تقدير البصمة المائية والمياه الافتراضية لبعض المحاصيل الزراعية في ليبيا

نورالدين سالم بلق ـ المعهد العالي للتقنيات الزراعية بالغيران

Estimation of water footprint and virtual water for some agricultural crops in Libya

Nourdin Salem Blaq
Higher lnstitute of Agricultural Technology in Ghiran

Abstract:
Water footprint and virtual water are important strategies in managing water resources for crops and international food trade, as crops and agricultural society while reducing products can be chosen to meet the food needs of pressure on local water resources. Therefore, this paper aims to estimate and analyze the water footprint of some important crops such as tomatoes, potatoes, wheat, barley, olives and olive oil. This paper shows that wheat crops are the largest consumers of water due to the long period of and barley time it takes for the crop to reach the production stage. Potato and tomato crops are close in water requirements, but the autumn leaf of potatoes ing crop due to the large volume remains less water consuming than the spr of blue water (rainfall) compared to the spring crop. Likewise, the tomato crop, the autumn period is better compared to the summer period due to the presence of a good amount of blue water and the summer season as the me of added green water and the amount of gray water. These are volu making in terms of choosing the period of -indicators to support decision extension of goods from the other cycle to conserve local water. It is also water (360 days) and the clear that olives consume a large amount of shortest irrigated olive trees as they need large amounts of green water, gray water and olive oil. About four varieties of olives are consumed.
It is clear that according to the consumed materials, wheat is the most e compared to crops. It is clear from this paper that the imported valu pressure is great on water resources, as green water is the highest value in all water footprints of crops, and this has weakened the water resources in Libya.

Keywords:

ter, blue water, green water, grey water, water Water footprint, virtual wa scarcity, water requirements, agricultural crops.

الملخّـــص:

تعتبر البصمة المائية والمياه الافتراضية استراتيجيات مهمة في إدارة الموارد المائية للمحاصيل والتجارة الدولية للمواد الغذائية حيث يمكن أختار المحاصيل والمنتجات الزراعية لتلبية الحاجات الغذائية للمجتمع مع تقليل الضغط على الموارد المائية المحلية، لذلك تسعى هذه الورقة لتقدير وتحليل البصمة المائية لبعض المحاصيل الهامة مثل الطماطم والبطاطس والقمح والشعير والزيتون وزيت الزيتون، حيث أوضحت هذه الورقة أن محاصيل القمح والشعير هي المستهلك الأكبر للمياه لنظراً لطول الفترة الزمنية الذي يأخذها المحصول في الوصول لمرحلة الإنتاج ومحاصيل البطاطس والطماطم فهي متقاربة في الاحتياجات المائية ولكن يبقي العروة الخريفية للبطاطس أقل استهلاك للماء من العروة الربيعية لكبر حجم المياه الزرقاء (الأمطار القيام) مقارنة بالعروة الربيعية، كذلك محصول الطماطم فالفترة الخريفية من الأفضل مقارنته بالصيفية لوجود كميات لابأس بها من المياه الزرقاء والعروة الصيفية كحجم المياه الخضراء المضاف وكذلك وكمية المياه الرمادية، ذلك هي مؤشرات لدعم اتخاذ القرار من حيث اختيار الفترة الامتداد السلع من الدور الأخرى للمحافظة على المياه المحلية، كما يتضح أن الزيتون يستهلك كمية كبيرة من الماء (360 يوم) وأشجار الزيتون المروية حيث تحتاج كميات كبيرة من المياه الخضراء والمياه الرمادية وزيت الزيتون يستهلك حوالي أربع أضعاف ثمار الزيتون.
ويتضح أن حسب المياه المستهلكة يتضمن القمح هو القيمة الأكثر استيراداً مقارنة في المحاصيل ويتضح من خلال هذه الورقة أن الضغط كبير على الموارد المائية حيث المياه الخضراء هي القيمة الأعلى في كل البصمات المائية للمحاصيل وهذا بشكل ضغطاً على الموارد المائية في ليبيا.

الكلمات المفتاحية : البصمة المائية، المياه الافتراضية، المياه الزرقاء، المياه الخضراء، المياه الرمادية، الندرة المائية الاحتجاجات المائية، المحاصيل الزراعية.

المقدمة :

تعتبر نـــدرة المياه العذبة من أهم وأكثر المخاوف البيئية أهمية، حيث أن أكثر من ثلثي سكان العالم يتأثرون بندرة الماء بحلول (حسب UNESCO, 2030)

[25،20] وأصبح النقص المائي المتزايد واضح في العديد من بلدان العالم [36]، وأن عدم توفر الماء هو عامل مقيد للتنمية الاقتصادية في العديد من البلدان، وتعتبر منطقة حوض البحر المتوسط من أكثر المناطق ندرة في العالم وخاصة المنطقة شمال أفريقيا، وخاصة ليبيا نتيجة للتوسع في الزراعة المروية وتزايد عدد السكان وما تبعه من جوانب التحضر إلى خلق تحديات كبيرة في الامداد المائي [11،10،9]، على المستوي العالمي معظم الاستخدام المائي يتجه للإنتاج الزراعـــي، وخاصة أن الزراعة المروية تعتمد بشكل كبير على الإمداد المائي من مصادرها، وهذا يستلزم زيادة إنتاجية الماء (increasing productivity water) [52،50]، وإن زيادة إنتاجية المياه في الزراعة يتطلب ما يســمى إنتاجية أكبر لكل قطره ماء (more crop per drop) ، وذلك لتقليل الضغط على الموارد المائية [29،28] ولعل من أكثر الأدوات استخدما لتنفيذ هذا المنهج هو البصمة المائية (the water footprint) وهو مفهوم قدمه العالم (Hoekstra) [32،30] ، البصمة المائية كمؤشر يقيس مقدار مواردها المائية المتاحة من خلال النشاط البشري، وتسمي أحياناً هذه العملية محاسبة البصمة المائية (water foofprint accounting) [52،51].

والمحاسبة على المياه المستخدمة هي المرحلة التي يتم فيها جمع البيانات وتحليل وتطوير الحسابات وهو إجراء مناسب لتقييم العلاقة بين استخدام المياه وإنتاج المحاصيل وبالتالي هي مقياس لكفاءة المياه المستخدمة ولكن هذه الطريقة لا تقدم معلومات عن نظام الري وهل تستخدم بطريقة جيدة [49،46] ؛ لذا تم اعتماد مؤشر المحاسبة المائية أفضل لتقييم ادارة مياه على مستوي منطقة الري وكذلك المزرعة [42،40] ، ويعرف بانه نسبة اجمالي الحجم السنوي للمياه المحمولة (diverted) أو المضخوخة (pumped) لعملية الري وإجمالي الاحتياجات الري النظـرية للمحاصيل القدرة لكل موسم ري [45،49].

وسوف يتم تقديم منهجية لإجراء تقييم مشترك واستخدام المياه المقدرة من خلال تحليل المؤشرات مثل البصمة المائية للمحاصيل (WFC) وحجم المياه الموسمي (RIS) على نطاق المزرعة كخطوة أولي لتحديد أوجه القصور في الري وبالتالي دعم التنفيذ واتخاذ القرار وذلك من خلال تطبيق المنهج المقترح على دراسة فعلية للمحاصيل قيد الدراسة.

تعد ليبيا من أكثر دول العالم جفافاً، حيث يتلقى الربط الساحلي (أقل من 5% من مساحة البلاد) معظم الهطولات المطرية، ومع تزايد عدد السكان زاد الضغط على

الموارد المائية حيث بلغ الطلب سنة 2021 حوالي (7236 مليون متر مكعب) [2،4،37].

حيث بلــغ نصيب الفرد في ليبيا من مصادر المتجدّدة أقل من عشــرة المتوسط العالمي (إدريس 2021) ، لذلك تعتمد ليبيا بشكل أســاســي على المياه الجوفية والتي تمثل 97% (عام 1997)، وتم تقسيم ليبيا تباعاً للتوزيع الجغرافي والجيولوجي للأحواض الرئيسية بحسب (الهيئة العامة للمياه) [1،2،3] ، المنطقة الغربية (حوض الجفارة والحمادة الحمراء).

المنطقة الوسطي (الجزء الشرقي من حوض الحمادة وحوض سرت).

المنطقة الشرقية (حوض الجبل الأخضر).

المنطقة الجنوبية (حوض مرزق).

المنطقة السرير والكفرة (حوض السرير والكفرة).

وبحسب دراسات الهيئة العامة للمياه [1] فإن الزراعة تستهلك أكثر من (940 مليون متر مكعب) والشرب والصناعة (109 مليون متر مكعب) [3].

وأدي الضغط على الموارد الجوفية لهبوط في مناسب المياه فأرتفع من (0.2m) سنة 1972 إلى (2.3m) سنة 2005 في منطقة الجفارة، مما أدي لتدهور نوعية المياه فارتفع درجة التوصيل الكهربائي من (1.49ds/m) إلى (5.5ds/m) وفي صرمان وتاجوراء من (0.94ds/m) إلى (5.72ds/m) [26].

وليبيا تقترب مستويات المياه إلى ليبيا للانهيار ومع ذلك لا يوجد إدارة مائية واعية بحجم الكارثة ففي ليبيا يستهلك الفرد (2541 لتر) مقارنة حظاً مائياً الأوفر في مثل تونس (168 لتر) والجزائر (674 لتر) ومصر (2202 لتر) [27].

والمشكلة يمكن أن استهلاك المياه قدر بحوالي 5.9 مليار متر مكعب 2019 منها 83% في قطاع الزراعة وهو يمثل 3% من الناتج المحلي (بحسب منظمة الأغذية والزراعة) [4].

وحفظ المياه عن طريق التجارة (Global water saving the rough trade) يمكن أن تستفيد منها الدول ذات الندرة المائية عن طريق استيراد السلع والخدمات (بصمة مائية أعلى) من الدول ذات (بصمة مائية أقل)، وتعتمد تجارة المياه الافتراضية (Virtual - water) ذات بعد سياسي واقتصادي للمحافظة على المياه باختبار السلع المناسبة للاستيراد [4،7].

ومؤشرات استخدام المياه البصمة المائية (WFC) (RIS) والإمداد المائي للمحاصيل.

وبحسب مفهوم المياه الافتراضية الذي قدمة الباحث [1] يتم تقسيم المياه على ثلاث فئات كما هو موضوح في شكل **(1):**

المياه الخضراء : جزء من مياه الأمطار المخزنة في التربة والمتاحة للمحصول، وتمثل وجزءا من (البخر النتح) أثناء نمو المحصول (ETgreen) وهو يعادل مفهوم الأمطار الفعالة (Peff) [14].

المياه الزرقاء(ETblue)**:** هي مجموع من عمليات سحب المياه الري من طبقات المائية الحاملة للمياه التي وهي وجزء من عمليات البخر والنتح النظري للمحصول (ETc) وهطول الأمطار لذلك هي مياه التي تذهب في عمليات البخر النتح ولا تعود لذلك يسمي بعض الباحثين هذا المفهوم باسم (المياه العذبة والمستهلكة) (Freshwater consumptive uses) [43،44].

المياه الرمادية (ETgray): وهو مؤشر للتلوث وهو حجم المياه العذبة المطلوبة لاستيعاب حمولة الملوثات، لا يوجد اجماع علمي حول مكون عامل المياه الرمادي [23،26] وفق للباحث [22،46] فإن المياه الافتراضية هي حسب المعادلة:

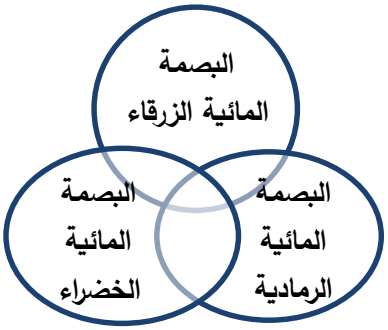
$$Wfc = WFgreen + Wfblne + Wfgray \qquad (1)$$

ويمكن حساب المياه الخضراء من المعادلة:

$$WFg_{geen} = \frac{CWUgreen}{Y} \qquad (2)$$

WFg_{geen}: استخدام المحصول للمياه الخضراء (m^3/ha).

شكل (1) الأنواع الرئيسية لبصمات المياه.



مع ملاحظة أن WFg_{geen} يتم حسابه على افتراض أن المحصول يتم إنتاجيته في ظروف تعتمد على الأمطار وبالتالي لابد من حساب الأمطار الفعلية (Peff) (FAO 24) ويتم تقدير البصمة المائية الزرقاء WFg_{geen} على أنه الحجم الإجمالي للمياه المستخدمة للموسم الزراعي بالكامل مقسوم على الإنتاجية المحصوليه على النحو التالي [6،7]:

$$WFblne = \frac{CWAblne}{Y} \qquad (3)$$

ويري الكثير من الباحثين [18،27،52] أن FWblne لابد أن تتضمن الممارسات الأخرى مع عملية الري مثل فترات الجفاف واستخدام الأسمدة وغسيل والتربة من الأملاح لذلك نري أن كمية مياه الري الفعلية حقلياً أكبر من المحسوبة لذلك يمكن إعادة صياغة المعادلة على النحو التالي [3،4،3]:

$$CWAblue = WAg + \sum_{i=1}^{n} WAi \qquad (4)$$

Wag: كمية مياه الري المحسوبة (البخر النتح المحصولي).

WAi: هي العمليات الإضافية مع الري من تسميد ووقاية وترطيب وغيرها.

$$CWCblne = \min [CwAblne , 10 . (ETc – Peff)] \qquad (5)$$

ويمكن تقدير ETc حسب المعادلة التي اقتراحها منظمة الأغذية والزراعة (FAO 56،33،24).

ويمكن إعادة صياغة معادلة (منظمة الأغذية والزراعة) [21] حسب مراحل نمو النبات.

$$ETc = \sum_{i=1}^{n} . ETo j \qquad (6)$$

حيث إن:

KTc: معامل المحصول حسب يوم الموسم (i) مؤشر مرحلة نمو المحصول (J).

مع ملاحظة أن CWCblne هو الفرق بين ETc و Pelf عندما يتم تلبية كافة الاحتياجات المائية دون عجز المائي.

وكذلك يمكن صياغة المعادلة للمياه الخضراء والزرقاء على النحو التالي [4]:

$$CWU = CWUgreen + CWUblne \qquad (7)$$

استخدام مؤشر إدارة مياه الري (امداد الري النسبي) وهو مؤشر ولابد من إدخال عامل نظام الري ويصاغ رياضيا على النحو التالي [9]:

$$RIS = \frac{NAg}{10.(ETc-Peff)} \qquad (8)$$

RIS: الأمداد الري النسبي (m^3/ha).

NAg: مياه الري الفعلية الموسم النمو (m^3/ha).

ETc: البخر النتح المحصولي (mm/year).

Peff: الأمطار الفعالة (mm/year).

على أن المؤشر (RIS) اذا كانت أقل من واحد إلى الري الناقص والأعلى من واحد للري الزائد (زائد) 1≤ R 15 ≥ -1 (ناقص) وكذلك لابد القيام برمجة الري بشكل دقيق [38].

المحاصيل فـــي ليبيا:

تقدر المساحة المزروعة بالزيتون بحوالي أكثر من (3%) من المساحة العالمية المزروعة، وللآسف أنخفض عدد أشجار الزيتون من حوالي 7.2 مليون إلى 5.2 مليون شجرة سنة (1992) تم تزايد الاهتمام لتصل إلى 8.2 مليون شجرة تم 12 مليون شجرة سنة (2013) [1] منها 32%.

تعتمد شجر الزيتون على الري الدائم والباقي بعلى وقدر إنتاج ليبيا بحوالي 190340طن من الزيتون لسنة (2020) وحوالي 519109 لتر من زيت الزيتون [3].

وهي شجرة ذات أهمية اقتصادية واجتماعية وتسهم في الناتج المحلي، علماً أن ليبيا تحتل الترتيب (11) على مستوي العالم في إنتاج زيت الزيتون (بحسب تقدير منظمة الأغذية والزراعة) [1،14].

علماً أن مقدر إنتاج الزيتون البعلي (Kg/ha 613) والمروى (kg/ha 882) وزيت الزيتون 153.25لتر/هكتار للبعلي 240.54كجم/هكتار للمروي بحسب [3].

يعد محصول البطاطس (*Solanum tuberosum*): من أهم محاصيل الخضر في العالم حيث يأتي في المركز الرابع بعد القمح والأرز والذرة، وله قيمة اقتصادية كبيرة وهو أهم محاصيل ليبيا والأكثر مساحة مزروعة من محاصيل الخضر وهو من العائلة الباذنجانية [19].

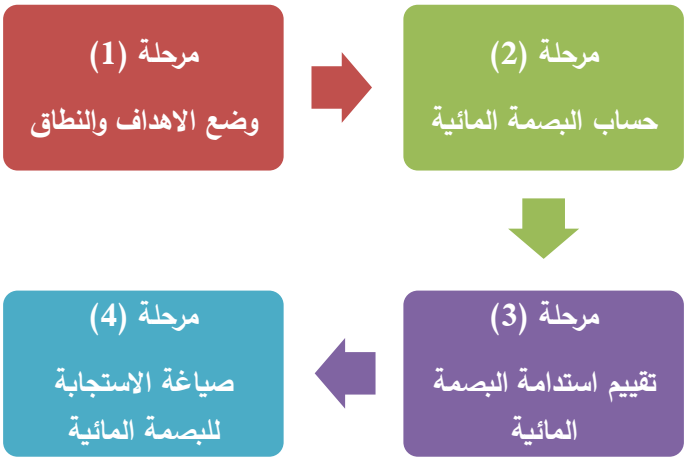
يعتبر محصول الطماطم (*Solanum Lycopene*): من العائلة الباذنجانية وهو من أهم محاصيل الخضر وإكثارها انتشاراً في الكرة الأرضية وذو أهمية اقتصادية كبيرة [21].

يعتبر القمح: أهم محصول حقلي ويعتبر من المحاصيل الاستراتيجية وفي ليبيا يعد المحصول الحقلي الرابع بعد الشعير والبرسيم والشوفان، القمح مساحة المزروعة حوالي 204هكتاراً (8.8%) من مساحة الحبوب ويحتاج ($5880m^3/ha$) ويعتبر الشعير أقدم محاصيل الحبوب التي زرعها الإنسان وهو من أهم المحاصيل في ليبيا نظر لتحمله الظروف الجافة والملوحة [25].

ويمكن وصف تقدير البصمة المائية كما هو مبين في جدول (1):

جدول (1) البصمة المائية لسلعة أو مستهلك:

	استخدام مباشر	استخدام غير مباشر	
الإمداد مياه	بصمة المياه الخضراء	بصمة المياه الخضراء	
مياه غير مستهلكة	بصمة المياه الزرقاء	بصمة المياه الزرقاء	استهلاك مياه
	بصمة المياه الرمادية	بصمة المياه الرمادية	تلوث مياه



شكل (2) مراحل تقدير وتقييم البصمة المائية.

المـــواد وطـــرق البحث :

تم اختيار مجموعة من المحاصيل الأكثر أهمية في ليبيا من حيث المساحة المزروعة والاستهلاك اليومي وهي:

1. محصول البطاطس (عروة خريفية وربيعية).
2. محصول الطماطم (عروة ربيعية وصيفية).
3. محصول القمح.
4. محصول الشعير.
5. ثمار الزيتون.
6. زيت الزيتون.

تم تقدير البخر والنتح القياسي والمحصول باستخدام المعادلة (الفاو بنمن- مونتث) [1،2،48]:

$$ETc = Kc \cdot ETo \qquad (9)$$

حيث إن:

ETc: البخر النتح المحصولي (mm/day).

ETo: البخر النتح القياسي (mm/ha) وثم أختيار محصول الفاو/بنمن/مونتث.

تم تقدير البخر النتح القياسي بواسطة معادلة الفاو / بنمن مونتث [2]:

$$ET_o = \frac{\mathbf{0.408}\,\Delta\,(\boldsymbol{Rn}-\boldsymbol{G})+\gamma\frac{\mathbf{900}}{\boldsymbol{T}+273}\boldsymbol{U_2}(\boldsymbol{es}-\boldsymbol{ea})}{\Delta+\gamma\,(\mathbf{1}+\mathbf{0.34}\,\boldsymbol{U_2})} \qquad (10)$$

حيث إن:

ET_o: البخر النتح القياسي (mm/day) .

Rn: صافي الإشعاع الشمسي عند سطوح المحصول وهي تمثل المياه الخضراء ($MT/m^2/day$).

G: شدة الاشعاع الشمسي عند سطح المحصول ($M/m^2/day$).

T: متوسط درجة حرارة الهواء اليومية عند ارتفاع (2m) وتقاس (C^0).

U_2: متوسط سرعة الرياح (m/sec) عند ارتفاع (2m).

es: ضغط البخار المشبع (Kpa).

ea: ضغط البخار الفعلي (Kpa).

Δ : ميل منحنى ضغط البخار (Kpa/c^o).

γ: ثابت الأسترطابي (Kpa/c^o).

تقدير إجمالي المياه الري [20،32]:

$$IRg = \frac{ETo .Kc .\ Kr + Peff - R}{Ea\ (1 - LR)} \qquad (11)$$

حيث إن:

IRg **:** إجمالي مياه الري (mm/day).

Kr: معامل التخفيض (في الري الموضعي فقط).

Peff: مياه الأمطار الفعالة (تمثل المياه الزرقاء).

R: الجريان السطحي.

Ea: كفاءة شبكة الري (75 للري بالرش/ 85 للري بالتنقيط).

LR: معامل الغسيل (10% للبطاطس والطماطم/ 15% للقمح والشعير والزيتون) (بحسب الهيئة العامة للمياه) [2].

وتم تقدير الأمطار الفعالة (للمياه الزرقاء) من المعادلة [38،3،33]:

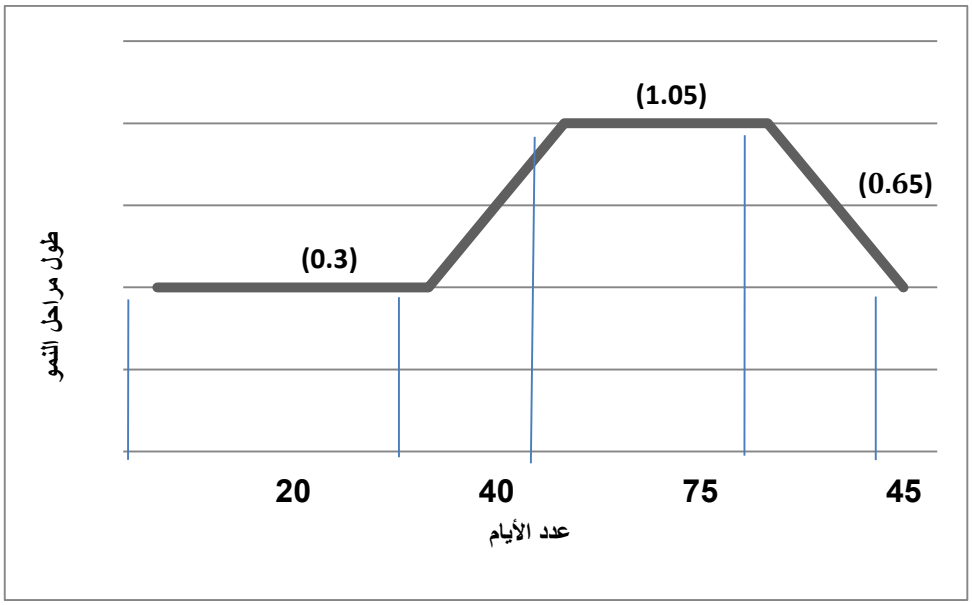
$$Peff = \frac{P\ .(125 - 0.2\ (P)}{125} \qquad (12)$$

النتائج والمناقشة:

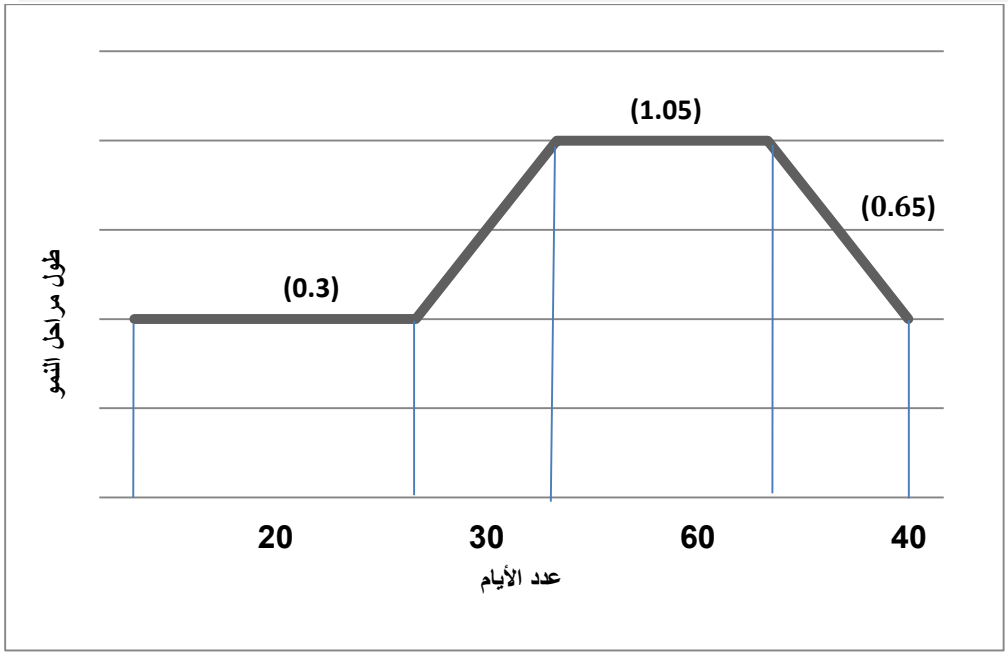
جدول (2) تقدير البخر النتح القياسي لبلدية طرابلس:

ETo		البخر والنتح القياسي mm/day	الهطول الفعال	الهطول الفعلي mm/manth
الشهور	1	2.6	19.9	55.7
	2	2.7	5.3	14.9
	3	3.7	9.4	26.4
	4	5.2	7.7	21.7
	5	6.7	2.7	7.5
	6	7.9	0.0	0.1
	7	8.0	0.0	0.0
	8	7.5	0.0	0.0
	9	6.4	4.3	12.1
	10	4.7	7.5	21.1
	11	3.0	11.6	32.4
	12	2.2	12.7	35.7
المجموع		1826.1	81.3	227.6

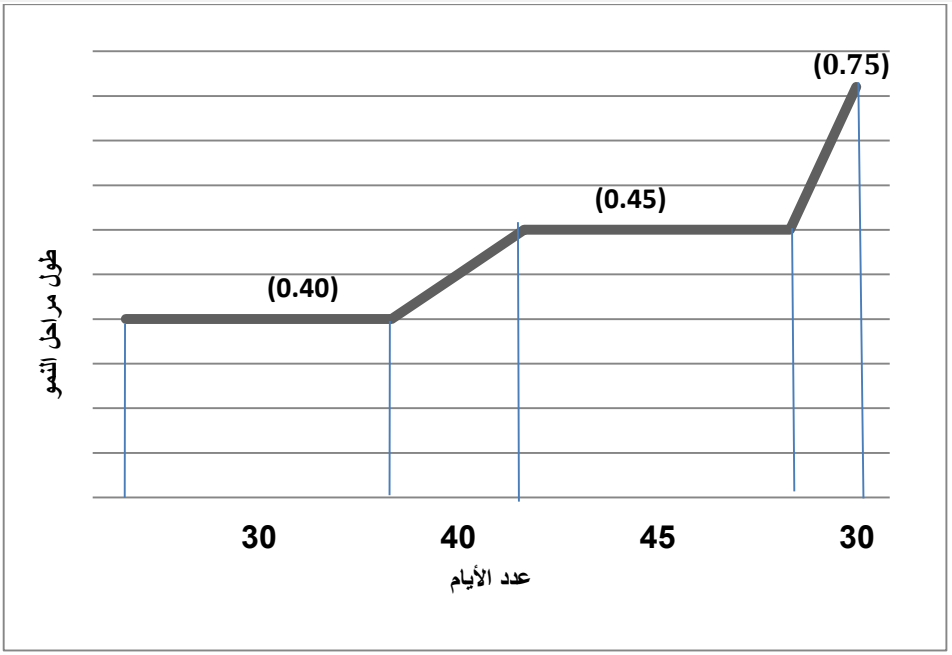
يتم تقدير البخر النتح القياسي كما هو مبين في جدول (2) وكذلك تقدير معامل محصول القمح والشعير والبطاطس (عروة ربيعية وخريفية) والطماطم (عروة صيفية وربيعية) كما هو مبين في الأشكال (3،4،5،6،7،8،9).



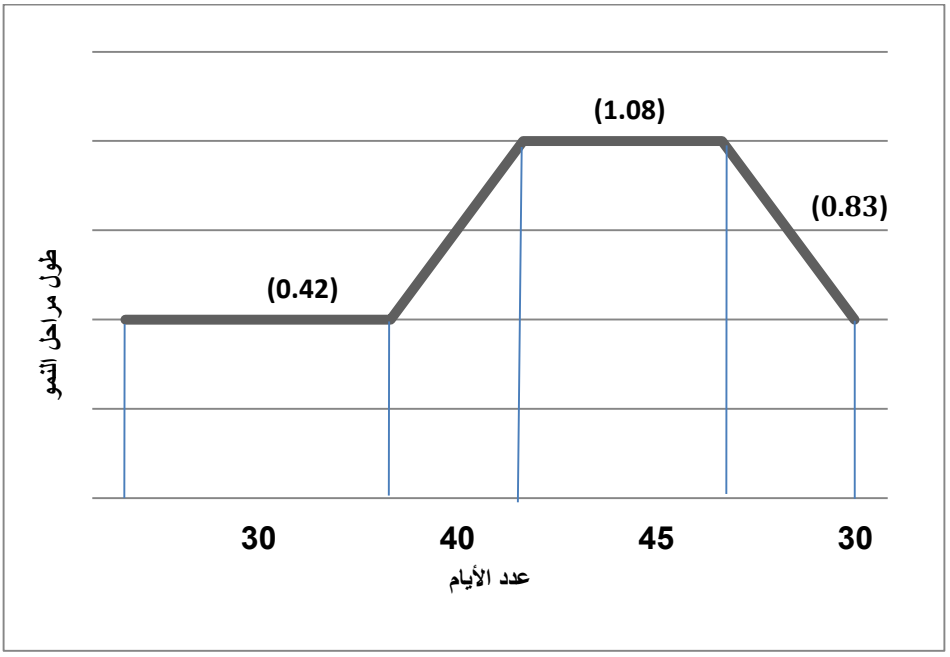
شكل (3) يوضح معامل محصول القمح في ليبيا لعدد الأيام ومعامل المحصول.



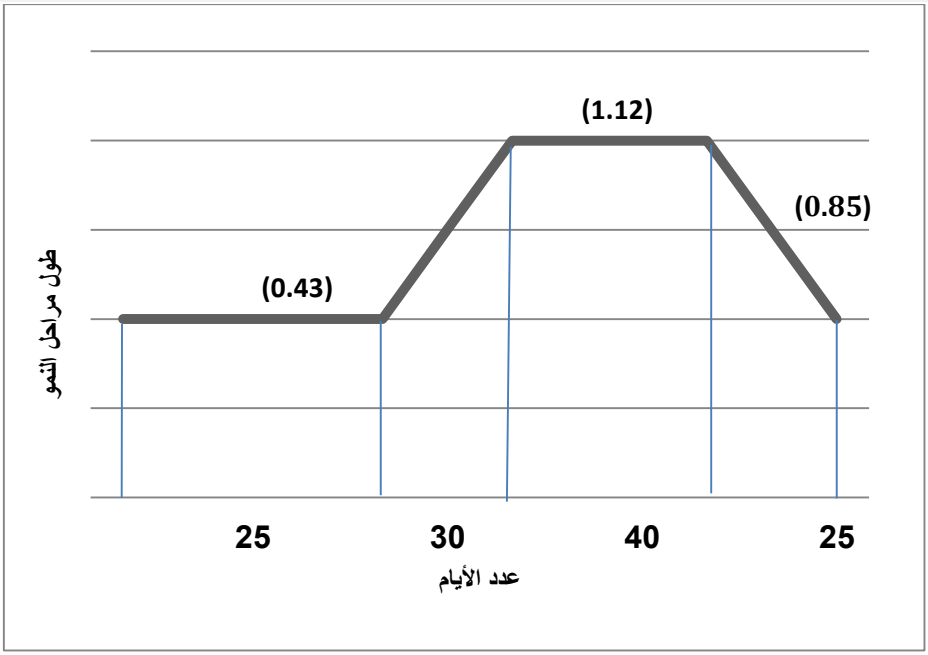
شكل (4) يوضح معامل محصول الشعير في ليبيا لعدد الأيام ومعامل المحصول.



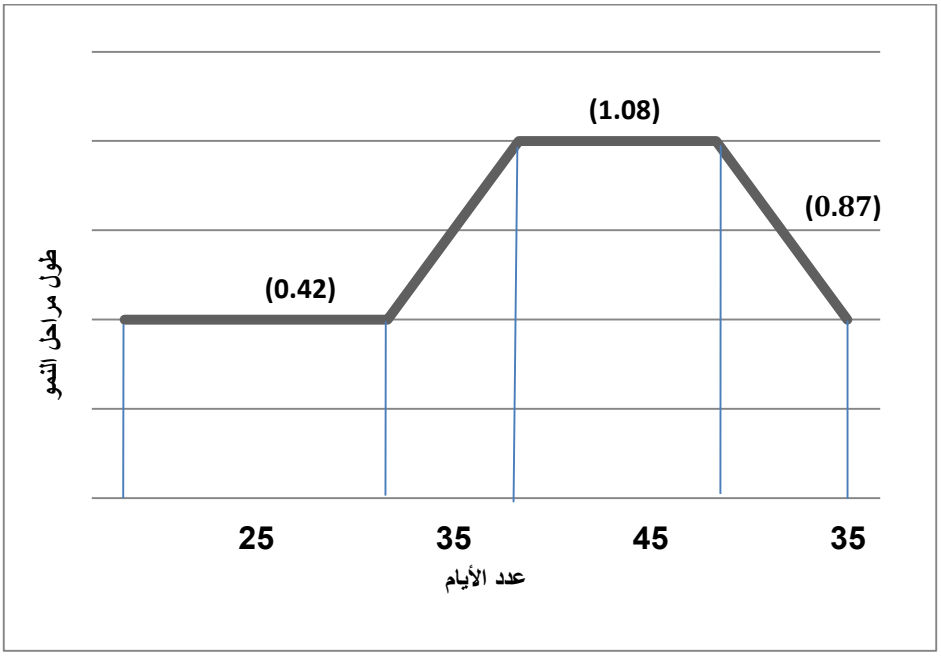
شكل (5) الزيتون من 1 – 12 (360 يوم).



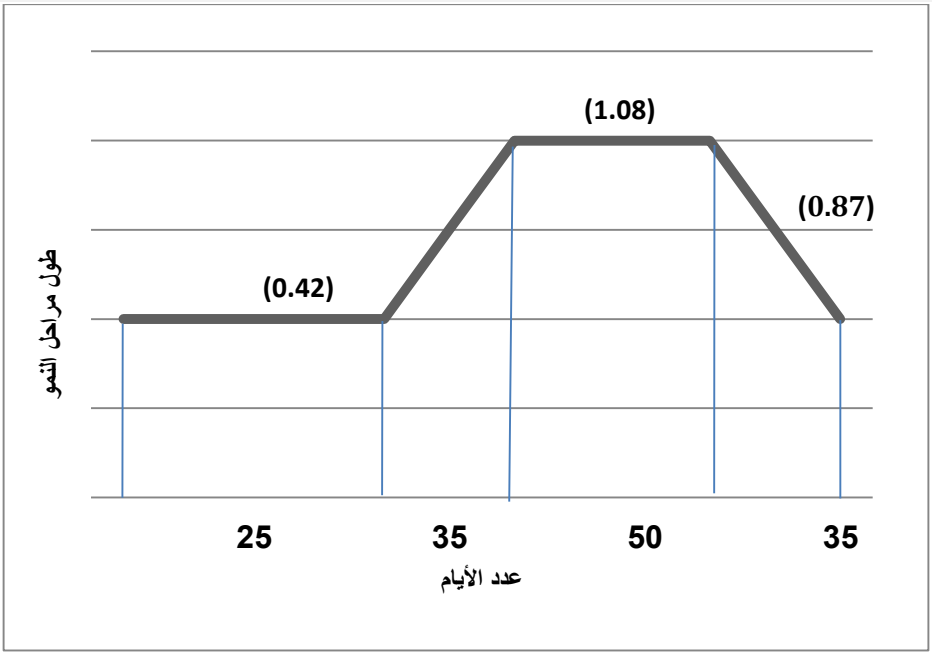
شكل (6) الطماطم ربيعي 2 – 7 (145 يوم).



شكل (7) طماطم صيفي 4 – 8 (120 يوم).



شكل (8) البطاطس ربيعي 2 – 6 (135 يوم).



شكل (9) البطاطس خريفي 2 – 9 (140 يوم).

جدول (3) يوضح البصمة المائية لمحاصيل القمح والشعير والبطاطس والطماطم والزيتون:

الاستهلاك المائي						
L/kg	Kg/m^3	مياه البصمة الكلي	مياه رمادية	مياه زرقاء	مياه خضراء	
2610	4.60	3380	105	65	3310	القمح
1909	0.33	2545	80	60	2405	الشعير
170	4.35	140	70	55	65	البطاطس/خريفي
240	6.10	175	70	25	80	البطاطس/ربيعي
306	7.85	185	75	25	85	الطماطم/ربيعي
370	9.45	195	80	15	100	الطماطم/صيفي
10098	0.17	9180	20	240	7920	الزيتون
35343	0.043	28558	70	768	27720	زيت الزيتون

يوضح جدول (3) كمية المياه التي تم حسابها ويلاحظ محصول القمح للمياه الخضراء بشكل حوالي (97.929%) أي مياه الري والشعير (94.450%) أما الزيتون المروي، المياه الخضراء (86.245%) أما البطاطس فكان (46.429%) الخريفي والربيعي (45.714) أما الطماطم الربيعي (45.946%) والصيفي فكان النسبة منخفضة بشكل (51.282)، وهذا يـدل على كمية مياه الري المضافة ويلاحظ

ارتفاع نسبة المياه الرمادية في القمح والشعير بسبب الأسمدة والمبيدات المضافة خلال الموسم.

كما يلاحظ ارتفاع كمية المياه لكل حجم من الزيتون وزيت والقمح والشعير مع كفاءة أعلى لكل من الطماطم خاصة الربيعي مقارنة بالصيفي ثم البطاطس حيث أن الطماطم يستمد في الإنتاجية لفترة طويلة نسبياً مع مرحلة التزهير.

جدول (4) يوضح كمية المياه التي يمكن نقلها من المياه عبر المحاصيل (المياه الافتراضية) بناءاً على الاحتياجات الغذائية والزراعة التخطيط:

المحصول	كمية المياه الافتراضية (مليون متر مكعب)
طماطم صيفي	583.37
طماطم ربيعي	521.59
بطاطس ربيعي	462.33
بطاطس خريفي	431.96
قمح	9763.78
شعير	8361.09
زيت زيتون	140324.20
ثمار الزيتون	1262.43

جدول (5) شهور السنة (البخر النتح للمحاصيل قيد الدراسة):

المحصول / أشهر / سنة	القمح	الشعير	طماطم ربيعي	طماطم صيفي	بطاطس خريفي	بطاطس ربيعي	زيت زيتون	ثمار زيتون
1	68.6	68.6			39.3		10.4	2.2
2	118.5	116.3	42.7			44.7	40.1	22.0
3	156.8	120.2	106.1			117.6	56.9	31.2
4	170.4		246.2			260.4	88.3	50.9
5			333.3	137.0			129.3	75.4
6			284.0	322.1			162.3	95.5
7				418.2			160.1	98.9
8				350.9			156.7	92.1
9					127.8		126.8	73.7
10					169.1		88.2	49.9
11	27.2	28.4			140.6		45.7	27.3
12	58.4	70.1			98.6		27.3	13.2
الاجمالي	600	404	1020	1228	575	423	1149	629

يوضـــح جدول (5) كمية البخر النتح للمحاصيل القمح والشعير كمحصول حقلي والبطاطس والطماطم في عروتين كمحصول بستاني والزيتون للري بالرش والري الموضعي.

ويلاحــظ أن الزيتون يحتاج الحوالــي 1149 متر^3/هكتار والطماطم في العروة الصيفي 1228m^2/se و1020 متر^3/ الموسم و404 و600 متر^3/موسم لمحصول البطاطس في العروة الخريفية والربيعية ويلاحظ ارتفاع الاحتياجات المائية لمحصولي الطماطم ثم الزيتون ثم القمح والبطاطس ثم الشعير مع ملاحظة أن الشعير المحاصيل المهم لأنه يتحمل نقص الماء وملوحة المياه.

الخلاصة والتوصيات :

تفيد هذه الدراسة بالنظر إلي التّدهور الحاصل في المياه العذبة في ليبيا كماً ونوعاً، لذلك يعتبر استخدام نظام المياه الافتراضية والبصمة المائية، وهي طريقة غير تقليدية لإعادة توازن المعادلة الهيدرولوجية وذلك لتوفير مليارات من الأمتار المكعبة من المياه المنقولة عبر ما يسمي بالمياه الافتراضية والمحملة على السلع وذلك بالاتجاه الاستيراد المحاصيل الأكثر استهلاكا للمياه مثل القمح والشعير وكذلك زيت الزيتون أن كان مرويا وكذلك ثمار الزيتون.

وهذه الدراسة تشـــير إلى أنه يجب العمل على تقليص العجز المائي بإدارة الطلب الترشيد على المياه ولعل من أهمها استكمال الدراسات الهيدرولوجية والجيوفيزيائية للمياه الجوفية في ليبيا، والاستفادة من المياه المنقولة من الجنوب والسدود والتأكيد على أهمية استخدام العلاقة البحرية (استخدام مياه البحر) مما يجب إعادة النظر في السياسات الزراعية والمائية وذلك بمنع وتقليل زراعة المحاصيل ذات الاحتياجات المائية المرتفعة والاتجاه للاستيراد عبر المياه المنقولة السلع وربط ذلك بالأهداف والاستراتيجيات المستقبلية والعمل على نشر الوعي بمفاهيم المياه الافتراضية والبصمة المائية.

المراجع باللغة العربيـــة:

1. منظمة الأغذية والزراعة والأغذية (2018) احصاءات الزراعة للمنظمة، التابعة للأمم المتحدة (FAO) روما، ايطاليا.
2. المنظمة العربية للتنمية الزراعية (2013) تطور إنتاج وتصنيع أو تسويق الزيتون وزيت الزيتون في الوطن العربي، الخرطوم، السودان.
3. الأزرق، عبدالوهاب (2015) السياسات العربية وأثرها على تطور الإنتاج الزراعي في ليبيا (القمح والزيتون) رسالة ماجستير أكاديمية الدراسات العليا، طرابلس، ليبيا.
4. قاعدة بيانات منظمة الأغذية والزراعة (FAO STAT 2019).

المراجع باللغة الانجليزية:

1. Allan, J.A., 1998. Virtual water: a strategic resource global solutions to regional deficits. Ground Water 36, 545-546.
2. Allen, R .G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage, FAO Irrigation and Drainage, Rome, Italy.
3. Daccache, A., Knox, J.W., Weatherhead, E.K., Daneshkah, A., Hess, T.M., 2014. Implementing precision irrigation in a humid climate – recent experiences and on – going challenges. Agricultural Water Management 147, 135 – 143.
4. Garcia Morillo, J., Rodriguez Diaz, J.A., Camacho, E., Montesinos, P., 2015. Linking water footprint accounting with irrigation management in value crops. Journal of Cleaner Production 87, 594 – 602.
5. Gonzalez Perea, R., Camacho Poyato, E., Montesinos, P., Garcia Morillo, J., Rodriguez Diaz, J.A., 2016. Influence of spatio temporal scales in crop water footprinting and water use management: evidences from sugar beet production in Northern Spain. Journal of Cleaner Production 139, 1485 – 1495.
6. Hoekstra, A.Y., 2003. Virtual water trade. In: Proceedings of International Expert Meeting on Virtual Water Trade, vol. 12, pp. 1 – 244. Int. Expert Meet. Virtual Water Trade.
7. Hoekstra, A. Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., Mekonnen, M.M., 2009. Water Footprint Manual State of the Art 2009. Water Footpr. Netw, p. 131.
8. Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., Mekonnen, M.M., 2011. The Water Footprint Assessment Manual. Setting the Global Standard.
9. Hoekstra, A.Y., Mekonnen, M.M., Chapagain, A.K., Mathews, R.E., Richter, B.D., 2012. Global monthly water scarcity: blue water footprints versus blue water availability.7.
10. Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y., 2011. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. Hydrology and Earth System Sciences 15, 1577 – 1600.
11. Monaghan, J.M., Daccache, A., Vickers, L.H., Hess, T.M., Weatherhead, E.K., Grove, I.G., Knox, J.W., 2013. More crop per drop: constraints and opportunities for precision irrigation in European agriculture. Journal of

the Science of Food and Agriculture 93, 977 – 980. https://doi.org/10.1002/jsfa.6051.

12. Moriana, A., Orgaz, F., Pastor, M., Fereres, E., 2003. Yield responses of a mature olive orchard to water deficits. Journal of the American Society for Horticultural Science 128, 425 – 431.

13. Rodriguez Diaz, J.A., Cammacho Poyato, E., Lopez Luque, R., Perez Urrestarazu, L., 2008. Benchmarking and multivariate data analysis techniques for improving the efficiency of irrigation districts. An application in Spain. Agricultural Systems 96, 250 – 259.

14. Salmoral, G., Aldaya, M.M., Chico, D., Garrido, A., Llamas, R., 2011. The water footprint of olives and olive oil in Spain. Spanish Journal of Agricultural Research 9, 1089 – 1104.

15. UNESCO, 2009. The United Nations World Water Development, Report 3 – Water in a Changing World. Paris, France.

16. Vanham, D., Bidoglio, G., 2013. A review on the indicator water footprint the EU28. Ecological Indicators 26, 61 – 75.

17. Water Framework Directive, 2000. Directive 2000/60/EC of the European and of the Councils of 23 October 2000 Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy 2000/60/EC, pp. 1 – 73.

18. Bastiaanssen, W.G.M., Steduto,P.,2017. The water productivity score (WPS) at global and regional level: methodology and first results from remote sensing measurements of wheat, rice and maize. Sci. Total Environ. 575,595-611.

19. Cherlet M, Hutchinson C, Reynolds J, Hill J, Sommer S, von Maltitz G. World Atlas of De- sertification. 3rd edition. Publication Office of European Union, Luxembourg, 2018.

20. FAO, 2019. Water Use in Livestock Production Systems and Supply Chains – Guidelines for Assessment (Version 1). Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership, Rome.

21. Hoekstra, A.Y., 2016. A critique on the water – scarcity weighted water footprint in LCA. Ecol. Indic. 66,564-73.

22. Hoekstra, A., Hung, P., 2002. Virtual Water Trade: A Quantification of Virtual Water flows between Nations in Relation to International Crop Trade. Value of Water Research Re – port Series No. 11. UNESCO-IHE Institute for Water Education.

23. Hoekstra, A.Y., Mekonnen, M.M., 2012. The water footprint of humanity Proc. Natl. Acad. Sci. 109,3232-3237.

24. Hoekstra, A.Y., Wiedmann, T.O., 2014. Humanity's unsustainable environmental footprint. Science 344, 1114-1117.

25. ISO, 2014. ISO 14064: Environmental Management – Water Footprint Principles, Re- quirements and Guidelines. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

26. JRC, 2018. World Atlas of Desertification, Patterns of Aridity. https://wad.jrc.ec.europa.eu/patternsaridity European Commission. Joint Research Centre (JRC).

27. Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y., 2011. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. Hydrol. Earth Syst. Sci.15,1577-1600.

28. Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y., 2014. Water footprint benchmarks for crop production: a first global assessment. Ecol. Indic. 46, 214-223.

29. Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y., 2016. Four billion people facing severe water scarcity. Sci. Adv. 2.

30. Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y., 2020. Sustainability of the blue water footprint of crops. Adv. Water Resour. 143, 103679.

31. Mekonnen MM, Gerbens – Leenes PW, Hoekstra AY. The consumptive water footprint of electricity and heat: a global assessment. Environmental Science: Water Research & Technology 2015; 1: 285-297.

32. Rockstrom, J., Lannerstad, M., Falkenmark, M., 2007. Assessing the water challenge of a new green revolution in developing countries. Proc. Natl. Acad. Sci. 104, 6253-6260.

33. Rockstrom J, falkenmark M, karlberg L, Hoff H, Rost S, Gerten D. future water availability for global food production: the potential of green water for increasing resilience to global change. Water Resour. Res. 2009;45: W00A12.

34. Vanham, D., Leip, A., 2020. Sustainable food system policies need to address environment-tal pressures and impacts: the example of water use and water stress. Sci. Total Envi-ron. 730,139151.

35. Willett, W., Rockstrom, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., et al., 2019. Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sus-tainable food systems. Lancet 393,447-492.

36. Zhuo, L., Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y., 2016. Benchmark levels for the consumptive water footprint of crop production for different environmental conditions: a case study for winter wheat in China. Hydrol. Earth Syst. Sci. 20, 4547-4559.

37. FAO. The Future of Food and Agriculture – Trends and Challenges; Food and Agriculture Organization: Rome, ltaly, 2017.

38. FAO. FAOSTAT Online Database; FAO: Rome, Italy, 2020.

39. Kummu, M.; de Moel, H.; Porkka, M.; Siebert, S.; Varis, O.; Ward, P.J. Lost food, wasted resources: Global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertiliser use. Sci. Total Environ. 2012,438,477-489.[CrossRef] [PubMed].

40. Chapagain, A.K.; Hoekstra, A.Y.; Savenije, H.H.G. Water saving through international trade of agricultural products. HESS 2006, 10, 455-468.[CrossRef].

41. Sibert, S.; Doll, P. Quantifying blue and green virtual water contents in global crop production as well as potential production losses without irrigation. J. Hydrol. 2010, 384,198-217. [CrossRef].

42. Liu, J.; Yang, H. Spatially explicit assessment of global consumptive water uses in cropland: Green and blue water. J.Hydrol. 2010, 384, 187-197. [CrossRef].

43. Liu, J,; Zehnder, A.J.B.; Yang, H. Global consumptive water use for crop production: The importance of green water and virtual water. Water Resour. Res. 2009, 45. [CrossRef].

44. Hanasaki, N.; Inuzuka, T.; Kanae, S.: Oki, T. An estimation of global virtual water flow and sources of water withdrawal for major crops and livestock products using a global hydrological model. J. Hydrol. 2010,384,232-244. [CrossRef].

45. Chapagain, A.K.; Hoekstra, A.Y. Virtual Water Flows between Nations in Relation to Trade in Livestock and Livestock Products; Value of Water Research Report Series No. 13; UNESCO-IHE: Delft, The Netherlands, 2003.

46. Hoekstra, A.Y.; Chapagain, A.K. Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. Water Resour. Manage. 2007,21,35-48. [CrossRef].

47. Gerbens-Leenes, P.W.; Mekonnen, M.M.; Hoekstra, A.Y. The water footprint of poultry, pork and beef: A comparative study in different countries and production systems. Water Resour. Ind. 2013, 1-2, 25-36. [CrossRef].

48. FAO; WHO. Sustainable Healthy Diets-Guiding Principles; Food and Agriculture Organization (FAO); World Health Organization (WHO): Rome, Italy, 2019.

49. Bulsink, F.; Hoekstra, A.Y.; Booij, M.J. The water footprint of Indonesian provinces related to the consumption of crop products. HESS 2010,14,144-128. [CrossRef].

50. Dalin, C.; Wada, Y.; Kastner, T.; Puma, M.J. Groundwater depletion embedded in international food trade. Nature 2017, 543,700. [CrossRef] [PuMed].

51. Hoekstra, A.Y. The Water Footprint of Modern Consumer Society; Routledge: London, UK, 2013.

52. Chukalla, A.D.; Krol, M.S.; Hoekstra, A.Y. Green and blue water footprint reduction in irrigated agriculture: Effect of irrigation techniques, irrigation strategies and mulching. Hydrol. Earth Syst. Sci. 2015,19,4877-4891. [CrossRef].