة لتزويد النبات باحتياجاته المائية التي تفقد خلال عمليتي النتج والبخر والتي يطلق عليها البخر-نتج. ولا يجب أن تقل رطوبة التربة إلى الحد الذي يؤثر على إنتاجية المحصول كماً أو نوعاً. وتعتمد كمية المياه المطلوبة للري على الظروف المناخية السائدة ونوع التربة، كما تعتمد على نوع المحصول ودرجة نموه.

مع تزايد الحاجة إلى استخدام الموارد المائية المتاحة، خاصة في عملية ري الأراضي الزراعية، أصبح من الضروري زيادة الدقة في تقدير الاحتياجات المائية الفعلية المطلوبة لكل محصول، خلال فترات النمو المختلفة، وتبعاً للظروف المناخية الفعلية، وليست التقديرية. فعقب الإنتهاء من ري منطقة معينة والوصول برطوبة خزان التربة إلى السعة الحقلية يبدأ المخزون المائي في خزان التربة بالتناقص تدريجياً نتيجة الاستهلاك المستمر للمياه بواسطة النبات والذي يشمل عملية البخر لمياه النتج من أوراق النبات، إضافة إلى البخر المباشر من سطح التربة حوله. وحيث أنه من الصعب عملياً الفصل بين هاتين العمليتين (البخر والنتج) لذا فقد اتفق على اعتبارهما وحدة واحدة تعرف بالبخر-نتج (ET)، وتقاس بوحدته (مم/يوم).

أ. البخر-نتج المرجعي (القياسي) (ET_0)

البخر - نتج المرجعي (ET_0) هو معدل الاستهلاك المائي لمحصول مقارنه، في نفس الظروف الحقلية، ويكون محصول المقارنة إما عشب (Grass) أو برسيم (Alfa-alfa)، لأنهما يتواجدان في كل بلاد العالم وينموان على كامل فصول العام، [7]. وفي العلاقات التي سيتم من خلالها تعيين البخر - نتج المرجعي، سوف يعين العشب كحصول مقارنه، ويعرف البخر - نتج القياسي له بأنه البخر-نتج لمساحة كبيرة العشب اخضر منتظم، طوله 12سم، ينمو جيداً، ويغطي سطح الأرض بالكامل، وتتوافر له الرطوبة الكافية، [5].

ب. العوامل المؤثرة في البخر-نتج

تعتمد قيمة البخر-نتج على العوامل التالية، [7]:

- 1- الظروف الجوية: وهي الإشعاع الشمسي، حرارة الهواء، والرطوبة وكذلك سرعة الرياح.
- 2- خصائص المحصول: وتشمل نوع المحصول، مراحل نموه، ارتفاعه، الغطاء الأرضي وخصائص جذوره.
- 3- الإدارة والظروف البيئية: وتشمل ملوحة التربة، قلة العناية بالتربة وإدارتها، وغياب الدراية بأمراض النبات، وكل هذه العوامل تحد من نمو المحصول وتقلل من البخر-نتج. وهناك عوامل أخرى مثل الغطاء النباتي للأرض، كثافة النبات، والمحتوى الرطوبي للتربة.

ج. البخر-نتج المثالي للمحصول (ETC)

هو معدل البخر-نتج للمحصول، عندما ينمو النبات خالياً من الأمراض، وفي مساحة كبيرة (تزيد عن هكتار)، مع توافر الرطوبة الكافية في التربة،

ج. البيانات المناخية المستقبلية المتوقعة

باستخدام المعادلات الخطية المتحصل عليها لكل شهر من أشهر السنة في السنوات السابقة تم الحصول على البيانات المناخية في كل الشهور المناظرة وذلك لأعوام 2010، 2015، 2020، 2025، 2030، 2035، 2040، 2045، 2050، كما هو موضح في الملحق (م 2)، المرفق في الملف الإضافي. ولقد أضيفت البيانات المناخية لعام (2009) في جدول الملحق (م 3) وهي من البيانات المسجلة في الفترة السابقة لتكون هي البيانات المرجعية التي يتم على أساسها المقارنة مع البيانات المناخية المتوقعة في السنوات اللاحقة، والجدول (3) يوضح القيم السنوية المتوسطة لدرجات الحرارة العظمى والصغرى المتوقعة حتى 2050، أما جدول (4) فيوضح الزيادة في درجات الحرارة السنوية حتى عام 2050. بالنسبة لدرجة الرطوبة النسبية المتوسطة السنوية، فهي مدونة في جدول (5).

جدول 3. قيم درجات الحرارة العظمى والصغرى السنوية المتوسطة حتى عام 2050

السنوات	2009	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
درجات الحرارة العظمى	25.1	25.2	25.4	25.5	25.6	25.7	25.8	26	26.1	26.2
درجات الحرارة الصغرى	17	16.2	16.5	16.8	17.1	17.3	17.6	17.9	18.2	18.5

جدول 4. قيم الزيادة في درجات الحرارة حتى عام 2050

السنوات	2009	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
درجات الحرارة العظمى	-	0.1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1	1.1
درجات الحرارة الصغرى	-	-0.8	-0.5	-0.2	0.1	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5

جدول 6. سرعة الرياح المتوسطة السنوية المتوقعة حتى عام 2050

السنوات	2009	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
سرعة الرياح	9	9.3	8.9	8.5	8.2	7.8	7.4	7.1	6.7	6.3

ولقد تم تمثيل البيانات المدونة في جداول (3)، (5)، (6) بيانياً كما هو موضح في الشكل (6) الخاص بدرجات الحرارة العظمى والصغرى السنوية المتوسطة وكذلك درجة الرطوبة النسبية المتوسطة المتوقعة وكذلك سرعة الرياح المتوسطة السنوية المتوقعة المستقبلية حتى عام 2050.

جدول 5. قيم درجات الرطوبة النسبية السنوية المتوسطة المتوقعة حتى عام 2050

السنوات	2009	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
الرطوبة النسبية	71	72	74	75	76	77	78	79	80	81

8. طرق تعيين البخر- نتح المرجعي (ET_o)

1- تعيين البخر- نتح باستخدام القياس المباشر
تعتبر طرق القياس المباشر للبخر- نتح أكثر دقة مقارنة بالطرق الحسابية، وذلك إذا روعي فيها تقليل الخطأ في القياسات، ولكنها مكلفة جدا وتحتاج لجهد كبير، [5].

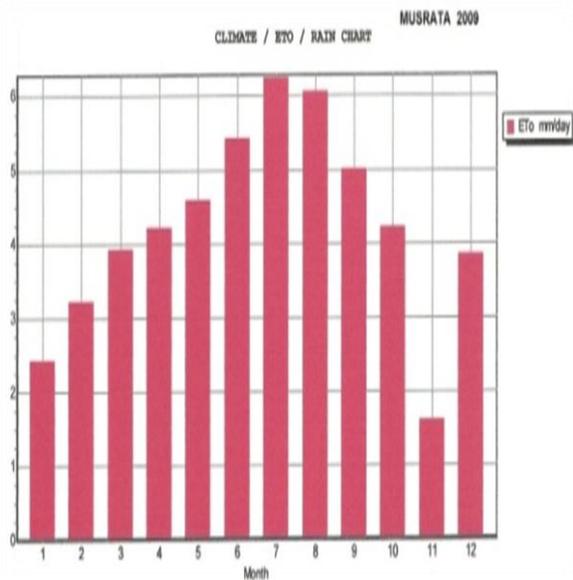
2- طرق موازنة الطاقة
عندما يتواجد انحدار ضغط البخار وتوافر المياه فإن (ET) تتوقف على قدرة الطاقة علي تبخير المياه، ويمكن حساب (ET) من معادلة اتزان الطاقة، كما ذكر [11].

3- طريقة بنمان المركبة
جمع بنمان في عام 1948 بين الطريقة الايروديناميكية وطريقة اتزان الطاقة لتقدير قيمة (ET) في معادلة واحدة، كما وردت في [11].

4- طريقة بنمان مونتيت المعدلة لحساب البخر- نتح المرجعي (ET_o)
مما تقدم من استعراض للطرق المختلفة في حساب البخر- نتح المرجعي (ET_o)، فإنه تقرر في هذا البحث حساب قيمة (ET_o) بطريقة بنمان - مونتيت المعدلة وذلك لأنها أثبتت دقتها في حساب (ET_o) وذلك لدول شمال أفريقيا، ليبيا ومصر وتونس. وسوف يتم حساب قيم البخر نتح المرجعي (ET_o) لكل الشهور في السنوات 2009، 2010، 2015، 2020، 2025، 2030، 2035، 2040، 2045، 2050. وتعتبر قيم البخر نتح المرجعي (ET_o) المحسوبة في عام 2009 هي القيم المرجعية التي تعتبر أساس للمقارنة، حيث أنها آخر سنة متوافر فيها البيانات المناخية السابقة. ولحساب قيم (ET_o) تم الإستعانة ببرنامج الحاسوب (Cropwat).

9. الاحتياجات المائية المستقبلية حتى عام 2050

تم تعيين البيانات المناخية المستقبلية المتوقعة حتى عام 2050. وتم حساب قيم البخر- نتح المرجعي (ET_o) باستخدام معادلة بنمان - مونتيت المعدلة. تم استعمال برنامج الحاسوب CROPWAT، لتناول المدخلات والمخرجات لحساب (ET_o) في كل المدن محل الدراسة وذلك للأعوام 2009، 2010، 2015، 2020، 2025، 2030، 2035، 2040، 2045، 2050. وصيغة النتائج على شكل جداول ومخططات. وجدول (8) يوضح قيم البخر- نتح المرجعي (ET_o) للسنوات المستقبلية حتى عام 2050، والشكل (8) يوضح التمثيل البياني لقيم البخر- نتح المرجعي (ET_o) خلال أشهر السنة لسنتي 2009، 2050 للمدينة.



والعناصر الغذائية (التسميد)، ودرجة ملوحة في حدود المسموح بها، بحيث ينتج عن ذلك معدل نمو مثالي للنبات، في الظروف البيئية الخاصة بالمنطقة. وتتراوح قيمة البخر- نتح للمحصول (ET_c) من 1م/يوم في الظروف الجوية الباردة إلى 9 م / يوم في الظروف الجوية الدافئة، [7].

د. معامل المحصول (K_C)

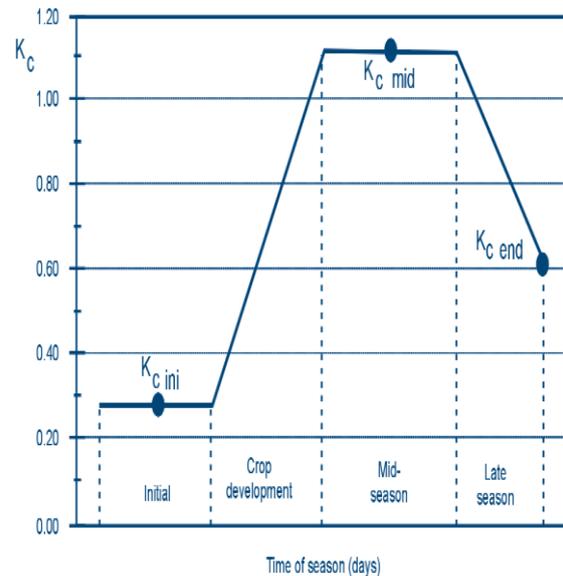
هو معامل يتوقف على خصائص المحصول، ومراحل نموه، ووقت الزراعة، والفترة بين الريات، والى حد ما على الظروف المناخية بصفة عامة. ومعامل المحصول هو النسبة بين البخر- نتح المثالي (ET_c) للمحصول والبخر- نتح المرجعي (ET_o) في نفس المنطقة، أي أن:

$$K_C = ET_C / ET_O \quad (2)$$

يلاحظ أن قيمة البخر- نتح المرجعي في منطقة معينة (متشابهه) في الظروف المناخية، يمكن استعمالها لجميع المحاصيل فيها، ويكون الاختلاف فقط في قيمة معامل المحصول، وهذا يقلل من القياسات والحسابات المطلوبة، أي أن تأثير المتغيرات المناخية على قيمة (ET_c) لمحصول معين يمثل أساسا بقيمة (ET_o) بينما يمثل معامل المحصول (K_C) تأثير المتغيرات الفيزيائية والفسولوجية للمحصول. والجدول (7) يوضح قيم تقريبية لمعامل المحصول K_C للمحاصيل المختلفة، [6]، بينما يوضح شكل (7) منحنى معامل المحصول (K_C)، [9].

جدول 7. قيم معامل المحصول (K_C) للمحاصيل المختلفة

Crop	Initial stage	Mid-season stage	Late season stage
Barley/Oats/Wheat / الشعير / الشوفان / القمح	0.30	1.15	0.40
Bean, green / الفول الأخضر	0.50	1.05	0.90
Tomato / طماطم	0.60	1.15	0.70-0.90
Sunflower / عباد الشمس	0.35	1.15	0.55
Onion, green / البصل الأخضر	0.70	1.00	1.00
Onion, dry / البصل الجاف	0.70	1.05	0.75
Clover hay, Berseem - individual cutting periods / البرسيم القش، البرسيم - فترات القطع الفردية	0.40	1.15	1.10



شكل 7. منحنى معامل المحصول (K_C)، [12]

- 5- احتياجات الري (mm/Period) (IWR).
- 6- الرطوبة الكلية المتاحة (mm) (TAM).
- 7- الرطوبة المتاحة اليومية (mm) (RAM).
- 8- الاحتياج المائي الفعلي (mm) (ET_o).
- 9- علاقة الاحتياج المائي الحقيقي إلى أقصى احتياج مائي (Etc/ETm).
- 10- العجز في رطوبة التربة اليومية (mm).
- 11- فترة الري (days) وعمق الري المضاف (mm).
- 12- فواقد الري (mm) (الماء المفقود عن طريق الجريان السطحي أو التسرب العميق).
- 13- تقدير الانخفاض في الإنتاجية (نتيجة الضغوط التي تعرض لها المحصول) (عندما تكون نتيجة (Etc/ETm) نزلت إلى أقل من (% 100).

11. تعيين قيم البخر- نتح المرجعي (ET_o) المستقبلية

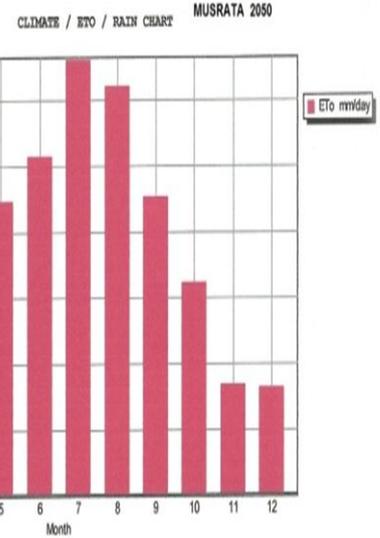
باستخدام برنامج الحاسوب CROPWAT تم حساب قيم البخر- نتح المرجعي (ET_o) الشهري حتى عام 2050، كما هو ممدون في الجدول (8). أما جدول (9) فيوضح القيم المتوسطة السنوية للبخر- نتح.

جدول 8. قيم البخر- نتح المرجعي المتوقعة (ET_o, mm/day)

الشهور السنوات	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
2009	2.44	3.22	3.93	4.23	4.59	5.43	6.26	6.05	5.02	4.23	1.61	3.85
2010	2.37	2.63	3.38	4.52	4.86	5.84	6.22	5.78	5.15	4.25	2.84	2.36
2015	2.33	2.57	3.32	4.44	4.83	5.73	6.27	5.84	5.06	4.1	2.62	2.25
2020	2.24	2.56	3.27	4.41	4.79	5.62	6.33	5.89	4.96	3.96	2.43	2.18
2025	2.19	2.51	3.17	4.32	4.76	5.52	6.38	5.95	4.89	3.82	2.25	2.08
2030	2.15	2.45	3.12	4.29	4.72	5.44	6.44	6	4.97	3.92	1.95	1.96
2035	2.11	2.39	3.08	4.21	4.71	5.36	6.49	6.07	4.74	3.57	1.96	1.87
2040	2.02	2.34	2.99	4.19	4.69	5.28	6.54	6.1	4.67	3.45	1.84	1.82
2045	1.97	2.28	2.95	4.13	4.66	5.22	6.59	6.18	4.61	3.35	1.76	1.74
2050	1.93	2.23	2.91	4.26	4.49	5.16	6.64	6.23	4.55	3.25	1.7	1.65

جدول 9. قيم البخر- نتح المرجعي المتوسطة المتوقعة (ET_{o mean})

السنوات	ET _{o mean}
2050	3.75
2045	3.79
2040	3.83
2035	3.88
2030	3.95
2025	3.99
2020	4.05
2015	4.11
2010	4.18
2009	4.24



شكل 8. التمثيل البياني لقيم البخر- نتح المرجعي ET_o

ويتضح من التمثيل البياني لقيم (ET_o) المتوقعة للمدينة مصرات أن أكبر قيمة للبخر- نتح المرجعي المتوقعة، طبقاً لشهور السنة، في المدينة تكون في شهر يوليو.

10. برنامج CROPWAT

CROPWAT هو أداة لدعم القرار وضعته منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، وكان له دور فعال في تطوير منهجية مقبولة عالمياً للتنبؤ بالاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية.

CROPWAT هو عبارة عن برنامج كمبيوتر لحساب الاحتياجات المائية للمحاصيل ومتطلبات الري استناداً إلى بيانات التربة والمناخ والمحاصيل. وبالإضافة إلى ذلك، يتيح البرنامج تطوير جداول الري وفقاً للظروف المختلفة وحساب إمدادات المياه لمختلف أنماط المحاصيل. ويمكن أيضاً أن يُستخدم لتقييم ممارسات الري للمزارعين وتقدير المحاصيل في ظل ظروف الري أو الأمطار.

وقد ساهم نموذج CROPWAT في رفع كفاءة استخدام المياه المتاحة لإنتاج المحاصيل الزراعية والسيطرة الفعالة على توقيت وتوزيع المياه من خلال تقدير الاحتياجات المائية للمحاصيل وإعداد جداول الري. البرنامج عبارة عن نموذج Model لحساب البخر- نتح المرجعي وتحديد الاحتياجات المائية للمحاصيل وجدولة مياه الري، حيث يعتمد البرنامج على معادلة بنمان - مونتثيث المعدلة لحساب البخر- نتح المرجعي، اعتماداً على البيانات المناخية شهرية أو كل عشرة أيام (درجة الحرارة العظمى والصغرى، الرطوبة النسبية، مدة سطوع الشمس، سرعة الرياح).

أ. البيانات المطلوب إدخالها في هذا البرنامج

- 1- بيانات مناخية: (الأمطار، درجة الحرارة،.....الخ).
- 2- بيانات عن المحصول: (نوعه، العمق الجذري، فترة نموه،....الخ).
- 3- بيانات عن التربة: (نوع التربة، عمق التربة،.....الخ).

ب. المخرجات من البرنامج

مخرجات البرنامج تكون على هيئة جداول ومنحنيات بشكل يومي أو أسبوعي أو كل عشرة أيام أو شهري حسب الطلب. مخرجات التنوع المحصولي يمكن أن تشمل على:

- 1- البخر-نتح المرجعي (ET_o/Period).
- 2- معامل المحصول (Kc) (القيم المتوسطة لمعامل المحصول في أي وقت أو أي مرحلة).
- 3- المطر الفعال (mm/Period) كمية المياه التي تدخل في التربة.
- 4- الاحتياجات المائية للمحصول (mm/Period) (ETm).

جدول 10. الزيادة السنوية في قيم البخر- نتح المرجعي المتوسطة ($\Delta ET_{o, mean}$ %) حتى عام 2050

السنوات	$\Delta ET_{o, mean}$ %
$\Delta 2050$	-11.6
$\Delta 2045$	-10.6
$\Delta 2040$	-9.7
$\Delta 2035$	-8.5
$\Delta 2030$	-6.8
$\Delta 2025$	-5.9
$\Delta 2020$	-4.5
$\Delta 2015$	-3.1
$\Delta 2010$	-1.4
$\Delta 2009$.

4- حساب الاحتياجات المائية للمحاصيل بإيجاد حجم المياه للمحاصيل في 2009، 2050، كما هو موضح في جدول (14) باستخدام المعادلة رقم (4) التالية:

$$V_{Crop\ Water / period} = (\sum ET_{c, period} / 1000) * (10000 * A_{Crop})$$

حيث:

$V_{Crop\ Water / period}$ حجم المياه للمحصول (m^3) خلال فترة نموه.

ET_c البخر- نتح خلال فترة زراعة المحصول (mm)

A_{Crop} مساحة المحصول بالهكتار.

12. حساب الاحتياجات المائية لمزرعة مساحتها 100 هكتار

لوقوف على الاحتياجات المائية المستقبلية، وكذلك النسبة السنوية للزيادة حتى عام 2050 نستعرض المثال التالي، وهو لمزرعة مساحتها 100 هكتار مزروعة بالمحاصيل التالية:

- 1- شعير بنسبة 40 % من المساحة الكلية.
- 2- برسيم بنسبة 30 % من المساحة الكلية.
- 3- طماطم بنسبة 10 % من المساحة الكلية.
- 4- فول بنسبة 20 % من المساحة الكلية.

والمطلوب: حساب الزيادة في الاحتياجات المائية لري المزرعة في أشهر 2050، وذلك بحسب الاحتياجات المائية لري المزرعة في عام 2009 حسب البيانات المتوفرة للمدينة، والاحتياجات المائية لعام 2050. وفيما يلي توضيح لطريقة الحساب، والجدول (11) يوضح بيانات المحاصيل المزروعة.

جدول 12. قيم البخر- نتح اليومي للمحاصيل ($ET_{c, daily}$) (mm/day)

السنوات	2009				2050			
	شعير	برسيم	طماطم	فول	شعير	برسيم	طماطم	فول
يناير	1.51	2.68	-	2.00	1.20	2.12	-	1.58
فبراير	2.00	3.54	-	2.64	1.38	2.45	-	1.83
مارس	2.44	4.32	3.34	3.22	1.80	3.20	2.47	2.39
أبريل	2.62	4.65	3.60	3.47	2.64	4.69	3.62	3.49
مايو	-	5.05	3.90	-	-	4.94	3.82	-
يونيو	-	5.97	4.62	-	-	5.68	4.39	-
يوليو	-	6.89	-	-	-	7.30	-	-
أغسطس	-	6.66	-	-	-	6.85	-	-
سبتمبر	-	5.52	-	-	-	5.01	-	-
أكتوبر	-	4.65	-	-	-	3.58	-	-
نوفمبر	1.00	1.77	-	1.32	1.05	1.87	-	1.39
ديسمبر	2.39	4.24	-	3.16	1.02	1.82	-	1.35

جدول 11. بيانات عن المحاصيل

المحصول	شعير	برسيم	طماطم	فول
البيانات				
معامل المحصول K_c	0.62	1.10	0.85	0.82
المساحة المزروعة بالهكتار	40	30	10	20
فترة الزراعة	من أبريل إلى نوفمبر	على طول	من مارس إلى أبريل	من أبريل إلى نوفمبر

1- حساب البخر- نتح اليومي ($ET_{c, daily}$) (mm/day) للمحاصيل في أشهر 2009، 2050، كما هو موضح في جدول (12) من خلال استخدام المعادلة التالية

$$ET_c = K_c ET_o \quad (3)$$

2 - حساب البخر- نتح الشهري ($ET_{c, monthly}$) (mm) للمحاصيل في أشهر 2009، 2050، وذلك بضرب عدد أيام الشهر في قيمة البخر- نتح اليومي ($ET_{c, daily}$) (mm/day) للحصول على عمق المياه خلال الشهر الواحد ولكل محصول كما هو موضح في جدول (13).

3- حساب البخر- نتح (ET_o) للمحصول خلال أشهر فترة الزراعة، وذلك بجمع القيم الشهرية خلال فترة زراعة المحصول في الأرض، كما هو موضح في جدول (13).

جدول 14. حجم المياه الكلي في عام 2009، 2050 (m³)

2050				2009				السنوات
فول	طماطم	برسيم	شعير	فول	طماطم	برسيم	شعير	المحصول
725120	435290	4530630	1095840	954800	471040	5116830	1444560	حجم المياه الكلي (m ³)

5 - الجدول (15) يوضح الاحتياجات المائية بالمتر المكعب لكل من عام 209، 2050، وكذلك نسبة الزيادة في هذه الاحتياجات ΔWR %،

حيث:

$$\Delta WR \% = (WR)_{2050} - (WR)_{2009} / (WR)_{2009} * 100$$

(WR)₂₀₀₉ الاحتياجات المائية للمزرعة عام 2009.

(WR)₂₀₅₀ الاحتياجات المائية للمزرعة عام 2050.

جدول 15. حجم المياه الكلي اللازم لري المزرعة ومعدل الزيادة

السنوات	2009	2050	ΔWR %
حجم المياه الكلي ومعدل الزيادة	7987230	6786880	-15.03

13. الاستنتاجات والتوصيات

بناء على ما تم استعراضه من نتائج في هذه الدراسة يمكن الحصول على الاستنتاجات التالية:

- 1- بناء قاعدة بيانات للظروف المناخية الحالية والمستقبلية.
- 2- من المتوقع حدوث زيادة في درجات الحرارة العظمى في الفترة من 2009 وحتى 2050، ومقدارها 1.1⁰.
- 3- من المتوقع حدوث زيادة في درجات الحرارة الصغرى في الفترة من 2009 وحتى 2050، مقدارها 1.5⁰.
- 4- من المتوقع حدوث زيادة في درجات الرطوبة النسبية المتوسطة حتى 2050.
- 5- من المتوقع حدوث نقصان في سرعة الرياح المتوسطة السنوية حتى عام 2050.

6- من المتوقع حدوث نقصان في قيم البخر-نتح المرجعية السنوية المتوسطة (ET_o) بمقدار 11.6%، بسبب زيادة في الرطوبة النسبية المتوسطة السنوية، وانخفاض في سرعة الرياح المتوسطة السنوية المتوقعة.

7- مقارنة متوسط أحجام المياه اللازمة لري مزرعة مساحتها 100 هكتار، بناء على متوسط قيم البخر-نتح المرجعي لسنة 2009، مع متوسط أحجام المياه المحسوبة على أساس متوسط قيم البخر-نتح المرجعي المحسوبة لعام 2050، تبين وجود نقصان بمقدار 15.03%، ويرجع هذا النقصان في حجم المياه المطلوبة إلى ارتفاع الرطوبة النسبية وانخفاض سرعة الرياح في المدينة كما هو موضح في جدولي (5) و (6).. ومما تقدم يمكن القول أن التغيرات المناخية بحلول عام 2050 سوف تؤدي إلى زيادة في إنتاجية معظم المحاصيل الرئيسية في

جدول 13. قيم البخر-نتح الشهري (mm) (Etc monthly)

2050				2009				السنوات
فول	طماطم	برسيم	شعير	فول	طماطم	برسيم	شعير	المحصول الشهري
48.98	-	65.72	37.2	62	-	83.08	46.81	يناير
51.24	-	68.6	38.64	73.92	-	99.12	56	فبراير
74.09	76.57	99.2	55.8	99.82	103.54	133.92	75.64	مارس
104.7	108.6	140.7	79.2	104.1	108	139.5	78.6	أبريل
-	118.42	153.14	-	-	120.9	156.55	-	مايو
-	131.7	170.4	-	-	138.6	179.1	-	يونيو
-	-	226.3	-	-	-	213.59	-	يوليو
-	-	212.35	-	-	-	206.46	-	أغسطس
-	-	150.3	-	-	-	165.6	-	سبتمبر
-	-	110.98	-	-	-	144.15	-	أكتوبر
41.7	-	56.1	31.5	39.6	-	53.1	30	نوفمبر
41.85	-	56.42	31.62	97.96	-	131.44	74.09	ديسمبر
362.56	435.29	1510.21	273.96	477.4	471.04	1705.61	361.14	المجموع

- [8] Carbon Dioxide Information Analysis Center, CDIAC (2013). http://cdiac.ornl.gov/pns/current_ghg.html.
- [9] Doorenbos J. and Pruitt W.O. (1977). "Guidelines for predicting crop water requirements". FAO Irrigation and Drainage Paper No 24, 2nd ed., FAO Rome, Italy.
- [10] IPCC (2007). "Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability", Working Group II contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
- [11] James, L. G., (1988). "Principles of Farm Irrigation System Design". Ton Wiele & Sons, New York.
- [12] Kimberly D. E. (2011). "Global Warming's Impact on Wind Speeds: Long-Term Risks for Wind Farms May Impact Guarantees and Wind Derivatives Tied to Wind Energy Production". 40th Annual Conference on Environmental Law, Salt Lake City, UT.
- [13] Mohamed, Engy (2014). "Effect of Global Warming on Crop Water Requirements in Egypt MS.C, Alexandria University Egypt".
- [14] National Aeronautics and Space Administration, NASA, (2013). <http://pmm.nasa.gov/education/lesson-plans/global-energy-budget>.
- [15] National geographic, (2013). <http://nationalgeographic.com/>.
- [16] Pereira, A.R. (2004). "The Priestley-Taylor parameter and the decoupling factor for estimating reference evapotranspiration. Agricultural and Forest Meteorology", 125(3/4): pp305-313.
- [17] De Wrachien, D., Regab, R., Hamdy, A., and Iuzzo, T. (2004). "Global warming, water scarcity and food security in the Mediterranean environment".
- [18] Hargreaves, G.L., Hargreaves, G.H. and Riley, J.P. (1985). "Agricultural benefits for Senegal River Basin". Journal of Irrigation and Drainage Engineering, pp111: 111-124.

مدينة مصراته - ليبيا بسبب انخفاض حجم الفقد في الماء الناتج من البحر - نتج المرجعي، وكذلك انخفاض مياه اللازمة لري المزرعة. ودراسات الألفية هي أفضل السبل لخفض الضرر الناجم عن هذه الظاهرة، ويمكن إيجاد استراتيجيات الألفية المقترحة في هذا الشأن من خلال التوصيات التالية:

- 1- بسبب انخفاض مياه اللازمة لري في المستقبل المتوقع وكذلك انخفاض في قيمة البحر - نتج، نوصي بزيادة وكثرة المحاصيل ونوعيتها.
 - 2- زيادة أصناف المحاصيل التي يكون فيها زيادة كمية مياه الري المضافة، لأنها سوف تؤدي إلى زيادة إنتاجية هذه المحاصيل.
 - 3- تغيير مواعيد الزراعة بلائم الظروف الجوية الجديدة، وكذلك زراعة الأصناف المناسبة في المناطق المناخية المناسبة لها لزيادة العائد المحصولي من وحدة المياه لكل محصول.
 - 4- زراعة المحاصيل المسرفة في الاستهلاك المائي لها أو على الأقل زيادة المساحة المقررة لها، بسبب انخفاض حجم الماء المتوقع في سنة 2050.
 - 5- الري في المواعيد المناسبة وبكمية المياه المناسبة في كل ربه حفاظا على كل قطرة مياه والتي سوف تكون سبب في زيادة نوعية وكثرة المحاصيل.
 - 6- عمل بحيرات داخلية في المناطق الساحلية واستخدامها كمحطات تحليه إضافية على طول شريط الساحلي، وذلك لكون عمق مياه البحيرات أقل من عمق مياه البحار حيث تكون درجة الحرارة منخفضة في البحيرات أكثر وبالتالي تكون فترة التسخين أقل من مياه البحار لتصبح مياه عذبة.
 - 7- توعية المزارعين وتدريبهم على كيفية تكيف زراعة المحاصيل الزراعية المختلفة تحت ظروف المناخ الحالية والمتوقعة من حيث مواعيد الزراعة المناسبة والأصناف والعمليات الزراعية من صرف دوري وتسميد ومكافحة.
 - 8- العمل على الحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الناتجة عن زراعة المحاصيل المختلفة وذلك عن طريق الإدارة المزرعية السليمة لمختلف المحاصيل الباعثة للغازات.
- تطوير الإجراءات المختلفة لتخفيف انبعاثات الميثان.
 - تطوير نظم الإنتاج الحيواني للحد من إنتاج الميثان والنتروز.
 - تطوير تقنيات إدارة التربة الزراعية للحد من انبعاثات النتروز.

المراجع والمصادر العلمية

أ. المراجع العربية

- [1] المركز الوطني للأرصاد الجوية، طرابلس، ليبيا.
- [2] المؤتمر الإقليمي التاسع والعشرون للشرق الأدنى، "تغير المناخ وأثره على الزراعة في الشرق الأدنى"، القاهرة، جمهورية مصر العربية، 1-5 مارس (2008).
- [3] سليمان صالح الباروني (2013)، الوضع المائي في ليبيا، المؤتمر الوطني للمياه 7-5 نوفمبر - طرابلس، ليبيا.
- [4] عبد القادر علي أبوفايد، علي احمد الكبير (2013)، حسابات الميزانية المائية في ليبيا من التخمين إلى اليقين، المؤتمر الوطني للمياه 7-5 نوفمبر - طرابلس، ليبيا.
- [5] فاروق الفتياي، محمد أبو رحيم، حسام الدين مغازي، عبد الله حسن وعاطف جبران (2011). "شيكات الري والصرف"، الإصدار الثالث الطبعة الثانية - نور الإسلام لطباعة، الحضرة الجديدة - الإسكندرية، مصر.
- [6] محمد صادق العدوي (2002)، (الهندسة الصحية أمداد المياه) دار النشر المعارف للنشر والتوزيع- الإسكندرية جمهورية مصر العربية.

ب. المراجع الانجليزية

- [7] nAllen, R.G., Periera, L.S., Raes, D., and Smith, M. (1998). "Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop