Journal of Alasmarya University: Basic and Applied Sciences
Vol. 6, No. 5, December 2021, Special Issue for Forth Conference on Engineering Science and Technology (CEST-2021)
مجلة الجامعة الأسمرية: العلوم الأساسية والتطبيقية
المجلد 6 ،العدد 5، ديسمبر 2021، عدد خاص بالمؤتمر الرابع للعلوم الهندسية والتقنية (CEST-2021)

تقدير كميات حصاد مياه الامطار من أسطح المنازل بالمناطق الجافة والشبه جافة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (مدينة سوسة- ليبيا، كحالة دراسية)

لبنى سليمان بن طاهر

قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة بنغازي، بنغازي، ليبيا، lubnabentaher@gmail.com

الملخص

دولة ليبيا تقع ضمن نطاق المناطق الجافة والشبة جافة لذلك تواجه مشاكل جدية في نقص المياه نتيجة للتغيرات بالمناخ وانخفاض مستويات المياه الجوفية وندرة المياه السطحية ونمو عدد السكان. فأصبح من الضروري البحث عن وسائل للتغلب على اتساع الفجوة بين العرض والطلب على المياه والتوجه للبحث عن مصادر بديلة اقتصادية لتغطية الطلب على المياه بالدولة. ومن هنا جاء هدف هذه الدراسة ببحث جدوى حصاد مياه الامطار من أسطح المنازل لتغطية الاستهلاك البشري للمياه بمدينة سوسة كونها من أحد المدن الليبية التي تقع بنطاق اعلى مستوى هطول امطار شهري بدولة ليبيا. حيث تم الاعتماد على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد لاحتساب كميات حصاد مياه الامطار من أسطح المباني بالمدينة بمساعدة البرامج Google Earth وArcGIS10.5. حيث افضت نتائج الدراسة ان ما يتم تجميعه بصفة تراكمية من أسطح المباني من كميات لمياه الامطار بالسنة يقدر329989.06 m3 ويغطي حوالي 36.4% من الطلب على المياه الصالحة للشرب لسكان مدينة سوسة. ايضا اعتماد نظام حصاد مياه الامطار من أسطح المنازل بمدينة سوسة حلا لمشكلة الازدحام المروري اثناء المواسم المطيرة بالمدينة والتي تعاني من ضعف البنية التحتية. فضلا على ذلك حصاد مياه الامطار من أسطح المباني يساهم من الحد بانتشار الاوبئة والامراض وغيره من الاخطار المترتبة من الفيضانات. بنهاية هذه الدراسة نوصي ان يتم الاستفادة من مياه الامطار التي تحصد سنويا من أسطح المباني لتغطية الاستهلاك البشري كونها تحتاج لتقنيات بسيطة لتنقيتها، وهو مما يساعد ايضا على تقليل الضغط على شبكات تصريف مياه الامطار بالمدن بمواسم الامطار. بالإضافة الي التفكير باستخدام مياه الامطار المجمعة في الري والزراعة او تغذية المياه الجوفية بان تتبنى الدولة نظام حصاد مياه من أسطح المباني ويتم ذلك بتوعيه وتشجيع المواطنين وشركات الانشاء والتعمير العامة والخاصة والهيئات وتوفير ما يلزم لتنفيذه.

الكلمات الدالة:
الاستشعار عن بعد.
المناطق الجافة والشبه جافة.
حصاد مياه الامطار من أسطح المباني.
مدينة سوسة.
نظم معلومات الجغرافية

**البريد الإلكتروني للباحث المراسل:* lubnabentaher@gmail.com

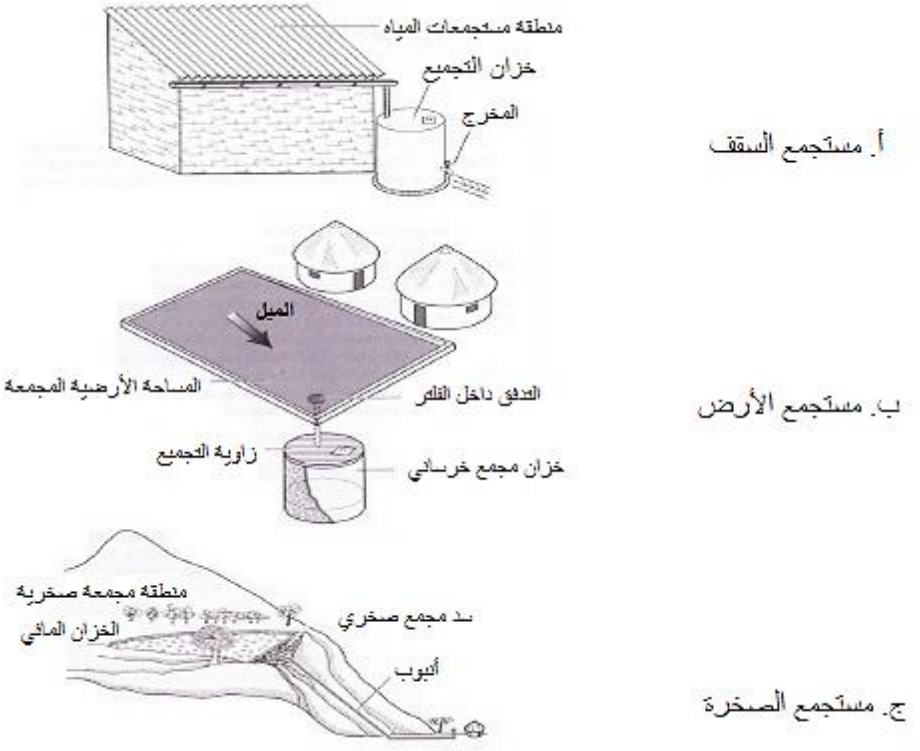
1. المقدمة:

عرف الإنسان أهمية حصاد مياه الأمطار منذ القدم بالأخص في المناطق التي تعاني من قلة وندرة الموارد المائية. فموقع دولة ليبيا الجغرافي ضمن المناطق الجافة و الشبة جافة، و ازدياد عدد السكان كلاهما ادى الى ازدياد الطلب على مصادر المياه؛ مما يستدعي الامر دائماً التفكير في حل لمشاكل ندرة مصادر المياه مثل تطبيق تقنيات الحصاد المائي المختلفة. حيث تمثل المياه الجوفية حوالي 97% من إجمالي المياه المستهلكة بدولة ليبيا في الأغراض المختلفة مما عرض الوضع المائي في الدولة خلال السنوات الأخيرة

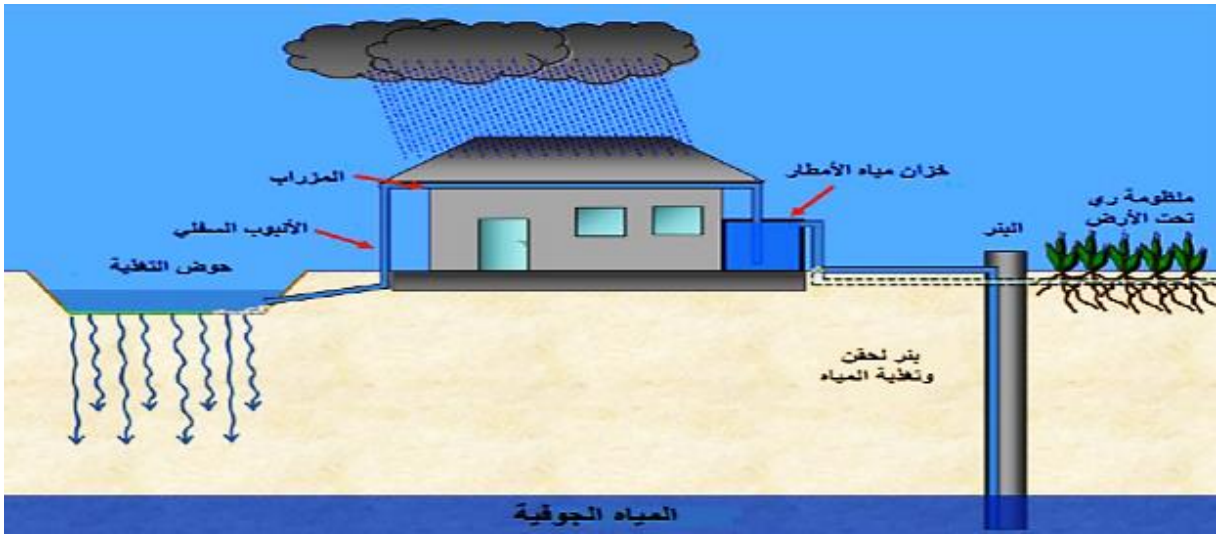
ISSN: 2706-9524 (Print) ISSN: 2706-9532 (Online)

إلى عدة ظواهر ادت الى زيادة الطلب على المياه الجوفية بالمناطق الساحلية مسبباً هبوطاً حاداً لمناسيبها [1]. على ضوء ما سبق نجد ان من المفيد الاستعانة بفكرة حصاد المياه و تبنيها بدولة ليبيا، والتي تقوم على تجميع مياه الأمطار خلال مواسم سقوطها وخزنها للاستفادة منها. فمن خلال جمع مياه الأمطار بشكل مباشر أو غير مباشر، يتم تقليل الاعتماد على مصادر المياه الجوفية بشكل كبير. كما يمكن لمياه الأمطار المجمعة أن تشكل مصدراً لتجديد طبقات المياه الجوفية لحل مشكلة استنزافها، هذا علاوة على أن حصاد المياه هو أحد الطرق المتبعة لإدارة الفيضانات السطحية والتحكم بمياه الأمطار الغزيرة التي قد تحدث اثناء المواسم المطر كما هو الحال بمعظم المناطق المطيرة بليبيا. وفي نفس الصدد ان نظام حصاد المياه من أسطح المباني يتكون من الأسقف كمساحة للمسقط ومزود بأنابيب لتصريف المياه إلى وعاء التخزين كما هو موضح في الشكل (1)، اما الشكل (2) عرض امثلة واضحة عن كيفية الاستفادة من مياه الامطار المجمعة [2]. بحيث يرتبط المعلم المكاني بالمعلومة الوصفية التي تمتاز بها. من هذا المنطلق كان التفكير بإعداد نموذج حصاد مياه الأمطار معتمد على التقنيات الحديثة بالرصد والحساب مثل الاستعانة بتقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية [3].

تناولت العديد من الدراسات أهمية استغلال حصاد مياه الأمطار من أسطح المباني لسد العجز المائي اقليميا وعالميا ومحليا، لكن لم تجرى اي دراسات محلية او بمنطقة الدراسة بنفس الطرح وتقنيات التطبيق لهذه الدراسة فهي تعد الاولى، لخصت بعض الدراسات التي تتطابق مع هذه الدراسة من حيث الهدف كالتالي:



شكل1 نظرية عمل حصاد المياه ومكوناته [2].



شكل2 الاستخدامات المختلفة لمياه الامطار المجمعة من أسطح المنازل[2].

وفي المقابل اصبحت تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية توظف بكفاءة عالية في دراسة الموارد المائية. كلاهما يعتمد على تخزين وتحليل وعرض المعلومات وانتاج الخرائط ذات البيانات المكانية

Dadhich وMathur، 2016، ببحثهما تم استهداف ثلاث مدن بدولة الهند لتطبيق مبدأ حصاد مياه الامطار من اسطح المباني و ذلك باستخدام كل من الصور الفضائية و الادوات المتوفرة ببرنامجQGIS. استنتجا ببحثهما ان الكمية المجمعة من مياه الامطار من هذه المدن الثلاث قدرت بحوالي $4.2Mm^3/year$. فيوصى ببحثهم أن تنفذ تقنيات حصاد مياه الامطار من الاسطح الاكثر اتساعا كالمدارس و المستشفيات و المجمعات السكنية، فتقل الاحتياجات المائية لسكان و مستخدمين تلك المرافق [4].

Hari, 2019، قامت بالدراسة التي اعدتها باحتساب كمية حصاد مياه الامطار من سطح مبنى مقر كلية فاردهامان للهندسة، حيدر أباد، في ولاية تيلانجانا. اتمت دراستها باستخدام الصور الفضائية و برنامج ArcGIS10.3 لاحتساب الكمية الإجمالية المحتملة لمياه الأمطار التي يمكن حصادها من سطح المبنى المستهدف و التي قدرت لتر 11653860. بالإضافة الى احتساب إجمالي الطلب على المياه لموقع دراستها الذي قدر لتر 30660000. اختتمت الباحثة دراستها بمدى جوده مياه الأمطار المجمعة من سطح المبنى و فائدتها لمعالجة نقص المياه. اذ وجدت ان كمية المياه المجمعة من اسطح المباني تغطي حوالي47% من الاحتياج البشري للمياه [3].

Mishra، *واخرون*،2020، هدفت دراستهم إلى تصميم هيكل لتجميع مياه الأمطار من اسطح مباني جامعة أميتي مومباي، الواقعة في ولاية ماهاراشترا في الهند. ببحثهم تم اختيار سطح المبنى الرئيسي لتجميع مياه الأمطار مع الأخذ في الاعتبار الطلب على المياه في الحرم الجامعي والإمداد ايضا. من خلال

النتائج التي توصلوا اليها استخلصوا أن تنفيذ نظام حصاد مياه الامطار من اسطح مباني حرم الجامعة يمكن أن يحل مشاكل ندرة المياه عن طريق تخزين كمية ضخمة من المياه تصل الى $Mm^3/year$ 6109.42[5].

هدفت هذه الدراسة الى التعريف بجدوى استخدام تقنية حصاد مياه الامطار من اسطح المباني لتغطية الاستهلاك البشري بالأخص بالمناطق الجافة و الشبة جافة، حيث استهدفت مدينة سوسة بدولة ليبيا لتطبيق مبدأ الدراسة. ذلك كون ان مدينة سوسة تقع ضمن نطاق اعلى هطول مطر بالدولة و تعاني من اثر السيول و اضرارها بمواسم الامطار، بالإضافة الى أن المياه المزمع حصادها من اسطح منازل المدينة يمكن اعتبارها مصدر مكملا للمياه عندما تصبح شحيحة في المدينة. حيث اعتمد في إتمام الحسابات بهذه الدراسة على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية لمعالجة الصور الفضائية المتحصل عليها من برنامج Google Earth التي تغطي كامل مدينة سوسة و تحويلها الى خرائط رقمية مرجعة جغرافيا باستخدام برنامج ArcGIS10.5. ومن ثم حساب التفريغ السنوي من المساحات المجمعة بنفس البرنامج ذك للوقوع على اهمية استخدام التكامل بين تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في اجراء الحسابات اللازمة بتقنيات حصاد مياه الامطار من اسطح المباني.

2. نظرية عمل الدراسة:

1.2 احتساب كمية مياه الامطار من الاسطح المجمعة:

تتم احتساب كميات مياه الامطار التي يتم حصادها من خلال اسطح المباني من خلال الخطوات التالية [2]:

- حصر وقياس البيانات المطرية شهريا و سنويا لمنطقة الدراسة.
- احتساب مساحة سطح المبنى، بهذه الدراسة يتم احتسابه من برنامجArcGIS10.5.
- تحديد معامل الجريان السطحي معتمدا على نوع مادة السطح (جدول1).

تحسب كمية المياه المجمعة باستخدام المعادلة التالية (Rational Formula)[2] :

$$Q = C \times I \times A \qquad (1)$$

حيث إن:

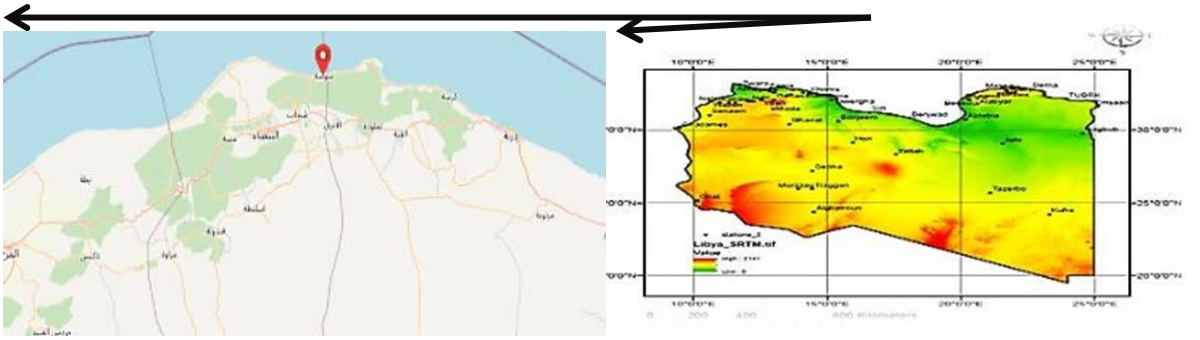
Q =كمية المياه المجمعة بالسنة.، C =معامل الجريان السطحي.، I =معدل هطول الأمطار لكل سنة.، A =مساحة سطح تجمع المياه .

جدول1 معامل الجريان السطحي لأنواع مختلفة من مجمعات المياه [2].

نوع السطح المجمع للمياه	معاملات الجريان السطحي (C)
البلاط	0.8 – 0.9
صفائح معدنية مموجة	0.7 – 0.9
العضوية (سقف القش)	0.2
الخرسانة	0.6 – 0.8
رصيف من الطوب	0.5 – 0.6
التربة على المنحدرات أقل من 10 في المئة	0.0 – 0.3
مجمعات صخرية طبيعية	0.2 – 0.5

2.3 منطقة الدراسة:

مدينة سوسة، مدينة ليبية صغيرة تقع على ساحل البحر الابيض المتوسط أسفل الجبل الأخضر وشرق مدينة البيضاء بمسافة 30km. تقع المدينة في نطاق الاحداثيات "48 ′53 °32 شمالاً ,"47 ′57 °21 شرقًا و"48′53° 32 شمالاً ,"47 ′57 °21 شرقًا وهي ذات موقع سياحي جذاب من الناحية الطبيعية اضافة الى المدينة الاثرية، انظر الشكل(3). علاوة على ذلك يقدر التعداد السكاني بمدينة سوسة حوالي 8000 نسمة بمعدل الاستهلاك اليومي للفرد 180 لتر[6].

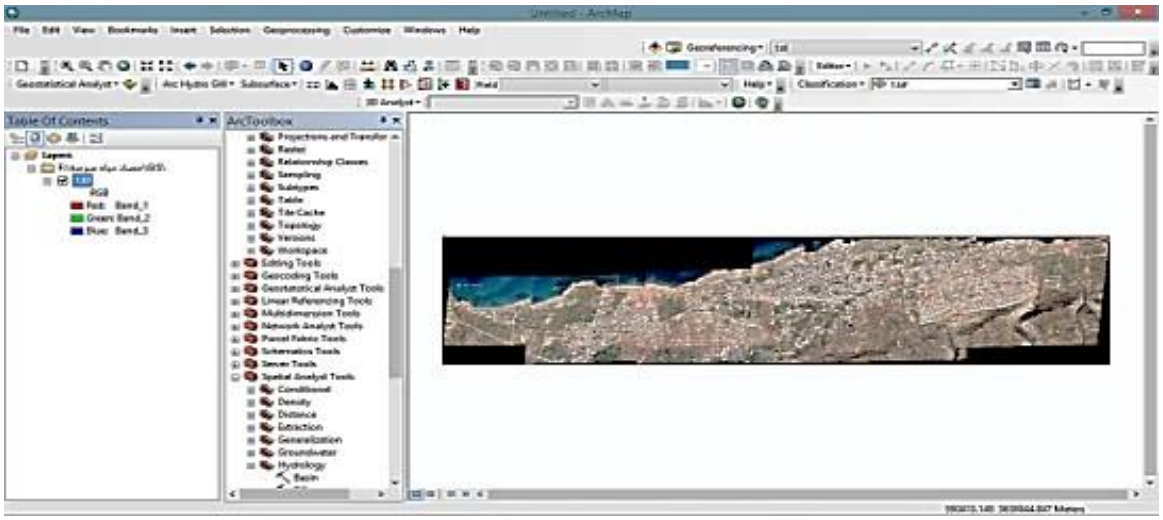


الشكل 3 خريطة دولة ليبيا محدد عليها مدينة سوسة.

3.3. احتساب كميات مياه الامطار المجمعة من اسطح المباني بالاعتماد على تقنيات استشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية بواسطة برنامج ArcGIS.10.5 :

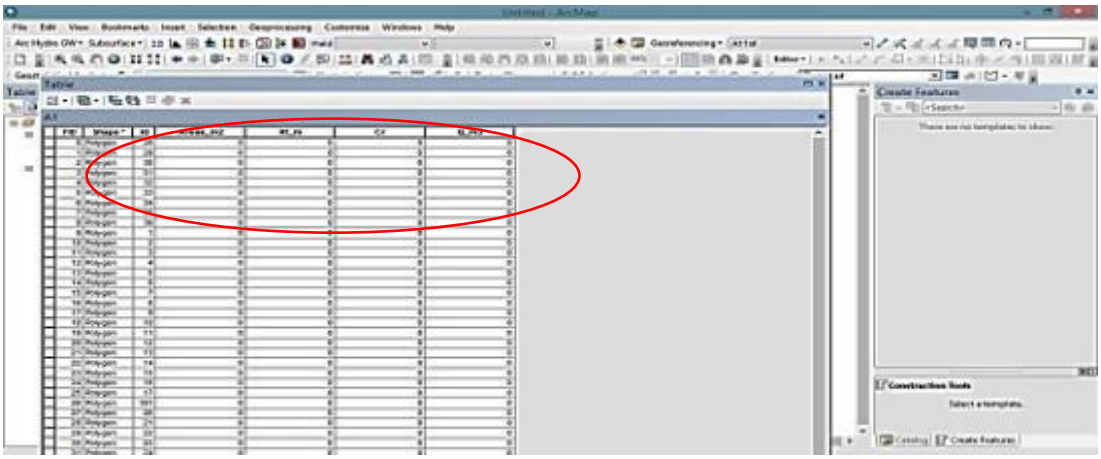
لاحتساب كمية حصاد مياه الامطار من اسطح المباني بهذا البحث تم تحميل الصور الفضائية التي تغطي منطقة الدراسة بدرجة وضوح ودقة عالية من برنامج Google Earth محدد عليها الإحداثيات لحدود كل صورة. تم تصدير تلك الصور الفضائية الي برنامج ArcGIS10.5 و تعريفه على المرجع الجغرافي

الذي يتبع لها نظام الاحداثيات للصور الملتقطة. فمدينة سوسة تقع بالمنطقة ذات نطاق جغرافي N34 و نظام الإحداثيات الذي يطابق الصور هوUTM، ولتحويل الصور الفضائية الي خرائط رقمية يتم استخدام الارجاع الجغرافي الليبيLGD2006. بهذه المرحلة يتم تجميع تلك الصور لتصبح خريطة رقمية تغطي كامل المدينة(الشكل4)، و من ثم يتم انشاء طبقة تحمل نفس سمات هذه الخريطة الرقمية لاستخدامها لرسم مضلعات على الخريطة التي تمثل اسطح المباني بمدينة سوسة.

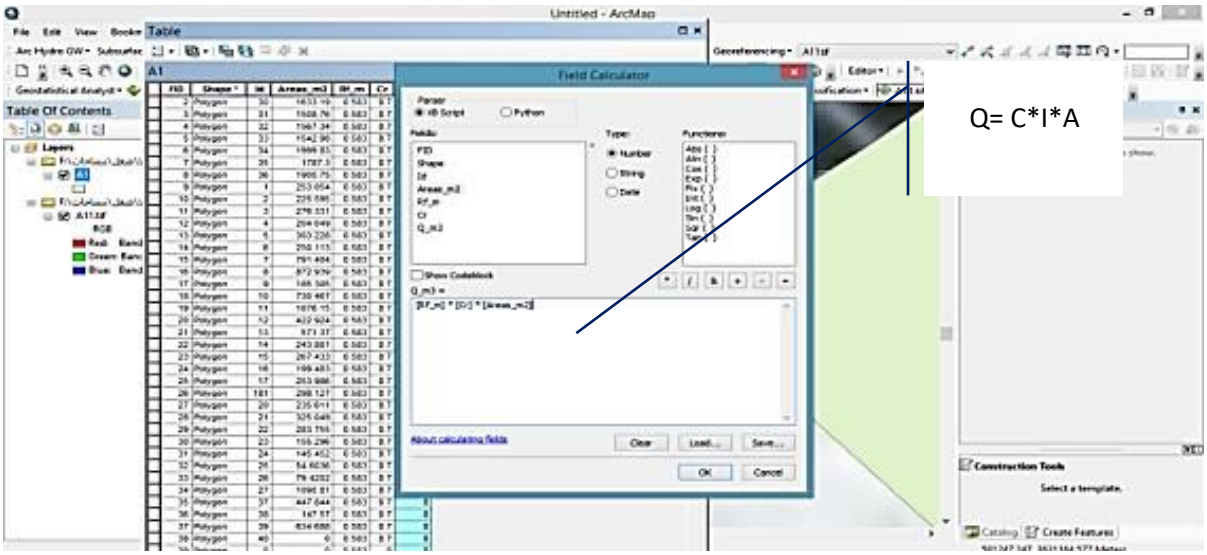


شكل 4 تجميع الصور الرقمية المرجعة جغرافيا بواسطة 10.5 ArcGIS

بعد الانتهاء من رسم المضلعات على أسطح المباني ينتج ملف كجدول يتم ادراج به البيانات الوصفية التي تخص كل مضلع ويحدث بشكل تلقائي بالبرنامج كما هو موضح بالشكل (5)، حيث يحتوي الجدول بالبداية على اسم المضلع و رقمه بالترتيب وفق الانشاء فيتم اضافة اعمدة لإدراج المساحة لكل مضلع(A)، و مقدار هطول الامطار(I) و قيم معامل الجريان السطحي(C) و اخيرا إنشاء عمود تتم به الحسابات لتدفق مياه الامطار(Q) (شكل6).



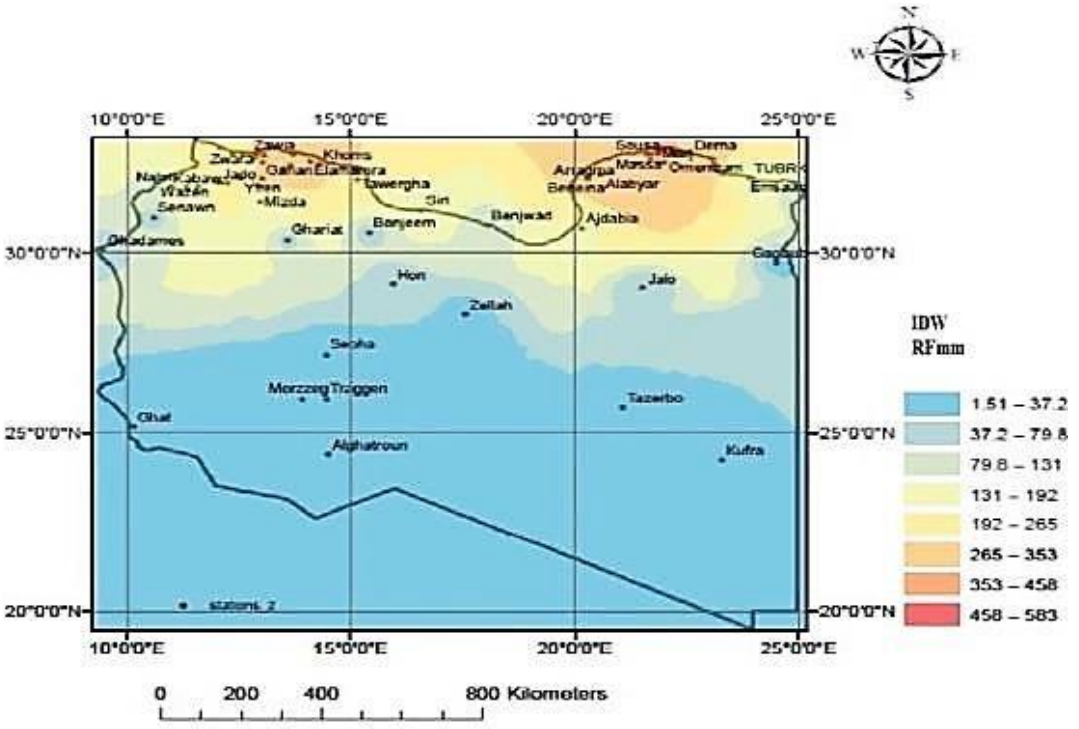
شكل 5 اضافة اعمدة لإدخال قيم هطول الامطار ومعامل الجريان السطحي والمساحة بواسطة برنامج ArcGIS 10.5



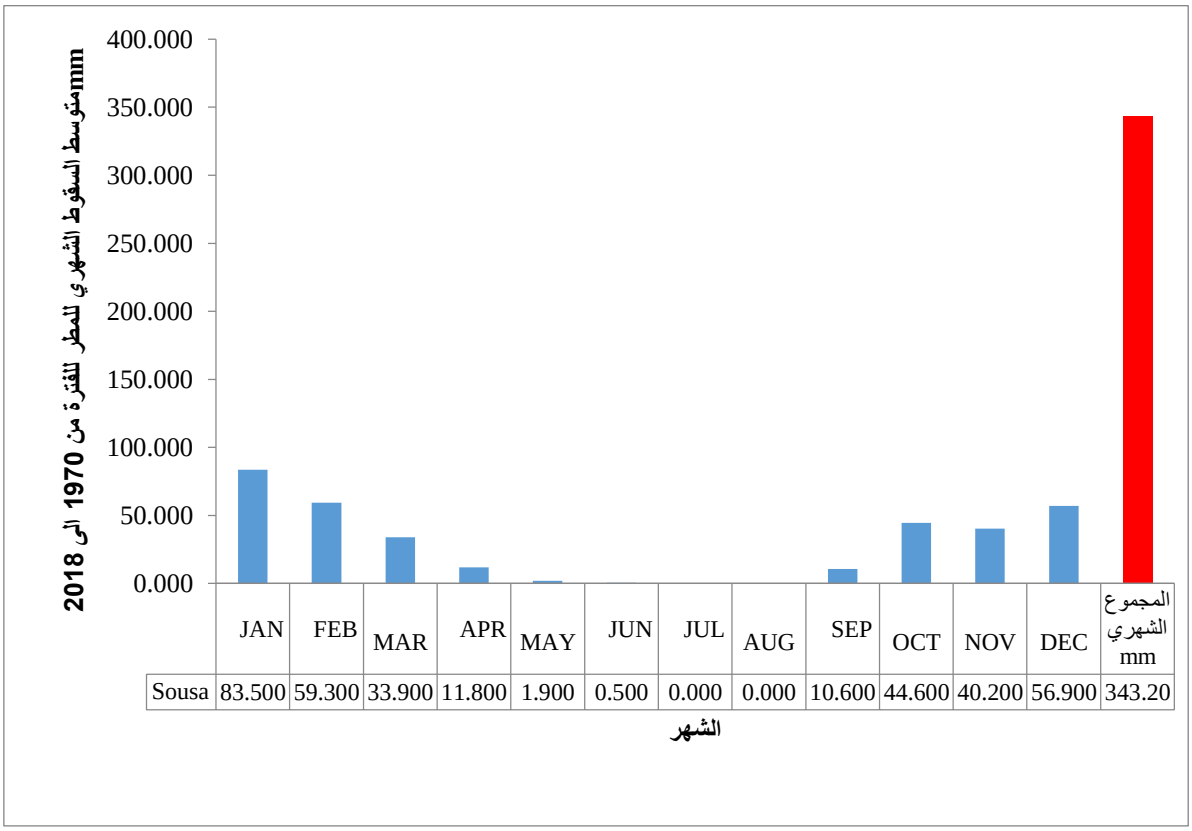
شكل 6 ادراج معادلة احتساب كمية المياه المجمعة من أسطح المباني بواسطة برنامج ArcGIS 10.5

4. تقدير كمية حصاد مياه الامطار من أسطح المباني بمدينة سوسة:

بالنظر الى خريطة التوزيع المكاني لقيم متوسط المجموع الشهري للأمطار بدولة ليبيا التي عرضت في الشكل (7)، نجد ان هناك تباين بمتوسط المجموع الشهري لهطول الأمطار من 130 mm إلى 583 mm ومدينة سوسة تقع جغرافيا بالنطاق الاعلى لهطول الأمطار وهو ما اكدته البيانات التي رصدت لسقوط المطر للفترة ما بين 1970 الى 2018 بمحطة الارصاد سوسة [7,8]. الشكل (8) يوضح مخطط بياني لمتوسط الشهري لهطول الامطار لنفس الفترة والذي يبين ان المجموع لمتوسط السقوط الشهري للمطر بالسنة في مدينة سوسة هو 343.2 mm. كما نلاحظ ان موسم المطر يبدأ من شهر سبتمبر حتى شهر مارس اما موسم الجفاف فهو يبدأ من شهر ابريل حتى شهر اغسطس.

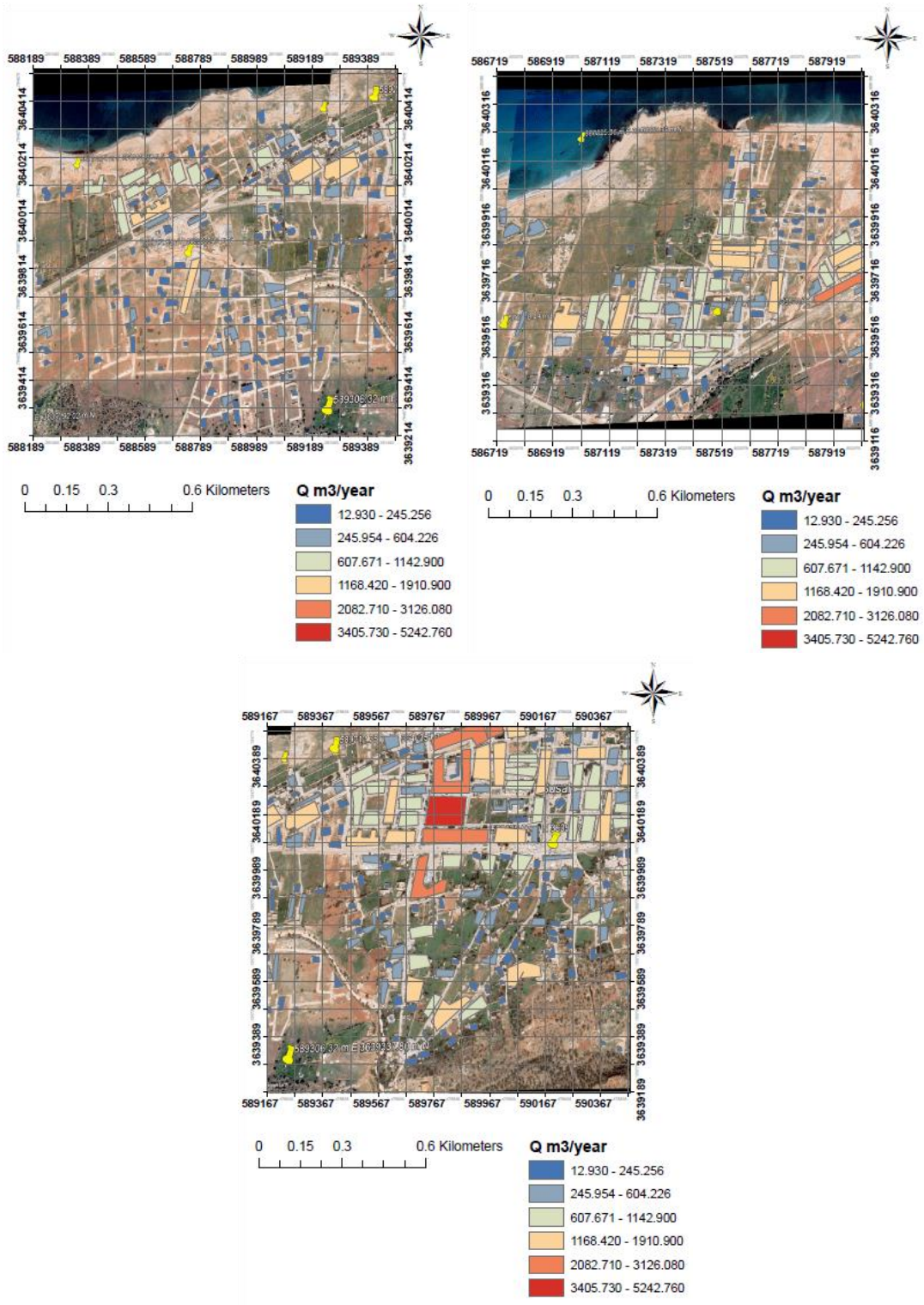


شكل 7 التوزيع المكاني لمتوسط المجموع الشهري للأمطار بدولة ليبيا للفترة 1970 حتى 2018 [7].

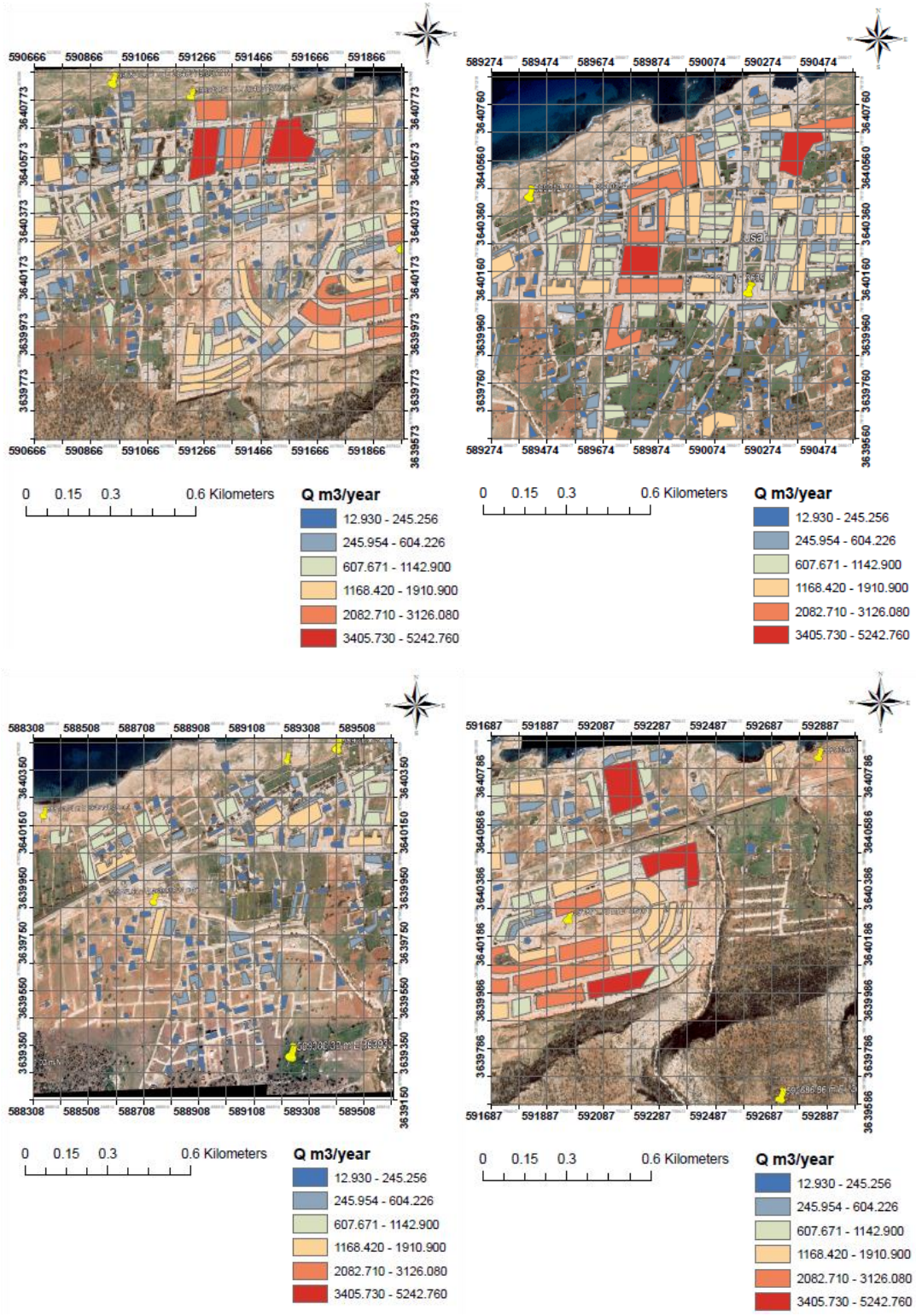


شكل 8 التوزيع البياني لمتوسط الشهري للأمطار بمحطة الارصاد سوسة للفترة من 1970-2018 [8].

ولمعرفة كمية حصاد مياه الامطار من أسطح المباني لمدينة سوسة، تمت العملية بواسطة برنامج ArcGIS10.5 من خلال اظهار الجدول المرتبط بالطبقات التي بها المضلعات والتي تمثل اسطح المباني و إدراج اعمدة تختص بالمعاملات (قيم الامطار I=0.343 m/ year و معامل جريان السطحي C=0.75 و المساحة لكل سطح A) فيتم حساب كمية تدفق مياه الامطار وفق معادلة رقم1. بمجرد الانتهاء من الحسابات كخطوة نهائية تم اخراج النتائج بشكل خرائط عرضت بالأشكال من (9) و(10).



شكل9 توزيع كميات مياه الامطار المجمعة بالسنة من اسطح المباني للصور الفضائية لمدينة سوسة A4 و A3و A2 و A1 على التوالي بواسطة برنامج ArcGIS 10.5.



شكل 10 توزيع كميات مياه الامطار المجمعة بالسنة من اسطح المباني للصور الفضائية لمدينة سوسة A8 *و*A7 *و* A6.*و*A5 *على التوالي بواسطة برنامج* ArcGIS *10.5*.

هناك عدة طرق لاحتساب الكميات المزمع تخزينها من حصاد المياه، وبهذه الدراسة تم اختيار طريقة الامداد بحيث يتم احتساب اكبر احتياج تخزيني معتمدا على معدل الاستهلاك و عدد المستهلكين و عدد ايام الجفاف. حيث ان بالمناطق الجافة و الشبة جافة يكون توزيع الهطول المطري غير منتظم فيكون هناك زيادة في المياه المتوفرة في بعض اشهر السنة بينما يكون هناك اوقات اخرى يكون بها عجز، ولتوفير مياه كافية على مدار السنة لتلبية الاحتياجات المائية يجب ان يتم خزن مياه الامطار لسد ذلك العجز بفترات الجفاف[2]. على ضوء ذلك تم احتساب مقدار المياه المطلوبة لتغطية استهلاك الافراد في اليوم(Qd) بمدينة سوسة على اساس الكثافة السكانية بالمدينة حوالي8000 شخص و بمعدل استهلاك 180L/c/dفيقدر الاحتياج بالشهر كتالي: $Qd = \frac{180 \times 8000 \times 30}{1000} = 43200\ \mathrm{m}^3$

اما الكمية الكلية لمياه الامطار المزمع تجميعها سنويا لمدينة سوسة من اسطح المباني من واقع نتائج برنامج ArcGIS10.5 قدرت بحوالي $329666.67\ \mathrm{m}^3$ بالسنة بمساحة كلية $1282756.292\ \mathrm{m}^2$ كما عرض بجدول 2.

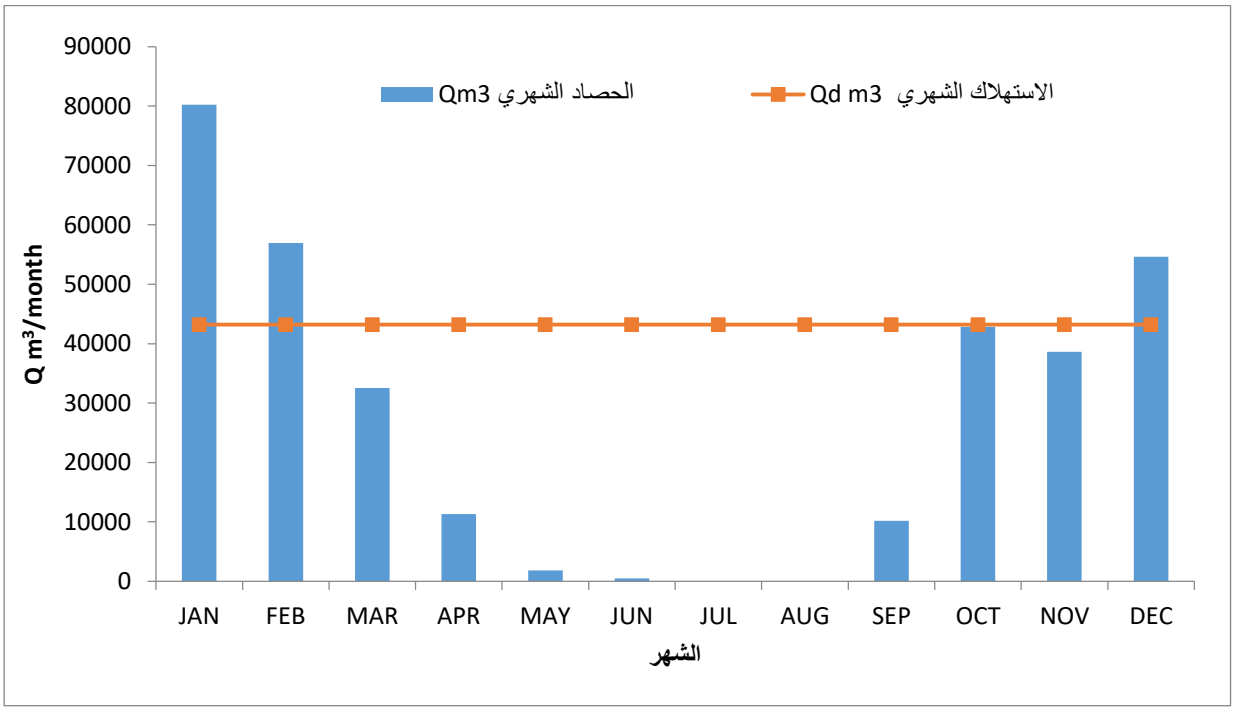
جدول 2. الكمية التجميعية الشهرية لمياه الامطار من أسطح المباني لمدينة سوسة وفق نتائج برنامج ArcGIS10.5

الشهر	متوسط الهطول الشهري للأمطار I m	مجموع المساحات لأسطح المباني A m^2	معامل الجريان السطحي C	الحصاد الشهري Qm^3	الاستهلاك الشهري Qd m^3
JAN	0.084	1280756.29	0.75	80207.363	43200
FEB	0.059			56961.636	43200
MAR	0.034			32563.229	43200
APR	0.012			11334.693	43200
MAY	0.002			1825.077	43200
JUN	0.001			480.283	43200
JUL	0.000			0	43200
AUG	0.000			0	43200
SEP	0.011			10182.013	43200
OCT	0.045			42841.298	43200
NOV	0.040			38614.802	43200
DEC	0.057			54656.275	43200
المجموع	**0.343**			**329666.670**	**518400**

5. مناقشة النتائج:

الشكل 11 يوضح المقارنة بين مقدار المياه التي يمكن حصادها وجمعها من أسطح المباني بمدينة سوسة و الاحتياج لتغطية الاستهلاك البشري الشهري بالمدينة، فمن الملاحظ ان هناك موسم جفاف مكون من اربعة اشهر متواصلة وهي الاشهر من مايو حتى اغسطس ليبدأ موسم الامطار وان كانت متذبذبة من شهر سبتمبر حتى مارس. هنا يتم مقارنة الاستهلاك للأفراد مع الحصاد الشهري لمياه الامطار، نجد ان

مجموع الاستهلاك للأفراد $518400\ m^3$ بالسنة وما يتم تجميعه بصفة تراكمية من اسطح المباني من كميات لمياه الامطار $329666.67\ m^3$ نجدها تغطي حوالي 36.4% من الطلب على المياه الصالحة للشرب لسكان المدينة هذا بالنسبة اذا اردنا ان نستغل هذه الكميات لتغطية الاستهلاك الشهري للأفراد بالمدينة، بالأخص ما يتم تجميعه من شهر سبتمبر حتى شهر مارس بصفة متواصلة و تراكمية فهي تغطي الاستهلاك بموسم الجفاف. بتجميع مياه الامطار و تخزينها نستطيع ان نقلل جريان الماء على الطرق و الشوارع بذلك محافظة على نظافة واطالة عمر الطرق بمدينة سوسة وتقليل من مشاكل الازدحام المروري بها، وهذه المشكلة تعانيها معظم المدن قيد التطور كمدينة سوسة التي تعاني من ضعف البنية التحتية. فضلا على ذلك بحصاد مياه الامطار من اسطح المباني تسهم من الحد بانتشار الاوبئة و الامراض وغيره من اخطار مترتبة من الفيضانات ليتم التحكم بها و الحد من حدوثها واثارها. ناهيك عن امكانية استخدم مياه المطار التي تم حصادها في الري و الزراعة او تجميعها في خزانات أرضية او حقنها بالآبار لإعادة شحن و تغذية المياه الجوفية مما يسمح من تخفيف اضرار تداخل مياه البحر المالحة مع المياه الجوفية العذبة بالمدينة. ولابد من الاشارة ان من اهم الفوائد المرجوة من حصاد مياه الأمطار من اسطح المباني أنها خالية من المواد الكيميائية و الملوثات مما يوفر تكاليف شراء المياه والوقت المستغرق في استخراج المياه من المصادر المائية على المواطن. ايضا نظام حصاد المياه من اسطح المباني يقلل من تكون رطوبة الاسطح التي تحدث غالباً عندما تتجمع مياه الأمطار على سطح المبنى الخرساني لفترة طويلة. لكن بالمقابل من الضروري مراعاة حسن التشغيل والصيانة الدورية فقد تتأثر جودة مياه الأمطار بتلوث الهواء، وفضلات الحيوانات أو الطيور والحشرات والمواد العضوية لذلك من المهم جداً إجراء صيانة دورية (التنظيف، الاصلاحات، وغيرها).



الشكل 11 مخطط بياني يوضح الاستهلاك الشهري لأفراد مقابل الحصاد الشهري لمدينة سوسة.

6. الخلاصة والاستنتاجات:

في هذا البحث تم الاعتماد على بيانات المجموع الشهري للأمطار بمحطة ارصاد مدينة سوسة للفترة 1970-2018، والتكامل بين تقنيات الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافيا لحساب كمية حصاد مياه الامطار من اسطح المباني لمدينة سوسة. بالإضافة الى احتساب مقدار الطلب على المياه لتغطية الاحتياج الاستهلاك الشهري للفرد بالمدينة و مقارنته مع الكميات النهائية المزمع تجميعها سنويا وتحديد نسبة تغطية هذا الاحتياج. نستخلص من نتائج الدراسة ان مجموع الحصاد لكمية الأمطار بالسنة تقدر $329989.068m^3$ و مجموع الاستهلاك الشهري للأفراد $518400\ m^3$ نجد انها تغطي حوالي 36.4% من الطلب على المياه الصالحة للشرب لسكان المدينة. بنهاية هذه الدراسة نوصي بالاستفادة من مياه الامطار التي تحصد سنويا لغرض تغطية الاستهلاك البشري كونها تحتاج لتقنيات بسيطة لتنقيتها مما يخفف الضغط على شبكات تصريف مياه الامطار للطرق بذلك تقلل من مشاكل ازدحام السيارات بمواسم الامطار الناتج من سوء تصريف مياه الامطار و ما تسببه من اضرار و أوبئة. بالإضافة الى امكانية استخدام مياه الامطار المجمعة في الزراعة و تغذية المياه الجوفية بإعادة شحنها مما يخفف من اضرار تداخل مياه البحر المالحة مع المياه الجوفية العذبة. ونوصي بنهاية الدراسة ان تتبنى الدولة نظام حصاد مياه الامطار من اسطح المباني و توفير المتطلبات اللازمة لتنفيذه. بالإضافة الى توعيه وتشجيع المواطنين و شركات الانشاء و التعمير العامة و الخاصة و الهيئات بمدينة سوسة لتنفيذ هذه التقنية. التوصية ايضا باستغلال مياه الامطار التي يتم حصادها من اسطح المباني بتنمية السياحة بمدنية سوسة بإنشاء الحدائق والاهتمام بخضرة الأرض و انشاء بحيرات تغذى بمياه الامطار لإضافة المنظر الجمالي للمدينة.

المراجع :

[1]. حمد، صلاح مفتاح .الفرص والتحديات لحصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية للمياه الجوفية في دولة ليبيا.، حلقة العمل القومية حول حصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية في الوطن العربي ،المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 2013، ص: 213-224.

[2]. Harteng, H., Karuki, I. and, Sharafaddin A. Saleh, .Design and Construction of Ferro Cement Tanks Using Rooftop Water Harvesting, Social Fund for Development, Sana'a Yemen, 2008 النسخة المترجمة الى (اللغة العربية).

[3]. Hari, D. Estimation of Rooftop Rainwater Harvesting Potential using Applications of Google Earth Pro and GIS. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE), 2019, (8)9, PP:1122-1127, ISSN: 2278-3075.

[4]. Dadhich, G., Mathur, P. GIS Based Analysis for Rooftop Rain Water Harvesting. International Journal of Computer Science & Engineering Technology (IJCSET), 2016, (7)4, PP:129-143, ISSN : 2229-3345.

[5]. Mishra, S. S., Shruthi, B. K., Rao, H. J. Design of Rooftop Rainwater Harvesting Structure in a University Campus. International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), 2020, (8)5, PP: 3591 -3595, ISSN: 2277-3878.

[6]. مصلحة الإحصاء والتعداد ليبيا، سوسة، 2021، بيانات غير منشورة

[7]. Ben Taher, L. S. Evaluation of Geostatistical Interpolation Methods for Rainfall Data Estimation in Libya. Albahit Journal of Applied Sciences, 2020, (1)1, PP: 54-59, ISSN:2708-244X.

[8]. المركز الوطني للأرصاد الجوية، سوسة، (1970, 2018)، محطة أرصاد سوسة، بيانات غير منشورة.

ROOFTOPS RAINWATER HARVESTING ESTIMATION IN AIRED AND SEMIARID REGIONS USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM AND REMOTE SENSING TECHNIQUES (SOUSA CITY–LIBYA, AS A CASE STUDY).

Lubna S. Ben Taher.

Civil Engineering Department, University of Benghazi, Libya.

ABSTRACT

Libya locates within the arid and semi-arid regions, and faces like other countries of the world serious problems of water shortage as a result of climate changes, low levels of groundwater, surface water scarcity, and population growth. For that purpose searching for alternative economic water sources in Libya is necessary. Hence, the aim of this study is to investigate the possibility of rooftops rainwater harvesting to cover human consumption in Sousa city, because Sousa city being one of the Libyan cities with the highest of monthly rainfall. Whereas, GIS and remote sensing techniques were count on to calculate the amounts of rooftops rainwater harvesting in the city with the help of Google Earth and ArcGIS10.5 software. The study results expose that, the harvesting rainwater cumulatively from the rooftops per year is 3329989.06 m^3 and covers about 36.4% of the demand for potable water for the city's residents. Finally this study recommendations are, should be used the rooftops rainwater harvesting to cover human consumption, as it needs simple techniques to purify, which also helps to reduce the pressure on drainage networks, to get rid of the problems of traffic congestion in cities during rainy seasons, and reducing the epidemics and diseases. In addition use of rainwater collected in irrigation and agriculture or groundwater recharge. Governments and authorities adopt the system of rooftops rainwater harvesting, and this is done by encouraging citizens, public and private construction companies, and providing the necessary for its implementation.

***Keywords**:*
Remote Sensing,
Arid and Semiarid Regions,
Rooftops Rainwater Harvesting,
Sousa city,
GIS.

**Corresponding Author Email: lubnabentaher@gmail.com .*