SEBHA UNIVERSITY JOURNAL OF PURE & APPLIED SCIENCES VOL.22 NO. 1 2023
DOI: 10.51984/JOPAS.V22I1.2448

مجلة جامعة سبها للعلوم البحتة والتطبيقية
Sebha University Journal of Pure & Applied Sciences

Journal homepage: www.sebhau.edu.ly/journal/index.php/jopas

تصميم منظومة حصاد مياه الأمطار بالمدينة الجامعية لجامعة بنغازي، ليبيا.

لبنى سليمان بن طاهر

استاذ مساعد، قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة بنغازي، ليبيا

الملخص

تعاني مدينة بنغازي شأنها شأن المدن الليبية الاخرى من قلة مصادر المياه المتجددة، على هذا الاساس كان لابد من التفكير بمصادر وتقنيات لتعويض ذلك النقص، كاعتماد أنظمة حصاد مياه الأمطار؛ تهدف هذه الدراسة الى احتساب كميات حصاد مياه الأمطار من أسطح المباني والطرق والساحات لمقر المدينة الجامعية لجامعة بنغازي باستخدام تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، بمساعدة البرامج Google Earth وArcGIS10.5، ودراسة مدى تغطيتها للاستهلاك البشري للمياه بمقر المدينة الجامعية؛ وفق نتائج الدراسة نجد ان الحد الأقصى السنوي لمجموع تساقط الأمطار الشهري وفق بيانات محطة بنينا للأرصاد للفترة من 1970 الى 2020، بفترة رجوع 25 عام هو 460mm وما يتم تجميعه وحصاده من اسطح المباني والساحات والطرق من مياه الامطار بالسنة هو314789.58m3 ، ولتجميع هذه الكميات تم تصميم شبكة من ثلاث خطوط بقطر 200mm وفقا للمواصفات الفنية الليبية، بميول للخطوط من 0.002 الى 0.009، لتلتقي بخزان تجميع دائري بقطر27m وعمق3m؛ بنهاية هذه الدراسة نوصي ان تتبنى ادارة جامعة بنغازي بصفة خاصة والدولة بصفة عامة نظام حصاد مياه من الاسطح المختلفة وتوفير المتطلبات اللازمة له من نظام النقل والتخزين والتنقية، وتوعيه المواطنين وارشادهم وتشجيعهم لتنفيذ هذه التقنية وايضا شركات الانشاء والتعمير العامة والخاصة، وان تستغل مياه الامطار التي يتم حصادها من الاسطح، في إنشاء الحدائق والبحيرات لإضافة منظر جمالي للمدينة الجامعية، كما ان حصاد مياه الامطار من اسطح مباني الكليات ومرافق الجامعة، يمنع تراكم البرك بها فبتالي يتم حماية العناصر الانشائية من تأثير الرطوبة الضار وحماية المرافق من تسرب مياه الامطار بداخلها.

الكلمات المفتاحية:

الاستشعار عن بعد
الاستفادة من حصاد مياه الامطار
حصاد مياه الامطار
جامعة بنغازي
نظم المعلومات الجغرافية

Design of Rainwater Harvesting System in University Campus of Benghazi University, Libya

Lubna s. Bentaher

Civil Engineering Department, University of Benghazi, Libya

A B S T R A C T

The city of Benghazi, like other Libyan cities, suffers from the shortage of renewable water sources. Otherwise, it was necessary to think about sources and technologies to inducement for the shortage of the water resources in Libya cities, such as adopting rainwater harvesting systems; This study aims to calculate the amounts of rainwater harvested from the roofs of buildings, roads, and squares of the university campus of Benghazi University using remote sensing and geographic information systems techniques, using of Google Earth and ArcGIS10.5 programs. In addition, studied the extent of the rainwater harvested quantity to coverage the human water consumption at the university campus; According to the study's results, the collected harvested rain water from the roofs of buildings, squares and roads in a year is 314789.58 m3, by three draining lines with a diameter of 200 mm, and slope from 0.002 to 0.009, so that the three lines meet a circular collection tank with a diameter of 27 m and depth of 3 m. At the end of this study, recommend that the administration of the University of Benghazi adopt the water harvesting system at the campus and provide its requirements for implementation, and to exploit the rainwater that It is harvested by creating gardens and lakes to add an aesthetic view of the university

Keywords:
Remote sensing
Rainwater harvesting
University of Benghazi
Geographic Information Systems

*Corresponding author:
E-mail addresses: lubna.bentaher@uob.edu.ly

Article History : Received 14 February 2023 - Received in revised form 15 May 2023 - Accepted 17 May 2023

campus, also harvesting rainwater from the roofs of campus buildings facilities avoids the accumulation of ponds in it, so the structural elements are protected from moisture and its harmful effect.

2.المقدمة

الموارد المائية المتاحة بليبيا تتعرض لضغوط بسبب الطلب المتزايد عليها، فكان لابد من التفكير بمصادر وتقنيات لتعويض ذلك النقص، من تلك التقنيات أنظمة حصاد مياه الأمطار؛ تعد الامطار من المصادر الطبيعية للمياه، إلا أنها قد تتسبب بحدوث فيضانات مما يؤدي الى فقد الأرواح البشرية أو الخسائر الاقتصادية والبيئية، كالتي شهدتها دولة ليبيا بسبب شدة الأمطار في فصل الشتاء وخاصة المدن و المناطق الساحلية المنخفضة مثل مدينة بنغازي، حيث شهدت مدينة بنغازي في السنوات الماضية سيول عارمة ناجمة عن أمطار غزيرة ما تسبب بأضرار بالمرافق العامة الحيوية، كالمدينة الجامعية لجامعة بنغازي كما هو موضح بالشكل1، هذا بالإضافة الى تراكم البرك فوق اسطح المباني بالمدينة الجامعية مما ادى الى تسرب مياه الامطار بداخلها كما هو الحال بمباني كلية الهندسة التي تعاني من الاضرار التي لحقت بها بعد الحرب وقلة الصيانة كما هو موضح بالشكل2.

شكل 1: الفيضانات بمقر المدينة الجامعية لجامعة بنغازي عام2018.

شكل2: تسرب المياه من أسقف القاعات الدراسية بكلية الهندسة /جامعة بنغازي.

2. مشكلة الدراسة:

تتطرق هذه الدراسة لعدة مشاكل بغاية الاهمية وهي:

- تكرار السيول والفيضانات بمدينة بنغازي بفترات متقاربة مما تسبب بتعرض المباني والمنشآت والمرافق الخاصة والعامة الى الكثير من الأضرار، وتراكم مياه الامطار في الطرق والساحات مما تتسبب في الاختناقات المرورية وصعوبة التنقل، وتتراكم أيضا على أسقف المباني وتسربها الى داخلها مما يؤدي الى صعوبة اداء الخدمة او الوظيفية للمبنى وهو ما حدث ببعض مباني جامعة بنغازي، وشلل الحركة بشبكة الطرق داخل الحرم الجامعي.
- النقص الكبير بموارد المياه بدولة ليبيا ومحدوديتها واعتماد الدولة على مصدر غير متجدد وهو المياه الجوفية، وكغيرها من المدن الليبية تعاني مرافقها العامة (مثل جامعة بنغازي) في بعض الأحيان من نقص في المياه وانقطاعها في احيان اخرى.

3.أهمية الدراسة:

فيما يلي يتم استعراض اهمية الدراسة بالنقاط التالية:

- تسليط الضوء على امكانية الاستفادة من حصاد مياه الأمطار بشكل مباشر أو غير مباشر، لتقليل الاعتماد على مصادر المياه الجوفية بشكل كبير بدولة ليبيا، كما يمكن لمياه الأمطار المجمعة أن تشكل مصدراً لتجديد طبقات المياه الجوفية التي تم استهلاكها بالكامل بسبب الاستنزاف الشديد لموارد المياه الناتج عن الزيادة السكانية؛ الاستفادة من تقنيات حصاد مياه الامطار لإدارة الفيضانات السطحية والتحكم بمياه الأمطار الغزيرة.
- تعتبر هذه الدراسة مدخلا لعرض الامكانيات والتقنيات المتاحة لإعداد نموذج حصاد مياه الأمطار يعتمد على تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لميزاتهما المتعددة، ولعل الصور الفضائية من بين أفضل الوسائل التي استخدمت لتحقيق ذلك الهدف، لما تتميز به من دقة شمولية مكانية.

4.أهداف الدراسة:

لهذه الدراسة عدة اهداف لخصت كالتالي:

- تجميع بيانات الهطول المطري الشهري سنويا لمدينة بنغازي واجراء التحليل التكراري لهطول المطر للفترة من 1970 الى 2020 لتحديد قيم هطول الامطار بفترات رجوع مختلفة.
- احتساب كميات المياه المجمعة بواسطة تقنية حصاد مياه الأمطار من أسطح المباني والطرق والساحات لمقر المدينة الجامعية بنغازي وذلك بالاعتماد على تقنيات كل من نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد ومعالجة الصور الفضائية باستخدام البرامج Google EarthوArcGIS10.5.
- حساب كمية المياه المجمعة في نهاية السنة وذلك لتصميم منظومة ناقلة لهذه المياه المجمعة من الاسطح المختلفة وتخزينها بنهاية المطاف بخزان تجميع، وبيان جدواها في حل مشكلة نقص المياه في المدينة الجامعية والحد من مخاطر السيول والفيضانات.

5.الدراسات السابقة:

تناولت العديد من الدراسات اقليميا وعالميا مشكلة النقص بالمياه وتسليط

الضوء لاستغلال حصاد مياه الأمطار من أسطح المباني والطرق والساحات لسد العجز المائي وحل لهذه المشكلة، ذلك بالاعتماد على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، بعض تلك الدراسات التي أجريت ذات نفس الهدف لهذه الدراسة لخصت كالتالي:

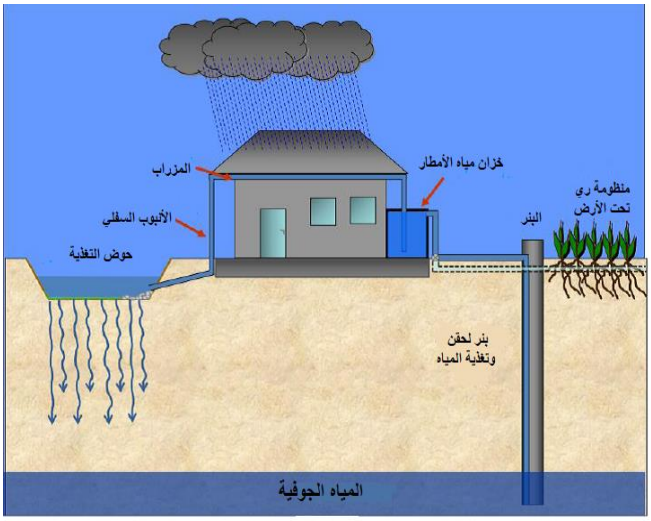
الدراسة التي قدمها، Hari 2019، ذلك باحتساب كمية حصاد مياه الامطار لسطح مبنى مقر كلية فاردهامان للهندسة، بمدينة حيدر أباد، في ولاية تيلانجانا، حيث استخدم بدراسته برنامج Google Earth Pro. للحصول على صور فضائية للموقع المستهدف ومن ثم استخدام برنامج ArcGIS10.2 لاحتساب الكمية الإجمالية المحتملة لمياه الأمطار التي يمكن حصادها من اسطح المبنى، بالإضافة ايضا احتساب إجمالي الطلب على المياه لمنطقة الدراسة مع الأخذ في الاعتبار عدد السكان والمستخدمين [1]، والدراسة التي قدمها Akash ، واخرون، 2020، بتصميم نظام تجميع مياه الأمطار من اسطح مباني الحرم الجامعي لكلية Rajarajeswari ،بمدينة Karnataka بدولة الهند، حيث اظهرت نتائج دراستهم ان كمية المياه المجمعة تحل مشكلة ندرة المياه في جميع فصول السنة [2]،بالإضافة الى الدراسة التي اعدها Mishra، واخرون ،2020، التي هدفت إلى تصميم هيكل لتجميع مياه الأمطار من اسطح مباني جامعة أميتي مومباي، الواقعة في ولاية ماهاراشترا في دولة الهند، ببحثهم تم اختيار المبنى الرئيسي كمنطقة لتجميع مياه الأمطار مع الأخذ في الاعتبار الطلب على المياه في الحرم الجامعي والإمداد ايضا[3]، وما درس Anchan،و Prasad ،2021، ببحثهما جدوى إمكانية تجميع مياه الأمطار من سطح مباني مقر الجامعة الهندية بمدينة Mangaluru ، بدولة الهند، فدلت النتائج انه بالإمكان حل مشكلة ندرة المياه والتخفيف من اثر السيول بحرم الجامعة عن طريق حصاد مياه الأمطار من الاسطح المجمعة المختارة [4]؛ ايضا الدراسة التي قدمها Ebsa ، 2021 ، بإمكانية تجميع مياه الأمطار من اسطح مباني مقر جامعة Jimma للتكنولوجيا في مدينة كيتو، بدولة إثيوبيا، ذلك لاستخدامها لسد الطلب على الاستهلاك البشري للمياه الصالحة للشرب للطلاب والعاملين بالجامعة [5]، بالإضافة الى الدراسة التي اعدها Shaikh ، واخرون، 2021، عن حصاد مياه الأمطار كأداة فعالة لتصريف مياه الطرق وإعادة شحن المياه الجوفية، وذلك بتجميعهم بيانات لطريق Mumbai-Goa NH-66 الذي يبلغ طوله 10 كيلومترا في دولة الهند[6].

6. حصاد مياه الأمطار:

حصاد مياه الامطار يعرف بأنه تجميع لمياه الأمطار المتساقطة على مساحة معينة من الأرض وذلك في صورة جريان سطحي وهذه المياه السارية إما أن تستخدم مباشرة أو تجمع في خزان لاستخدامها حسب الحاجة، حيث لهذه التقنية فوائد عدة منها[7] :

1. المياه المجمعة من حصاد مياه الامطار خالية من المواد الكيميائية.
2. تساعد المزارعين على زيادة الدخل وتقليل النفقات اللازمة للزراعة.
3. حصاد مياه الامطار يقلل التدفق السطحي الناتج عن زيادة هطول الأمطار على الأراضي.
4. تقنية حصاد مياه الامطار تقلل من نطاق الفيضانات خاصة في موسم الأمطار.
5. تخفيض الضغط على محطات الصرف الصحي والقدرة الاستيعابية لها وخصوصاً في أوقات الذروة.
6. حصاد مياه الامطار يوفر تكاليف شراء المياه والوقت المستغرق في استخراجها من المصادر المائية.
7. يمكن استخدام جميع مواد تشييد الأسطح تقريباً لجمع المياه للأغراض المنزلية.
8. يقلل من تكون رطوبة الأسقف التي تحدث غالباً عندما تركد مياه الأمطار على أسقف المنازل لفترة طويلة.

حصاد المياه من أسقف المباني والطرق يمتاز بكونه يوفر المياه للاستخدامات المختلفة ويمكن إنشاؤه في أي قرية أو منطقة تعاني من الصعوبة في الحصول على المياه كما هو موضح بالشكل3.



شكل 3: أمثلة عن استخدام المياه المجمعة من أسطح المنازل للأغراض المختلفة[8] .

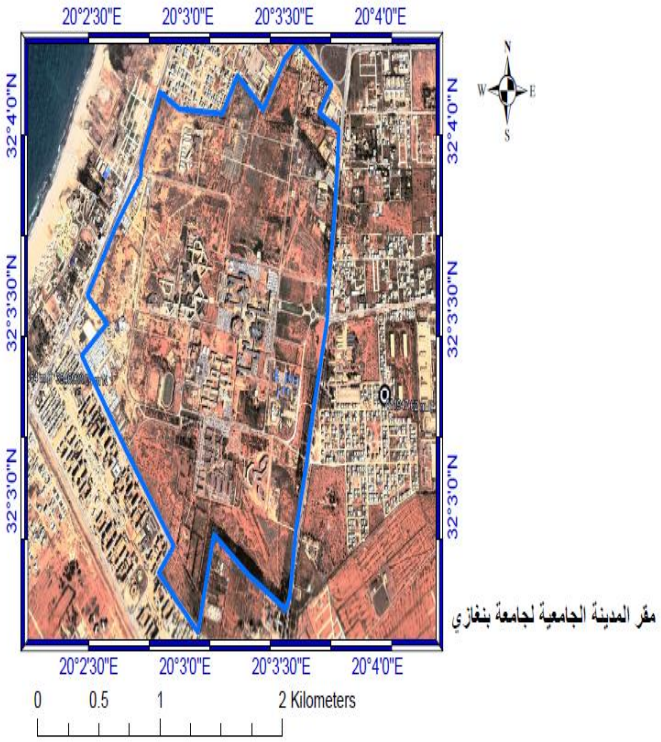
7. موقع منطقة الدراسة:

تحتل المدينة الجامعية لجامعة بنغازي جزءا جميلا مطلا على البحر المتوسط غرب مدينة بنغازي تحديدا في منطقة قاريونس، وتبعد من مركز المدينة حوالي8.8km، حيث انشات على أحدث الطرز العالمية من حيث الفخامة والحداثة، وتبلغ مساحة ارض المدينة الجامعية ما يقارب 625 ha، بحدود جغرافية عند دائرتي عرض″10 ′4 °32 و″40 ′2 °32 وخطي طول″30 ′2 °20 و″50 ′3 °20 كما هو معروض بالشكل 4.

تضم المدينة الجامعية المرافق التالية:

1. مباني الكليات: عبارة عن وحدات مستقيمة متوازية ومجمع المدرجات فهي موزعة وفقا لتوزيع الكليات، وتشمل مباني كليات كل من (كلية الهندسة، كلية العلوم، كلية الاقتصاد، كلية القانون، كلية الآداب وكلية اللغات وكلية الاعلام وغيرها من الكليات).
2. مبنى الادارة العامة للجامعة.
3. المكتبة المركزية.
4. المستوصف الجامعي.
5. مساكن اعضاء هيئة التدريس.
6. منشئات رياضية مختلفة.
7. مبنى ادارة الشؤون الفنية والمشروعات.
8. سكن الطلاب.

9. مخازن.



الشكل4: موقع جامعة بنغازي صورة من Google earthتم معالجتها بواسطة برنامج ArcGIS10.5.

8.منهجية الدراسة والبيانات المستخدمة:

اعتمد بهذه الدراسة على المنهج الوصفي، فمن خلاله تم التعرف على الخصائص التضاريسية والمساحية لمقر المدينة الجامعية باستخدام ادوات التحليل المكاني بتقنيات نظم المعلومات الجغرافية لدراسة الصور والمرئيات الفضائية للمقر؛ ايضا تم الاستعانة بالمنهج الاحصائي لتحليل بيانات الهطول المطري واستخراج النتائج في شكل مخططات بيانية تغطي الغرض من الدراسة.

1.8 البيانات المستخدمة:

في هذه الدراسة تم استخدام مرئية راداريه لنموذج الارتفاعات الرقمي لمدينة بنغازي من خلال موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS والتي التقطت بوساطة المركبة الفضائية ASTER [9] وصورة فضائية لنفس الموقع من برنامج Google earth، وتم الاستعانة ببرنامجArcGIS10.5 لمعالجة المرئية للحصول على نموذج ارتفاعات رقمي يختص بمساحة المنطقة قيد الدراسة تتبع نظام الاحداثيات UTM والارجاع الجغرافي الوطنيLibyan Geodetic Datum2006, Zone 34N؛ كما تم الاستعانة بالبيانات المناخية من الفترة 1970 إلى 2020 المتوفرة بهيئة الأرصاد الليبية الخاصة بمحطة بنينا الواقعة عند دائرة عرض 32.05^0 و خط طول 21.16^0 بمنسوب عن سطح البحر 129m[10]؛ كما جمعت البيانات من حيث عدد الطلاب والموظفين واعضاء هيئة تدريس المستخدمين لمرافق المدينة الجامعية ومعدلات استهلاكهم اليومي للمياه.

2.8 التحليل الاحصائي لبيانات تساقط الامطار:

تتم هذه العملية لاحتساب معدل سقوط الامطار على الاسطح المجمعة والتي بالدراسة تتمثل في اسطح المباني والطرق والساحات بمقر المدينة الجامعية بنغازي؛ الفائدة من اعداد التحليل الاحصائي لكمية الامطار الساقطة على مناطق التجميع، في أنها تساعد في تحديد حجم وحدات التخزين وطاقتها الاستيعابية لضمان سلامة وحدات التخزين والنقل للحيلولة دون تعرضها لأي نوع من المخاطر؛ تستخدم المعادلة التالية (Weibull formula) في حساب فترات الرجوع و احتمالية حدوثها[7]:

$$T = \frac{1}{P} \quad (1)$$

$$P = \frac{m}{n-1} \quad (2)$$

حيث إن:

T = فترة الرجوع.

n= عدد سنوات.

m =رتبة الكمية المقصودة في السلسة الزمنية.

P = احتمال تكرار فترة رجوع محددة.

بعد الانتهاء من الحسابات يتم رسم مخطط نصف لوغاريتمي بالمحور الافقي يمثل فترات الرجوع T بالسنوات، وبالمحور الرأسي يمثل قيم هطول الامطار RF بالمقياس العادي.

3.8 تقدير كميات حصاد المياه من الاسطح:

تحسب كمية المياه المجمعة باستخدام معادلة (Rational formula)كالتالي[8,7] :

$$Q = C \times I \times A \quad (3)$$

حيث إن:

Q =كمية المياه بالمتر المكعب بالثانية.

C =معامل الجريان السطحي ويختلف باختلاف نوع السطح، انظر الجدول 1.

I =معدل هطول الأمطار بالمتر للثانية.

A =مساحة سطح تجمع المياه بالمتر المربع.

الجدول1: معامل الجريان السطحي لأنواع مختلفة من مجمعات المياه [7,8].

نوع السطح المجمع للمياه	معاملات الجريان السطحي
البلاط	0.75 – 0.9
صفائح معدنية مموجة	0.7 – 0.8
العضوية (سقف القش)	0.2
الخرسانة	0.8 – 0.9
رصيف للطرق	0.8 – 0.95
التربة على المنحدرات أقل من 10 في المئة	0.0 – 0.3
مجمعات صخرية طبيعية	0.2 – 0.5

4.8 تصميم شبكة نقل وتخزن حصاد مياه الامطار:

تم استخدام معالة Manning لتصميم شبكات تصريف وجمع مياه الأمطار، بالإضافة الى الاعتماد على المواصفات الليبية القياسية بفرض ان التدفق تحت الحرج لتجنب تكوين أي قفزة هيدروليكية وان الجريان مستقر ومنتظم وتحت قوة الجاذبية، واقل سرعة للتدفق 0.3 m/sec وأعلى سرعة مسموح بها هي1.5m/sec على التوالي، ويراعى عند تصميم الأنابيب لا يتجاوز نسبة الامتلاء 90% لتجنب ارتداد المياه عكسيا أو حدوث أي اختناقات في الأنابيب، وأقل قطر تجاري مسموح به في تصميم شبكات تصريف مياه الامطار 200mm وأقل غطاء ترابي مسموح به 1 متر لتجنب الأحمال

المسلطة على الطريق والتي تؤدي إلى تهشيم الأنبوب [11].

لاحتساب قطر انابيب نظام النقل والتجميع كما يلي[12] :

- احتساب كمية المياه التي ستتجمع من أسطح الطرق والمساحات الفضاء واسطح المباني المجمعة وفق معادلة طريقة Rational Formula:

$$Q_{full=CIA} \quad 4$$

- من معادلة Manning يتم احتساب قطر الانبوب من كمية المياه المجمعة ذلك بفرض ان الانبوب ممتلئ تماما بأقصى تدفق ناتج من اقصى هطول للمطر بالمنطقة المجمعة:

$$Q_{full} = \frac{1}{n} \times \left(\frac{D}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \times S^{0.5} \times \pi \times \frac{D^2}{4} \quad 5$$

- بواسطة معادلة Manning يتم احتساب سرعة تدفق المياه في الانبوب وهو ممتلئ تماما:

$$V_{full} = \frac{1}{n} \times \left(\frac{D}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \times S^{0.5} \quad 6$$

- بواسطة مخطط Manning (الشكل5) يتم احتساب سرعة المياه بالتدفق الجزئي V_{max}والتي لابد ان تكون اقل من 0.3 m/sec واعلى من 1.5 m/sec بحيث يكون الانبوب ممتلئ بحوالي $\frac{Q_{max}}{Q_{full}} = 0.5$.

حيث ان:

Q =كمية المياه المجمعة بالمتر المكعب بالثانية.

C =معامل الجريان السطحي.

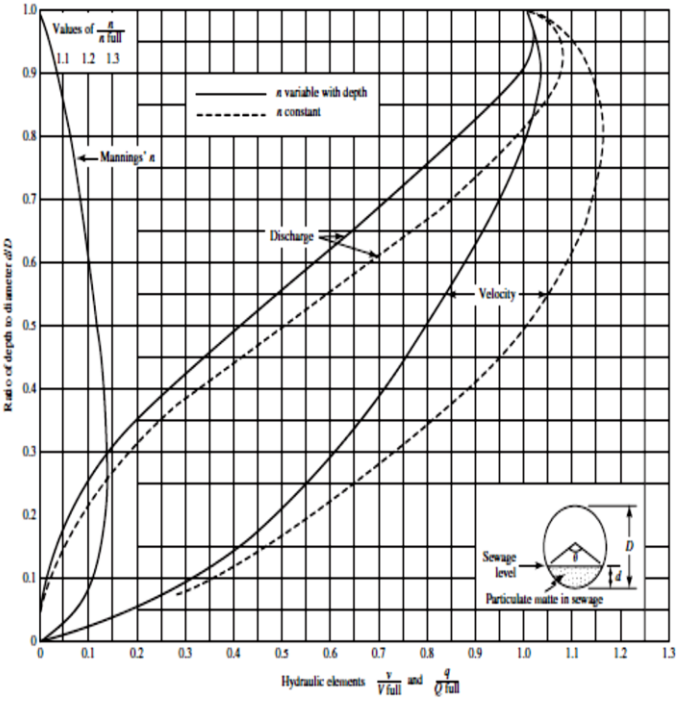
I =معدل هطول الأمطار.

A =مساحة سطح تجمع المياه بالمتر المربع.

D = قطر انبوب التصريف بالمتر.

S = ميل الانبوب ويحسب من مناسيب الارض الطبيعية.

n=معامل الخشونة للأنابيب يتراوح ما بين 0.013 الى0.015.



شكل5: مخطط Manning للتدفق الجزئي بأنابيب الصرف ونقل المياه [12].

التصاميم الاعتيادية الشائعة للخزنات المجمعة لمياه الامطار بعد حصادها، تكون فعالة إذا بنيت بطريقة مناسبة وبالمواد ذات النوعية الجيدة وبالتنفيذ الجيد؛ يمثل خران التجميع المياه عادة العنصر الرئيسي ذو الكلفة الاكبر في نظام حصاد مياه الامطار، ذلك فإن تصميمه عادة ما يتطلب حرصا أكبر وذلك للحصول سعة تخزين مثالية مع المحافظة على بقاء الكلفة أقل ما يمكن ويتم احتساب ابعاد الخزان كما يلي[7] :

1. ارتفاع الخزان H بالمتر في المعتاد:

H = 2.00- 4.00m 7

2. مساحة الخزان A بالمتر المربع:

$$A = \frac{V}{H} \quad 8$$

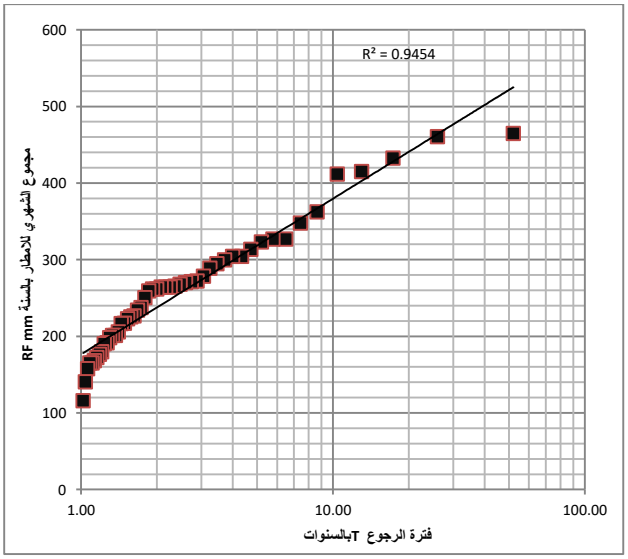
3. النسبة بين طولL الى عرضB للخزانات المستطيلة بالمعتاد (1:2).

4. قطر الخزان للخزانات الدائرية:

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad 9$$

9. تقدير كميات حصاد مياه الامطار بالمدينة الجامعية لجامعة بنغازي:

حصاد مياه الامطار بالمدينة الجامعية من المزمع ان يكون من الاسطح والساحات والطرق استنادا على حساب معدل سقوط الامطار على تلك الاسطح المجمعة، وذلك بتحديد اقصى مجموع شهري للمطر بالسنة، حسب فترات رجوع مختلفة، فقد تم الاستعانة بالمجموع الشهري لتساقط المطر وفق بيانات محطة بنينا للأرصاد الجوية للفترة من 1970 حتى 2020 ، من ثم تم حساب احتمالية حدوثها وتكرارها، وذلك برسم مخطط نصف لوغاريتمي لفترات الرجوع T، والمجموع الشهري بالسنة للأمطار (RF) لتحديد قيم الأمطار المتكررة كل 5 سنوات كما هو موضح في المخطط6، والنتائج المتحصل عليها تم عرضها بالجدول2، حيث تم اعتماد أقصى مجموع شهري بالسنة وهي (460mm) المتكررة كل 25 سنة .



شكل6. المنحنى التكراري لفترات الرجوع مقابل للمجموع الشهري بالسنوات لهطول المطر للفترة 1970حتى2020 وفق ارصاد محطة بنينا

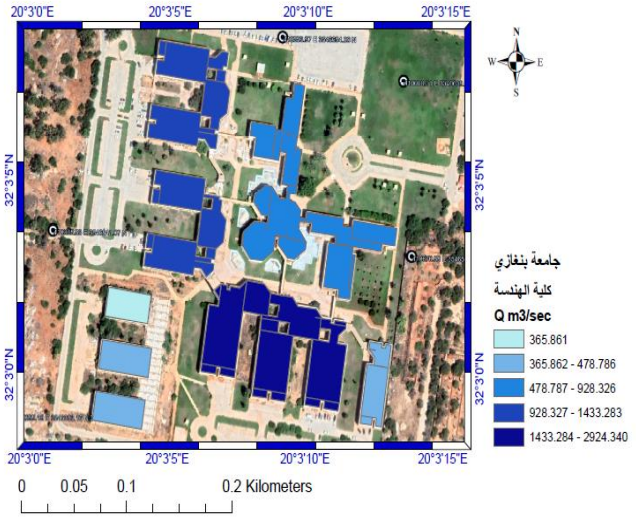
(من اعداد الباحث).

جدول2: تائج التحليل التكراري لفترات الرجوع وما يقابلها من مجموع الشهري بالسنة لتساقط المطر للفترة 1970 الى 2020 بمحطة بنينا.

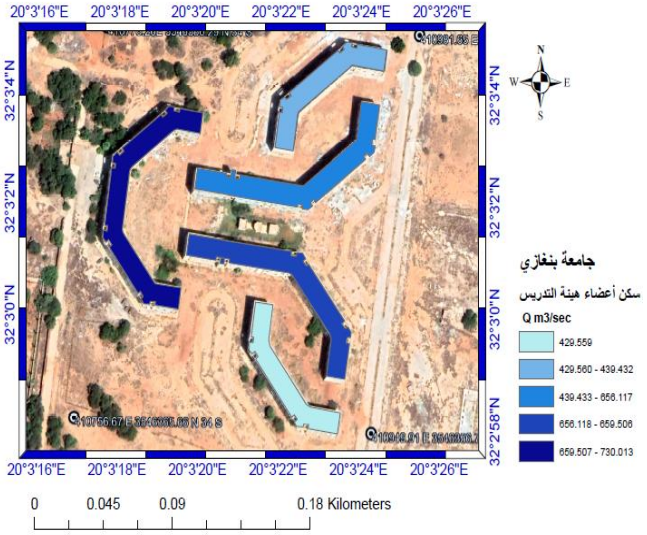
RF mm	T السنة
320	5
380	10
415	15
440	20
460	25

لإتمام عملية تقدير كميات حصاد مياه الامطار لمنطقة الدراسة، تم استيراد الصور الفضائية الرقمية التي تغطي كامل المدينة الجامعية لجامعة بنغازي من برنامجGoogle Earth Pro الى برنامج ArcGIS10.5 لتحويلها الى خريطة رقمية لرسم طبقة المضلعات التي تمثل اسطح المباني والساحات الفضاء ، وطبقة الخطوط والتي تمثل شبكة الطرق، وبشكل تلقائي يتم انشاء جدول مرتبط بكل طبقة attribute table لإدراج البيانات الوصفية به، عندها يتم اضافة اعمدة تختص بإدراج وحساب المساحة A m^2 لكل مضلع او طريق، وعمود لإدراج قيم اقصى مجموع شهري بالسنة للأمطار I m/y والتي قدرت 0.460m/year، وقيم معامل الجريان السطحي الذي يعتمد على نوع سطح المجمع والذي تتراوح قيمته (0.8 – 0.9)، وعمود اخر لاحتساب قيم كميات المياه المجمعة من اسطح المبني Q m^3/y باستخدام معادلة رقم3 (Rational formula) ؛ وننوه ان أسطح المباني والطرق والساحات تم حسابها بمساعدة برنامج ArcGis 10.5 .

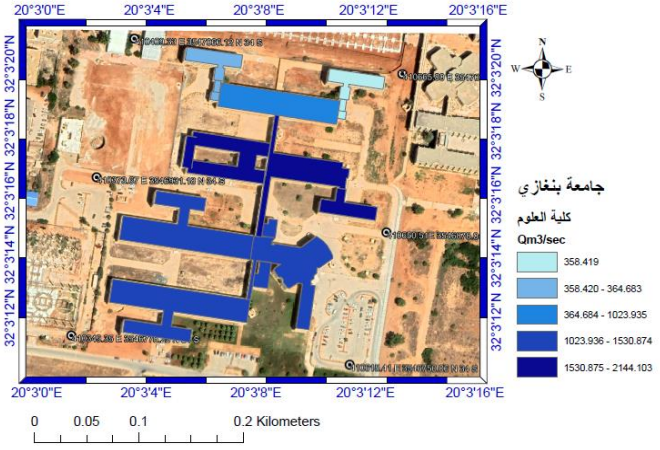
حيث عرضت الاشكل من 7الى 15 الصور الفضائية من برنامج Google earth بعد ما تم معالجتها وانشاء مضلعات لتمثل مساحة الاسطح لكل مبنى حيث تم تقسيم منطقة الدراسة الى كليات ومرافق لاحتساب الكميات المجمعة لكل كلية او مرفق على حدي والنتائج النهائية للكمية حصاد مياه الامطار من أسطح المباني عرضت بالجدول 3.



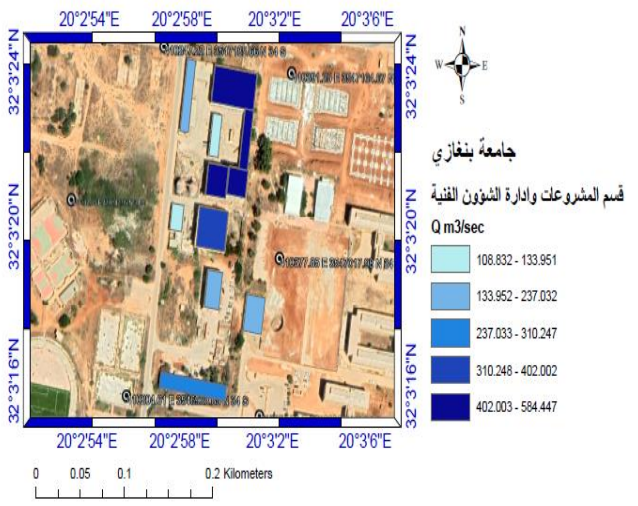
شكل 7: كميات حصاد مياه الامطار من مباني كلية الهندسة بمقر المدينة الجامعية وفق نتائج برنامج ArcGIS10.5.



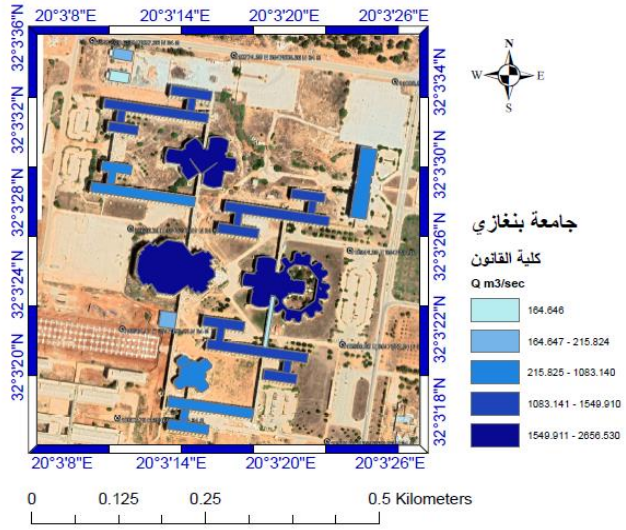
شكل 8: كميات حصاد مياه الامطار من مباني سكن اعضاء هيئة تدريس بمقر المدينة الجامعية وفق نتائج برنامج ArcGIS10.5.



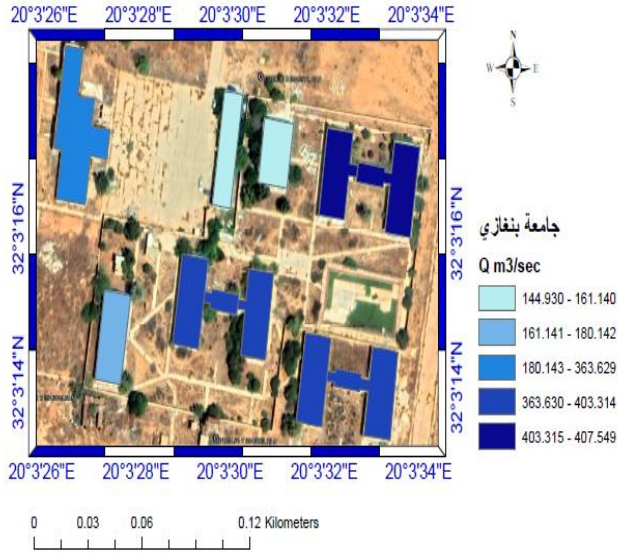
شكل 9: كميات حصاد مياه الامطار من مباني كلية العلوم بمقر المدينة الجامعية وفق نتائج برنامج ArcGIS10.5.



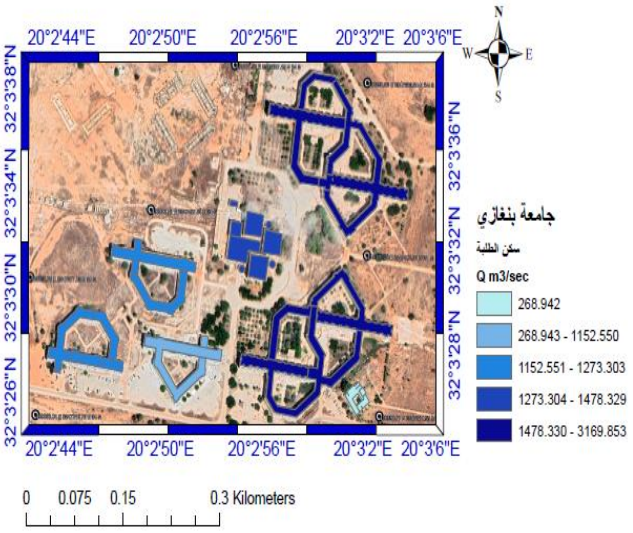
شكل 10: كميات حصاد مياه الامطار من مباني قسم المشروعات وادارة الشؤون الفنية والمرافق المجاورة لها بمقر المدينة الجامعية وفق نتائج برنامج ArcGIS10.5.



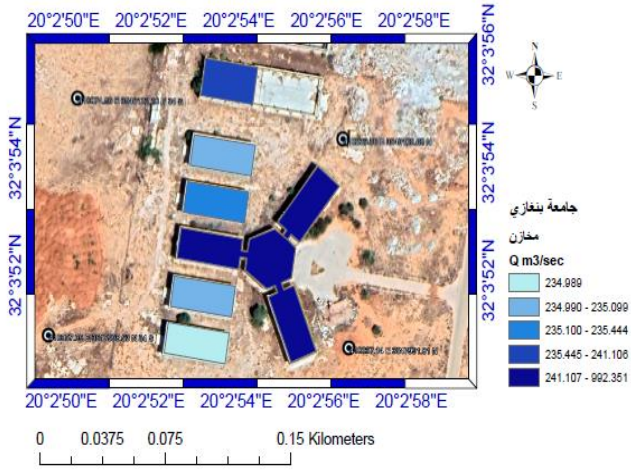
شكل 11: كميات حصاد مياه الامطار من مباني كلية القانون والادارة العامة بمقر المدينة الجامعية وفق نتائج برنامج ArcGIS10.5.



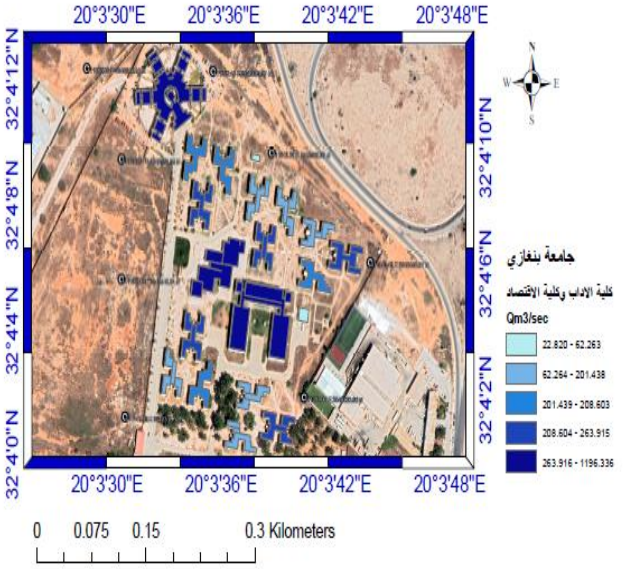
شكل 12: كميات حصاد مياه الامطار من مباني المخازن1 بمقر المدينة الجامعية وفق نتائج برنامج ArcGIS10.5.



شكل13: كميات حصاد مياه الامطار من مباني سكن الطلاب والعيادة الجامعية بمقر المدينة الجامعية وفق نتائج برنامج ArcGIS10.5.



شكل 14: كميات حصاد مياه الامطار من مباني المخازن2 بمقر المدينة الجامعية وفق نتائج برنامج ArcGIS10.5.

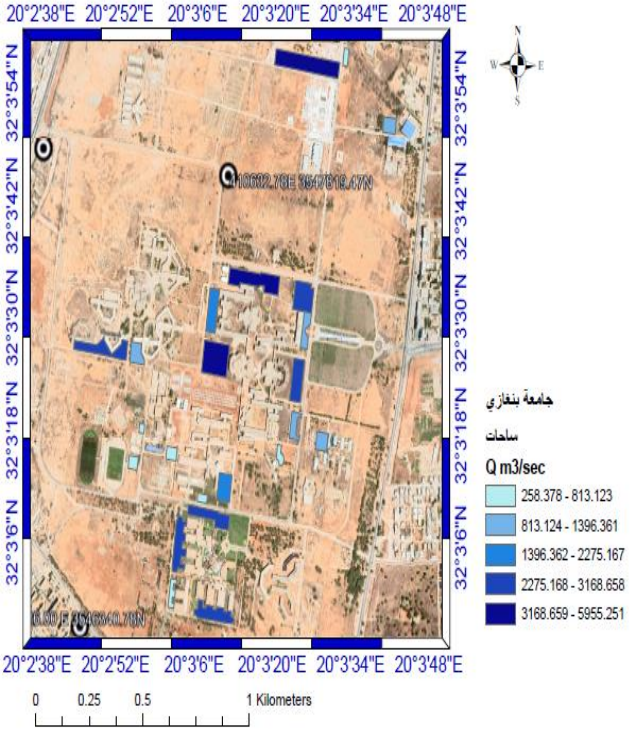


شكل15: كميات حصاد مياه الامطار من مباني كلية الآداب والاقتصاد (سكن الطالبات سابقا) بمقر المدينة الجامعية وفق نتائج برنامج ArcGIS10.5.

جدول3: كميات حصاد مياه الامطار من أسطح المباني من مقر المدينة الجامعية لجامعة بنغازي وفق نتائج برنامج .ArcGIS10.5

المرفق	A (m²) المساحة	C معامل الجريان السطحي	I (m/year) المجموع الشهري بالسنة للأمطار	Q (m³/year) مقدار التدفق بالسنة لحصاد مياه الامطار
كلية الهندسة	25450.51			9951.149
كلية القانون ومبنى الادارة العامة	424556.00			166001.4
كلية العلوم	19141.07			7484.158
كلية الاقتصاد وكلية الآداب	13479.08			6466.655
المخازن وقسم المشروعات والادارة الفنية	27967.26	0.85	0.46	10935.2
السكن الداخلي للطلاب والعيادة الجامعية والادارة العامة للمكتبات والنشر	30039.57			11745.47
سكن اعضاء هيئة التدريس	7454.28			2914.623
المجموع الكلي	**548087.8**			**214302.3**

بالنسبة للساحات وهي المتمثلة بساحات انتظار العربات، حسبت مساحتها بنفس طريقة حساب مساحة المباني(شكل16) وبمعامل الجريان السطحي ما بين (0.7 – 0.95)، حيث عرضت النتائج النهائية لإجمالي كميات حصاد مياه الامطار المجمعة من الساحات بجدول4.

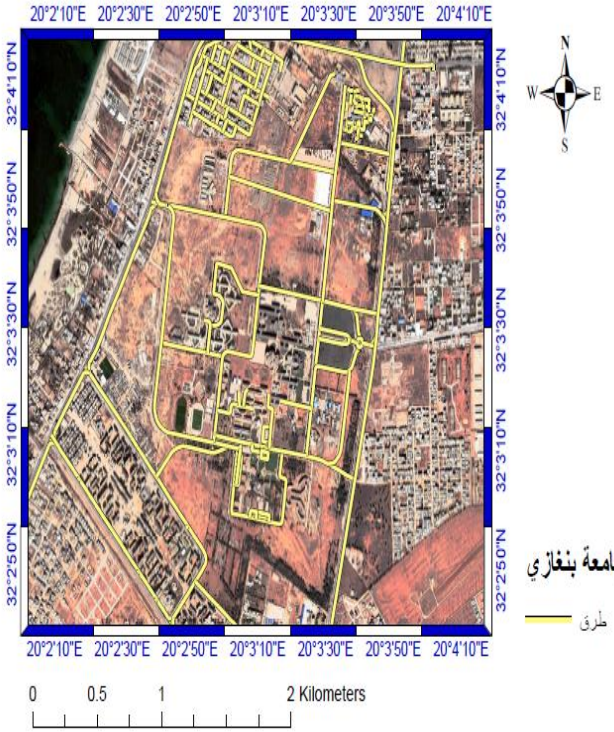


شكل 16: كميات حصاد مياه الامطار من الساحات بمقر المدينة الجامعية لجامعة بنغازي وفق نتائج برنامج ArcGIS10.5.

جدول4: كميات حصاد مياه الامطار من الساحات بمقر المدينة الجامعية لجامعة بنغازي وفق نتائج برنامج ArcGIS10.5 .

A (m²) المساحة	C معامل الجريان السطحي	I (m/year) المجموع الشهري بالسنة للأمطار	Q (m³/year) مقدار التدفق بالسنة لحصاد مياه الامطار
127057	0.80	0.46	46756.976

اخيرا تم احتساب كميات حصاد مياه الامطار من الطرق بتحديد الطرق الرئيسية بمقر المدينة الجامعية واطوالها وعرضها، بالإضافة الى تحديد معامل الجريان السطحي للطرق الذي تتراوح قيمته (0.8 – 0.95) ومن ثم حساب كمية المياه المجمعة، وشكل17 يعرض مخطط الطرق بمقر المدينة الجامعية وكافة النتائج المتحصل عليها من كميات حصاد مياه الامطار من أسطح الطرق عرضت بالجدول5.



شكل17: مخطط الطرق بمقر المدينة الجامعية لجامعة بنغازي صورة من Google earth معالجة ببرنامج .ArcGIS10.5

جدول5: كميات حصاد مياه الامطار من الطرق بمقر المدينة الجامعية لجامعة بنغازي وفق نتائج برنامج .ArcGIS10.5

الطريق	A (m²) المساحة مجموع	C معامل الجريان السطحي	I (m/year) المجموع الشهري بالسنة	Q (m³/year) مقدار التدفق بالسنة لحصاد مياه الامطار
طريق بعرض 10 متر	115225.9	0.75	0.46	39752.94
طريق بعرض 12 متر	14759.28	0.75	0.46	5091.955
طريق بعرض 15 متر	25754.7449	0.75	0.46	5091.952
المجموع الكلي	155739.92			53730.27

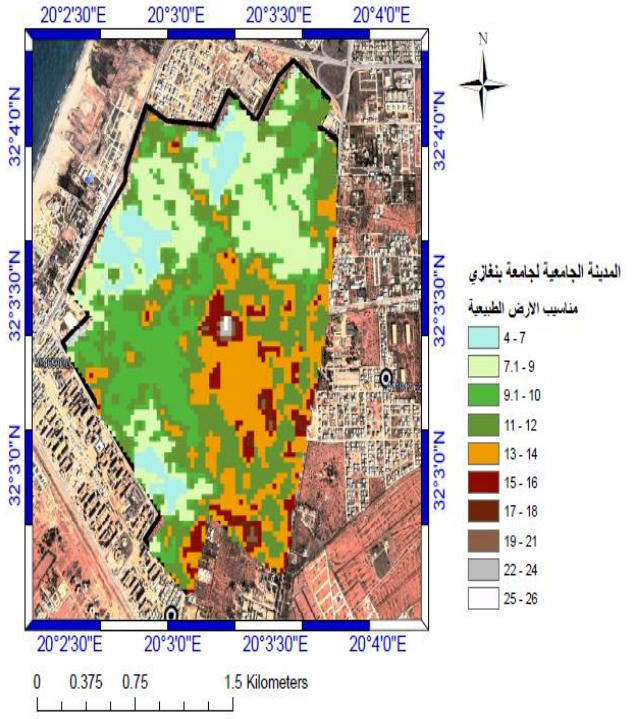
10. تصميم شبكة تجميع مياه الأمطار التي تم حصادها من الاسطح بمقر المدينة الجامعية:

لتصميم شبكة تجميع مياه الأمطار التي تم حصادها من الطرق والساحات والمباني وتخزينها لابد من احتساب الكمية الاجمالية من حصاد مياه الامطار (جدول6) حيث تم الاعتماد على معادلة ومخطط Manning التي تم شرحها مسبقا، وتقسيم شبكة تجميع مياه الامطار الى ثلاث خطوط لنقل مياه الامطار المجمعة بمقر جامعة بنغازي الخزان التجميع.

جدول6: الكميات النهائية لحصاد مياه الامطار من سطح المباني والساحات والطرق من مقر المدينة الجامعية.

الأسطح	C معامل الجريان السطحي	I (m/year) المجموع الشهري بالسنة لهطول المطر	A (m²) المساحة	Q (m³/s) التدفق
المباني	0.85	0.46	548087.8	0.007
الطرق	0.75	0.46	155739.925	0.002
الساحات	0.8	0.46	127057	0.001
الإجمالي			**830885**	**0.010**

بالإضافة الى ما سبق لإتمام تصميم منظومة نقل وتجميع مياه الامطار بالمقر تم استخدام برنامجArcGIS10.5 لمعالجه المرئية الراداريه لنموذج الارتفاعات الرقمي لمدينة بنغازي للحصول على نموذج ارتفاعات رقمي يختص بمساحة المنطقة قيد الدراسة لرسم خريطة مناسيب الارض الطبيعية وهو ما عرض بالشكل 18.



شكل 18: خريطة لمناسيب الارض الطبيعية بمقر المدينة الجامعية لجامعة بنغازي وفق نموذج الارتفاعات الرقمي DEM وفق نتائج برنامج ArcGIS10.5.

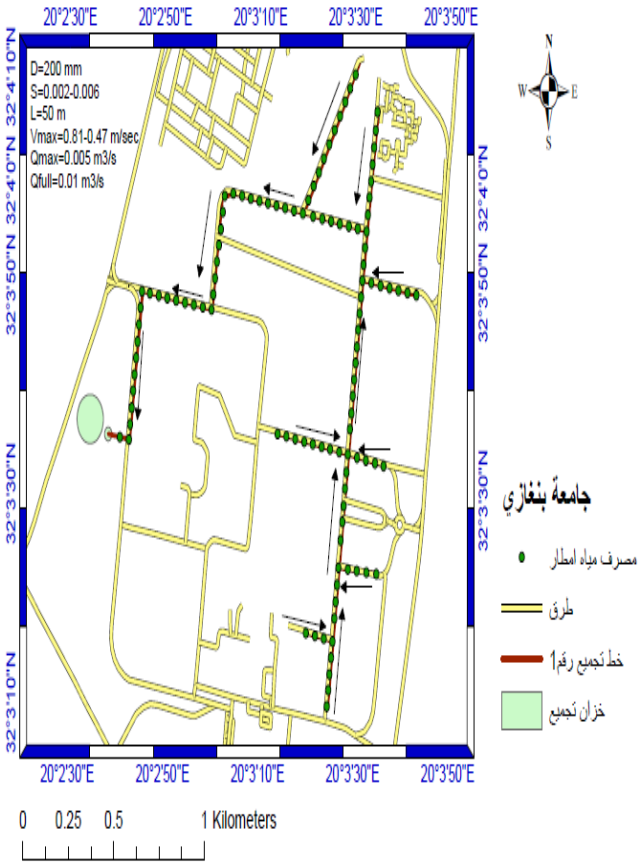
تم الاستناد على الثوابت والفرضيات والمعادلات المستخدمة في تصميم شبكات تصريف مياه الأمطار، وفق المواصفات الليبية القياسية ولاحتساب قطر انابيب نظام النقل والتجميع تم اتباع ما يلي:

- احتساب كمية المياه التي ستتجمع من اسطح الطرق او المساحات الفضاء او اسطح المباني المجمعة والتي حسبت من الجدول6، وهنا ننوه ان هذه الكميات اخذ بعين الاعتبار بحسابها الفواقد الناتجة من الرشح او البخر لأسطح التجميع، ذلك لان معادلة حسابها هي (Rational formula) والتي يدخل بها معامل الجريان السطحي الذي يعبر عن الفواقد فهو متغير لكل سطح حسب نفاذيته، فبتالي ان ما تم حسابه من كميات مياه الامطار حسب كل سطح ومقدار نفاذيته، وهوما يعبر عن انه لن يتم تصريف كل ما يتم تجميعه من السطح، $Q_{full} = 0.01\ m^3/sec$ ومن معادلة Manning تم احتساب قطر الانبوب من كمية المياه المجمعة ذلك بفرض ان الانبوب ممتلئ تماما بأقصى تدفق ناتج من اقصى مجموع شهري بالسنة للمطر.
- المسافة بين مصارف مياه الامطار L=50m والميل للأنابيب حسب المناسيب للأرض الطبيعة المستنبطة والمعالجة من نموذج الارتفاعات الرقمي لمنطقة الدراسة DEM، ومعامل خشونة الانبوب او معامل Manning للأنابيب الجديدة n=0.013.
- لاحتساب قطر الانبوب لكل خط وحسب المواصفات الليبية بما يختص بشبكات صرف مياه الامطار بان يكون اقل قطر هو 200 mm مع مراعاة احتساب سرعة المياه بالتدفق الجزئي V_{max}والتي لابد ان تكون اقل من 0.3 m/sec وأكبر من 1.5 m/sec بحيث يكون الانبوب ممتلئ بحوالي $\frac{d}{D} = 0.5$.

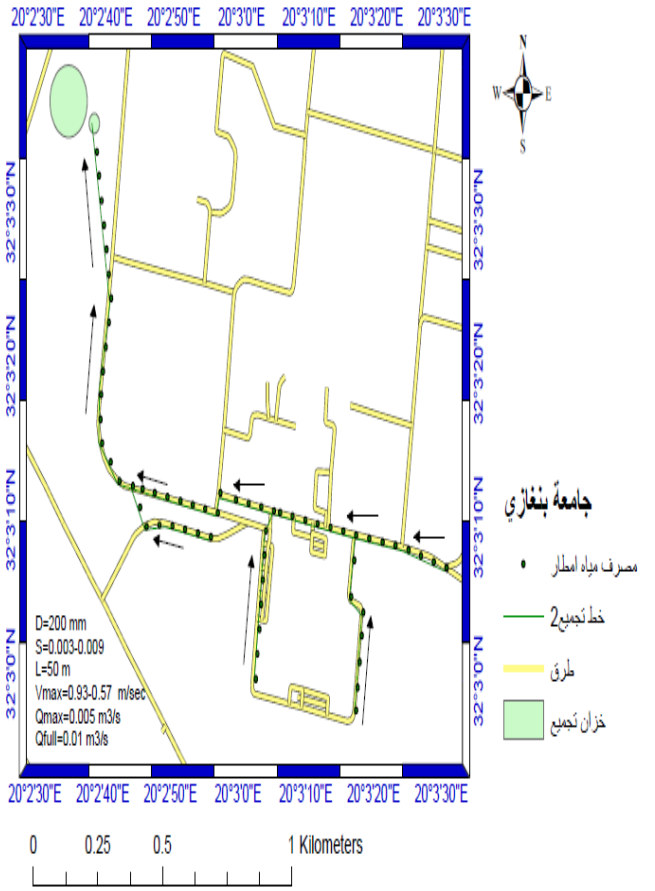
حيث عرضت نتائج التصميم للخطوط الثلاث المجمعة لمياه حصاد الامطار بمقر المدينة الجامعية مع التنويه بان كل الخطوط تلتقي بنقطة مجمعه، عبارة عن غرفة تفتيش بعرض2 متر و طول2متر بها فلتر وشبكة مصفاه حتى يتم حجز الاوساخ والاتربة قبل تجميعها بالخزان الذي اختير موقعة بالقرب من البوابة الرئيسية للخروج من المقر، وهي ذات اقل منسوب كما هو موضح بالأشكال 19 الى 21، والتي توضح مخططات تجميع مياه الامطار كل على حدى وبدايتها ونهايتها مع البيانات المطلوبة والمستنتجة من التصميم، وعرض الجدول7 ملخص لنتائج التصميم للخطوط من حيث الاقطار والميول واعداد غرف التصريف والسرعات والتدفق.

جدول7: ملخص نتائج تصميم خطوط تجميع حصاد مياه الامطار بمقر جامعة بنغازي.

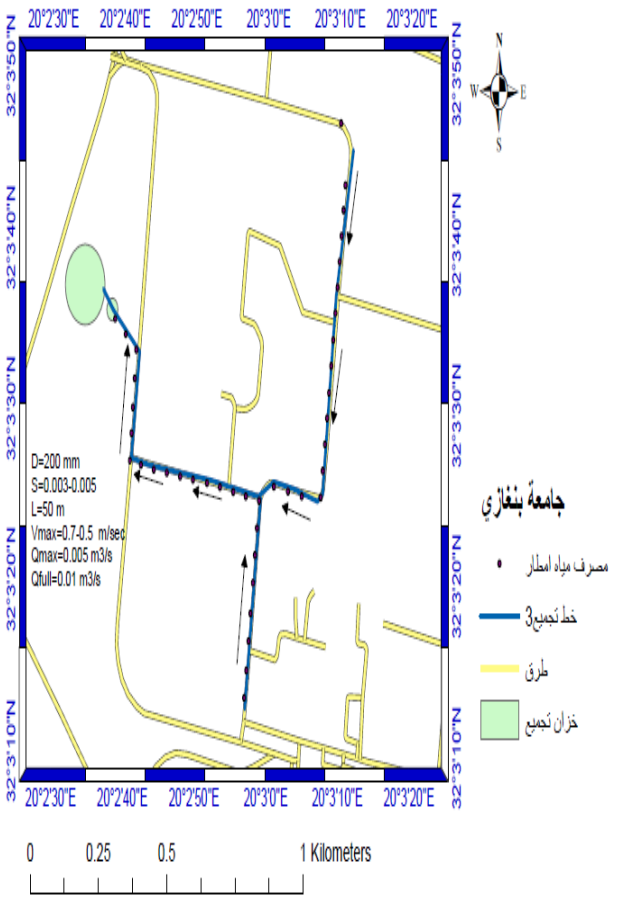
الخط	عدد غرف التصريف	المسافات بين غرف الصرف L(m)	ميل S	معامل الخشونة Manning n	التصريف الكلي المزمع حصاده من الساحات والطرق واسطح المباني Qfull(m^3/s)	التصريف الجزئي Qmax (m^3/s)	قطر الانبوب D_{full} (m)	سرعة التدفق في الانبوب وهو مملوء جزئياV_{max} (m/s)
الخط الاول	110	50	0.002-0.006				0.2	0.81-0.47
الخط الثاني	64	50	0.003-0.009	0.013	**0.01**	0.005	0.2	0.93-0.57
الخط الثالث	43	50	0.003-0.005				0.2	0.7-0.5



شكل19: الخط الاول لتجميع مياه الامطار التي تم حصادها من أسطح المباني والساحات والطرق وفق برنامج ArcGIS10.5.



شكل 20: الخط الثاني لتجميع مياه الامطار التي تم حصادها من أسطح المباني والساحات والطرق وفق برنامج ArcGIS10.5



شكل 21: الخط الثالث لتجميع مياه الامطار التي تم حصادها من اسطح المباني والساحات والطرق وفق برنامج ArcGIS10.5.

لدراسة امكانية استخدام المياه المجمعة من حصاد مياه الامطار بمقر المدينة الجامعية لتغطية الاستهلاكات البشرية للمياه، لابد من احتساب اعدادا الافراد المترددين على المقر من عاملين وموظفين وطلاب واعضاء هيئة تدريس، والذي قدر بناء على البيانات المستلمة من مركز التوثيق والمعلومات بالجامعة 31346 فرد، وينقسم استهلاكهم ما بين 30684 فرد استهلاك خدمي و662 فرد استهلاك منزلي، ومع افتراض ان الاستهلاك اليومي للفرد هو 280 لتر في اليوم للفرد، اما للاستهلاك خدمي 150 لتر للفرد باليوم؛ من هذه البيانات بالإمكان احتساب الطلب لتغطية الاستهلاك السنوي للمياه بمقر المدينة الجامعية والذي قدر 3172149.3 m^3 ، وما مزمع حصاده يقدر 314789.546 m^3 بالسنة اي انها قد تغطي حوالي 10% من الطلب على مياه النقية للاستهلاك البشري .

بنهاية التصميم لشبكة التجميع والنقل لابد ان يتم تحديد ابعاد خزان التجميع لحصاد مياه الامطار، حيث تم اختيار خزان بعمق 3m، بناء على ذلك تم تحديد مساحته السطحية عن طريق الحجم المجمع باليوم والتي قدرت 287.5 m^2 ، بقطر للخزان 27 متر.

11.مناقشة النتائج:

بعد الانتهاء من الدراسة واتمام جميع الحسابات نستطيع ان نستعرض مناقشة النتائج وفق ما يلي:

1. قدرت كمية الحصاد مياه الامطار من أسطح المباني والساحات والطرق بمقر المدينة الجامعية $314789.580m^3$ بالسنة بمجموع مساحات لمسطح المباني والطرق والساحات بالمقر المدينة الجامعية لجامعة بنغازي $830885m^2$، باختيار فترة رجوع 25 سنة لهطول اقصى مجموع شهري بالسنة للمطر والتي قدرت 460mm بالسنة وفق تحليل الاحصائي للهطول المطري لبيانات تساقط المطر بمحطة بنينا للفترة من 1970 الى 2020.

- من خلال الحسابات وجد أن كل أنابيب الشبكة تكون بقطر 200 mm وفقا للمواصفات الفنية، ما عدا أنبوب مجمع بقطر 300 mm الواصل إلى غرفة الحجز قبل خزان التجميع.
- تم استنتاج ان جميع الميول للخطوط كانت من 0.002 الى 0.009 وبالتالي لا تحتاج إلى كميات كبيرة من الحفر ومن هنا نجد أن الكلفة الاقتصادية منخفضة.
- انشاء خزان تجميع دائري يكون اقل تكلفة وأكثر استقرار انشائيا والتجميع يكون بالتصريف الذاتي فلا داعي لإنشاء محطات الرفع.
- بمعرفة الكثافة البشرية الشاغلة لمرافق المدينة الجامعية بمختلف استخداماتها وذلك وفق البيانات التي تم تجميعها من الادارات المختلف للكليات والمكاتب والادارات بجامعة بنغازي وبمعرفة الاستهلاك من المياه بالمرافق العامة تم إيجاد قيمة الاستهلاك الشهري للفرد، حيث رصدت النسبة مئوية لمدى الاستفادة من الكميات المتوقع تجميعها من حصاد مياه الامطار لتغطية الاستهلاك للأفراد بمقر المدينة الجامعة والتي قدرت (10%)، وهو ما يتم توفيره من المياه التي توفرها الدولة لتغطية الطلب على المياه للمقر هذا بالنسبة اذا تم استغلال هذه الكميات لتغطية الاستهلاك السنوي للأفراد مما يخفف من التكلفة الاقتصادية لإمداد المقر الجامعي للمياه من قبل الدولة.
- بتجميع مياه الامطار وتخزينها يؤدي الى تقليل جريان مياه الامطار على أسطح الطرق بمقر المدينة الجامعية بذلك، يتم المحافظة على عمرها ونظافتها والتقليل من تزاحم سير السيارات وهذه المشكلة التي يعانيها المواطنين والعاملين والطلاب المترددين على المدينة الجامعية لضعف البنية التحتية بالمقر.
- هناك أوجه عديده للاستفادة من مياه الامطار التي سيتم تجميعها من اسطح المباني بشكل سنوي حيث يمكن اعتبارها وسيلة للحصول على مياه عذبة ومجانية، كذلك يمكن استخدمها في الري في المسطحات الخضراء بالمقر وانشاء المزارع المصغرة لأغراض البحوث العلمية بعلم النبات والزراعة، او يمكن تجميعها في خزانات أرضية او سطحية من كل مبنى لتغطية الاستهلاك بكل كلية ومرفق، ناهيك انها تساعد على توفر المياه بشكل دائم وبالأخص الاوقات التي يكون بها انقطاع او نقص، او من الممكن حقنها او السماح بترشحها داخل التربة لتسمح بتغذية المياه الجوفية والتخفيف من اضرار تداخل مياه البحر المالحة مع المياه الجوفية.
- حصاد ميه الامطار من أسطح المباني يمنع تراكم البرك بها فيتالي يتم حماية العناصر الانشائية من الرطوبة وتأثيرها الضار وحماية المرافق من تسرب مياه الامطار بداخلها كما هو الحال بمباني الاقسام العلمية بكلية الهندسة التي تعاني من الاضرار التي لحقت بها بعد الحرب ومع الوقت وقلة الصيانة اصبحت المباني بالكلية تعاني من تسرب مياه الامطار الى داخل القاعات الدراسية، فعليه في حال تطبيق مبدأ حصاد مياه الامطار من الاسطح سيتم منع تسرب المياه داخل المبنى وتجميعها والاستفادة منها بالشكل الامثل.

12. الاستنتاجات والتوصيات:

تستقبل مدينة بنغازي كميات من الامطار تتساقط في بموسم الشتاء، وهي تعتبر المصدر الأساسي لتغذية المياه الجوفية بالمدينة، ومن ناحية اخرى في حالة عدم صرفها تسبب مشاكل تعاني منها المدينة ككل ومرافقها الحيوية، منها المدينة الجامعية لجامعة بنغازي، ومن هذا المنطلق تم التفكير بعمليات إعادة تدوير واستخدام مياه الأمطار؛ حيث تهدف هذه الدراسة الى تطبيق تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد لاحتساب كميات حصاد مياه الأمطار من أسطح المباني والساحات والطرق لمقر المدينة الجامعية، وخلصت نتائج دراسة الى ان الحد الأقصى السنوي لمجموع تساقط الأمطار الشهري وفق بيانات محطة بنينا للأرصاد للفترة من 1970 الى 202 لفترة رجوع 25 عام هو 460 mm وما يتم تجميعه وحصاده من اسطح المباني والساحات والطرق من مياه الامطار بالسنة هو $314789.580m^3$، ولتجميع هذه الكميات تم تصميم شبكة من ثلاث خطوط بقطر 200 mm وفقا للمواصفات الفنية الليبية، ما عدا أنبوب مجمع بقطر 300 mm الواصل إلى غرفة الحجز قبل خزان التجمع، والميول للخطوط كانت من 0.002 الى 0.009، لتلتقي الخطوط الثلاث بخزان تجميع دائري بقطر27m وعمق3m.

بنهاية هذه الدراسة نوصي بالتالي:

1. ان تجميع مياه الامطار وتخزينها يقلل التصريف بشبكات الصرف للطرق بذلك يتم المحافظة على عمرها ونظافتها ويقلل العبء الاقتصادي على ادارة الجامعة واستنزاف للمصروفات السنوية بتكرار صيانتها وتنظيفها، وتقل من الازدحام المروري الناتج من سوء التصريف لمياه الامطار وما تسببه من اضرار.
2. يمكن استخدام مياه الامطار المجمعة في الري والزراعة او تجميعها في خزانات أرضية تسمح بتغذية المياه الجوفية او حقنها بالآبار لإعادة شحن المياه الجوفية وتخفيف من اضرار تداخل مياه البحر مع المياه الجوفية، ايضا الحد من المشاكل البيئية الناتجة من تكدس برك مياه الأمطار، وأيضاً لتقليل مخاطر الفيضانات والسيول.
3. ان تتبنى ادارة جامعة بنغازي بصفة خاصة والدولة بصفة عامة نظام حصاد مياه من أسطح المباني وتوفير المتطلبات اللازمة له من نظام النقل والتخزين والتنقية، وتوعيه المواطنين وارشادهم وتشجيعهم لتنفيذ هذه التقنية وايضا شركات الانشاء والتعمير العامة والخاصة.

4. تستغل مياه الامطار التي يتم حصادها من الاسطح بإنشاء الحدائق والبحيرات لإضافة منظر جمالي للمدينة الجامعية لمقر جامعة بنغازي.
5. حصاد ميه الامطار من أسطح المباني يمنع تراكم البرك بها فبتالي يتم حماية العناصر الانشائية من الرطوبة وتأثيرها الضار وحماية المرافق من تسرب مياه الامطار بداخلها مما يقلل من تكلفة الصيانة المتكررة نتيجة اضرار بالمباني من أثر الرطوبة السلبي على العناصر الانشائية.
6. التوصية كدراسة مستقبلية بإعداد دراسة جدوى اقتصادية مفصلة بتطبيق هذا النظام وما قد يعود على ادرة جامعة بنغازي من فائدة مادة واقتصادية.

المراجع:

[1]- Hari. D.,2019, "Estimation of Rooftop Rainwater Harvesting Potential using Applications of Google Earth Pro and GIS", International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE), Vol.8, No.9, PP:1122-1127, ISSN: 2278-3075.

[2]- Akash, M. P , Vivek, J., 2020,"Design of rainwater harvesting system in RRCE campus", International Journal of Advance Research, Vol.6, I. 4, PP.43-45.

[3]- S.Mishra, B.Shruthi, H.Rao, " Design of Rooftop Rainwater Harvesting Structure in a University Campus", International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), Vol.8, I.5, PP. 3591 -3595,2020..

[4]- Anchan, S., Prasad, H., " Feasibility of roof top rainwater harvesting potential - A case study of South Indian University", Cleaner Engineering and Technology, Vol.4, PP.1-13, 2021.

[5]- Ebsa, D., "Rooftop rainwater harvesting potential for a domestic purpose using storm water, case of Jimma University Institute of Technology, Ethiopia", JIMMA UNIVERSITY INSTITUTE OF TECHNOLOGY, PP.1-10,2021.

[6]- Shaikh, G., Agrawal, R., Dengle, S., and Wadekar, A., "ROAD RAINWATER HARVESTING - EFFICIENT TOOL FOR ROAD DRAINAGE AND GROUND-WATER RECHARGE", journal of Science and Technology, Vol. 6, I.4, PP.160-171, August 2021.

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

[8]- بن طاهر، لبنى سليمان.،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) المؤتمر العلمي الرابع للعلوم الهندسية والتقنية CEST – الجامعة الأسمرية الإسلامية / كلية الهندسة www.asmarya.edu.ly/cest.

[9]- United State Geological Survey." Digital Elevation model for North East Libya". https://www.earthexplorer.usgs.gov [Accessed October, 2021].

[10]- المركز الوطني للأرصاد الجوية، بنغازي(2020 ,1977) ، محطة أرصاد بنينا، بيانات غير منشورة.

[11]- المعايير التصميمية لمنظومات إمداد المياه وتجميع مياه الأمطار، المواصفات الليبية (المكتب الاستشاري الهندسي للمرافق، سنة 2009 غير منشورة.

Weiner, Ruth E.، Matthews, Robin A.,2003, ENVIRONMENTAL ENGINEERING ,4thEdition, Butterworth-Heinemann, Printed in the United States of America