

مجلة جامعة البعث

سلسلة علوم الهندسة المدنية والمعمارية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 45 . العدد 7

1444 هـ - 2023 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

أ. د. محمود حديد	رئيس هيئة التحرير
أ. د. درغام سلوم	رئيس التحرير

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث

بشرى مصطفى

د. محمد هلال	عضو هيئة التحرير
د. فهد شريباتي	عضو هيئة التحرير
د. معن سلامة	عضو هيئة التحرير
د. جمال العلي	عضو هيئة التحرير
د. عباد كاسوحة	عضو هيئة التحرير
د. محمود عامر	عضو هيئة التحرير
د. أحمد الحسن	عضو هيئة التحرير
د. سونيا عطية	عضو هيئة التحرير
د. ريم ديب	عضو هيئة التحرير
د. حسن مشرقي	عضو هيئة التحرير
د. هيثم حسن	عضو هيئة التحرير
د. نزار عبشي	عضو هيئة التحرير

تهدف المجلة إلى نشر البحوث العلمية الأصيلة، ويمكن للراغبين في طلبها

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

سورية . حمص . جامعة البعث . الإدارة المركزية . ص . ب (77)

. هاتف / فاكس : ++ 963 31 2138071

. موقع الإنترنت : www.albaath-univ.edu.sy

. البريد الإلكتروني : [magazine@ albaath-univ.edu.sy](mailto:magazine@albaath-univ.edu.sy)

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

- 2 نسخة ورقية من البحث بدون اسم الباحث / الكلية / الجامعة) + CD / word من البحث منسق حسب شروط المجلة.
 - طابع بحث علمي + طابع نقابة معلمين.
 - إذا كان الباحث طالب دراسات عليا:
يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقة على النشر في المجلة.
 - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:
يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.
 - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية من خارج جامعة البعث :
يجب إحضار كتاب من عمادة كليته تثبت أنه عضو بالهيئة التدريسية و على رأس عمله حتى تاريخه.
 - إذا كان الباحث عضواً في الهيئة الفنية :
يجب إرفاق كتاب يحدد فيه مكان و زمان إجراء البحث ، وما يثبت صفته وأنه على رأس عمله.
 - يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (العلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية):
عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1- مقدمة
 - 2- هدف البحث
 - 3- مواد وطرق البحث
 - 4- النتائج ومناقشتها .
 - 5- الاستنتاجات والتوصيات .
 - 6- المراجع.

- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (الآداب - الاقتصاد - التربية - الحقوق - السياحة - التربية الموسيقية وجميع العلوم الإنسانية):
- عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1. مقدمة.
- 2. مشكلة البحث وأهميته والجديد فيه.
- 3. أهداف البحث و أسئلته.
- 4. فرضيات البحث و حدوده.
- 5. مصطلحات البحث و تعريفاته الإجرائية.
- 6. الإطار النظري و الدراسات السابقة.
- 7. منهج البحث و إجراءاته.
- 8. عرض البحث و المناقشة والتحليل
- 9. نتائج البحث.
- 10. مقترحات البحث إن وجدت.
- 11. قائمة المصادر والمراجع.
- 7- يجب اعتماد الإعدادات الآتية أثناء طباعة البحث على الكمبيوتر:
 - أ- قياس الورق 25×17.5 B5.
 - ب- هوامش الصفحة: أعلى 2.54- أسفل 2.54 - يمين 2.5- يسار 2.5 سم
 - ت- رأس الصفحة 1.6 / تذييل الصفحة 1.8
 - ث- نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس 20
- . كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي . العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس 13 عريض.
- ج . يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجداول المدرجة في البحث لا يتعدى 12سم.
- 8- في حال عدم إجراء البحث وفقاً لما ورد أعلاه من إشارات فإن البحث سيهمل ولا يرد البحث إلى صاحبه.
- 9- تقديم أي بحث للنشر في المجلة يدل ضمناً على عدم نشره في أي مكان آخر، وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.
- 10- الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة

11- تكتب المراجع ضمن النص على الشكل التالي: [1] ثم رقم الصفحة ويفضل استخدام التهميش الإلكتروني المعمول به في نظام وورد WORD حيث يشير الرقم إلى رقم المرجع الوارد في قائمة المراجع.

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:
آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

الكنية بالأحرف الكبيرة . الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة . سنة النشر . وتتبعها معترضة (-) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة . دار النشر وتتبعها فاصلة . الطبعة (ثانية . ثالثة) . بلد النشر وتتبعها فاصلة . عدد صفحات الكتاب وتتبعها نقطة .
وفيما يلي مثال على ذلك:

-MAVRODEANUS, R1986- Flame Spectroscopy. Willy, New York, 373p.

ب . إذا كان المرجع بحثاً منشوراً في مجلة باللغة الأجنبية:

. بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة، اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة . المجلد والعدد (كتابة مختزلة) وبعدها فاصلة . أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة.
مثال على ذلك:

BUSSE,E 1980 Organic Brain Diseases Clinical Psychiatry News ,
Vol. 4. 20 – 60

ج . إذا كان المرجع أو البحث منشوراً باللغة العربية فيجب تحويله إلى اللغة الإنكليزية و
التقيد

بالبنود (أ و ب) ويكتب في نهاية المراجع العربية: (المراجع In Arabic)

رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

1. دفع رسم نشر (40000) ل.س أربعون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (100000) ل.س مئة الف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مننأ دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (6000) ل.س ستة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
44-11	د. محمد نقلا د. ابراهيم الطحان م. بلال علي	استخدام عملية التحليل الهرمي AHP و نظم المعلومات الجغرافية GIS لإنتاج الخرائط الاحتمالية لوجود الكارست في منطقة شمال و غرب مدينة دمشق , سوريا
64-45	د. رصين زكية د. نعيمة عجيب م. رعد الشلبي	كفاءة المعالجة البيولوجية بإضافة حوامل بيولوجية إلى المعالجة البيولوجية متعددة المراحل (اللاهوائية- منقوصة الأكسجين- الهوائية)
98-65	د. فدوى عيسى د. غاندي ججاج د. وائل حرفوش	بعض الدروس الهندسية المستفادة من تصدع وانهيار الأبنية السكنية في مدينة جبلة بتأثير زلزال تركيا-سوريا 2023
130-99	م. رنا ابراهيم د. مؤنس الجراحي	التقييم الحراري للعناصر المعمارية التقليدية المستدامة في الأبنية السكنية الحديثة "مدينة حماه مثالا"
158-131	م. عطفت الشعار د. منيب العلاف	تدعيم الفتحات الدائرية الواقعة في منطقة القص في الجوائز البيتونية المسلحة باستخدام الشبك الملحوم

استخدام عملية التحليل الهرمي AHP و نظم المعلومات

الجغرافية GIS لإنتاج الخرائط الاحتمالية لوجود

الكارست في منطقة شمال وغرب مدينة دمشق , سوريا:

م . بلال علي * د . م . محمد تقلا ** د . م . ابراهيم الطحان ***

قسم الهندسة الجيوتكنيكية - جامعة البعث ، حمص ، سوريا

الملخص:

إن الهدف الرئيسي من هذه البحث هو الحصول على خريطة نهائية احتمالية لمناطق توزع ووجود الكارست اعتمادا على استخدام طريقة التحليل الهرمي AHP ونظم المعلومات الجغرافية GIS وذلك لمنطقة شمال وغرب دمشق . تم استخدام برنامجي الاكسل ونظم المعلومات الجغرافية ArcGIS للحصول على خريطة توزع محتمل للكارست مصنفة إلى عدة مستويات ابتداء بالمنخفض جدا وحتى المرتفع جدا وضمن 5 مستويات احتمالية . أنتجت الخريطة النهائية الاحتمالية بناء على دراسة المدخلات مثل الليتولوجيا وكثافة الشقوق (التكتونيك) والارتفاع ومعدل الامطار وكثافة التصريف. جرى تصنيف كل من الخرائط السابقة لخمس مستويات احتمالية وتثقيل كل خريطة باستخدام معامل التثقيل الذي تم الحصول عليه من طريقة التحليل الهرمي. تم الحصول على خريطة احتمالية لمناطق توزع الكارست في منطقة شمال وغرب مدينة دمشق وتحديد مناطق خطر التكهفات.

خلص البحث في منطقة الدراسة إلى أن استخدام طريقة التحليل الهرمي ونظم المعلومات الجغرافية تشكل أداة هامة في تحليل والتحقق من مناطق توزع وتواجد الكارست الاحتمالية .

الكلمات المفتاحية : عملية التحليل الهرمي - الكارست - الخرائط الاحتمالية - النموذج الرقمي للارتفاع DEM- نظام المعلومات الجغرافي - دمشق
*أعد هذا البحث في سياق رسالة الدكتوراه للمهندس بلال علي - قسم الهندسة الجيوتكنيكية - جامعة البعث.

**أستاذ في قسم الهندسة الجيوتكنيكية - كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث.

***استشاري في مجال الجيولوجيا الهندسية و الجيوتكنيك.

Using of Analytical Hierarchy process AHP and GIS for producing karst potential map for northern and western of Damascus, Syria

Abstract :

The main goal of this research is to produce final karst potential map using Analytical Hierarchy process (AHP) and Geographic Information System (GIS) for northern and western of Damascus, Syria. Microsoft Excel and ArcGIS program were used to produce the final karst potential map which is classified into 5 classes from very low to very high susceptibility. The final karst potential map was produced based on studying lithology, lineament density (tectonic), elevation, rainfall, and drainage density factors. Each map was classified into 5 potential levels and was weighted using the weighting factor extracted from AHP method. Karstification potential map for northern and southern of Damascus area was extracted and potential karst risk zones were determined. It was concluded that using Analytical Hierarchy process in cooperating with Geography Information System is an important tool for analyzing and checking karst potential areas.

Keywords: Analytical Hierarchy process, Karst, potential map, digital elevation model (DEM), GIS, Damascus.

1- مقدمة :

تؤدي عمليات الانحلال والانجراف الداخلي الكيميائي والميكانيكي الناجمة عن تسرب المياه السطحية أو حركة المياه الجوفية ضمن الصخور الكلسية و الدولوميتية والحوار و المارل والجص و الانهدريت وأملاح الصوديوم والبوتاسيوم ، إلى ظهور أشكال وتضاريس مميزة وحدوث انهيارات وكوارث تظهر بأشكالها المميزة على السطح أو تحت الأرض على شكل تكهفات وفراغات وأفنية ومغاور وما شابه. يطلق على جميع هذه الأشكال اسم الكارست. [5]

2- أهمية البحث و مبرراته:

إن تواجد الكارست في منطقة ما ، يثير دائما الشك حول استقراره الموقع المقترح لتصميم المنشآت أو تلك التي يتم تنفيذها ، وغالبا ما يتسبب في تعقيدات كبيرة أثناء تنفيذ الأعمال الهندسية [2]، ونظرا لتعرض المناطق في سوريا لأخطار زلزالية توجب إيلاء الدراسات الكارستية المزيد من الاهتمام لتحديد مناطق تواجدها وفق خرائط هندسية احتمالية (وبخاصة ضمن مواقع التجمعات السكانية) بهدف الحد من مخاطرها على الانسان والمجتمع .

تم اختيار منطقة الدراسة باعتبار الاراضي المشكلة لمنطقة دمشق وغربها هي ذات تكوين كلسي بنسبة 70% و تعاني هذه الصخور من مشاكل التكهفات و الانحلال و الكارست وهي غير مدروسة بشكل كامل .

نظرا لمساهمة العديد من المعاملات في تطور الظواهر الكارستية و قلة الدراسات الكارستية في سوريا وبخاصة منطقة دمشق أو حداثة عهدها ، والكلفة الكبيرة لأعمال

استخدام عملية التحليل الهرمي AHP و نظم المعلومات الجغرافية GIS لإنتاج الخرائط الاحتمالية لوجود الكارست في منطقة شمال وغرب مدينة دمشق , سوريا

التحريات الحقلية الجيوتكنيكية والجيوفيزيائية للكشف عن المناطق المحتملة لوجود الكارست برزت الحاجة لفهم أكبر لعملية نشوء وتطور الكارست ، والنظر في إمكانية تكامل استخدام الطرائق الرياضية لتحديد المعاملات الأكثر أهمية التي تساهم في تطور العمليات الكارستية والنمذجة الهندسية بهدف تصنيف مناطق الخطورة المحتملة على شكل خرائط مكانية احتمالية بهدف تضييق نطاق التحريات الحقلية وتخفيض كلفتها.

تم اختيار موضوع البحث لإمكانية الاستفادة من معطيات طريقة التحليل الهرمي التي صنفت المعاملات المؤثرة على تطور العمليات الكارستية وفق درجة خطورتها ومساهمتها في تطور الظواهر الكارستية ضمن منطقة الدراسة , وادخال درجة أهمية كل معامل في عمليات النمذجة الهندسية باستخدام برنامج ArcGIS بهدف انتاج خرائط نهائية احتمالية لمناطق الكارست وكشف امتدادات التكهفات المحتملة وتصنيفها.

3 - الهدف من البحث:

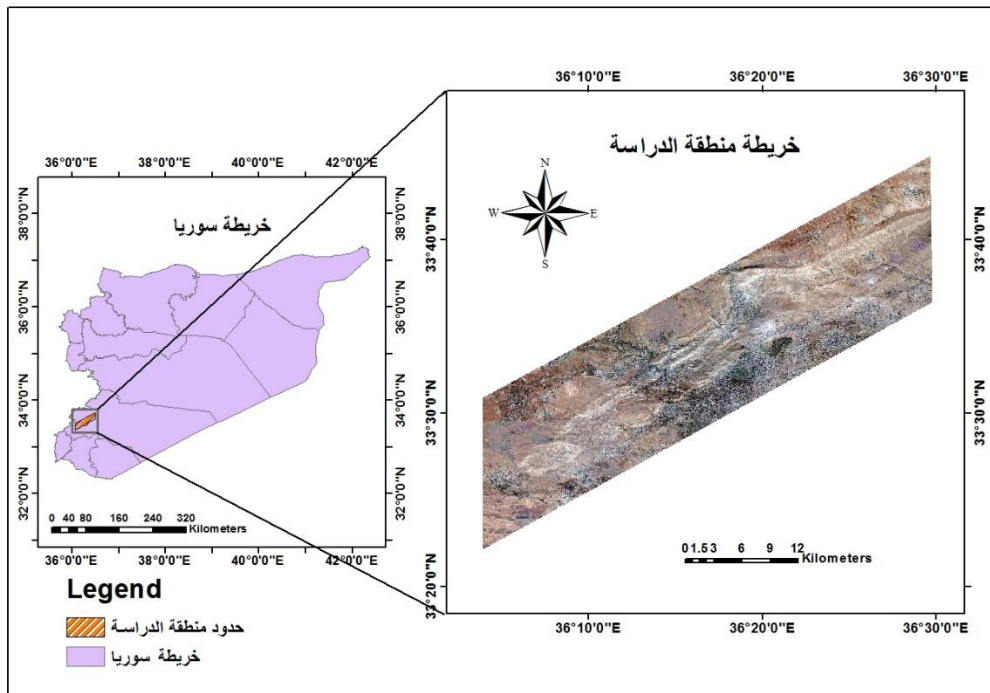
يهدف هذا البحث للحصول على خريطة نهائية احتمالية لوجود الكارست باستخدام طريقة التحليل الهرمي AHP و نظم المعلومات الجغرافية GIS وذلك لمنطقة شمال وغرب دمشق.

4- مواد و طرائق البحث:

4-1- منطقة الدراسة:

تتوضع منطقة الدراسة بين خطي طول 36.065060 و 36.495668 وخطي عرض 33.746993 و 33.369897 و مساحة اجمالية 635.121092 كم² (الشكل 1) .

تمتد منطقة الدراسة من شرق برزة مروراً ببرزة ثم ركن الدين فالشيخ محي الدين ثم بالمهاجرين فقصر تشرين ووادي بردى ثم قصر الشعب وصولاً للمزة 86 ثم قطنا. تتميز هذه المناطق بكثافة سكانية كبيرة وامتدادها على طول خط فالق دمشق مما يجعلها عرضة للمخاطر الزلزالية ويجعل كشف نطاقات التكهفات ضمنها من الأولويات الهامة للدراسات الهندسية.



الشكل (1) خريطة توضح حدود منطقة الدراسة شمال وغرب دمشق

2-4- البرامج المستخدمة:

تم الاعتماد على برنامج Microsoft Excel بهدف تطبيق عملية التحليل الهرمي لتحديد درجة أهمية كل من المعاملات الداخلة بالدراسة و استخدام هذه المعاملات

في برنامج ArcGIS 10.3 بهدف تنقيح كل المعاملات المساهمة ضمن الخرائط المستخدمة ودمجها باستخدام أمر التراكم الموزون (weighted overlay) ضمن البرنامج للوصول لإنتاج الخريطة النهائية لمواقع الكارست المحتملة لمنطقة دمشق وغربها.

3-4 - البيانات المستخدمة:

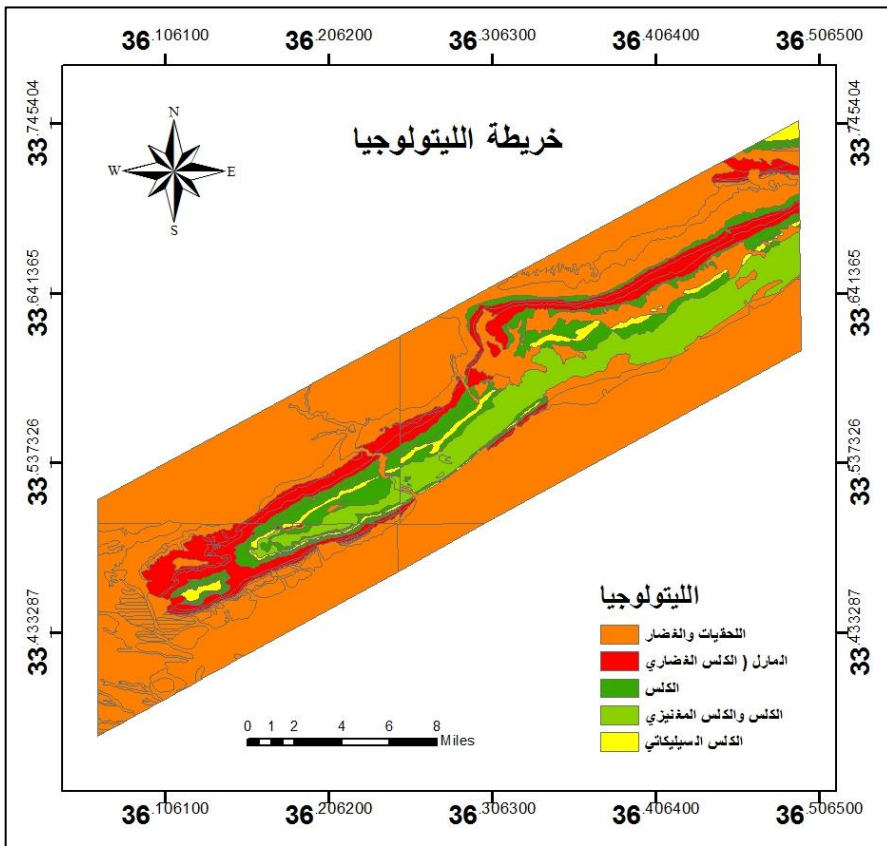
1-3-4- الليتولوجيا*:

تحدد قراءة الخارطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة الليتولوجيا العامة والاعمار الجيولوجية للتشكيلات من الاقدم للأحدث، ابتداء بالكريتاسي الممثل لتشكيلات السينومانيان تورونيان ذات التركيب الكلسي المغنيزي تعلوها تشكيلات الكونياسيان سانتونيان ثم الكامبانيان ذات الطبيعة الكلسية السيليكاتية ثم الباليوجين الكلسي والكلسي الغضاري ومن ثم الرباعي المكون من اللحقيات والغضار.

تؤثر الليتولوجيا على تشكل المظاهر الكارستية من خلال قابلية الصخور الكلسية و الدولوميتية والحوار و المارل والجص و الانهدريت وأملاح الصوديوم والبوتاسيوم للانحلال بالماء. تم الاعتماد على الخرائط الجيولوجية التي تغطي منطقة الدراسة بمقياس 1/50000 المعتمدة من قبل المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية في سوريا لإنشاء طبقة الليتولوجيا ضمن طبقات العوامل المشكلة للخريطة النهائية للمواقع المحتملة لتشكل الكارست. حيث تم اجراء تحليل للخرائط الجيولوجية ثم القيام بتصديرها لبرنامج ArcGIS 10.3 وارجاعها لنظام الاحداثيات GCS/WGS84، ثم اعادة تعيين حجمها بحيث تحوي فقط حدود منطقة الدراسة. جرى

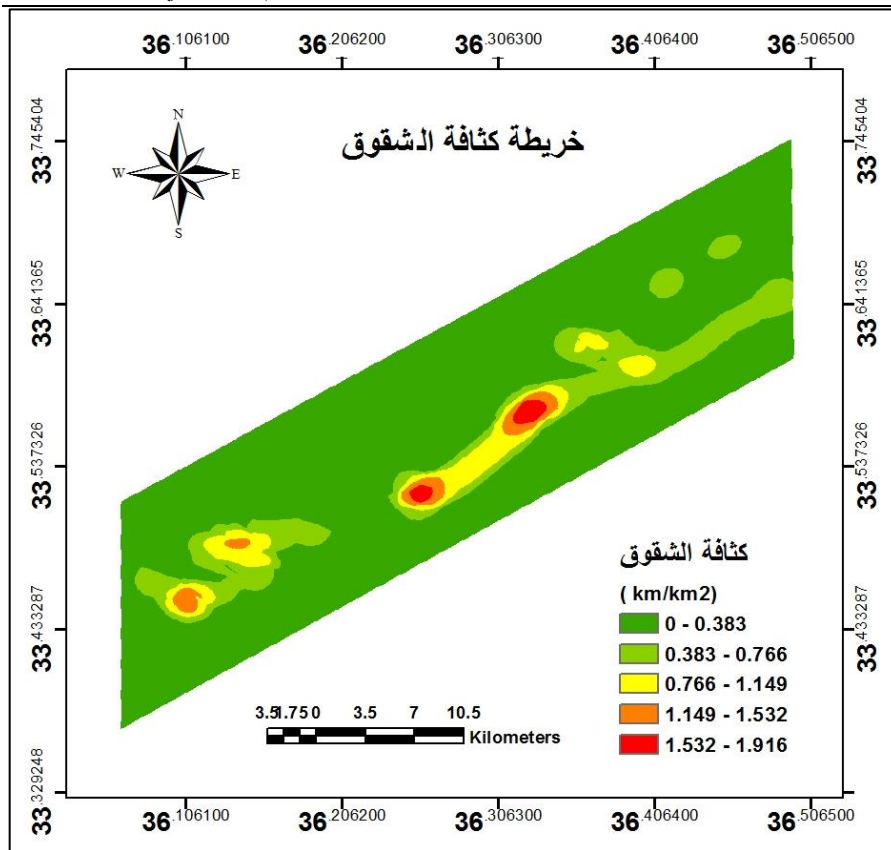
بعد ذلك رقمته أنواع للصخور المختلفة ضمن منطقة الدراسة كمضلعات وبذلك تم إنتاج الخريطة الليتولوجية الشكل (2).

* وهو العلم الذي يدرس تكوين وتركيب الطبقات الصخرية المكونة للقشرة الأرضية وعلاقتها مع بعضها من حيث الوضع والعمر.



الشكل (2) الخريطة الليتولوجية

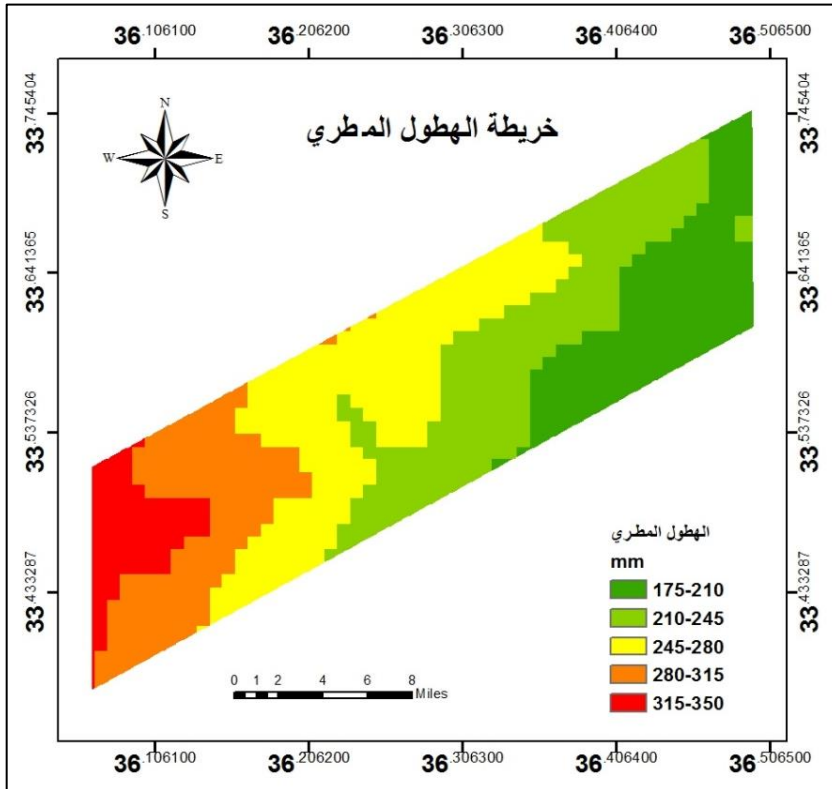
4-3-2- كثافة الشقوق: تعد الشقوق من أبرز العوامل المساهمة بتشكيل الكارست وتنتج عن تعرض الطبقات القاسية للعوامل التكتونية المتلاحقة والتي تؤدي إلى نشوء طيات وفوالق. [12] من اجل استخراج خريطة كثافة الشقوق تم الاعتماد على الخرائط الجيولوجية المعتمدة من قبل المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية في سوريا. حيث تم القيام بعملية رقمنة الشقوق والفوالق ثم حساب كثافتها بواسطة برنامج ArcGIS 10.3 عن طريق أمر كثافة الخطوط الشكل (3). تتضمن الطريقة الأبسط لحساب كثافة الشقوق تقسيم منطقة الدراسة لشبكة مربعات وتحديد فيما إذا كانت بداية أو نهاية الشقوق تقع ضمن كل من المربعات المكونة للشبكة وحساب عدد الشقوق ومجموع أطوال الأجزاء في كل مربع [20]. فعلى سبيل المثال يمكن أن تصل قيمة كثافة الشقوق في المنطقة الحمراء ضمن خريطة كثافة الشقوق (الشكل 3) إلى ضعف مساحة مربع الشبكة الواحد. يجب ملاحظة ان المناطق التي لا تحتوي اي فوالق او شقوق هي ذات احتمالية منخفضة لوجود الكارست بينما يحتمل بلوغ تطور الكارست حده الأعظمي في المناطق ذات كثافة الشقوق الأكبر.



الشكل (3) خريطة كثافة الشقوق المحسوبة لمنطقة الدراسة

4-3-4- الهطول المطري: يعتبر الهطول المطري واحد من اهم العوامل المساهمة بتشكل الكارست حيث يزداد احتمال حدوث الكارست بازدياد الهطول المطري. في الدراسة الحالية تم الحصول على بيانات الهطول المطري الوسطية لمنطقة الدراسة عن طريق موقع Google earth engine بدقة 1 كم منذ عام 2009 وحتى

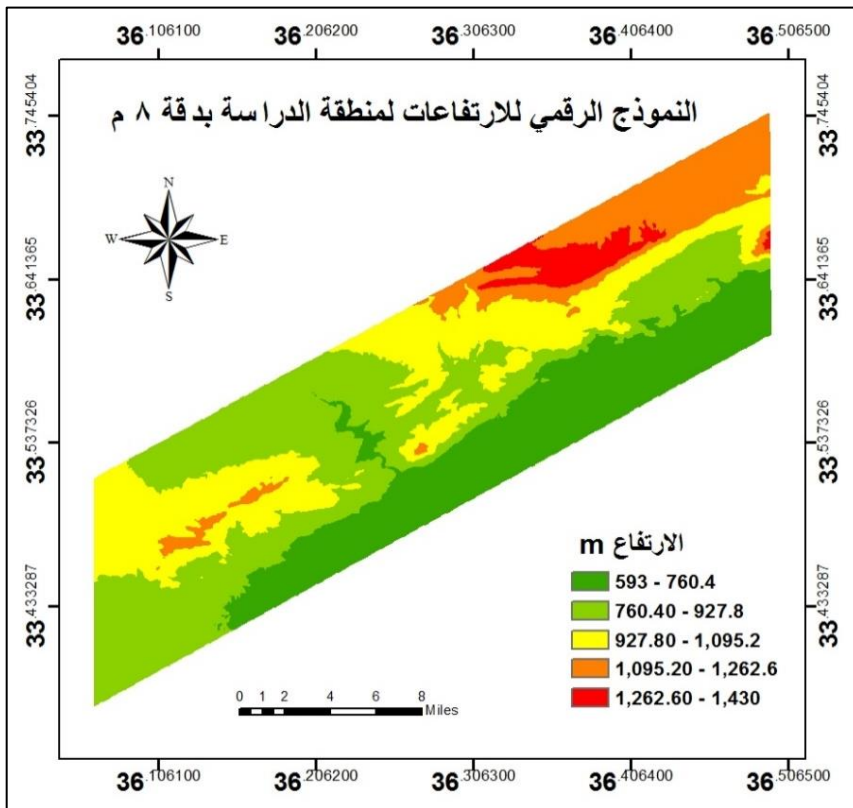
عام 2020. يتراوح الهطول المطري السنوي الوسطي ضمن منطقة الدراسة بين 175 ل 350 مم ، حيث قسمت بيانات الخريطة الناتجة الى 5 تصنيفات متساوية المدى الشكل (4) .



الشكل (4) خريطة الهطول المطري الوسطية

3-3-4- الارتفاع : يؤثر الارتفاع بشكل غير مباشر في عملية نشوء الكارست من خلال مساهمته بزيادة أثر العوامل الاخرى حيث يزداد احتمال تطور الكارست مع الزيادة في ارتفاع المنطقة (نتيجة زيادة التدرج الهيدروليكي والهطول المطري للذان يلعبان دور كبير في ازدياد شدة تطور العمليات الكارستية). [12] تم انشاء

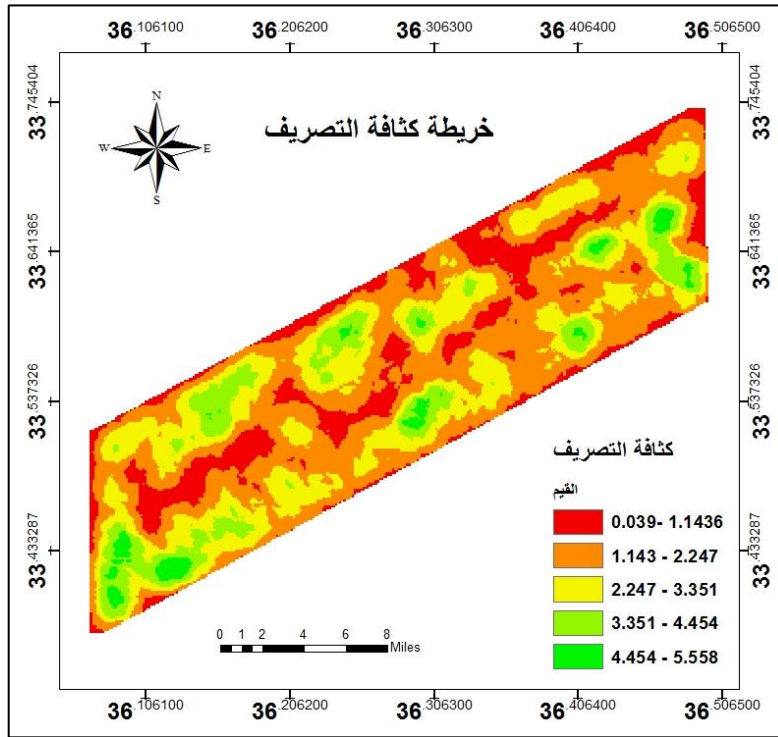
النموذج الرقمي للارتفاعات (DEM) بالتعاون مع الهيئة العامة للاستشعار عن بعد من خلال البيانات المتاحة وبدقة 8 م وجرى تصنيف خريطة للارتفاعات الى 5 تصنيفات متساوية المدى كما يبين الشكل (5).



الشكل (5) النموذج الرقمي للارتفاعات لمنطقة الدراسة بدقة 8 م (منجز بالتعاون مع الهيئة العامة للاستشعار عن بعد)

5-3-4- كثافة التصريف : تعبر كثافة التصريف عن مجموع اطوال الانهار والجدول في حوض التصريف مقسوما على المساحة الاجمالية للحوض الساكب ، ويمثل قياس لمدى كفاءة او ضعف تصريف المياه بالحوض عن طريق الاقنية المائية . [12]

تم التوصل إلى خريطة كثافة التصريف بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي عن طريق الاوامر المتعاقبة في برنامج ArcGIS 10.3 و حساب الكثافة باستخدام امر كثافة الخطوط (lineament density). وفق الخبرة الهيدروجيولوجية فإنه كلما ازدادت كثافة شبكة التصريف كلما انخفض معدل تسرب المياه باتجاه الطبقات العميقة والعكس بالعكس. تظهر المناطق الملونة باللون الأحمر احتمالية اكبر لتطور الكارست منها في المناطق ذات اللون الأخضر الغامق كما يبين الشكل (6) .



الشكل (6) خريطة كثافة التصريف

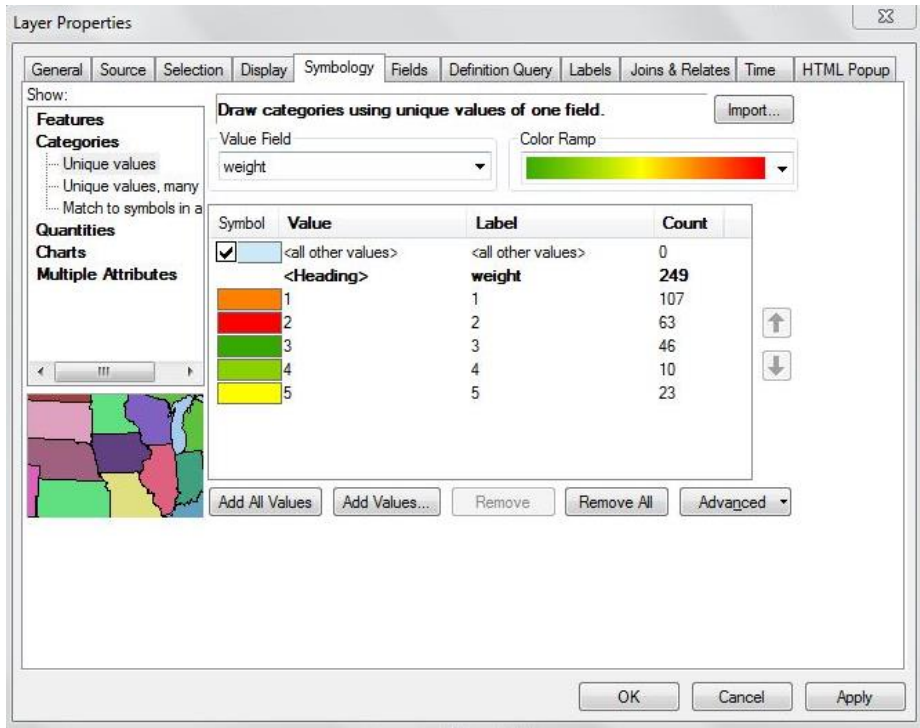
4-4- منهجية البحث :

4-4-1 - إعداد البيانات الخاصة بمنطقة الدراسة لاستخدامها في النموذج الرياضي:

تم القيام باستخدام برنامج ArcGIS 10.3 لإعادة تصنيف البيانات عن طريق أمر reclassify للخرائط التالفة النموذج الرقمي للارتفاعات ، كثافة الشقوق ، الهطول المطري ، و كثافة التصريف ، بينما صنفت بيانات خريطة الليتولوجيا عن طريق إدخال عمود خاص بالأوزان ضمن جدول خصائص الطبقات (Attribute table) ، وتم الحصول على 5 مستويات ذات تقسيمات متفاوتة الأهمية ضمن الملف الرقمي من نوع (raster) الخاص بكل خريطة ، بدءاً من المنخفض جدا (1) وحتى المرتفع جدا (5)، وذلك حسب درجة مساهمتها بتشكيل الكارست وفق الفقرة (4-3) من هذا البحث.

الجدول (1) تصنيف بيانات الليتولوجيا

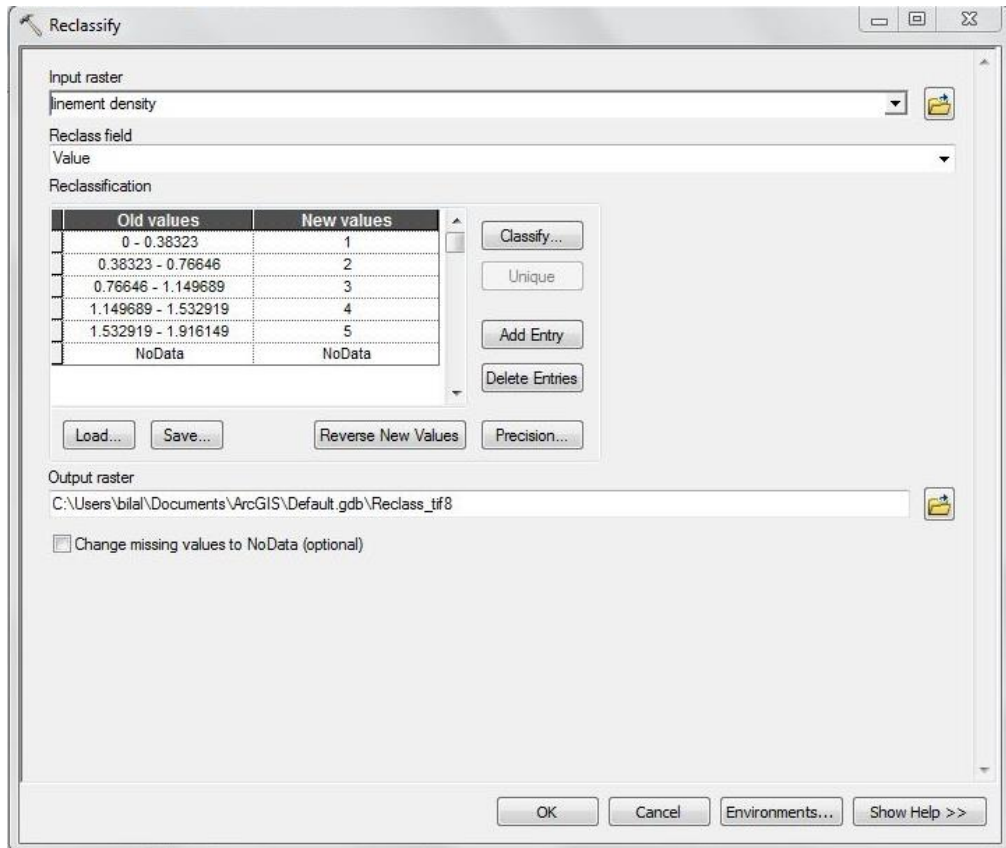
الوصف	التصنيف	الليتولوجيا
منخفض جدا	1	لحقيات و غضار
منخفض	2	كلسي غضاري
متوسط	3	كلسي
مرتفع	4	كلسي و كلسي مغيزي (كلس ودولوميت)
مرتفع جدا	5	كلسي سيليكاتي (سيليكسيت)



الشكل (7) إعادة تصنيف بيانات الليتولوجيا باستخدام برنامج ArcGIS 10.3

الجدول (2) تصنيف بيانات كثافة الشقوق

الوصف	التصنيف	كثافة الشقوق
منخفض جدا	1	0 – 0.383
منخفض	2	0.383 – 0.766
متوسط	3	0.766 – 1.149
مرتفع	4	1.149 – 1.532
مرتفع جدا	5	1.532 – 1.916

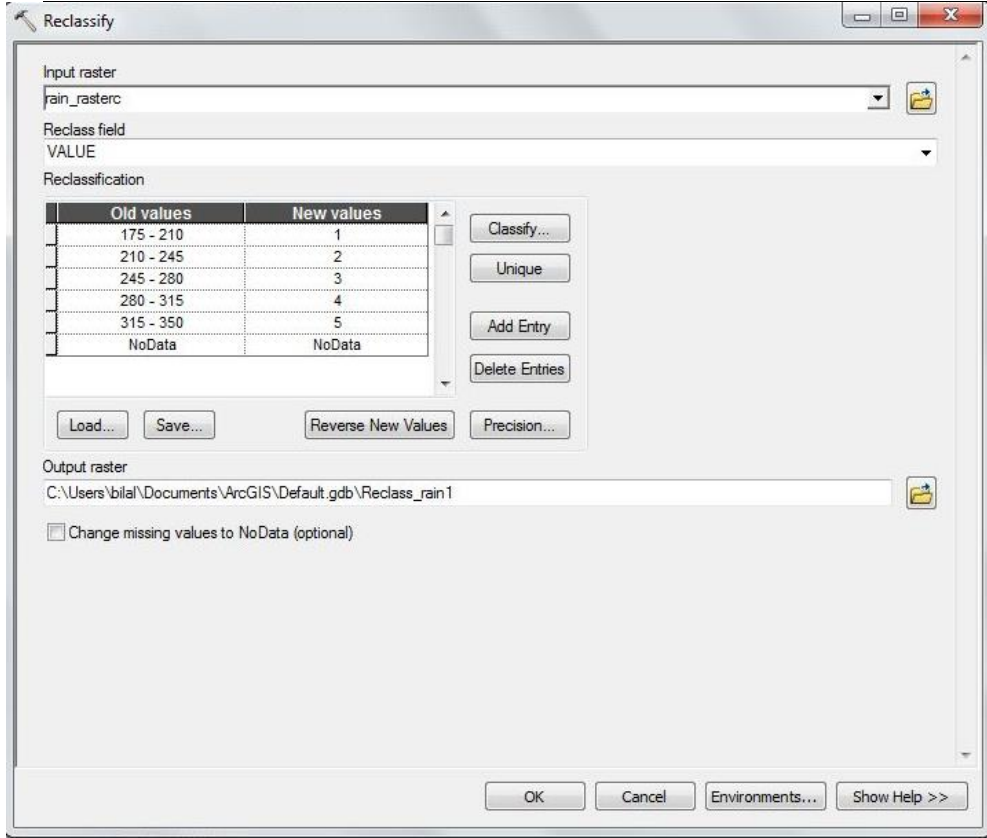


الشكل (9) إعادة تصنيف بيانات كثافات الشقوق باستخدام برنامج ArcGIS 10.3

الجدول (3) تصنيف بيانات الهطول المطري

الوصف	التصنيف	الهطول المطري
منخفض جدا	1	175 - 210
منخفض	2	210 - 245
متوسط	3	245 - 280
مرتفع	4	280 - 315
مرتفع جدا	5	315 - 350

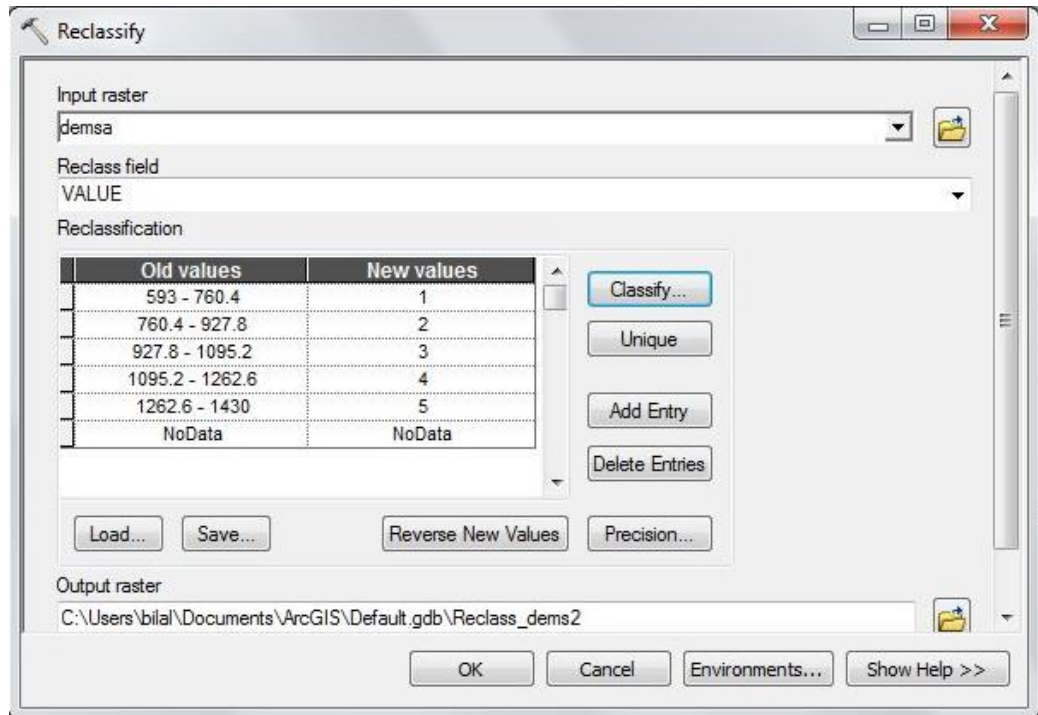
استخدام عملية التحليل الهرمي AHP و نظم المعلومات الجغرافية GIS لإنتاج الخرائط الاحتمالية لوجود الكارست في منطقة شمال وغرب مدينة دمشق , سوريا



الشكل (11) إعادة تصنيف بيانات الهطول المطري باستخدام برنامج ArcGIS 10.3

الجدول (4) تصنيف بيانات الارتفاع

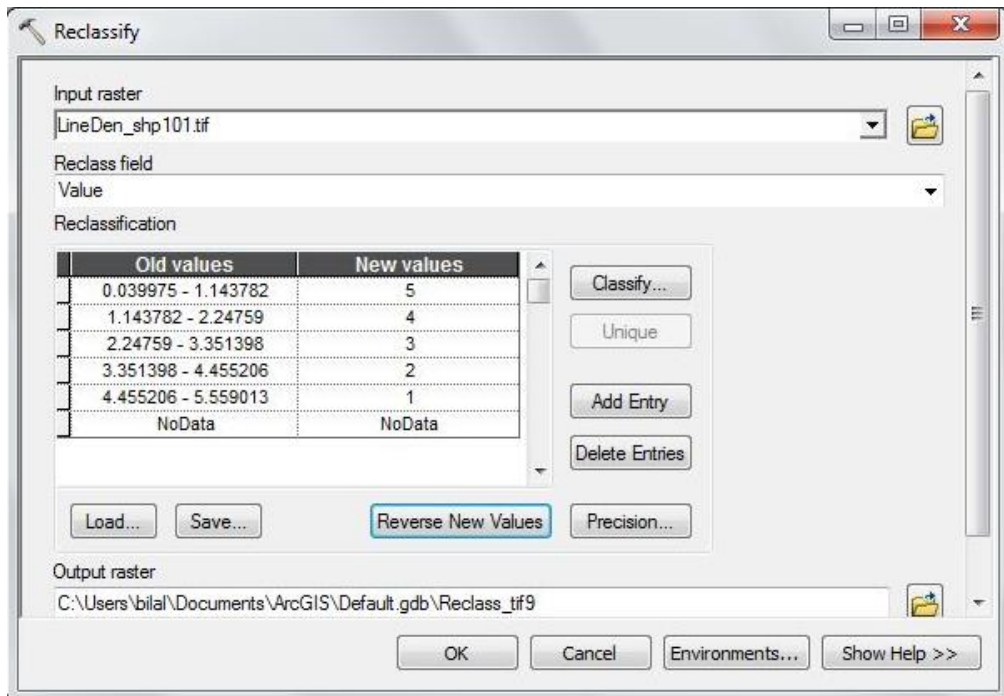
الوصف	التصنيف	الارتفاع
منخفض جدا	1	593 – 760.4
منخفض جدا	2	760.40 – 927.8
متوسط	3	927.80 – 1,095.2
مرتفع	4	1,095.20 – 1,262.6
مرتفع جدا	5	1,262.60 – 1,430



الشكل (13) إعادة تصنيف بيانات الارتفاع باستخدام برنامج ArcGIS 10.3

الجدول (5) تصنيف بيانات كثافة التصريف

الوصف	التصنيف	كثافة التصريف
منخفض جدا	1	4.45 - 5.56
منخفض	2	3.35 - 4.45
متوسط	3	2.25 - 3.35
مرتفع	4	1.14 - 2.25
مرتفع جدا	5	0.04 - 1.14



الشكل (15) إعادة تصنيف بيانات كثافة التصريف باستخدام برنامج ArcGIS 10.3

2-4-4 - معالجة البيانات :

2-4-4-1- تحديد معاملات أهمية العوامل المساهمة بتشكيل الكارست :

تم الحصول على نتائج حساب معاملات الأهمية لمصفوفة العوامل المساهمة بتشكيل الكارست وفق طريقة عملية التحليل الهرمي وفق الخطوات التالية:

1- تجزئة المشكلة قيد الدراسة إلى مجموعة من العوامل ثم وضع النموذج المعبر عن المشكلة و القيام بإجراء المقارنة الثنائية وتعيين درجة أهميتها من قبل عدد

من الأساتذة الجامعيين المختصين بدراسة وتقييم أسباب انتشار الظواهر
الكارستية في الجمهورية العربية السورية (الجدول رقم 7) [7]

الجدول (6) مقياس عملية التحليل الهرمي [8]

التفسير	التعريف	درجة الأهمية
كلا المعيارين يساهمان بدرجة متساوية في تحقيق الهدف	أهمية متساوية	1
أحد المعيارين مفضل قليلا عن الآخر	أهمية ضعيفة	3
أحد المعيارين تفوق أهميته أهمية المعيار الآخر بدرجة كبيرة	أهمية قوية	5
أحد المعيارين تفوق أهميته أهمية المعيار الآخر بدرجة كبيرة جدا	أهمية قوية جدا	7
أحد المعيارين تفوق أهميته أهمية المعيار الآخر بشكل مطلق	أهمية مطلقة	9
اهمية وسطية بين القيم أعلاه		2-4-6-8

الجدول (7) مقياس عملية التحليل الهرمي

مقياس الأهمية	العامل	
	أ - ب	ب
2	أ	كثافة الشقوق
3	أ	الهطول المطري
5	أ	الارتفاع
7	أ	كثافة التصريف
3	أ	الهطول المطري
5	أ	الارتفاع
7	أ	كثافة التصريف
3	أ	الارتفاع
5	أ	كثافة التصريف
3	أ	كثافة التصريف

2- تشكيل مصفوفة المقارنات الزوجية لكل عامل حيث تكون قيم قطرها الرئيسي واحدة على اعتبار مقارنة العنصر بذاته، و يتم تقدير قيم العناصر الواقعة اعلى القطر الرئيسي بناء على رأي الخبراء بينما يتم حساب العناصر الواقعة أسفل القطر الرئيسي بناء على العلاقة التالية : [8]

$$A_{ij} = \frac{1}{a_j}$$

حيث A عنصر في الصف ا والعمود ل في المصفوفة.

الجدول (8) مصفوفة المقارنات الزوجية

العامل	أ	ب	ج	د	هـ
الليتولوجيا (أ)	1	2	3	5	7
كثافة الشقوق (ب)	0.50	1	3	5	7
الهطول المطري (ج)	0.33	0.33	1	3	5
الارتفاع (د)	0.20	0.20	0.33	1	3
كثافة التصريف (هـ)	0.14	0.14	0.20	0.33	1

3- الحصول على مجموع قيم كل عمود ضمن مصفوفة المقارنات الزوجية [7].

الجدول (9) حساب مجموع الأعمدة في مصفوفة المقارنة الزوجية

العامل	أ	ب	ج	د	هـ
الليتولوجيا (أ)	1	2	3	5	7
كثافة الشقوق (ب)	0.50	1	3	5	7
الهطول المطري (ج)	0.33	0.33	1	3	5
الارتفاع (د)	0.20	0.20	0.33	1	3
كثافة التصريف (هـ)	0.14	0.14	0.20	0.33	1
المجموع	2.18	3.68	7.53	14.33	23.00

4- استخلاص مصفوفة المعايرة الخاصة بمصفوفة المقارنة الزوجية : وذلك عن طريق قسمة قيم عناصر كل عمود ضمن المصفوفة على مجموع العمود المنتمي إليه [7].

الجدول (10) مصفوفة المعايرة

العامل	أ	ب	ج	د	هـ
الليتولوجيا (أ)	0.46	0.54	0.40	0.35	0.30
كثافة الشقوق (ب)	0.23	0.27	0.40	0.35	0.30
الهطول المطري (ج)	0.15	0.09	0.13	0.21	0.22
الارتفاع (د)	0.09	0.05	0.04	0.07	0.13
كثافة التصريف (هـ)	0.07	0.04	0.03	0.02	0.04

5- تحديد قيم الأوزان النسبية لكل صف في مصفوفة المعايرة: عن طريق جمع قيم كل صف وقسمتها على عددها، ويحدد الناتج المتجه الذاتي الذي يعين الأهمية النسبية لكل عامل [8].

الجدول (11) حساب الأوزان النسبية لمصفوف المصفوفة

العامل	أ	ب	ج	د	هـ	المجموع	المتوسط
الليتولوجيا (أ)	0.46	0.54	0.40	0.35	0.30	2.05	0.41
كثافة الشقوق (ب)	0.23	0.27	0.40	0.35	0.30	1.55	0.31
الهطول المطري (ج)	0.15	0.09	0.13	0.21	0.22	0.80	0.16
الارتفاع (د)	0.09	0.05	0.04	0.07	0.13	0.39	0.08
كثافة التصريف (ز)	0.07	0.04	0.03	0.02	0.04	0.20	0.04

يمثل المتوسط في الجدول 12 نتائج حساب معاملات الأهمية لمصفوفة العوامل المساهمة بتشكيل الكارست:

الجدول (12) مقياس عملية التحليل الهرمي

معامل الأهمية	العامل
0.41	الليتولوجيا (أ)
0.31	كثافة الشقوق (ب)
0.16	الهطول المطري (ج)
0.08	الارتفاع (د)
0.04	كثافة التصريف (ز)

6- تحديد قيمة معامل التجانس (ثبات مصفوفة المقارنات الزوجية): للتحقق من التوافق في تقديرات الخبير، حيث لا يسمح بنسبة تناقض بتقديراته تتجاوز قيمة 10%، وإلا ينبغي إعادة النظر في تقديرات الخبير. ويتم حسابه وفق الخطوات التالية: [7].

حساب المتوسط الحسابي الاعظمي λ_{max} عن طريق جداء كل عمود في مصفوفة المقارنات الزوجية (مصفوفة المعايرة) الجدول (10) بمعامل الأهمية الموافق لها في الجدول (11) ثم قسمة مجموع الأسطر على معامل الأهمية الموافق للسطر كما يبين الجدول (13)

الجدول (13) حساب قيمة المتوسط الحسابي الأعظمي

consistency measure	معامل الأهمية	هـ	د	ج	ب	أ	العامل	
5.309	0.41	7	5	3	2	1	الليتولوجيا (أ)	
5.362	0.31	7	5	3	1	0.50	كثافة الشقوق (ب)	
5.188	0.16	5	3	1	0.33	0.33	الهطول المطري (ج)	
5.050	0.08	3	1	0.33	0.20	0.20	الارتفاع (د)	
5.077	0.04	1	0.33	0.20	0.14	0.14	كثافة التصريف (ز)	
5.197		المتوسط الحسابي						

ثم حساب المتوسط الحسابي للقيم الناتجة في الخطوة السابقة وهو يمثل λ_{max}

$$\lambda_{max} = 5.197$$

تجدد الإشارة لوجود عدة طرق لإيجاد المتوسط الحسابي الاعظمي ومنها طريقة المتوسط الموزون وغيرها.

- حساب مؤشر الثبات (consistency index) CI : ويتم حسابه بناء على قيمة المتوسط الحسابي الأعظمي λ_{max} وعلى مرتبة المصفوفة n وفق العلاقة:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{5.197 - 5}{5 - 1} = 0.049$$

- اختيار القيمة المناسبة لمؤشر الثبات العشوائي (RI) من خلال استخدام الجدول الذي وضعه Saaty.

الجدول (14) مؤشر الثبات العشوائي (Random Consistency index) [8]

10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	n
1.49	1.46	1.41	1.32	1.24	1.12	0.9	0.58	0	0	CI

- حساب قيمة معامل التجانس (consistency Ratio) CR : وهو حاصل قسمة مؤشر الثبات على مؤشر الثبات العشوائي وفق العلاقة التالية :

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.049}{1.12} = 0.044 < 0.10$$

لا تتوقف امكانيات استخدام عملية التحليل الهرمي في تحديد العامل الأشد خطورة انما تتعداها الى قابلية استخدامها في تقييم تقديرات الخبراء في تحديد معاملات الأهمية، فإذا لم تتجاوز قيمة 10% تكون تقديرات الخبير مقبولة.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن عملية التحليل الهرمي تعدّ إحدى تقنيات اتخاذ القرارات متعددة المعايير، وهناك العديد من الأبحاث التي تجرى لتطويرها وتحسين دقة نتائجها، و إن استخدام تقنية أخرى لتحديد درجة الأهمية النسبية قد يعطي نتائج مختلفة عن نتائج تطبيق عملية التحليل الهرمي.

4-4-2-2 - تشكيل الخريطة النهائية الاحتمالية لمواقع الكارست :

بعد معالجة كل العوامل المذكورة سابقا وتصنيفها إلى درجات تم انشاء الخريطة النهائية لمواقع حدوث الكارست المحتملة في شمال وغرب دمشق عبر استخدام برنامج ArcGIS 10.3.

تعتمد الطريقة المستخدمة على المعادلة التالية :

$$E = 0.41 * L + 0.31 * S + 0.16 * H + 0.08 * P + 0.04 * N$$

حيث E القيمة النهائية لاحتمال حدوث الكارست المستخدمة في طريقة التحليل الهرمي AHP والموضحة في الخريطة النهائية لمواقع حدوث الكارست المحتملة . [12]

L العامل الليتولوجي، S كثافة الشقوق، H الارتفاع، P الهطول المطري، N كثافة شبكة التصريف.

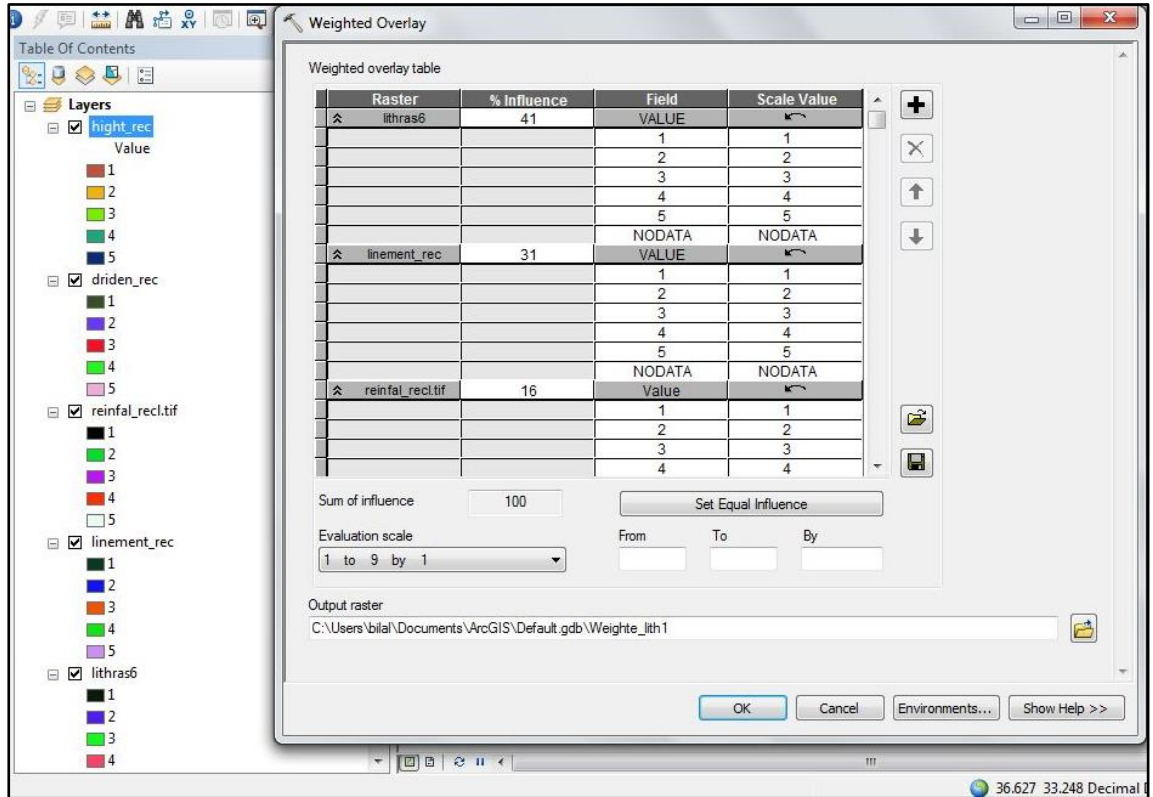
اعتمد تشكيل الخريطة النهائية على استخدام أمر التراكم الموزون (weighted overlay) في برنامج ArcGIS 10.3 لإدخال معاملات التثقيل الخاصة بكل خريطة، ودمج الخرائط في خريطة نهائية توضح مناطق تواجد المظاهر الكارستية.



الشكل (17) مراحل معالجة البيانات باستخدام برنامج ArcGIS 10.3

الجدول (15) جدول العوامل الموزونة

الوزن	التصنيف	الوصف	التقسيمات ضمن الخريطة	الخريطة المستخدمة	no
0.41	1	منخفض جدا	لحقيات وعضار	الليتلوجيا	1
	2	منخفض	كلسي عضاري		
	3	متوسط	كلسي		
	4	مرتفع	كلسي و كلسي مغنيزي (كلس ودولوميت)		
	5	مرتفع جدا	كلسي سيليكاتي (سيليكسيت)		
0.31	1	منخفض جدا	0 - 0.383	كثافة الشقوق	2
	2	منخفض	0.383 - 0.766		
	3	متوسط	0.766 - 1.149		
	4	مرتفع	1.149 - 1.532		
	5	مرتفع جدا	1.532 - 1.916		
0.16	1	منخفض جدا	175 - 210	الهطول المطري	3
	2	منخفض	210 - 245		
	3	متوسط	245 - 280		
	4	مرتفع	280 - 315		
	5	مرتفع جدا	315 - 350		
0.08	1	منخفض جدا	593 - 760.4	الارتفاع	4
	2	منخفض	760.40 - 927.8		
	3	متوسط	927.80 - 1,095.2		
	4	مرتفع	1,095.20 - 1,262.6		
	5	مرتفع جدا	1,262.60 - 1,430		
0.04	1	منخفض جدا	4.45 - 5.56	كثافة التصريف	5
	2	منخفض	3.35 - 4.45		
	3	متوسط	2.25 - 3.35		
	4	مرتفع	1.14 - 2.25		
	5	مرتفع جدا	0.04 - 1.14		



الشكل (18) تطبيق مبدأ التراكم الموزون باستخدام برنامج ArcGIS 10.3

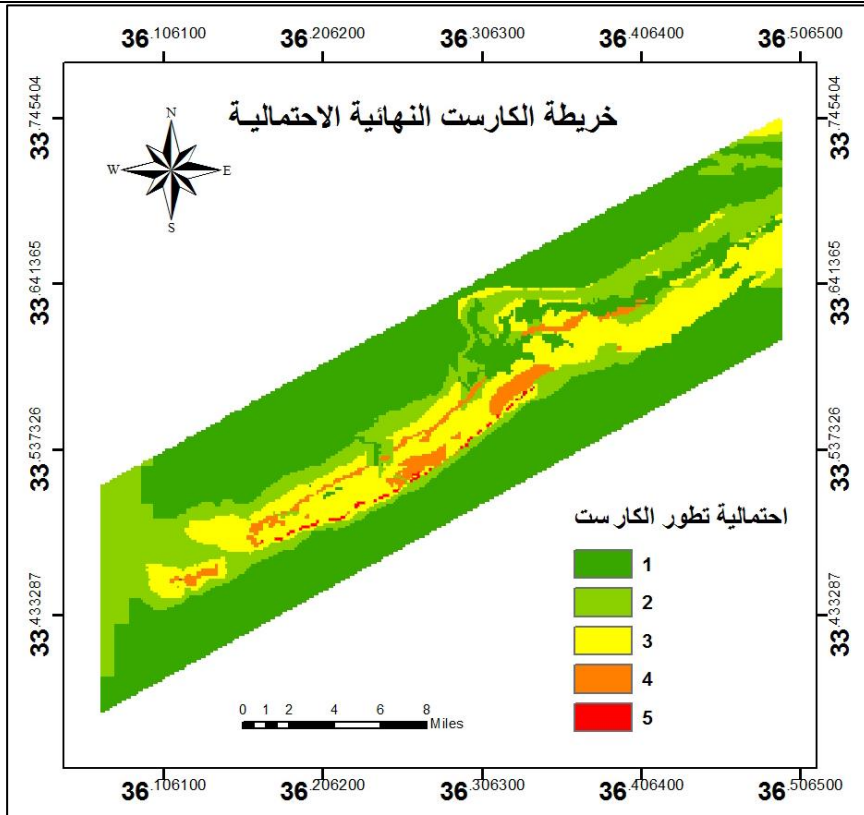
5- النتائج والمناقشة:

5-1- النتائج :

في هذا المنحى سنقوم بعرض النتائج التي تم الحصول عليها من استخدام نتائج عملية التحليل الهرمي و معالجة الخرائط الخاصة بالعوامل المؤثرة على تشكل الكارست وهذه النتائج هي :

تم تصنيف القيم الناتجة في الخريطة النهائية لمواقع حدوث الكارست المحتملة الى 5 تصنيفات احتمالية تتراوح من المنخفض جدا إلى المرتفع جدا وهذه التصنيفات هي كالتالي :

- منخفض جدا (1): تعني بأن المنطقة لا تحتوي على اي مظاهر كارستية.
- منخفض (2) : تعني مظاهر الكارست السطحية كالتالي توجد على الحجر الكلسي الجيري او غير الصافي حيث يتواجد التصريف السطحي والوديان الجافة بالإضافة لبعض المظاهر الكارستية
- معتدل (3) : تعني منطقة كارستية احتمالية لا يمكن رؤية المظاهر الكارستية فيها مثل الكهوف والحفر الغائرة و البولجينات والينابيع الكارستية ذات التصريف الكبير
- المرتفع (4) والمرتفع جدا (5) : تعني منطقة كارستية ذات تصريف سطحي قليل او لا يذكر اي انها تقع تحت صخور كربونائية ذات سماكة كبيرة وتتميز بمظاهر كارستية سطحية جيدة تشكل من الكارين للبلوجين ومظاهر كارستية تحت ارضية كثيفة مثل الكهوف الخ



الشكل (19) الخريطة النهائية لمواقع حدوث الكارست المحتملة

5-2- المناقشة :

تظهر الخريطة النهائية لمواقع حدوث الكارست المحتملة الناتجة عن استخدام طريقتي التحليل الهرمي ونظم المعلومات الجغرافية معا ، بأن المناطق ذات الاحتمالية المرتفعة جدا تشغل مساحة 1.49 كم² من منطقة الدراسة في حين تشكل المناطق ذات الاحتمالية المرتفعة 18.38 كم² ، بينما تشغل المناطق الاحتمالية لتواجد الكارست ذو الدرجة المتوسطة مساحة 103.31 كم² من منطقة الدراسة.

تشكل المناطق غير الكارستية او ذات الاحتمال المنخفض لحدوث الكارست مساحة 511.93 كم² والتي تغطي القسم الاكبر من منطقة الدراسة .

تبين الخريطة النهائية الاحتمالية لمواقع تطور الكارست بأن المناطق ذات الاحتمالية المرتفعة جدا لتشكل هذه الظاهرة تقع ضمن التشكيلات الليتولوجية للحجر الكلسي السيليكاتي من عمر الكمبريان ذات الصخور المشوهة تكتونيا التي تكثر فيها الشقوق والفوالق وهي ذات الاحتمالية الليتولوجية الاعلى لتشكل الكارست.

تعود الاحتمالية المرتفعة لتشكل الكارست في هذه المنطقة لوقوعها ضمن نطاق فالق دمشق النشط تكتونيا إضافة لقابلية الصخور المشكلة لها للانحلال الشديد بالمياه وتوافر الهطولات المطرية واحتمالية تكرار التغذية لها.

وعلى العكس تتواجد المناطق ذات الاحتمالية المنخفضة والمنخفضة جدا لتشكل الكارست ضمن تشكيلات اللحقيات والغضار التي لا تملك اي احتمال لتشكل الكارست وذلك بسبب خصائصها الهيدروجيولوجية و المورفولوجية.

6- الاستنتاجات:

من خلال ما سبق يمكننا القول أن الدراسة أوضحت ما يلي:

- أوضحت الدراسة أهمية وفاعلية تكامل استخدام عملية التحليل الهرمي ونظام المعلومات الجغرافية للحصول على خرائط التوزع الاحتمالية لمناطق تشكل المظاهر الكارستية في منطقتي شمال وغرب دمشق.
- تتميز هذه الطريقة بمرونتها ودقتها لما توفره من إمكانية مراجعة الأوزان وتصنيف البارامترات لتقييم مدى ملائمة المناطق الاخرى وفق خصائصها المحددة .

- يشكل استخدام هذه الطريقة أداة هامة في تضيق نطاق التحريات الحقلية وتخفيض كلفتها و تحديد مناطق تواجد المظاهر الكارستية وفق خرائط هندسية احتمالية (وبخاصة ضمن مواقع التجمعات السكانية) بهدف الحد من مخاطرها على الانسان والمجتمع.
- تشكل الليتولوجيا المعامل الأكثر تأثيرا في نشوء وتطور الكارست حيث تبلغ نسبتها 41% مقارنة مع باقي المعاملات. حيث تلعب أنواع الصخور وقابليتها للانحلال بالماء الدور الأبرز في نشوء وتطور المظاهر الكارستية .
- بلغت الاهمية النسبية لكثافة الشقوق 31% من مجموع القيم النهائية المشكلة للكارست ضمن منطقة الدراسة حيث تتميز المناطق القريبة من هذه الشقوق والفوالق باحتمالية أكبر لنشوء وتطور الكارست. تقع منطقة الدراسة ضمن تحذب قاسيون الذي تؤدي فيه عمليات الطي الجيولوجي إلى زيادة كثافة الشقوق و يعتبر فالق دمشق التكتوني أبرزها ، تبلغ احتمالية تشكل الكارست العظمى في المناطق المجاورة لهذا الفالق وفقا للخريطة النهائية لمواقع الكارست المحتملة.
- يعتبر الهطول المطري من العوامل الهامة بتشكل وتطور المظاهر الكارستية حيث بلغت نسبة مساهمته 16% من مساهمة العوامل الداخلة بالدراسة والتي بزيادتها يزداد احتمال وجود الكارست.
- كلما زاد الارتفاع و كثافة التصريف كلما كان احتمال تشكل وتطور الكارست أكبر حيث أوضحت الدراسة مساهمتها ب 8% ، 4% من القيم المؤثرة على تشكل الكارست على الترتيب.

المراجع العلمية :

المراجع العربية :

- [1] جهاد أكرم الحجازي، 2012- جيومورفولوجية الأشكال الكارستية في المناطق المحيطة بمنخفض البحرية، رسالة دكتوراه جامعة دمشق.
- [2] ربيع يوسف ، دراسة الكارست و أهم انعكساته الاقتصادية والهيدرولوجية المنطقة الساحلية - صافيتا ، رسالة ماجستير جامعة دمشق.
- [3] ربيع يوسف ، 2015 دراسة جيولوجية الكارست من النواحي المنشئية و التكتونية و المورفولوجية في الجزء الجنوبي من السلسلة الساحلية - سورية ، رسالة دكتوراه جامعة دمشق.
- [4] محمد علي الشيخ مشاعل، 1986- أسس الجيولوجيا الهندسية، مقرر جامعي جامعة دمشق ، 238 ص ، الصفحات 1-2 .
- [5] شكو محمد ، 1999 ، مفهوم الكارست ودوره في التقييم الجيوهندسي عند دراسة وتصميم المنشآت الهندسية، مجلة العلوم الجيولوجية ، العددان 17 و 18 ، الصفحات 23-40 .
- [6] يسرى الحسبان، دلال زريقات 2011 ، دور نموذج الارتفاع الرقمي في التحليل الجيومورفولوجي لمنطقة بيرين في الأردن، دراسات، العلوم الإنسانية والاجتماعية، المجلد 38 ، العدد 3.

المراجع الاجنبية :

- [7] Saaty, T.L. 1980 – The analytic hierarchy process. McGraw–Hill, New York. pp. 1–380.
- [8] R.W.SAATY, 1987– THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS–WHAT IT IS AND HOW IT IS USED, **Mathl Modelling**, Vol. 9, No. 3–5, pp. 161–176.
- [9] Masoomah Rajabi, Asadollah Hejazi, Somayeh Almasi Ghobadian, 2017– Zonation of Superficial Karst Development Using Fuzzy Logic Method (Case Study: Shirez Karstic Masses), **Specialty Journal of Geographical and Environmental Science**, Vol, 1 (1):50–59
- [10] A. H. Cooper 2007 “The GIS approach to evaporite–karst geohazards in Great Britain”, **Environ Geol**, vol 17 , pp 386–398.
- [11] Paulo Galvão & Todd Halihan & Ricardo Hirata 2015 “Evaluating karst geotechnical risk in the urbanized area of Sete Lagoas, Minas Gerais, Brazil”, **Hydrogeology Journal**, vol 2: pp223–238
- [12] Samad Moradi *, Nasrollah Kalantari, Abbas Charchi 2016 “Karstification Potential Mapping in Northeast of Khuzestan Province, Iran, using Fuzzy Logic and Analytical Hierarchy Process .282–265 (AHP) techniques”, **Geopersia**. vol 6 (2): pp
- [13] Mostafa Yousefi Rad 2012 “Hydrostratigraphy of Haftad optimized by Fuzzy Logic”, “Gholle Karst, Markazi province, Iran **Geofisica Internacional** . vol 51–4: pp 365–376.

- [14] Márton Veress 2020 “Karst Types and Their Karstification” , **Journal of Earth Science**, Vol. 31, No. 3, p. 621–634.
- [15] Rick A. Hoover, P.G., Member ASCE 2003 “GEOPHYSICAL CHOICES FOR KARST INVESTIGATIONS” 9h Multidisciplinary Conference on Sinkholes & the Engineering and Environmental Impacts of Karst,p1–10.
- [16] Mehran Maghsoudi, Hamid Ganjaeian, Arashtalari, Khabat Amani 2016 “Evaluation of the Contributing Factors in Development and Zoning Karst in Palangan Zone by Using Fuzzy Logic and ANP”, **Open Journal of Geology**, vol 6,: pp468–483.
- [17]S.V.Scherbakov 2013 “modern approach to an assessment of karst hazard, global view of engineering geology and the environment – Wu & Qi, vol 2: pp223–238
- [18]PAVEL BOSAK 2008 Karst processes and time, **Geologos**, , vol 14 (1): pp 19–36.
- [19] Derek Ford & Paul Williams 2007 – **Karst Hydrogeology and Geomorphology**, John Wiley & Sons Ltd, England, pp1–587
- [20]Chunzhong Ni, Shitao Zhang, Chunxue Liu, Yongfeng Yan, and Yujian Li 2016 Lineament Length and Density Analyses Based on the Segment Tracing Algorithm: A Case Study of the Gaosong Field in Gejiu Tin Mine, China, **Hindawi Publishing Corporation**, Volume 2016, Article ID 5392453, pp 1–7.

كفاءة المعالجة البيولوجية بإضافة حوامل بيولوجية إلى المعالجة البيولوجية متعددة المراحل (اللاهوائية - منقوصة الأكسجين - الهوائية)

- م. رغد سليم الشلبي/ معيدة موفدة لصالح جامعة البعث
كلية الهندسة المدنية/ قسم الهندسة البيئية.
د. م. رصين زكية/ عضو هيئة تدريسية في جامعة البعث
كلية الهندسة المدنية/ قسم الهندسة البيئية.
د. م. نعيمة عجيب/ عضو هيئة تدريسية في جامعة البعث
كلية الهندسة المدنية/ قسم الهندسة البيئية.

ملخص البحث:

يتعامل الاتجاه الحالي في التنمية المستدامة بشكل رئيسي مع الإدارة البيئية، ويجب الوصول إلى طرق معالجة متقدمة وبأسعار مناسبة لتحقيق المعالجة السليمة، وإدارة مياه الصرف المنزلية التي تحتوي على مغذيات زائدة (مثل النيتروجين والفوسفور)، والتي يمكن أن تسبب ظاهرة الانفجار الطحلبي. يُعتبر تقليل المحتوى المغذي الزائد في مياه الصرف مصدر قلق كبير لخبراء البيئة لأنه يجب أن يتم من خلال تكنولوجيا مناسبة، ويوجد العديد من الطرق للإزالة البيولوجية للمغذيات (Biological Nutrient Removal) (BNR). في الدراسة المقدمة تم إنشاء وتشغيل محطة معالجة تجريبية ضمن محطة معالجة مياه الصرف الصحي في الدوير في مدينة حمص للمعالجة بطريقة A2O (المعالجة بطريقة الأحواض اللاهوائية- منقوصة الأكسجين - الهوائية) (Anaerobic- Anoxic- Oxidation)، تم إضافة قشور اللوز كحوامل بيولوجية إلى الحوض الهوائي للحصول على معالجة هجينة (نمو معلق ونمو مثبت) ضمن نفس الحوض، وتُسمى هذه الطريقة بالمعالجة بالحماة المنشطة المدمجة مع الغشاء المثبت،

كفاءة المعالجة البيولوجية بإضافة حوامل بيولوجية إلى المعالجة البيولوجية متعددة المراحل
(اللاهوائية- منقوصة الأكسجين- الهوائية)

للاستفادة من ميزات المعالجة بالنمو المثبت والمعلق في نفس الوقت، بهدف تحقيق الإزالة المتزامنة للمواد العضوية والمغذيات (النيتروجين والفوسفور)، وبالحفاظ على تركيز $MLSS=2000mg/L$ (تركيز المواد الصلبة المعلقة ضمن المزيج) عند زمن مكث هيدروليكي $HRT=9$ hour، تم الحصول على كفاءة إزالة لكل من SS ، COD ، NH_4^+-N ، PO_4^{-3} تساوي 93.68%، 97.39%، 92.31%، 95.75% على التوالي.

أشارت النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة إلى أن تطبيق حوامل قشور اللوز ضمن المعالجة بطريقة A2O التقليدية عززت بشكل كبير فعالية معالجة المواد العضوية والمغذيات وهي تُعتبر استراتيجية فعّالة من حيث التكلفة.

الكلمات المفتاحية:

النمو المثبت، النمو المعلق، الانفجار الطحلي، المغذيات، المعالجة بالحماة المنشطة المدمجة مع الغشاء المثبت، المعالجة الهجينة، الإزالة البيولوجية للمغذيات، المعالجة بطريقة الأحواض (اللاهوائية- منقوصة الأكسجين- الهوائية)، قشور اللوز، حوامل بيولوجية.

Efficiency of Biological Treatment by Adding Biological Carriers to the Multi-Stage Biological Treatment (Anaerobic-Anoxic- Oxic)

Eng. Raghad Salim Alshalabi/ Al-Baath University/ Civil Faculty/
Department of Environmental Engineering.

Dr. Eng. Rasin Zakieh/ Al-Baath University/ Civil Faculty/
Department of Environmental Engineering.

Dr. Eng. Naeima Ajib/ Al-Baath University/ Civil Faculty/
Department of Environmental Engineering.

Abstract:

The current trend in the sustainable development deals majorly with the environmental management. There is a need for economically affordable, advanced treatment methods for the proper treatment and management of domestic wastewater containing excess nutrients (such as nitrogen and phosphorous) which can cause eutrophication. The reduction of the excess nutrient content of wastewater by appropriate technology is of much more concern to the environmentalist. In the current study, an experimental treatment plant was established and operated in Al-Duwair treatment plant in Homs ,A2O treatment (Anaerobic- Anoxic- Oxic treatment method). Almond shells were added as biological carriers to the aerobic tank, thus obtaining a hybrid treatment (Suspended and attached Growth) in the same tank called Integrated Fixed Film activated Sludge (IFAS), to obtain the advantages of both attached

and suspended growth treatment at the same time, to achieve the simultaneous removal of organic matter and nutrients (nitrogen and phosphorus). The concentration of MLSS=2000mg/L (Mixed Liquor Suspended Solid) and HRT= 9 hour (Hydraulic Retention Time) was 9 hour, the removal efficiency of COD, SS, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, PO_4^{-3} was 95.75%, 92.31%, 97.39% and 93.68%, respectively.

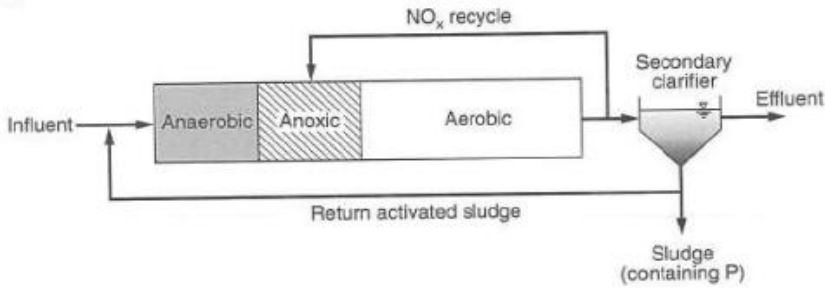
The results obtained indicated that the application of almond shell carriers to the conventional A2O treatment significantly enhanced the organic matter and nutrient processing efficiency and is considered to be a cost effective strategy.

Key words:

Attached Growth, Suspended Growth, Eutrophication, Nutrient, Integrated Fixed Film Activated Sludge (IFAS), Hybrid Treatment, Biological Nutrient Removal (BNR), Anaerobic- Anoxic-Oxic Treatment (A2O), Almond Shells, Biological Carrier.

مقدمة:

إن التنمية الصناعية والتغيرات في الممارسات الزراعية أدت إلى زيادة هائلة في استهلاك الموارد المائية وتدهور جودتها نتيجةً لتصريف الملوثات العضوية الزائدة والنيتروجين والفسفور التي سببت تلوث المياه السطحية في العديد من البلدان المتقدمة [1]. تُعتبر المياه التي تحتوي على مستويات عالية من الفوسفور والنيتروجين السبب الرئيسي للعديد من المشاكل عند تصريفها في البيئة مثل: استهلاك الأكسجين، الانفجار الطحلي والسمية [2]. تُعد التقنيات المتقدمة المتعلقة بمعالجة مياه الصرف الصحي ضرورية للحفاظ على جودة المياه لتلبية الحدود المفروضة على الصييب الناتج من محطات معالجة مياه الصرف البلدية [1]. تم تطبيق الإزالة البيولوجية للمغذيات Biological Nutrients Removal (BNR) على نطاق واسع لمعالجة مياه الصرف الصناعية والبلدية [3]. في عملية BNR تُستخدم العملية اللاهوائية/ منقوصة الأكسجين/ الهوائية (A2/O) (Anaerobic/Anoxic/Oxic) بشكل شائع في المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي [4]، وهي عبارة عن مزيج من طريقتي Modified Ludzack-Ettinger (MLE) لإزالة النيتروجين و Phoredox لإزالة الفوسفور [5]، وهي موضحة في الشكل (1).



الشكل (1) المخطط التكنولوجي للمعالجة بطريقة A2O [6]

كفاءة المعالجة البيولوجية بإضافة حوامل بيولوجية إلى المعالجة البيولوجية متعددة المراحل (اللاهوائية- منقوصة الأكسجين- الهوائية)

يتم تحقيق الإزالة البيولوجية للفوسفور في المنطقة اللاهوائية حيث يتم في البداية إطلاق الفوسفور من ال Polyphosphates، وتستخدم البكتيريا المراكمة للفوسفور Phosphate Accumulating Organisms (PAOs) الطاقة المنبعثة من التحلل المائي لمتعدد الفوسفات Polyphosphates داخل الخلايا لنقل الأحماض الدهنية المتطايرة Volatile Fatty Acids (VFAs) عبر أغشية الخلايا [2]، تقوم بكتيريا PAOs بتحويل المواد العضوية أي VFAs إلى Poly-hydroxylalkanoate (PHAs)، كما تستخدم PAO الطاقة المنتجة من تفكيك البولي فوسفات لتحويل المواد العضوية إلى PHA. في المنطقة منقوصة الأكسجين التي تقع بعد المنطقة اللاهوائية، تستخدم البكتيريا المزيلة للنترجين والمراكمة للبولي فوسفات (Denitrifying Polyphosphate Accumulating Organisms) النترات والنترت كمستقبلات إلكترونية بدلاً من الأكسجين المنحل لتراكم الفوسفور. أخيراً في المنطقة الهوائية تستخدم بكتيريا PAO ال PHA المخزن كطاقة لامتصاص الفوسفور الذي تم إطلاقه في المنطقة اللاهوائية [7]. بعد امتصاص الفوسفور يتم إنتاج حمأة منشطة غنية به، ويتم تفريغ كمية كبيرة من الحمأة الفائضة لإزالة الفوسفور، لكن تصريف الحمأة الفائضة سيُخفض من زمن مكث الحمأة Sludge Retention Time (SRT) للنظام، حيث ستُزال بكتيريا النترجة بطيئة النمو. مما سبق نجد صعوبة في الحفاظ على كمية مناسبة من بكتيريا النترجة لذلك ستكون كفاءة إزالة النترجين منخفضة.

المعالجة بطريقة الحمأة المنشطة المدمجة مع الأغشية المثبتة Integrated Fixed Film Activated Sludge (IFAS) هي عملية هجينة تعتمد على الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في الحمأة المنشطة المعلقة والمثبتة على الحوامل [8]، وقد ساهم الجمع بين تقنيات المعالجة المختلفة في السنوات الأخيرة في تحسين إزالة الملوثات. تقدم هذه العملية مزايا إضافية مقارنةً بعمليات الحمأة المنشطة التقليدية ومنها: تأمين تركيز أعلى

للكتلة الحيوية، أقل عرضة للتأثر بالصدمات والحمولات السامة، بساطة التشغيل، ثبات العملية، كما أن الانتشار المحدود للأكسجين والانتشار المتزامن لأكاسيد النيتروجين المنتجة كمستقبلات إلكترونية داخل الغشاء البيولوجي المتشكل على الحوامل (Biofilm) تُشكل مناطق منقوصة الأكسجين ضمنه، فيؤدي ذلك إلى حدوث النتجة وإزالة النتروجين في وقت واحد [9]. تُحسن طريقة IFAS تكوين التجمعات الميكروبية في النظام لأنها تفصل معدلات نمو بكتيريا النتجة عن SRT للسائل المختلط المعلق مما يُساهم بالاحتفاظ ببكتيريا النتجة بطيئة النمو على الحوامل، فيزداد بذلك زمن مكث بكتيريا النتجة لتحسين عملية النتجة [8].

يوجد مجموعة كبيرة من الحوامل المستخدمة ضمن المعالجة البيولوجية، يُمكن أن تكون هذه الحوامل عضوية مثل: الخشب، الحصى، الصخور أو صناعية: مثل السيراميك، النايلون، البولي إيثيلين والبولي يوريثين (الحوامل البلاستيكية والاسفنجية) وغيرها [9].

في السنوات الأخيرة تم تطبيق مصادر الكربون الصلبة على نطاق واسع لأنظمة إزالة النتروجين؛ للتخفيف من نقص مصادر الكربون ولإستخدامها كحوامل للأغشية الحيوية، وتسمى هذه الطريقة بإزالة النتروجين في المرحلة الصلبة Solid-Phase Denitrification (SPD) [10]، حيث أنها تعتمد على المادة العضوية غير القابلة للذوبان. يمكن من خلال تطبيق مصادر الكربون الصلبة تجنب مشكلة الجرعة الزائدة عند استخدام المصادر السائلة، ومن السهل الحفاظ على تشغيل مستقر للنظام، كما أن كمية غاز ثاني أكسيد الكربون المنبعث أقل من الكمية الناتجة عن المصادر السائلة [11]. تتكون المخلفات الزراعية من السليلوز، الهيميسليلوز واللجنين [10,12]، وبالتالي تدعم إطلاقاً بطيئاً مستداماً لمصدر الكربون [12]، وهي ذات استدامة أعلى من مصادر

الكربون السائلة التقليدية نظراً للتركيبات الجزيئية ل Polysaccharose للمواد
السليولوزية الطبيعية [10].

يوجد العديد من الدراسات حول استخدام المخلفات الزراعية كحوامل بيولوجية، درس
الباحثون Dehestaniathar, S., et al (2021) كفاءة استخدام الليف الطبيعي
كمصدر للكربون وكحامل للأغشية الحيوية، ولاحظوا تحول 87% من النترات إلى نترات
من خلال الإزالة الجزيئية للنيتروجين وقد تم ذلك بواسطة بكتيريا إزالة النيتروجين المثبتة
على الليف، وتم الحصول على متوسط كفاءة إزالة للنيتروجين الكلي تساوي 98%
تقريباً، وهذه الإزالة الكاملة ل NO_3^- تؤكد على أن مصدر الكربون الصلب يدعم الإزالة
الجزيئية للنيتروجين من NO_3^- الناتج عن طريق عملية Anammox [13]. استخدم
الباحثان Xiao, J., & Chu, S. (2015) ألياف الخيزران كحوامل بيولوجية وتم
مقارنتها مع حوامل من ال PVC، ولاحظوا تشكل ال Biofilm بسرعة أكبر على ألياف
الخيزران مقارنةً مع ال PVC، كما كانت كفاءة إزالة COD، N، P أعلى بشكل كبير
وله مقاومة أعلى على تقلب حمل الملوثات [14]. درس الباحثون Benbelkacem,
O., et al (2020) كفاءة عمل قشور الفول السوداني كحامل ومصدر للكربون
لمعالجة المياه الجوفية ذات التركيز العالي من النترات، وأشارت النتائج إلى أن لها دوراً
مهماً في إزالة N بكفاءة وصلت إلى 90%، وتُعتبر قشور الفول السوداني ركيزة أكثر
أماناً مقارنةً بمصادر الكربون السائل التقليدية [15].

دراسة نظرية ومرجعية:

درس Tabraiza, S., et al (2018) كفاءة عمل مفاعل A2O مع وضع حوامل
بيولوجية لتقييم تأثير معدلات إعادة التدوير الداخلي (من الحوض الهوائي إلى الحوض
منقوص الأكسجين) والخارجي (من حوض الترسيب الثانوي إلى الحوض اللاهوائي) على

كفاءة إزالة COD، TN، TP. تم اختبار خمسة سيناريوهات مختلفة لإعادة التدوير، حيث تم الاحتفاظ بنسب التدوير الداخلي والخارجي متساوية في جميع التجارب: 0%، 10%، 20%، 30%، 40%. أظهرت النتائج أنه يمكن تقليل تراكيز COD، TN، TP بدون إعادة تدوير؛ إلا أنه تم الحصول على كفاءة عالية لإزالة COD، وإجمالي نيتروجين Kjeldahl و TP عند نسبة 30% وبدون إضافة مصادر خارجية للكربون وتساوي 92.0%، 97.7%، 74.6% على التوالي [7].

أثبتت Jaafari, J., et al (2017) كفاءة عمل A2O عند وضع حوامل Kaldnes K3، حيث أشارت النتائج إلى قدرة محطة المعالجة على العمل بشكل مستقر حتى عند تغيير تراكيز المواد العضوية والمغذيات [5].

تحقق Lai, T. M., et al (2011) من معدلات إزالة المواد العضوية والمغذيات من مياه الصرف البلدية باستخدام A2O المعدلة بألياف البولي بروبيلين في ظروف تشغيلية مختلفة، أظهر النظام أداءً ممتازاً في إزالة COD، TN، TP وصلت إلى (91-98%)، (48-63%)، (56-71%) على التوالي، وتوصلوا إلى أن تطبيق حوامل البولي بروبيلين اللبيفية ذات كلفة مناسبة للتعديل وساهمت بزيادة فعالية إزالة المواد العضوية والمغذيات [16].

لاحظ الباحثان Manu, D. S., & Kumar Thalla, A (2018) أن مفاعل A2O-AS-biofilm حقق كفاءة إزالة جيدة لكل من: COD (95.5%)، الفوسفور الكلي (93.1%)، تركيز نيتروجين الأمونيا NH_4^+-N (98%) والنيتروجين الكلي (80%) عندما تم الحفاظ على: نسبة C/N تبلغ 4، الكتلة الحيوية المعلقة 3-3.5 g/L، زمن المكث الهيدروليكي 10 hours، و DO 1.5- 2.5 mg/L [17].

هدف البحث:

يهدف البحث إلى دراسة تأثير استخدام قشور اللوز كحوامل بيولوجية ضمن الحوض الهوائي للمعالجة بطريقة A2O عند $HRT= 9 \text{ hour}$ ، $MLSS= 2000\text{mg/L}$ ، ومقارنة نتائج المعالجة مع المواصفات القياسية السورية رقم 2008/2752 الخاصة بمياه الصرف الصحي المُعالجة للري في المناطق القريبة من الينابيع أو الطبقات الحاملة للمياه المُستخدمة للشرب.

مواد وطرق البحث:

تم تصميم محطة معالجة بيولوجية تجريبية متعددة المراحل (لاهوائية- منقوصة الأكسجين- هوائية) ضمن محطة معالجة مياه الصرف الصحي في الدوير في مدينة حمص، ويوضح الشكل (2) مدخل محطة المعالجة التجريبية المصممة ذو السعة 100L والمزود بسكر للتحكم بكمية المياه المتدفقة، أما الشكل (3) يوضح أقسام محطة المعالجة التجريبية المصممة.



الشكل (2) مدخل المحطة التجريبية



الشكل (3) محطة المعالجة التجريبية المصممة

حيث:

- A- الحوض اللاهوائي (القطر 150mm، الارتفاع 570mm، الحجم 10L)، مزود بخلاط للحفاظ على الحمأة معلقة في الحوض ومصنوع من ال PVC.
- B- الحوض منقوص الأكسجين (القطر 200mm، الارتفاع 480mm، الحجم 15L)، مزود أيضاً بخلاط للحفاظ على الحمأة معلقة في الحوض ومصنوع من ال PVC.
- C- الحوض الهوائي (القطر 370mm، الارتفاع 370mm، الحجم 40L)، مزود بنظام للتهوية ومصنوع من ال PVC
- D- حوض الترسيب الثانوي (القطر 200mm، الارتفاع 320mm، الحجم 10L)
- E- حوض لتجميع المياه الناتجة عن المعالجة.

كفاءة المعالجة البيولوجية بإضافة حوامل بيولوجية إلى المعالجة البيولوجية متعددة المراحل (اللاهوائية- منقوصة الأكسجين- الهوائية)

يتم إعادة المياه من الحوض الهوائي إلى الحوض منقوص الأكسجين بواسطة مضخة لإعادة كما يتم أيضاً إعادة الحمأة من حوض الترسيب الثانوي إلى الحوض اللاهوائي بواسطة مضخة لإعادة، أما الحمأة الفائضة يتم إزالتها يدوياً.

تشغيل المحطة التجريبية:

-الأحجام الفعالة للأحواض اللاهوائية، منقوصة الأكسجين، الهوائية وحوض الترسيب الثانوي تساوي 4.2L ، 8.4L ، 25.2L ، 8.4L فيحقق بذلك أزمنة مكث هيدروليكية تساوي 1hour ، 2hour ، 6hour ، 2hour على التوالي. تم تزويد المحطة التجريبية بمياه من مخرج حوض الترسيب الأولي لمحطة معالجة الدوير بمعدل 100L/day، وتم تزويدها أيضاً بحمأة من حوض التهوية للبدء بعمل المحطة التجريبية مباشرةً.

-تم ضبط تدفق المياه المعادة من الحوض الهوائي إلى الحوض منقوص الأكسجين عند 100% من التدفق الداخل إلى المعالجة ويساوي 4.2 L/h باستخدام مضخة الإعادة.

- تم ضبط تدفق الحمأة المعادة عند 25% من التدفق الداخل إلى المعالجة ويساوي 1.05 L/h باستخدام مضخة الإعادة حيث تم إزالة الحمأة الفائضة يدوياً لتحقيق تركيز $MLSS=2000mg/L$ ضمن الحوض الهوائي.

-تم وضع قشور اللوز ضمن الحوض الهوائي بنسبة 7% من حجمه الفعال ضمن منخل على طبقتين كما هو موضح في الشكل (4)، وبعد مرور شهر على وضع القشور تم البدء بالتجارب العملية.



الشكل (4) نسبة 7% من القشور موزعة على طبقتين

النتائج ومناقشتها:

تم أخذ عينات من حوض تجميع المياه الناتجة عن المعالجة، وتوضح الجداول 1، 2، 3 كفاءة إزالة COD، SS، NH_4^+-N ، PO_4^{3-} لخمس عينات وتم تحديد المتوسط الحسابي للعينات الخمس.

الجدول (1) نتائج التجارب لخمس عينات عند

(تحليل COD,SS,MLSS) MLSS= 2000 mg/L, HRT= 9 hour

رقم العينة	MLSS (mg/L)	COD _{in} (mg/L)	COD _{out} (mg/L)	SS _{in} (mg/L)	SS _{out} (mg/L)
1	2107	234	9	73	5
2	1900	252	10	69	4
3	2000	242	14	74	6
4	1980	233	7	75	7
5	2200	193	9	99	8
وسطي	2037.4	230.8	9.8	78	6
كفاءة الإزالة%		95.75		92.31	

كفاءة المعالجة البيولوجية بإضافة حوامل بيولوجية إلى المعالجة البيولوجية متعددة المراحل
(اللاهوائية- منقوصة الأكسجين- الهوائية)

الجدول (2) نتائج التجارب للعينات الخمس عند

MLSS= 2000 mg/L, HRT= 9 hour (شوارد الأزوت)

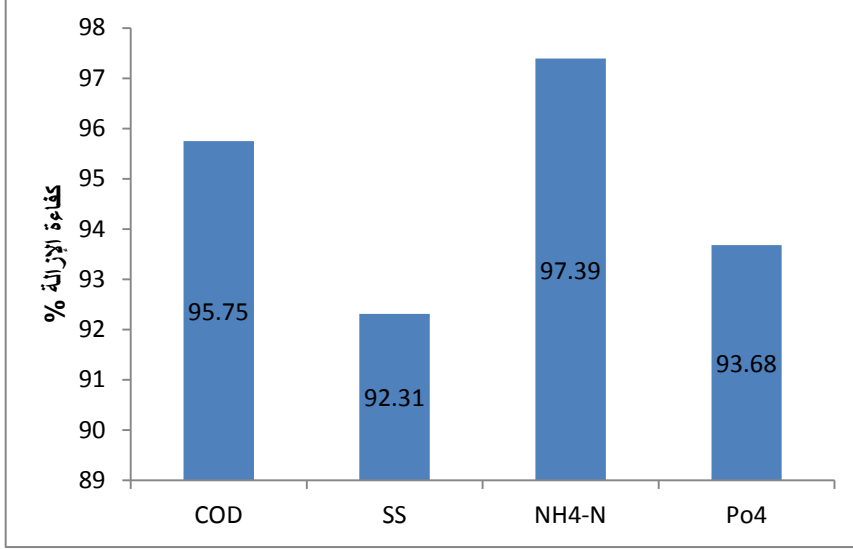
رقم العينة	$\text{NH}_4^+ - \text{N}_{in}$ (mg/L)	$\text{NH}_4^+ - \text{N}_{out}$ (mg/L)	$\text{NO}_3^- - \text{N}_{in}$ (mg/L)	$\text{NO}_3^- - \text{N}_{out}$ (mg/L)
1	25	0.5	5	5.8
2	42	1	4.9	5.7
3	56	2	4.8	5.2
4	51	1.4	4.7	5
5	37	0.6	5.2	5.9
وسطي	42.2	1.1	4.92	5.52
كفاءة الإزالة %	97.39		-	

الجدول (3) نتائج التجارب للعينات الخمس عند

MLSS= 2000 mg/L, HRT= 9 hour (شوارد الفوسفور)

رقم العينة	$\text{PO}_4^{-3}_{in}$ (mg/L)	$\text{PO}_4^{-3}_{out}$ (mg/L)	P_2O_{5in} (mg/L)	$\text{P}_2\text{O}_{5out}$ (mg/L)	P_{in} (mg/L)	P_{out} (mg/L)
1	13	1	9.71	0.74	4.24	0.32
2	20	1.1	14.95	0.82	6.53	0.36
3	24	1.7	17.94	1.27	7.83	0.55
4	22	1.5	16.44	1.12	7.18	0.49
5	16	0.7	11.96	0.52	5.22	0.23
وسطي	19	1.2	14.2	0.89	6.2	0.39
كفاءة الإزالة %	93.68		93.73		93.71	

وبتمثيل النتائج السابقة بيانياً تم الحصول على الشكل (5) الذي يوضح كفاءات المعالجة عند $HRT=9$ hour.



الشكل (5) نتائج المعالجة بطريقة A2O مع حوامل ضمن الحوض الهوائي عند

$MLSS= 2000mg/L$ و $HRT=9$ hour

مناقشة النتائج:

إزالة COD: أظهر نظام A2O مع الغشاء الحيوي أداءً جيداً في إزالة الكربون العضوي، يتم استهلاك COD بشكل أساسي ضمن المرحلة اللاهوائية، حيث تقوم البكتيريا بتخزين COD على شكل polyhydroxybutyrate (PHB) ضمن ظروف لاهوائية لاستخدامها لاحقاً خلال المرحلة الهوائية [18].

إزالة النترجين والفوسفور: نجد أن كفاءة عملية النترجة كانت ممتازة حيث وصلت كفاءة إزالة NH_4-N إلى 97.39% بسبب وجود الأغشية الحيوية المثبتة في الحوض الهوائي لعملية A2O المعدلة، ومن المحتمل أن يكون هذا بسبب عمليتي النترجة وإزالة

كفاءة المعالجة البيولوجية بإضافة حوامل بيولوجية إلى المعالجة البيولوجية متعددة المراحل
(اللاهوائية- منقوصة الأكسجين- الهوائية)

النتروجين المتزامنة التي حدثت ضمن الغشاء البيولوجي المثبت على القشور (Biofilm)[19]. يبدو أن التراكيز المنخفضة للمياه الناتجة مرتبطة بإزالة عالية لـ COD في المفاعل اللاهوائي لأن المستوى المنخفض من COD من شأنه أن يساعد البكتيريا ذاتية التغذية على النمو بسهولة في المفاعل الهوائي اللاحق مما يعزز عملية النتجة [16]. من العوامل المهمة التي تؤثر على البكتيريا المراكمة للفوسفور والمزيلة للنتروجين Denitrifying Poly Phosphate Accumulating Organism (DNPAOs) هو زمن المكث الهيدروليكي لتناوب الحمأة في الحالات اللاهوائية، منقوصة الأكسجين والهوائية [8]. قد ينتج عن زمن المكث الهيدروليكي الأطول للحالة اللاهوائية ومنقوصة الأكسجين نسبة أعلى من DNPAO ومستوى عالٍ من إزالة النتروجين وإزالة الفوسفور [8,20]. نجد أنه بفضل Denitrifying Phosphorus Removal تم تحقيق إزالة عالية لـ TN و TP عن طريق استهلاك أقل للمواد العضوية بسبب استراتيجية زيادة بكتيريا DNPAOs [5,21].

من الشكل (5) نجد أن كفاءة إزالة COD، SS، NH_4^+-N ، PO_4^{-3} كانت 95.75%، 92.31%، 97.39%، 93.68% على التوالي، وتم بذلك تحقيق المواصفات القياسية السورية الخاصة بمياه الصرف الصحي المعالجة لاستخدامها في الري كما يُشير الجدول (4).

الجدول (4) المواصفات القياسية السورية رقم 2008/2752 الخاصة بمياه الصرف
الصحي المعالجة للري في المناطق القريبة من الينابيع أو الطبقات الحاملة للمياه
المستخدمة للشرب [22]

المؤشر	التركيز
COD	20 mg/L
NH ₄	2 mg/L
NO ₃	30 mg/L
TP	2 mg/L

التوصيات:

- استخدام قشور اللوز ضمن الحوضين اللاهوائي ومنفوص الأكسجين.
- مقارنة كفاءة عمل قشور اللوز كحوامل ضمن الحوض الهوائي فقط وضمن كافة الأحواض.
- استخدام أنواع أخرى من المخلفات الزراعية ومقارنة كفاءة عملها مع قشور اللوز.

References:

1. Martín-Pascual J, Reboleiro-Rivas P, L'opez-L'opez C, Leyva-Díaz JC, Jover M, Muñio M., et al. Effect of the Filling Ratio, MLSS, Hydraulic Retention Time, and Temperature on the Behavior of the Hybrid Biomass in a Hybrid Moving Bed Membrane Bioreactor Plant to Treat Urban Wastewater. *J of Environmental Engineering*. 2015;141(7):04015007.
2. Leyva-Díaz JC, Muñio MM, González-López J, Poyatos JM. Anaerobic/anoxic/oxic configuration in hybrid moving bed biofilm reactor-membrane bioreactor for nutrient removal from municipal wastewater. *Ecol Eng*. 2016;91:449-58.
3. Gao R, Peng Y, Li J, Li X, Zhang Q, Deng L, et al. Nutrients removal from low C/N actual municipal wastewater by partial nitrification/anammox (PN/A) coupling with a step-feed anaerobic-anoxic-oxic (A/A/O) system. *Sci Total Environ*. 2021;799:149293.
4. Chen Y, Zhao Z, Peng Y, Li J, Xiao L, Yang L. Performance of a full-scale modified anaerobic / anoxic / oxic process: High-throughput sequence analysis of its microbial structures and their community functions. *Bioresour Technol*. 2016;220:225-32.
5. Jaafari J, Seyedsalehi M, Safari GH, Ebrahimi Arjestan M, Barzanouni H, Ghadimi S, et al. Simultaneous biological organic matter and nutrient removal in an anaerobic/anoxic/oxic (A2O) moving bed biofilm reactor (MBBR) integrated system. *Int J Environ Sci Technol*. 2017;14:291-304.
6. Metcalf & Eddy, Tchobanoglous G, Stensel, H D, Tsuchihashi R, Burton F, Abu-Orf M, et al. *Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery*. fifth. McGraw-Hill Education; 2014. 2018 p.
7. Tabraiz S, Hassan S, Abbas A, Nasreen S, Zeeshan M, Fida S, et al. Effect of effluent and sludge recirculation ratios on integrated fixed films A2O system nutrients removal efficiency treating sewage. *Desalin Water Treat*. 2018;114:120-7.

8. Bai Y, Zhang Y, Quan X, Chen S. Nutrient removal performance and microbial characteristics of a full-scale IFAS-EBPR process treating municipal wastewater. *Water Sci Technol.* 2016;73(6):1261-8.
9. González- Tineo P, Aguilar A, Reynoso A, Durán U, Garzón-Zúñiga M., Meza-Escalante E, et al. Organic matter removal in a simultaneous nitrification – denitrification process using fixed film system. 2022;12(1):1882.
10. Li T, Yang XL, Song HL, Wu JJ, Xu JY. Alkali-treated cellulose carrier enhancing denitrification in membrane bioreactor. 2019;145:104813.
11. Zhong H, Cheng Y, Ahmad Z, Shao Y, Zhang H, Lu Q, et al. Solid-phase denitrification for water Biotechnology remediation: processes , limitations , and new aspects. *Crit Rev Biotechnol .* 2020;40(8):1113-30.
12. Yang X, Jiang Q, Song H, Gu T, Xia M. Selection and application of agricultural wastes as solid carbon sources and biofilm carriers in MBR Selection and application of agricultural wastes as solid carbon sources and biofilm carriers in MBR. *J Hazard Mater [Internet].* 2015;283:186-92.
13. Dehestaniathar S, Nesari S, Borzooei S, Abolfathi S. Application of natural biodegradable fiber as biofilm medium and carbon source in denitrifying AMmonium OXidation (DEAMOX) process for nitrogen removal from wastewater. *J Taiwan Inst Chem Eng .* 2021;119:108-14.
14. Xiao J, Chu S. A novel bamboo fiber biofilm carrier and its utilization in the upgrade of wastewater treatment plant. *Desalin Water Treat.* 2015;56(3):574-82.
15. Benbelkacem O, Benrachedi K, Boumechehour F, Alioua C. Heterotrophic denitrification of contaminated groundwater using arachis hypogaea. I shell as carbon source. *Alger J Environ Sci Technol.* 2020;6(2):2437-1114.
16. Lai TM, Dang H V, Nguyen DD, Yim S, Hur J. Wastewater treatment using a modified A2O process based on fiber polypropylene media. *J of Environmental Sci Heal.* 2011;Part A, 46(10):1068-74.

كفاءة المعالجة البيولوجية بإضافة حوامل بيولوجية إلى المعالجة البيولوجية متعددة المراحل
(اللاهوائية- منقوصة الأكسجين- الهوائية)

17. Manu DS, Kumar TA. The combined effects of C/N ratio, suspended biomass, hydraulic retention time and dissolved oxygen on nutrient removal in a lab-scale anaerobic-anoxic-oxic activated sludge biofilm reactor. *Water Sci Technol.* 2017;77(1):248-259.
18. Xiao K, Zhou L, He B, Qian L, Wan S, Qu L. Nitrogen and phosphorus removal using fluidized-carriers in a full-scale A2O biofilm system. *Biochem Eng J.* 2016;115:47-55.
19. Ashrafi E, Zeinabad AM, Borghei SM, Torresi E, Sierra JM. Optimising nutrient removal of a hybrid five-stage Bardenpho and moving bed biofilm reactor process using response surface methodology. *J Environ Chem Eng.* 2019;7(1):102861.
20. Mandel A, Zekker I, Tenno T. Enhancement of anoxic phosphorus uptake of denitrifying phosphorus removal process by biomass adaption. *Int J Environ Sci Technol.* 2019;5965-78.
21. Zhang M, Peng Y, Wang C, Wang C, Zhao W, Zeng W. Optimization denitrifying phosphorus removal at different hydraulic retention times in a novel anaerobic anoxic oxic-biological contact oxidation process. *Biochem Eng J.* 2016;106:26-36.

المراجع العربية:

- 22- المواصفة القياسية السورية. 2008. مياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الري- المراجعة الأولى . رقم .2752

بعض الدروس الهندسية المستفادة من تصدّم وانهيار الأبنية السكنية في مدينة جبلة بتأثير زلزال تركيا-سوريا 2023

د. فدوى عيسى¹ أ.د. غاندي ججاج¹ أ.د. وائل حرفوش¹

ملخص

تعتبر حمولات الزلازل من الحمولات الهامة عند تصميم الأبنية في المناطق النشطة زلزالياً، إذ تتطلب الكودات الزلزالية - بما فيها الكود العربي السوري - تصميم الأبنية على حمولات زلزالية تتعلق بمجموعة من العوامل منها: الموقع، وتربة التأسيس، ونوع الجملة الإنشائية المستخدمة، وارتفاع المبنى وأهميته ووزنه.

بالرغم من الخسائر المحزنة بالأرواح والممتلكات والدمار الذي يسببه حدوث الزلازل، إلا أنه يجب استخلاص الدروس والعبر بعد حدوثه وذلك لمحاولة تلافي تكرار الأخطاء بمختلف أنواعها، سواء كانت تتعلق بالتصميم أو التنفيذ. فالزلازل هو اختبار حقيقي قاسٍ لمنشآتنا المصممة وفق الكود الحالي والمنفذة بالطرائق المستخدمة حالياً. وبالتالي فإن تقيص الأضرار ومحاولة تفسيرها سيمكّن من اكتشاف مواطن الخلل الذي لو تم تلافيه لما حصل الانهيار.

يعرض هذا المقال نتائج المشاهدات التي وثقت عند الكشف الميداني على أبنية سكنية في مدينة جبلة، ونتائج اختبار عينات بيتون وفولاد تسليح مأخوذة من العناصر الإنشائية في الأبنية المنهارة، بالإضافة إلى نتائج اختبار عينات من تربة التأسيس، وذلك بهدف الإضاءة على ما لوحظ من أخطاء سواءً بالدراسة أو التنفيذ، والعمل على منع تكرارها.

الكلمات المفتاحية: أبنية سكنية، زلازل، جبلة.

Some engineering lessons learned from the cracking and collapse of residential buildings in the city of Jableh due to the impact of the 2023 Turkey-Syria earthquake

ABSTRACT

The Seismic loads are considered one of the important loads when designing buildings in seismically active areas, as seismic codes - including the Syrian Arab Code - require designing buildings on seismic loads related to a group of factors, including location, foundation soil, type of structural system used, building height, its importance and weight.

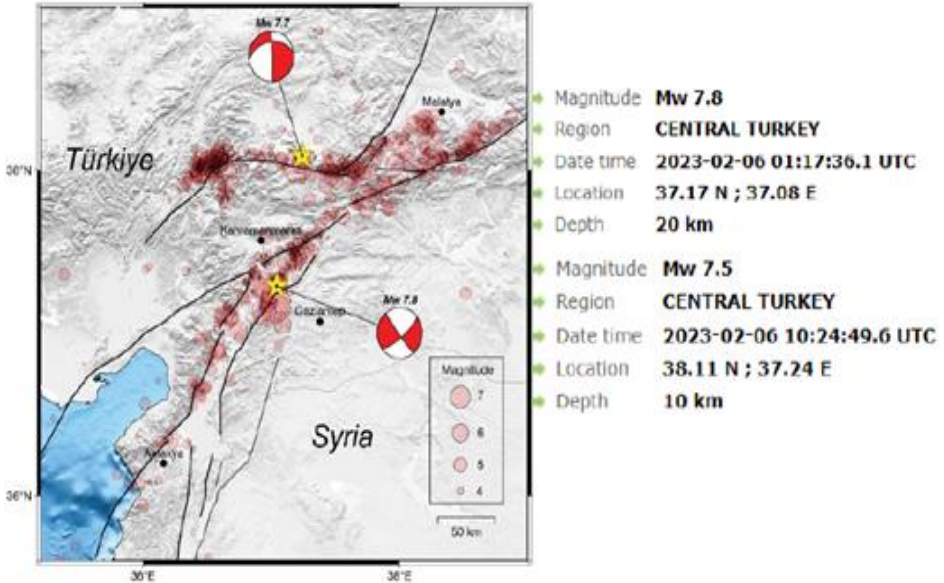
Despite the sad loss of life and property and the destruction caused by earthquakes, lessons must be drawn after their occurrence in order to try to avoid repeating mistakes of all kinds, whether they are related to design or construction. The earthquake is a real harsh test for our structures that are designed according to the current code and constructed with the methods currently used. Therefore, scanning the damages and trying to explain them will enable the discovery of defects that, if they were avoided, the collapse would not have occurred.

This article presents the results of the observations that were documented during the field inspection of residential buildings in the city of Jableh and the results of testing samples of concrete and reinforcing steel taken from the structural elements of the collapsed buildings, in addition to the results of tests of samples of foundation soil, with the aim of shedding light on what was observed from Mistakes, whether by studying or constructing, and work to prevent their recurrence.

Key words: residential buildings, earthquakes, Jableh.

1- مقدمة:

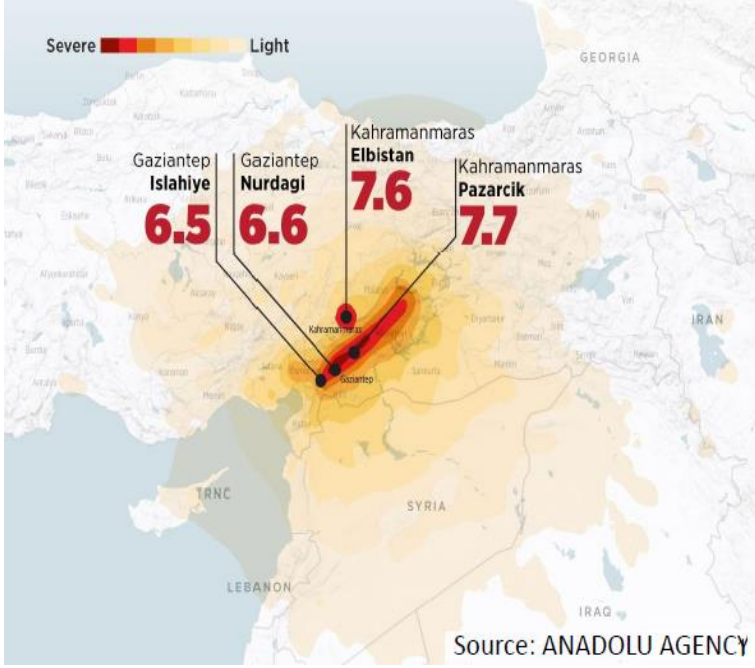
استيقظ سكان مدينتي اللاذقية وحلب فجر يوم الاثنين 2023/2/6 على رعب وهلع حدوث زلزال تركيا- سوريا الأول /7.8 رختر/ الذي نتج عن صدع انزلاقي بعمق سطحي (حوالي 17 كم) على صدع شرق الأناضول، وكان مركزه عند التقاء ثلاث صفائح، وهي صفيحة الأناضول والصفيحة الإفريقية والعربية [1]. وبعد تسع ساعات حدث الزلزال الثاني /7.5 رختر/ على صدع منفصل يبعد 100 كم إلى الشمال [1]. يبين الشكل (1) مركز كل من الزلازلين والصدوع في المنطقة.



الشكل(1): مركز زلزالي تركيا-سوريا 2023/2/6 [1]

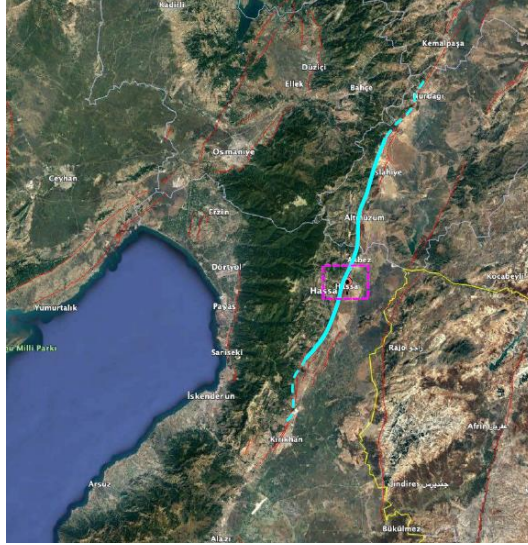
بعض الدروس الهندسية المستفادة من تصدع وانهيار الأبنية السكنية في مدينة جبلة بتأثير زلزال
تركيا-سوريا 2023

ويبين الشكل(2) المناطق المتأثرة بالزلزال، حيث أحسّ بها السكان في كل من مصر ولبنان
والعراق وقبرص.



الشكل(2): المناطق المتأثرة بزلزال تركيا-سوريا [1]

وقد أظهرت الصور الجوية وجود تصدع بطول عشرات الكيلومترات مبين بالشكل(3)، كما
شاهد صدع في منطقة البصة بريف اللاذقية ربما يكون ممتداً لمسافة أكبر في بعض مناطق
جبلة.



الشكل(3): التصدعات الناتجة عن زلزال تركيا-سوريا [1]

2- أهمية البحث وأهدافه:

الزلازل هي ظواهر طبيعية لا يمكن منع حدوثها أو الهروب منها، وإنما يجب التكيف والتعايش معها بحيث يتم دراسة وتشبيد المنشآت الهندسية لتكون آثار الزلازل أقل ما يمكن، مع تقبل فكرة أنه قد لا نستطيع منع هذه الخسائر بشكل كامل، لكن يمكن العمل على جعلها بأقل قدر ممكن، وذلك من خلال تحسين وتطوير أساليب وطرائق التصميم والتنفيذ والمراقبة.

يهدف البحث الحالي إلى استخلاص بعض الدروس الهندسية من زلزال تركيا - سوريا وإلقاء الضوء على بعض مواضع الخلل التي تسببت بتصدع أو انهيار أبنية سكنية في مناطق من مدينة جبلة.

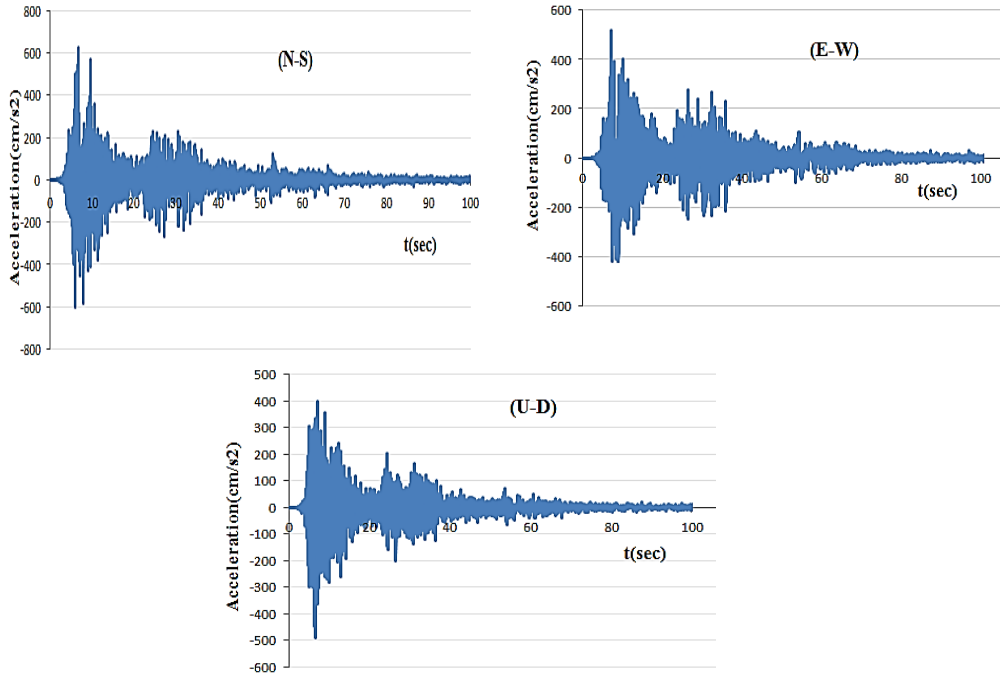
3- طريقة البحث ومواده:

يعتمد البحث الحالي على المشاهدات الموثقة خلال الكشف الميداني على الأبنية السكنية المتصدعة والمنهارة بعد زلزال تركيا-سوريا 2023 في بعض مناطق مدينة جبلة، بالإضافة إلى

إجراء اختبارات على عينات بيتونية وقضبان فولاذ مأخوذة من العناصر الإنشائية (أعمدة وجوائز) في أبنية سكنية متهمة، وعينات من تربة التأسيس تحت هذه الأبنية.

4- النتائج ومناقشتها

استمر الزلزال حوالي 50 ثانية، وتراوحت القيم المسجلة للتسارع الأرضي الأعظمي (pga) من 0.7g إلى أكثر من 1g في تركيا [1]. لا توجد تسجيلات صادرة عن المركز الوطني للزلازل في سوريا، لكن يمكن الاستئناس بالسجلات الزمنية المسجلة في أحد محطات الرصد في لواء الاسكندرون والموضحة بالشكل (4) حيث يلاحظ أن $pga \approx 0.6g$ ، وبالرجوع إلى الخريطة الزلزالية لسوريا يتبين أن اللاذقية وجبلة تقعان في المنطقة الزلزالية الثالثة (0.3g)، وبالتالي يفترض أن جميع أبنية المدينتين مصممة على شدة 0.3g، ومع ذلك فقد سلكت الكثير من الأبنية السكنية سلوكاً جيداً خلال الزلزال حيث بقيت جملها الإنشائية سليمة بدون تشققات أو مع تشققات بسيطة، في حين حدثت تشققات إنشائية خطيرة وانهيارات سريعة في أبنية سكنية أخرى.



الشكل (4): زلزال تركيا-سوريا [4]

كانت مدة الزلزال طويلة نسبياً، لكن من المعروف أن التسارع يتخامد بشكل سريع جداً كلما ابتعدنا عن بؤرة الزلزال، ويتوقع في جيلة واللاذقية أن يكون التسارع بحدود 0.16g وذلك بحسب العلاقات التي تربط التسارع بالمسافة عن البؤرة.

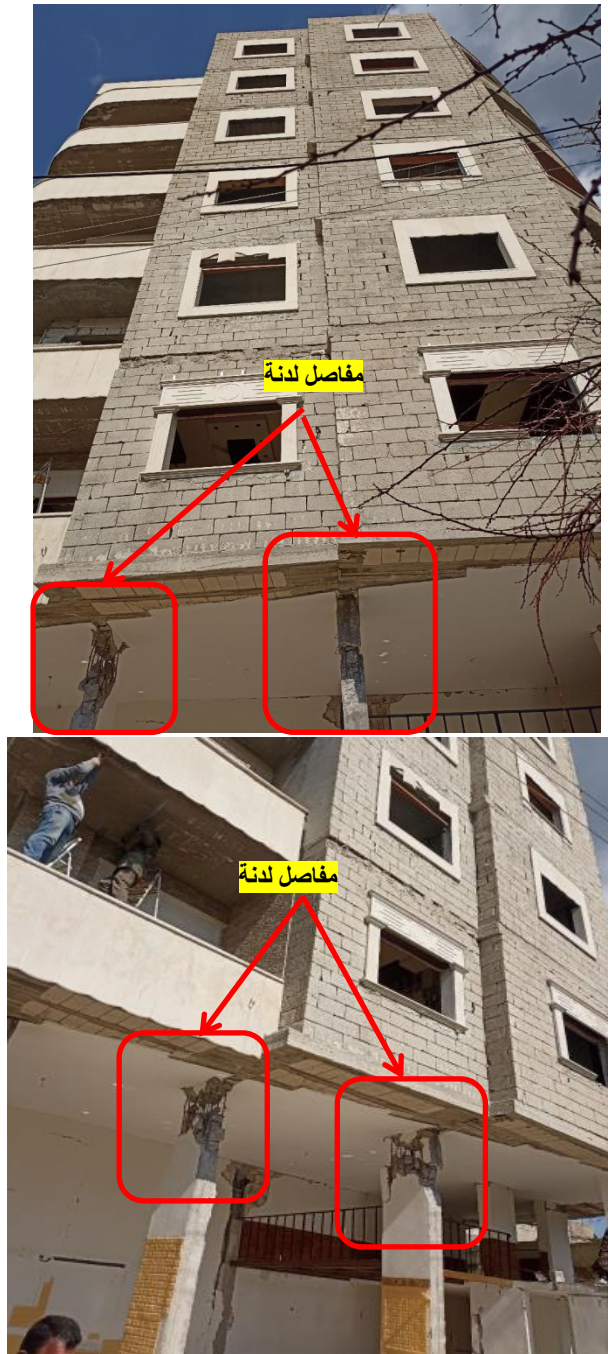
نبين فيما يلي المشاكل التي شوهدت خلال الكشف على الأبنية السكنية المتصدعة والمنهارة في مدينة جبلة:

4-1 مشاكل تعلق بدراسة وتنفيذ الجملة الإنشائية

4-1-1- الطابق اللين (Soft story)

يوصي ملحق الكود العربي السوري ألا تقل القساوة الجانبية لأي طابق عن 70% من قساوة الطابق الذي يعلوه أو عن 80% من متوسط القساوة للطوابق الثلاث التي تعلوه [3]. ومع ذلك فقد شوهدت الكثير من التصدعات التي كان سببها استخدام أعمدة نحيفة في الطابق الأرضي للأبنية السكنية بهدف استثماره كمحلات تجارية دون مراعاة ذلك خلال الدراسة الإنشائية ودون تنفيذ تربيط للأعمدة عند أي مستوي. وقد لوحظت هذه الحالة حتى في بعض المناطق الزراعية حيث لم يتم التقيد بضابطة البناء وتم إنشاء أبنية خالية من جدران القص بارتفاعات مختلفة تتراوح من طابقين وحتى سبعة طوابق تحوي طابق لين (الأرضي). وقد كان الطابق الأرضي في بعض هذه الأبنية بدون جدران بلوك وقت حدوث الزلزال في حين كانت غالبية الطوابق قد تم تقطيعها بجدران بلوك مما فاقم المشكلة وزاد الفرق بالصلابة بين الطابق الأرضي وباقي الطوابق. الأمر الذي تسبب بتصدع أعمدة الطابق الأرضي من الأعلى (عند اتصال العمود مع البلاطة) وتهشم البيتون في هذه المنطقة. وكان هذا الأمر سبباً رئيسياً في انهيار العديد من الأبنية التي تم الكشف عليها.

يبين الشكل (5) مبنى سكني مكون من سبعة طوابق في مدينة جبلة كان قيد الإكساء عند حدوث الزلزال. الجملة الإنشائية للمبنى مكونة من أعمدة وبلاطة هوردي ذات جوائز مخفية ولا يوجد جدران قص. تضررت النهايات العلوية لأعمدة الطابق الأرضي (تشكل مفصل لدن) حيث تهشم البيتون وتعرض التسليح الطولي في العمود للتخريب. وقد لوحظ أن تباعدات الأساور كانت كبيرة (لم يتم التقيد باشتراطات الكود السوري)، وشوهدت أساور مفتوحة في هذه المنطقة. في حين اقتصر الأضرار في باقي الطوابق على تشققات في جدران البلوك. كما لوحظ أن معظم الأعمدة أو جميعها كانت موجهة باتجاه واحد (البعد الطويل لمقطع العمود).



الشكل(5): تحطم في المفاصل اللدنة عند النهاية العلوية للأعمدة الطويلة في الطابق الأرضي- جبلة



تابع الشكل (5): تحطم في المفاصل اللدنة عند النهاية العلوية للأعمدة الطويلة في الطابق الأرضي-جبله

4-1-2- قلة التسليح الطولي والعرضي وعدم إغلاق الأساور بعكفات

نظامية

يساهم التطويق العرضي بزيادة مقاومة البيتون المطوق ومطواعة المقطع بشكل كبير. ولذا فقد وضعت الكودات الزلزالية اشتراطات خاصة بالتطويق العرضي للعناصر الإنشائية المختلفة (جائز، عمود، عقدة، جدار قص) حيث تزيد مقاومة القص للمقطع وتمكن العنصر الإنشائي من

الوصول إلى مقاومة الانحناء المطلوبة منه. تتعلق الاشتراطات المطلوبة للتسليح العرضي بنوع الإطار المقاوم للعزوم (درجة المطاوعة المطلوبة) وبالتالي فهي تتعلق بالمنطقة الزلزالية. إذ يشترط ملحق الكود [3] استخدام الإطارات الخاصة ذات المطاوعة العالية في المنطقة الزلزالية الثالثة ولايسمح باستخدام إطارات أقل مطاوعةً (متوسطة أو عادية) فيها. لكن جميع الأبنية التي تمت مشاهدتها والتي لاتحوي جدران قص لم تكن عناصرها تحقق اشتراطات التسليح للإطارات الخاصة ولا حتى العادية في كثير من الحالات مع أنها أبنية حديثة (بنيت بعد سنة 2012).

وقد بينت معاينة العناصر المتضررة أن مشكلة الطابق اللين قد ترافقت مع مشاكل أخرى منها قلة التطويق العرضي لمقاطع الأعمدة وعدم إغلاق الأساور بعكفات نظامية كما يتطلب الكود السوري [2]. إذ كشفت منطقة تهشم البيتون في نهايات الأعمدة (شكل (6)) وجود أسورة واحدة قطر 6مم في مقطع العمود ويتباعدات كبيرة تصل حتى 25سم في بعض الحالات، الأمر الذي ساهم في حدوث تحنيب قضبان التسليح الطولي للعمود عند منطقة المفصل اللدن بالإضافة إلى تأثير إجهادات الضغط الكبيرة المتولدة في هذه القضبان بعد تحطم البيتون وانتقال كافة إجهادات الضغط إلى الفولاذ. يمكن اعتبار أن المقاومة المتدنية للبيتون المنفذ - كما سيظهر لاحقاً - هي السبب في تحطم المفصل اللدن.



الشكل(6): التباعد الكبير للأساور في منطقة المفصل اللدن أعلى أعمدة الطابق الأرضي - جبلة
ويظهر الشكل (7) قلة التسليح الطولي والعرضي في أعمدة الطابق الأرضي من مبنى مكون
من خمسة طوابق، إذ تم مثلاً وضع تسليح 6T14 في عمود مقطعه العرضي 65x25cm
وبالتالي فإن نسبة التسليح هي 0.0057 وهي أقل من النسبة الدنيا المسموحة وفق الكود
السوري [2].



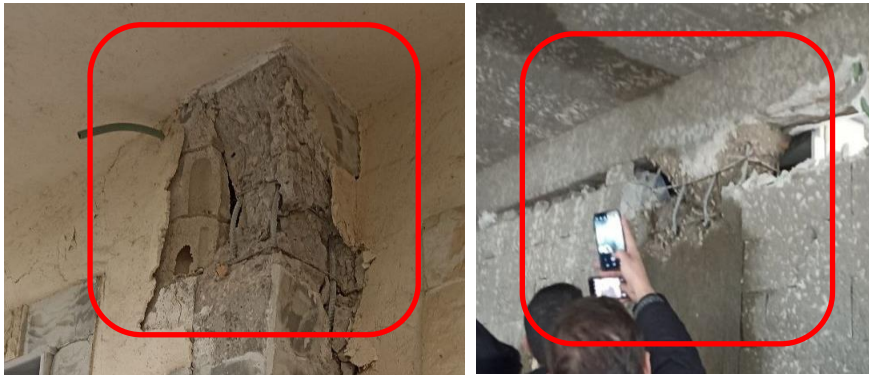
الشكل(7): قلة التسليح الطولي والعرضي في منطقة المفصل اللدن أعلى أعمدة الطابق الأرضي - جبلة

بعض الدروس الهندسية المستفادة من تصدع وانهيار الأبنية السكنية في مدينة جبلة بتأثير زلزال
تركيا-سوريا 2023

كما يبين الشكل(8) مبنى سكني مؤلف من ستة طوابق، جملته الإنشائية مكونة من أعمدة وجوائز ساقطة وبلاطة هوردي. تضررت أعمدة الطابق الأرضي بشكل كبير في أعلاها كاشفة عن قلة التسليح الطولي والعرضي في عدة أعمدة، إذ شوهد مثلاً عمود مقطعه 70x30cm وتسليحه الطولي 8T14 (أي نسبة التسليح 0.00586)، كما لوحظ وجود أسوار واحدة في المقطع العرضي للعمود وبتباعدات كبيرة (أكثر من 25سم) ولم يتم إغلاق الأساور بعكفات نظامية كما يتطلب الكود السوري[2].



الشكل(8): قلة التسليح الطولي والعرضي في منطقة المفصل اللدن أعلى أعمدة الطابق الأرضي-جبلة



تابع الشكل(8): قلة التسليح الطولي والعرضي في منطقة المفصل اللدن أعلى أعمدة الطابق الأرضي-جبلة

يبين الشكل (9) مبنى سكني آخر مكون من خمسة طوابق. جملته الإنشائية مؤلفة من أعمدة وبلطة هوردي ذات جوائز مخفية. تضررت النهاية العلوية لأعمدة الطابق الأرضي (أعمدة نحيلة). كما يلاحظ عدم وجود أعصاب عريضة فوق جميع الأعمدة.



الشكل(9): تحطم منطقة المفصل اللدن أعلى أعمدة الطابق الأرضي-جيلة

يظهر الشكل(10) التسليح الطولي والعرضي لأعمدة من أبنية منهارة في المناطق التي تم الكشف عليها، إذ شوهدت أعمدة بتسليح طولي قليل (مثلاً أعمدة مقطعها العرضي 50x25cm أو 55x25cm مسلحة بـ 6T12 أي أن نسبة التسليح هي 0.0054 و 0.0049 على التوالي).

ولدى مراجعة الدراسة الإنشائية الموجودة في رخصة البناء للأبنية المنهارة التي تمت معاينتها تبين وجود اختلاف بين الواقع المنفذ والدراسة الإنشائية حيث تم تقليل عدد قضبان الفولاذ في العديد من الأعمدة والجوائز كما تم تصغير أقطار هذه القضبان (مثلاً عمود مقطعه العرضي 60x25cm وتسليحه 10T14 في الدراسة لكن تسليحه في الواقع 8T12، وكذلك عمود مقطعه 80x25cm وتسليحه وفق الدراسة 12T14 لكن تسليحه المنفذ هو 10T12)، كما تم استخدام أسوار واحدة قطر 6م للمقطع العرضي.



الشكل(10): قلة التسليح الطولي والعرضي في أعمدة مبنى سكني منهار - جبلة

وقد أظهر الكشف الميداني أيضاً قلة التسليح الطولي والعرضي في الجوائز المخفية التي تمت معاينتها عما هو محدد في الدراسة الإنشائية والمذكرة الحسابية المرفقة مع رخصة البناء. شوهدت مثلاً جوائز رئيسية مخفية أبعادها وفق المخططات $80 \times 25\text{cm}$ بتسليح طولي علوي وسفلي يتراوح من $7\text{Ø}14$ إلى $10\text{Ø}14$ وأسواريتين في المقطع بتباعدات

حوالي 10 إلى 12سم، لكن في الواقع المنفذ تم تقليل عدد القضبان وأقطارها حيث استخدم قطر 12mm بدل 14mm في جميع الجوائز التي تمت معاينتها وتم تقليل عدد القضبان عما هو وارد في الدراسة، كما تم استخدام أسورة واحدة لمقطع الجائز المخفي وبتباعدات كبيرة للأساور كما يبين الشكل(11).



الشكل(11): قلة التسليح الطولي والعرضي في جائز مخفي من مبنى سكني منهار - جبلة

ويظهر في الشكل(12) تباعد كبير للأساور في الأعمدة والجوائز التي تمت معاينتها (أكثر من 20سم)، وهي لا تحقق اشتراطات الكود العربي السوري[2].



الشكل(12): تباعد كبير للأساور في أعمدة مبنى سكني منهار - جبلة



تابع الشكل(12): تباعد كبير للأساور في أعمدة مبنى سكني منهار - جبلة

وقد لوحظ استخدام أسوار واحدة للمقطع العرضي في كثير من الأعمدة والجوائز وبتباعد كبير للأساور، وكذلك عدم تنفيذ عكفات نظامية للأساور كما يشترط الكود، وهذا ما يوضحه الشكل(13).



الشكل (13): استخدام أسوارة واحدة في المقطع العرضي وعدم وجود عكفات نظامية في أعمدة وجوائز
من مبنى سكني منهار - جبلة





تابع الشكل(13): استخدام أسوار واحدة في المقطع العرضي وعدم وجود عكفات نظامية في أعمدة وجوائز من مبنى سكني منهار - جبلة

4-1-3- عدم كفاية أطوال إرساء التسليح الطولي للأعمدة

يشترط الكود السوري استمرار تسليح العمود فوق بلاطة السقف الذي يعلوه مسافة لا تقل عن 50 مرة من أكبر قطر للتسليح الطولي (50T) [2] ، لكن شوهدت العديد من الأعمدة التي خرجت من البلاطة عند حصول الإزاحة الجانبية نتيجة الزلزال بسبب قلة سماكة البلاطة وعدم كفاية أطوال الإرساء للتسليح الطولي في العمود وعدم التقيد باشتراطات الكود. يبين الشكل(14) صور أعمدة من أبنية منهاره في مدينة جبلة، وفيها يلاحظ أن الأعمدة انفصلت عن البلاطة ذات السماكة الرقيقة وتطبقت البلاطات فوق بعضها البعض.



الشكل(14): نقص أطوال الإرساء للأعمدة عما يتطلبه الكود السوري- مبنى سكني منهار- جبلة

4-1-4- عدم تنفيذ بلاطة الهوردي بشكل صحيح

تبين خلال الكشف على الأبنية المنهارة في مدينة جبلة عدم تنفيذ تسليح بلاطة الهوردي بشكل صحيح، حيث كانت سماكة البلاطة قليلة ولا يوجد شبكة تسليح في بلاطة التغطية، كما أن التسليح العلوي للأعصاب موجود ضمن ارتفاع بلوكة الهوردي (نقص الارتفاع الفعال للأعصاب)، وهذا ما يظهر في الشكل(15).



الشكل(15): تنفيذ التسليح العلوي للعصب بحيث يكون ضمن ارتفاع البلوكة- مبنى سكني منهار - جبلة

4-1-5- عدم تنفيذ تسليح الدرج بشكل صحيح (منطقة اتصال الشاحط بالميدة)

عند الكشف على الأدراج في جميع الأبنية السكنية التي تمت معاينتها لوحظ حصول انفصال شواطط الدرج عن الميدة (شكل(16)) بسبب عدم تنفيذ التسليح الطولي للشاحط في منطقة الاتصال بينهما بشكل صحيح كما تتطلب اشتراطات الكود العربي السوري [2].



الشكل(16): عدم تنفيذ التسليح الطولي لشاحط الدرج بشكل صحيح

4-1-6- إلغاء جدران القص في بعض الطوابق

خلال الكشف على الأبنية السكنية المتصدعة في مدينة جبلة، والتي تم تنفيذ جملة جدران القص فيها لتقاوم الحمولات الزلزالية، تبين أنه تم إيقاف بعض هذه الجدران مع الارتفاع والاكتفاء بالعمودين الطرفين للجدار مع بناء جدار بلوك بينهما. يبين الشكل (17) أحد الأبنية التي تم فيها إيقاف جميع جدران القص في الجزء الأيسر من المسقط بدءاً من الطابق الرابع وتُرك فقط أحد الجدران في الجانب الأيمن مما تسبب بحصول قتل وتضرر الجدار المتبقي بتشققات قطرية بالاتجاهين تمتد بين نهايات الأعمدة الطرفية. ومن ثم اختفت الجدران تماماً بدءاً من الطابق الخامس.



الشكل (17): إلغاء جدران القص بدءاً من الطابق الثاني في مبنى سكني - جبلة

4-1-7- عدم استمرار أساور العمود داخل العقدة

لوحظ عدم وضع أساور في العقد البيتونية في الأبنية السكنية التي تم الكشف عليها. في بعض هذه الأبنية لم يحصل انهيار إذ قامت جدران القص بتلقي حمولة الزلزال، كما فرغت تشققات جدران البلوك جزءاً من الطاقة الزلزالية. يبين الشكل (18) مبنى سكني مكون من عشرة طوابق يحوي جدران قص. لم تلاحظ فيه أي أضرار إنشائية واقتصرت الأضرار على تصدع

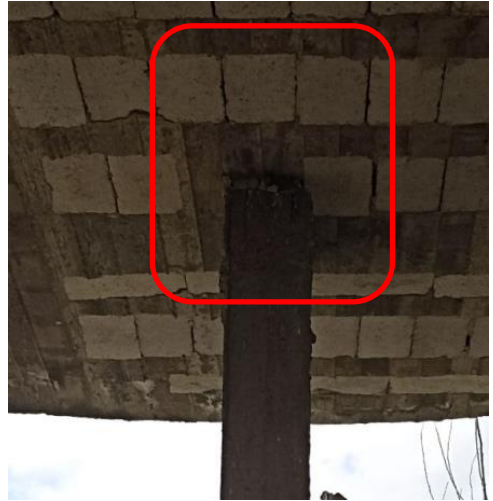
جدران البلوك في بعض الطوابق، يبين الشكل تكشف عقدة زاوية بسبب صدأ التسليح حيث يظهر التسليح الطولي مع غياب الأساور.



الشكل(18): عدم استمرار أساور العمود ضمن العقدة في مبنى سكني

4-1-8- أخطاء تنفيذية أخرى

لوحظ وجود العديد من الأخطاء التنفيذية عند الكشف على الأبنية المتصدعة في مدينة جبلة، حيث يظهر الشكل(19) غياب الجوائز الرئيسية التي تصل بين محاور الأعمدة، إذ كانت الجوائز الرئيسية مزاحة عن مواقع الأعمدة أو تستند بشكل محدود عليها.



الشكل(19): خطأ في استناد الجوائز على الأعمدة - جبلة

ويظهر الشكل (20) استناد ميده الدرج على جانز ظفري في حين كان من الواجب استمرار الجانز إلى العمود المجاور مما يجعله أكثر استقراراً.



الشكل(20): خطأ في استناد ميده الدرج - جبلة

وقد شوهدت بعض مواضع الإهمال عند التنفيذ، حيث يبين الشكل(21) وجود بعض قطع من البلوك في أعلى بعض الأعمدة.



الشكل(21): وجود قطع بلوك في أعلى بعض الأعمدة - جبلة

ويظهر الشكل(22) تمرير أنابيب المياه ضمن أحد الجوانز.



الشكل(22): تمرير أنابيب المياه عبر الجانز - جبلة

بعض الدروس الهندسية المستفادة من تصدع وانهيار الأبنية السكنية في مدينة جبلة بتأثير زلزال
تركيا-سوريا 2023

وقد كشفت الأبنية المنهارة عن حالة من سوء التنفيذ وهي عدم تثبيت التسليح الطولي والعرضي للأعمدة والجوائز بالشكل الصحيح، كما لوحظ وجود مسافة تغطية كبيرة في بعض الأعمدة (شكل(23))



الشكل(23): عدم تثبيت التسليح الطولي والعرضي بشكل صحيح - جبلة

وكذلك كشف الزلزال عن خطورة عدم إجراء صيانة دورية للأبنية ومعالجة الصدأ الذي يضغط على التغطية البيتونية ويقلل القطر الفعال لقضبان التسليح، فمع مرور الوقت قد ينقطع قضيب التسليح (شكل(24)).



الشكل(24): تكشف فضبان التسليح المعرضة للصدأ - جبلة

4-2 مواد الإنشاء المستخدمة (البيتون والفلواز)

تدل الكثير من انهيارات الأبنية السكنية التي تمت معاينتها في مناطق من مدينة جبلة على انخفاض مواصفات مواد الإنشاء المستخدمة في تنفيذ عناصر الجملة الإنشائية (ولاسيما البيتون)، حيث يشير شكل الانهيار والتفتت الحاصل في البيتون إلى ذلك كما يبين الشكل(25).



الشكل(25): انهيار هش لبناء سكني - جبلة

تم أخذ عينات بيتونية مكعبية من بعض العناصر الإنشائية (أعمدة وجوائز) في الأبنية المنهارة، وأجري اختبار الضغط لها في مخبر كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين. يبين الجدول(1) نتائج اختبار عينات بيتونية من سبعة أبنية منهارة في مدينة جبلة (تم تصعيد نتائج

بعض الدروس الهندسية المستفادة من تصدع وانهيار الأبنية السكنية في مدينة جبلة بتأثير زلزال
تركيا-سوريا 2023

المقاومة الاسطوانية النهائية بمقدار 25% وذلك أسوة بالطريقة المعتمدة عند أخذ الجزرات البيتونية). يلاحظ من هذا الجدول انخفاض مقاومات البيتون للأبنية المنهارة التي تم أخذ العينات منها، حيث تبين عند دراسة الأضابير الفنية للأبنية المعنية أنها صممت من أجل مقاومة اسطوانية مميزة لاتقل عن 18MPa. يوضح الشكل(26) العينات البيتونية قبل وبعد الاختبار.



الشكل(26): العينات البيتونية المأخوذة من الأبنية المنهارة - جبلة



تابع الشكل(26): العينات البيتونية المأخوذة من الأبنية المنهارة - جبلة

جدول(1): نتائج اختبار العينات البيتونية المأخوذة من العناصر الإنشائية في الأبنية المنهارة-جبلة

رقم الميتى	وزن العيطة (g)	أبعاد العيطة			قوة الكسر (N)	المقاومة الاسطوانية المحتملة (Mpa)
		ارتفاع (مم)	عرض (مم)	طول (مم)		
1	2232	104	101	101	160000	14.85
1	2184	100	100	100	142000	13.85
1	7236	151	150	152	370000	15.93
2	2187	104	101	101	110000	10.21
2	2175	100	102	102	112000	10.71
2	2221	102	100	101	156000	14.91
2	2147	100	101	102	150000	14.48
3	2141	101	100	100	185000	17.86
3	2084	99	100	100	95000	9.36
3	2371	99	103	101	171000	16.35
4	2250	101	102	101	133000	12.59
4	7537	153	153	153	376000	15.66
4	7336	153	152	152	356000	14.93
5	2151	101	101	101	91000	8.70
5	2230	101	101	102	110000	10.51
5	2197	100	100	100	215000	20.96
6	2163	100	101	102	131000	12.65
6	1987	102	101	100	42000	3.97
6	1979	100	100	101	42000	4.10
7	2311	100	101	101	158000	15.25
7	2304	100	99	102	137000	13.49
7	2385	102	99	103	227000	21.92

كما تم أخذ عينات فولاذ تسليح من العناصر الإنشائية وأجري لها اختبارا الشد والنتي. يلخص الجدول(2) نتائج الاختبار لعينات فولاذ مأخوذة من الأعمدة والجوائز في سبعة أبنية منهارة في مدينة جبلة، حيث يظهر من هذه النتائج أن بعض عينات قضبان الفولاذ لا تحقق نسبة f_u/f_y المطلوبة (يجب أن تقل هذه النسبة عن 1.25 كما يشترط الكود [2]). يبين الشكل(27) عينات الفولاذ المأخوذة قبل وبعد إجراء الاختبار.

بعض الدروس الهندسية المستفادة من تصدع وانهيار الأبنية السكنية في مدينة جبلة بتأثير زلزال
تركيا-سوريا 2023

جدول(2): نتائج اختبار قضبان الفولاذ المأخوذة من العناصر الإنشائية في الأبنية المنهارة-جبلة

رقم المبنى	القطر الإسمي (mm)	الطول (mm)	الوزن (g)	قوة المرونة (N)	قوة الانهيار (N)	إجهاد المرونة (MPa)	إجهاد الانهيار (MPa)	الاستطالة (%)	fu/fy
1	12	680	564	52000	70000	460.01	619.25	15.0	1.35
1	12	663	562	54000	61000	477.71	539.63	13.3	1.13
1	12	606	514	56000	70000	495.40	619.25	15.0	1.25
1	12	687	541	56000	66000	495.40	583.86	15.0	1.18
1	12	625	540	56000	68000	495.40	601.56	23.3	1.21
1	12	685	564	52000	61000	460.01	539.63	21.7	1.17
1	12			تني	لم يحدث أي تشقق				
2	12	760	646	49000	60000	433.47	530.79	26.7	1.22
2	12	705	600	56000	73000	495.40	645.79	21.7	1.30
2	12	640	562	56000	66000	495.40	583.86	26.7	1.18
2	12	585	519	56500	71000	499.82	628.10	26.7	1.26
3	10	589	353	34000	46000	433.12	585.99	10.0	1.35
3	12	603	516	54000	62000	477.71	548.48	23.3	1.15
3	12	525	427	56000	76000	495.40	672.33	15.0	1.36
3	12	665	545	56000	76500	495.40	676.75	18.3	1.37
3	12			تني	لم يحدث أي تشقق				
4	12	725	590	56000	70000	495.40	619.25	20.0	1.25
4	12	610	507	54000	61000	477.71	539.63	16.7	1.13
4	12	630	538	56000	68000	495.40	601.56	21.7	1.21
4	12	620	458	56000	56000	495.40	495.40	13.3	1.00
4	12			تني	لم يحدث أي تشقق				
5	12	745	611	56000	63500	495.40	561.75	18.3	1.13
5	12	595	488	54000	63000	477.71	557.32	21.7	1.17
5	12	615	485	56000	63000	495.40	557.32	16.7	1.13
5	10	555	336	34000	44000	433.12	560.51	11.0	1.29
5	10	682	404	34000	49000	433.12	624.20	20.0	1.44

1.18	20.0	610.95	519.95	94000	80000	728	646	14	6
1.18	20.0	591.45	500.45	91000	77000	647	585	14	6
1.59	11.0	687.90	433.12	54000	34000	369	640	10	6
1.26	28.3	513.09	406.94	58000	46000	562	660	12	6
1.40	18.3	521.94	371.55	59000	42000	489	593	12	6
1.42	16.0	624.20	439.49	49000	34500	443	735	10	6
1.27	14.0	535.03	420.38	42000	33000	407	685	10	6
1.38	18.3	632.52	460.01	71500	52000	547	673	12	7
1.31	15.0	623.67	477.71	70500	54000	504	617	12	7
1.14	16.7	583.86	513.09	66000	58000	434	505	12	7
لم يحصل تشقق				تتي				12	7
لم يحصل تشقق				تتي				12	7



الشكل(27): عينات فولاذ التسليح المأخوذة من الأبنية المنهارة - جبلة

4-3 مشاكل تتعلق بتربة التأسيس

تبين عند الكشف على الأساسات وأخذ عينات من تربة التأسيس أن منسوب التأسيس كان منخفضاً (حوالي 50سم) وأقل من المنسوب المحدد في تقرير ميكانيك التربة المرفق مع رخصة البناء (حوالي 2م)، وأن بعض الأبنية تم تشييدها في منطقة كانت ساقية بدون الحفر حتى الوصول إلى عمق التأسيس المناسب كما يبين الشكل(28).

تم أخذ عينات من تربة التأسيس وإجراء الاختبارات عليها فتبين من هذه الاختبارات أن قدرة تحمل التربة كانت أكبر بقليل من القيمة المحددة في تقرير ميكانيك التربة المرفق بالرخصة (مثلاً كانت تربة التأسيس تحت بعض الأبنية غضارية ذات لون بني فاتح، قدرة تحملها نتيجة الاختبار 1.8kgf/cm^2 ، بينما كانت قدرة تحمل التربة في تقرير ميكانيك التربة المرفق بالرخصة حوالي 1.75kgf/cm^2).



الشكل(28): الكشف على الأساسات وأخذ عينات من تربة التأسيس - جبلة

4-4 دراسة الأضابير الفنية للأبنية المنهارة

تبين من خلال دراسة الأضابير الفنية والرُخص لعدد من الأبنية المنهارة التي تمت معاينتها في مدينة جبلة عدم وجود جملة إنشائية مقاومة للحمولات الزلزالية في الدراسة، والاكتفاء بالتصميم على الحمولات الشاقولية في غالبية الأبنية المنهارة، أو عدم تنفيذ الجملة الإنشائية المقاومة للحمولات الزلزالية (جملة جدران القص) المعتمدة وفق الدراسة الإنشائية في المذكرة الحسابية لأبنية أخرى.

كما لم تتضمن الأضابير نتائج اختبارات المواد (تربة، حصويات، بيتون، فولاذ التسليح) مما يدل على عدم أخذ عينات ومراقبة المواد والبيتون وفولاذ التسليح، إضافة إلى الاختلاف الذي لوحظ بين المذكرة الحسابية والمخططات من جهة وبين الدراسة الإنشائية والواقع المنفذ من جهة ثانية من حيث أبعاد العناصر الإنشائية وتسليحها.

فبالرغم من احتمال تعرض هذه الأبنية إلى تضخيم للأمواج الزلزالية بسبب تربة الموقع حيث كانت مشبعة بالماء نتيجة استمرار الأمطار لعدة أيام قبل وخلال حدوث الزلزال -الأمر الذي يحتاج لمزيد من التحري والكشف- إلا أنّ عدم وجود جمل إنشائية مقاومة للزلازل في الأبنية المنهارة بالإضافة إلى ما ذكر أعلاه حول المواد المستخدمة وعدم التقيد باشتراطات الكود السوري وعدم متابعة الإشراف على التنفيذ قد يكون له الدور الأكبر في انهيار هذه الأبنية. وقد لوحظ وجود نقص في المعطيات المتوفرة حول الخصائص الديناميكية لتربة التأسيس والتي كان من المفترض أخذها بالاعتبار في مرحلة التصميم الإنشائي للأبنية المشيدة في المناطق الزلزالية.

الاستنتاجات:

انطلاقاً من المشاهدات الميدانية التي تم توثيقها خلال الكشف على بعض الأبنية المتصدعة والمنهارة في مناطق مختلفة من مدينة جبلة، وبعد دراسة الأضابير الفنية للأبنية المنهارة يمكن تلخيص النتائج التالية:

- لعبت جدران القص دوراً إيجابياً هاماً في الأبنية التي تحوي جملة جدارية، فبالرغم من أنها تزيد كتلة البناء وتقلل دوره مما قد يزيحه لمنطقة الاستجابة الأعظمية في الطيف التصميمي (حادثة الطنين) إلا أن وجودها منع حدوث إزاحات طابقية كبيرة وبالتالي قللت الأضرار بشكل كبير.
- جميع الأبنية المنهارة التي تمت معاينتها لم تحوِ جملة مقاومة للحمولات الأفقية، كما لم يتم الالتزام باشتراطات الكود العربي السوري من حيث الأبعاد وتفصيلات التسليح.
- نوعية المواد المستخدمة في جميع الأبنية التي تمت معاينتها لعبت دوراً سلبياً في سلوك الأبنية تحت تأثير الزلزال.
- أهم العوامل التي ساهمت في حصول الانهيارات والتصدعات وجود أخطاء إنشائية تصميمية أو تنفيذية كبيرة وعدم الالتزام باشتراطات الكود العربي السوري من حيث الأبعاد وتفصيلات التسليح.

التوصيات:

- ضرورة التشديد على وجود مهندس مدني مشرف اختصاص إنشائي وجيوتكنيك عند تشييد المنشآت الهندسية المختلفة. يشرف على التقيد التام بالمخططات الإنشائية وعدم إجراء أي تغيير بدون موافقة من المهندس الدارس.
- ضرورة مراقبة المواد المستخدمة في الإنشاء واختبارها بدءاً من البحص والرمل قبل البدء بالتنفيذ، إلى البيتون وفولاذ التسليح والبلوك خلال التنفيذ وبشكل دوري.

- عدم التساهل بإعطاء موافقات لطوابق إضافية في الأبنية بدون إجراء دراسة شاملة بدءاً من التربة والأساسات إلى الأعمدة...
- ضرورة التشديد على إجراء سبور عميقة نوعاً ما لتعطي صورة صحيحة عن تربة الموقع.
- ضرورة إجراء صيانة دورية للمنشآت الهندسية لحمايتها من الصدأ ومن العوامل الجوية والبيئية المختلفة في منطقة الساحل السوري، واتخاذ التدابير الصارمة لمنع تفاقم المشاكل الناتجة عن صدأ الفولاذ. وأن تأخذ الجهات الإدارية دور الضامن لإجراء الصيانة في حالات صدأ فولاذ التسليح وتسرب المياه المؤثر على العناصر الإنشائية.
- من المهم إعداد خرائط جيولوجية لكل منطقة عقارية، وأن تستند ضابطة البناء إلى هذه الخرائط، وبالتالي يتم تحديد نوع المنشآت الهندسية وعدد الطوابق المسموحة في كل منطقة انطلاقاً من هذه الخرائط.
- ضرورة إعداد طيف استجابة مناسب خاص بمنطقتنا استناداً إلى دراسات محلية، عوضاً عن استخدام طيف استجابة تصميم قد لا يتناسب مع منطقتنا.
- الاهتمام بدور جدران البلوك وتأثيرها على صلابة المبنى وضمان أن مقاومة البلوك المستخدم يحقق اشتراطات المواصفة القياسية السورية والكود المعتمد، والتشديد على أن يتم تنفيذ جدران البلوك للأبنية السكنية خلال فترة محددة وعدم ترك بعض الطوابق بدون تقطيع لفترة طويلة في حين باقي الطوابق مكسية ومسكونة، وكذلك عدم السماح بتغيير أماكن القواطع وذلك لتجنب خلق اختلاف في الصلابة بين الطوابق.

المراجع:

[1] Evangelia GARiNI and George GAZETAS, “The 2 earthquakes of February 6th 2023 in Turkey & Syria, Second Preliminary Report (8-2-2023)”, Emergence of Fault Rupture, Accelerograms. NTUA, Greece.

[2] الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة 2018.

[3] الملحق رقم(2) للكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة 2013.

[4] <https://tadas.afad.gov.tr/>.

التقييم الحراري للعناصر المعمارية التقليدية المستدامة في الأبنية السكنية الحديثة "مدينة حماه مثالا"

طالبة الدراسات العليا: رنا الشيخ ابراهيم كلية الهندسة المعمارية-جامعة البعث

إشراف الدكتور: مؤنس الجراحي

الملخص

ارتبطت العمارة السكنية على مرّ العصور بالعديد من التغيرات الاقتصادية والسياسية والاجتماعية، وتغيّر تصميم المسكن من حيث الشكل والوظائف تبعاً حيث تحوّل المسكن التقليدي إلى المسكن الحديث نتيجة للتأثر بالعمارة الغربية، وابتعدت عمارة المساكن عن الهوية المحلية والطابع المعماري التقليدي وأغفلت الاحتياجات الإنسانية والمعايير البيئية ممّا أفقد المسكن توازنه المادي والروحي، وفي إطار السعي الدائم لتطوير الخصائص السكنية بما يتلاءم مع المتطلبات العصرية تظهر الدعوة إلى المسكن التقليدي للاستفادة من الخصائص البيئية والاجتماعية والإنسانية والوظيفية التي يحققها من خلال عناصره المتكاملة، حيث أنّ إيجاد الحلول للمسكن المعاصر رؤية معمارية تكمن في الاستفادة من معطيات العمارة التقليدية وتوظيف عناصرها المستدامة بأسلوب حديث يحقق الاستمرارية مع معطيات العصر الحالي ويؤدي إلى الارتقاء بجودة البيئة السكنية والواقع السكني.

كلمات مفتاحية: مسكن تقليدي، عمارة تقليدية، فناء داخلي، خصوصية المسكن، احتياجات إنسانية

Thermal Evaluation of Sustainable Traditional Architectural Elements in Modern Residential Buildings "Hama City as an Example"

Prepared By: Rana Loai Alsheikh Ibraheem

Supervised By: Dr: Mounes Al- Jarayhi

Summary

Over the ages, residential architecture has been associated with many economic, political and social changes. Dwelling design has been changed, dwelling architecture become far from local identity and the traditional architectural character. It ignored humanitarian needs and environmental criteria. As a result the dwelling lost its spiritual and material balance. As part of the constant quest to develop housing properties in a way the cope with modern requirements, the need for traditional dwelling appears in order to benefit from the environmental, social, humanitarian and functional properties that this dwelling provides due to its integrated elements. Where finding solutions for modern dwelling can be regraded as a architectural vision that lies in the heart of benefiting from traditional architecture and employing its sustainable development following modern style that fulfills continuity with the data of current era and leads to improving the quality of residential environment and housing reality.

Keywords: traditional dwelling, traditional architecture, inner courtyard, privacy of the dwelling, human needs

مقدمة البحث

لطالما ارتبطت العمارة على مرّ العصور بالمكان والمراحل الزمنية المتجددة والمتبدلة، وتفاعلت معها ومع التطورات التي مرت بها البشرية وانسجمت مع قيمها ومبادئها وعاداتها وتقاليدها من خلال نتاج معماري محلي شكل عمارة ذات صبغة تراثية، ونظراً لأهمية العمارة التقليدية كان لا بدّ من التفكير بإحيائها بما يتناسب مع معطيات العصر وإعادة توظيف عناصرها التي أثبتت كفاءتها المعمارية والبيئية على مدى عصور وحقب زمنية متعددة، وبناءً عليه جاء هذا البحث للتأكيد على الدور الفعال الذي لعبته عناصر العمارة التقليدية والوقوف على المفردات المستدامة منها، وإعادة توظيفها بالطريقة المناسبة للتغلب على المشاكل التي يعاني منها الواقع السكني المعاصر، والوصول لمحددات تميّز العمارة السكنية في مدينة حماه، وتكون نابعة من روح العمارة التقليدية المحلية في المنطقة ومنسجمة مع الظروف المناخية والبيئية والاحتياجات الإنسانية.

إشكالية البحث

تراجع الاهتمام بالجوانب البيئية المؤثرة على تصميم المجمعات السكنية، وما نتج عنه من آثار سلبية على قطاع الإسكان وتطوره، وافتقار المباني السكنية الحالية للمعايير الإنسانية في التصميم، إضافة لفقدانها للطابع المعماري المحلي نتيجة للانقطاع عن العمارة التقليدية والجنوح نحو العمارة الحديثة، وحددت الدراسة المشكلة البحثية في الإجابة على السؤال التالي: ما هي عناصر العمارة المحلية التقليدية المستدامة اللازمة لإنتاج عمارة سكنية محلية تواكب روح العصر وتحافظ على الأصالة والهوية الحضارية؟

هدف البحث: دراسة العناصر المعمارية العربية التقليدية وتوظيف المستدامة منها في تصميم المباني السكنية الحديثة والمستقبلية في المنطقة الوسطى، في سبيل الحفاظ على البيئة المحلية وتحقيق الاحتياجات الإنسانية الأساسية والارتقاء بمستوى الأداء الحراري للأبنية السكنية.

منهجية البحث: تتضمن محورين رئيسيين هما:

1. محور نظري: يعتمد على دراسة نظرية لبعض المفاهيم المتعلقة بالبحث، وجمع البيانات والمعلومات من المراجع المناسبة.
2. محور عملي: يعتمد على طريقة تحليلية تستنبط النتائج من واقع السكن في مدينة حماه والوصول إلى حل أمثل لتحقيق المسكن الملائم استناداً إلى أسس العمارة العربية التقليدية.

1- الاستدامة في العمارة التقليدية: كان مفهوم الاستدامة متواجداً في طريقة معيشة المجتمعات التقليدية وفي نمط حياتهم، ويؤكد "بريان ادواردز" _ وهو أحد أهم المتخصصين في الاستدامة والعمارة الخضراء_ على أسس الاستدامة في العمارة التقليدية بقوله: "لقد تمكنت العمارة التقليدية من مزج أبعاد الاستدامة الاجتماعية مع المتطلبات البيئية لتشكيل عمارة مستدامة متوافقة مع البيئة"[1]، وبناء عليه معظم أسس وتقاليدهم العمارة العربية التقليدية من حيث التخطيط العام وتكوين العناصر لا تزال صالحة بأن تفي باحتياجات الناس في الحاضر والمستقبل[2].

2-العناصر المعمارية التقليدية المستدامة

2-1-الفناء الداخلي: تعتبر الأفنية الداخلية المكشوفة القاسم المشترك بين المباني التقليدية حيث وفّرت الأماكن المظلة في الصيف والخصوصية التامة لسكان

المنزل¹[3]، وظهرت الأفنية بشكل رئيسي في مساكن العصر الفاطمي والمملوكي ولكنها تميزت في العصر العثماني حيث أدخلت إليها العديد من العناصر الجديدة التي تفتح كلياً على الفناء الداخلي كالتختبوش والمقعد²[4]، ويساعد الفناء في خفض درجات الحرارة نتيجة الظلال الناتجة عن تقابل أضلعه³[5] ويعتبر فراغاً رئيسياً للنشاط الاجتماعي إضافة إلى الحماية من الضوضاء والتلوث الخارجي وتوفير الإضاءة الطبيعية⁴[4].

الفناء في العمارة المعاصرة: اتّجه العديد من المعماريين لإعادة استخدام الأفنية الداخلية في العمارة العربية المعاصرة وسلكوا في هذا السبيل اتجاهات متعددة فمنهم من نادى بنقل وتقليد الأفنية التقليدية بعناصرها وأشكالها وعلاقاتها الفراغية وسمّي بالاتجاه الإحيائي الصريح، ومنهم من نادى بدراسة وتحليل الأفنية واستنباط أسس ومعايير تصميمها وسمّي بالاتجاه التاريخي، ومنهم من نادى بإحياء الأفنية الداخلية التقليدية المحلية في منطقة معينة وسمّي بالاتجاه المحلي، وهناك من دعا لأفنية داخلية جديدة مغايرة وغير مألوفة وأطلق عليه اتجاه الخروج عن المألوف⁵[6].

أمثلة لتوظيف عنصر الفناء الداخلي في العمارة السكنية المعاصرة

مثال 1: تمّ توظيف عنصر الفناء الداخلي في المبنى السكني حيث يشكّل حديقة داخلية ضمن المسكن ويعتبر بمثابة الرئة له.

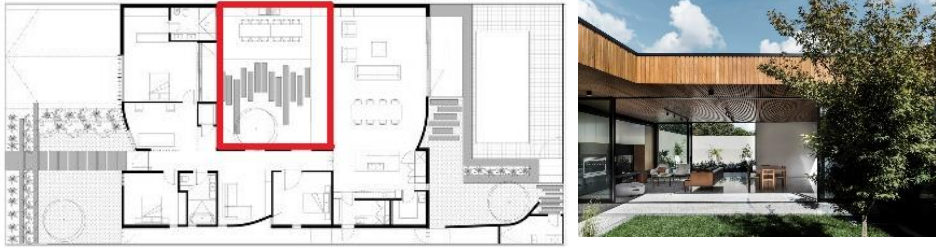
¹ جميل، د. سميرة، المناخ والعمارة، ص 40

² إبراهيم، دينا، المضمون الإسلامي وأثره في بلورة الرؤية التصميمية للمسكن المعاصر، ص 5

³ -جبور، زهير_ بركات، حسام، علوم البيئة، ص 233

⁴ مرجع سابق، ص 40

⁵ عشي، عبد المسيح، المعايير التصميمية للأفنية الداخلية في العمارة العربية، ص 5



الشكل (1)، توظيف الفناء الداخلي في العمارة السكنية المعاصرة-نموذج سكني أول، [34]

مثال 2: تم تصميم المبنى بحيث يشكل الفناء الداخلي عنصراً أساسياً تفتتح عليه فراغات المبنى لتستمدّ منه التهوية والإضاءة الطبيعية.



الشكل (2)، توظيف الفناء الداخلي في العمارة السكنية المعاصرة-نموذج سكني ثاني، [34]

2-2-المشربية: وهي عبارة عن حيز بارز ذي فتحة منخلية توضع فيه جرار الماء الصغيرة لتبرد بفعل التبخير الناتج عن تحرك الهواء عبر الفتحة، أمّا الآن فيطلق الاسم على فتحة ذات شبكة منخلية ومنتظمة بشكل هندسي زخرفي¹ [7] واستخدمت البلكونة المحمية كبديل عن المشربية، وبالنسبة للمشربية الاسطوانية فقد استعملت في أوائل القرن العشرين وتعتبر من الحلول الاقتصادية للمشربية² [8].

صياغة جديدة للمشربية: أتاحت التكنولوجيا مجالات واسعة للتشكيل بالضوء والظل باستخدام أجهزة الاستشعار وتكنولوجيا المعلومات، حيث أصبح بالإمكان تصميم نماذج حديثة من المشربيات تعتمد على الألياف الزجاجية وتتم برمجتها وفقاً لحركة الشمس للحدّ

¹ فتحي، حسن، الطاقات الطبيعية والعمارة التقليدية، ص 94

² سعيد، صلاح زكي، بيوت أحياء القاهرة القديمة في القرن التاسع عشر، ص 85

من درجة الحرارة داخل المبنى، ويساعد ذلك في تقليل اكتساب المبنى للطاقة الحرارية بنسبة (50%) [9]، وعند دمج العمارة التقليدية مع التكنولوجيا يمكن إنتاج وسائل حديثة للتغلب على تحديات المناخ والظروف البيئية، فالمشربيات القابلة للفتح والإغلاق تساهم في التخفيف من الوهج الشمسي ومنع دخول أشعة الشمس المباشرة إلى داخل الفراغ وبالتالي تقليل الحمل الحراري¹ [10] واستخدام الحواجز المخرمة يساعد على توفير الإضاءة الطبيعية النصف مباشرة وتقليل الحمل الحراري الكلي [11].



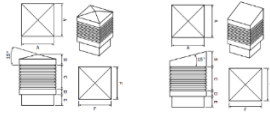
الشكل (3)، صياغة جديدة للمشربية، [10]

2-3-الملقف: وهو عبارة عن مَهْوَى يعلو المبنى وله فتحة مقابلة لاتجاه هبوب الرياح السائدة لاقتصاص الهواء المار فوق المبنى وتبريده وترطيبه ثم دفعه إلى داخل المبنى [7]، ويمكن الدمج بين تقنيات التهوية الحديثة وملقف الهواء التقليدية لتوفير الراحة الحرارية مع تقليل استخدام الطاقة الكهربائية [28]، ونكمن الغاية من استخدام ملقف الهواء في العمارة المعاصرة في قدرتها على تقليل الرطوبة النسبية ودرجة حرارة الهواء الداخلي إضافة لتحقيق الراحة الحرارية الداخلية في البيئات ذات المناخ الحار [29]، وتعددت استخدامات الملقف في العمارة المعاصرة، ونذكر منها:

نظام ملقف مونودروت (Monodraught): وهو نظام تقنية تهوية طبيعية يعتمد على ملقف الهواء أطلقته شركة بريطانية عام 1990، وتستفيد هذه التقنية من ميزات المدخنة

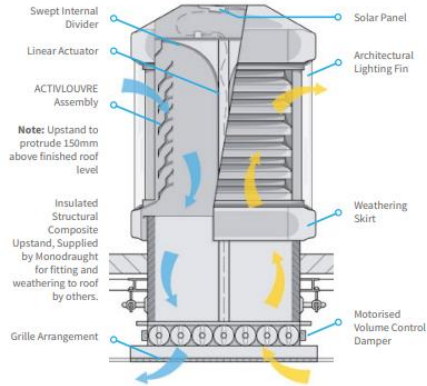
¹ سلامة، هيام مهدي، المشربية في العمارة الإسلامية بين أصالة الفكر وحدائث التطبيق، ص 723

السلبية (الدفع الحراري) والرياح التي تدفع الهواء [12]، ويساعد تدرج ضغط الكتل الهوائية الداخلية والخارجية على ارتفاع الهواء الدافئ ومن ثم يتشتت في الغلاف الجوي، ويتكون نظام التهوية من فتحات تهوية خارجية ثابتة وفتحات تهوية داخلية توفر أقصى معدلات التهوية الطبيعية عند فتحها [30].



الشكل (4)، يوضح تفاصيل ملفف مونودروت،

[30]



الشكل (4)، مقطع في ملفف مونودروت، [30] الشكل (5)، يوضح ملفف مونودروت، [35] 3- العمارة والبيئة: يعتبر قطاع البناء من أكثر القطاعات تأثيراً على البيئة لذلك لا بد أن يكون للعمارة بصمتها في مجال الاستدامة للتقليل من هذه الآثار السلبية والحفاظ على الموارد [13]¹، والعمارة البيئية هي حركة أو تيار في العمارة المعاصرة تهدف لإنشاء مباني صديقة للبيئة [14]².

3-1- العمارة المستدامة: وهي منظومة عالية الكفاءة تتوافق مع البيئة بأقل مستوى من الأضرار الجانبية، والتصميم الجيد للعمارة المستدامة يتحقق من خلال تكامل مبادئ العمارة التقليدية مع نظم ووسائل التكنولوجيا الحديثة [15]³ والاقتصاد في استخدام الموارد الحالية قدر الإمكان لتوفيرها للأجيال القادمة [16]⁴.

¹ سلمان، مها، التوجهات الحديثة للعمارة المستدامة، ص 27.

² بابا، ديالا، دراسة خصائص السكن الريفي المستدام، ص 26.

³ ناعسة، وائل، أثر المرونة في عملية تصميم وتنفيذ الأبنية السكنية المستدامة، ص 24

⁴ رشيد سدر، حازم، التصميم المعماري والمناخي للأبنية السكنية في فلسطين، ص 11

3-2-2- معايير تقييم المباني

3-2-2-1- معيار (LEED): في عام 1993م تم تأسيس فكرة مجلس الأبنية الخضراء الأمريكي (USGBC)، وفي عام 1998م نشر أول إصداراته وهو منظومة (LEED) وهو اختصار ل (Leadership in Energy and Environmental Design)، ويعتبر من أهم الأنظمة وأكثرها استخداماً للتقييم البيئي¹[17].

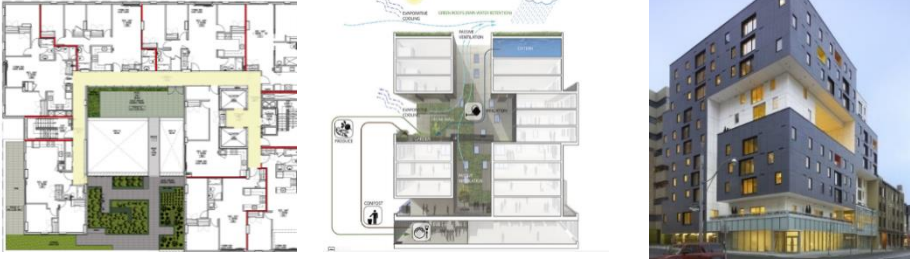
3-2-2-1- مقارنة بين معيار نظام الليد ومبادئ العمارة العربية التقليدية

جدول(1)، مقارنة بين معيار الليد ومبادئ العمارة العربية التقليدية، عمل الباحث بالاستناد إلى المراجع[18]- [19]	
معايير نظام الليد	مبادئ العمارة العربية التقليدية
1. مواقع مستدامة	يراعى في تخطيط المدينة العربية التقليدية توفر الماء كأن يكون البلد على نهر أو إزاء عيون عذبة[18]، إضافة لإحاطة المدن بأسوار وأن تكون في مكان ممتنع[19].
2. كفاءة المياه	حفر السدود وقنوات الري والآبار في سبيل إيصال الماء إلى المنازل
3. كفاءة الطاقة	-الاعتماد على مواد البناء المحلية الصديقة للبيئة -التوجه إلى الداخل نحو أفنية داخلية
4. جودة البيئة الداخلية	-استخدام ملاقف الهواء يساعد على تأمين التهوية -الانفتاح على أفنية داخلية يساهم في تحقيق التهوية الطبيعية -استخدام المشربيات يساعد على تحقيق الراحة الضوئية والحرارية
5. مواد وموارد	الاعتماد على المواد المحلية في البناء

3-2-2-1- أمثلة لأبنية سكنية تتوافق مع معيار (LEED): مبنى ريتشموند السكني والذي يقع في كندا ويعتبر من مشاريع الإسكان الحديثة الرائدة في مجال التصميم المستدام، وحصل المبنى على عدة جوائز منها التميز في التصميم المعماري المستدام

¹ الجبلاوي، كمال، حلول نابعة من السكان لحل مشكلة الإسكان من خلال الامتدادات، ص5

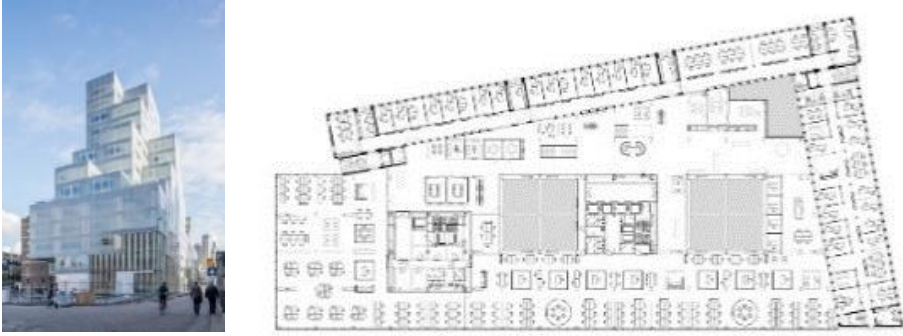
اونتاريو عام 2010م وجائزة التميز المعماري الكندية عام 2007م بالإضافة لحصوله على شهادة LEED.



الشكل (6)، تفاصيل مبنى ريتشموند السكني، [34]

3-2-2-3- معيار (BREEAM): وهو أحد الأنظمة الرائدة للتقييم البيئي للمباني، ويتبع مجموعة من المعايير القياسية للتصميم المستدام، ويعتمد على عدة نقاط وهي: إدارة المشروع، صحة المستخدمين، جودة البيئة، الطاقة، النقل، المياه، الخامات والمخلفات، استعمال الأرض والبيئة، التلوث، ويتم إعطاء كل نقطة من النقاط السابقة تقيماً ليتم تجميع الدرجات معاً لإعطاء تقييم نهائي للمبنى (مقبول-جيد-جيد جداً-ممتاز) [20].

3-2-1- أمثلة لأبنية سكنية تتوافق مع معيار (BREEAM): نذكر منها مبنى تيمرهويس السكني والذي يقع في هولندا في نوتردام، ويعتبر من المشاريع السكنية التي تحقق معايير التصميم المستدام فهو حاصل على شهادة BREEAM وعلى شهادة ISO 1400، ويمثل المبنى إضافة معمارية للمدينة فهو يعكس هوية المدينة ويوحد المكاتب والأماكن العامة والسكنية في الوقت نفسه، ويشكل منارة للاستدامة.



الشكل (7)، مخططات مبنى تيمرهويس السكني، [34]

3-3- استراتيجيات تكييف المبنى مع البيئة والمناخ: هناك العديد من الإجراءات المتبعة لتخفيف استهلاك الطاقة في المباني وتحقيق التوافق مع المناخ المحلي والبيئة المحيطة بالمبنى، نذكر منها [21]:

1. اختيار الموقع: يساهم موقع المبنى في التباين في استهلاك الطاقة بما يقارب 46%، حيث يفضل أن يكون موقع المبنى قريباً من وسائل النقل العامة ومراكز الأنشطة والخدمات الرئيسية.

2- زيادة نسبة المساحات المفتوحة، وزراعة الأشجار العالية في الشرق والغرب والاستفادة من خاصية التحكم في الإشعاع الشمسي التي تحققها العناصر الخضراء.

3. حماية الأسطح ومعالجتها: يفضل طلاء سقف المبنى بألوان فاتحة تعكس أشعة الشمس وتقلل من الحرارة المكتسبة داخل المبنى وزراعة الأسطح حيث يمكن للأسطح المزروعة أن تقلل من الطاقة المستهلكة للتدفئة والتبريد بنسبة 17%.

4. التحكم بسرعة الرياح: يمكن التحكم بسرعة الرياح من خلال استخدام مصدات الرياح مثل الأشجار حيث تعمل على تقليل ضغط الرياح وسرعتها بنسبة (75-85) %.

4-التحكم الحراري بالمبنى

4-1- الانتقال الحراري بين البيئة الخارجية والوسط الداخلي للمبنى: يمثل الانتقال الحراري ظاهرة فيزيائية معقدة حيث تعتبر الحرارة شكلاً من أشكال الطاقة، ويتم الانتقال

الحراري بين البيئة الخارجية والوسط الداخلي للمبنى من خلال الجدران والأسقف والفتحات، ويحدث التبادل الحراري بين المبنى والبيئة الخارجية عن طريق أربعة أشكال وهي الإشعاع والتوصيل والحمل والبخر¹[22].

4-2-4- حساب قيمة الأحمال الحرارية

4-2-4-1- الطريقة الحسابية باستخدام المعادلات الرياضية: يمكن حساب قيمة الحملات الحرارية التي يكتسبها المبنى من خلال المعادلة التالية [23]:

$$Q = U . A . (t_i - t_e)$$

حيث Q تعطي قيمة الحملات الحرارية الكلية أما U يمثل معامل الانتقال الحراري للكلية ويعطى بالعلاقة:

$$U = \frac{1}{(R_{si} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{d_i}{\lambda_i} + R_c + R_{se})}$$

4-2-2-4- باستخدام البرمجيات: يمكن تقليل استهلاك الطاقة في مرحلة التصميم باستخدام المعرفة في علم المناخ والهندسة الشمسية، ويتم تحليل استهلاك الطاقة باستخدام برمجيات عديدة ومنها برنامج DesignBuilder.

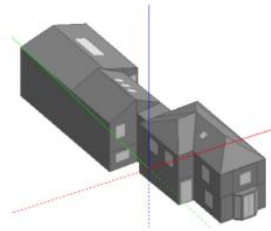
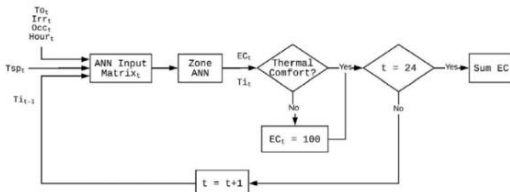
نبذة عن البرنامج: يعرف بأنه واجهة مستخدم رسومية متقدمة تم تطويرها لتشغيل أداة محاكاة الطاقة لتقييم استهلاك الطاقة في المباني²[31]، ويمكن عرض نتائج المحاكاة وتحليلها بشكل فعال ويضمن البرنامج إجراءات مراقبة الجودة التي تضمن دقة النتائج[32].

¹ عفيفي، أمين، العمارة المتوافقة بيئياً كمدخل للحفاظ على المباني ذات القيمة التراثية في مصر، ص94

² S Pawar, Bhagyesh- Kanade, G.N, Energy Optimization of Building Using Design Builder Software, p71

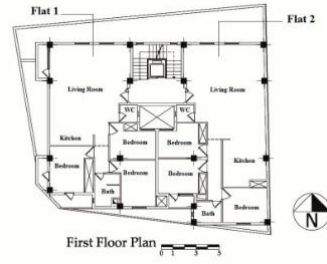
الدراسات السابقة التي استخدمت البرنامج:

1. دراسة (A zone-level, building energy optimisation combining an artificial neural network, a genetic algorithm, and model predictive control) للباحثين (Yacine Rezgui, Alan Kwan, Jonathan Reynolds) (Solene Piriou) وتناولت موضوع تحسين الطاقة في المبنى حيث "هناك فرصة لتطوير جيل جديد من وحدات التحكم في الأبنية الذكية، وفي هذا العمل تم إنشاء شبكات عصبية اصطناعية بديلة على مستوى المنطقة تأخذ الطقس والإشغال ودرجة الحرارة الداخلية كمدخلات، ويتم استخدامها كمحرك تقييم بواسطة خوارزمية جينية بهدف التقليل من استهلاك الطاقة"، وتم بناء تلك الخوارزمية بالاعتماد على برنامج DesignBuilder[33].



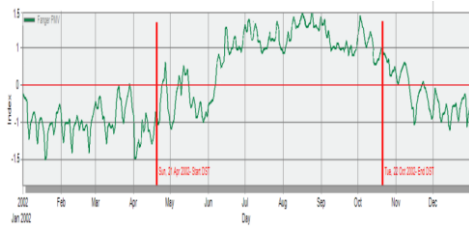
الشكل (8) يوضح المبنى، [33] الشكل (9) يوضح الخوارزمية المتبعة، [33]

2. دراسة (Effects of Vernacular Climatic Strategies (VCS) on Energy Consumption in Common Residential Buildings in Southern Iran: The Case Study of Bushehr City) للباحثين (Amin Mohammadi , Mahmoud Reza Saghafi Mansoureh Tahbaz and Farshad Nasrollahi) ونقوم على دراسة آثار الاستراتيجيات المناخية العامة (VCS) على استهلاك الطاقة في المباني السكنية المشتركة في جنوب إيران، وتم الاعتماد في الدراسة على برنامج DesignBuilder لدراسة الحلول المناخية القائمة على تحسين كفاءة الطاقة من خلال التطبيق على مبنى سكني متوسط الارتفاع [27].



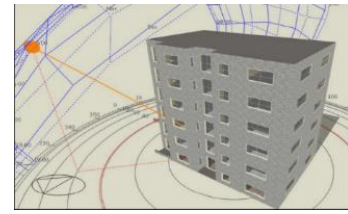
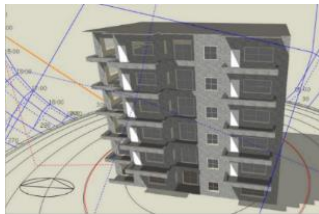
الشكل (10) يوضح المبنى المدروس، [27]

3. دراسة (تعديل تصميم المباني السكنية القائمة في فلسطين لتكيف مع بيئتها في ظل التغير المناخي) للباحثة (داليه محمد عبد القادر يامين) وتعتمد الدراسة على استخدام التقنيات الحديثة لتحديد مدى تأثير عناصر التصميم البيئي على الأداء الحراري للمبنى السكني وذلك باستخدام برنامج المحاكاة الحرارية من أجل التحليل الكمي للمتغيرات المختلفة [24].



الشكل (12)، دراسة مستوى الراحة الحرارية، [24].

الشكل (11)، يوضح المبنى، [24].

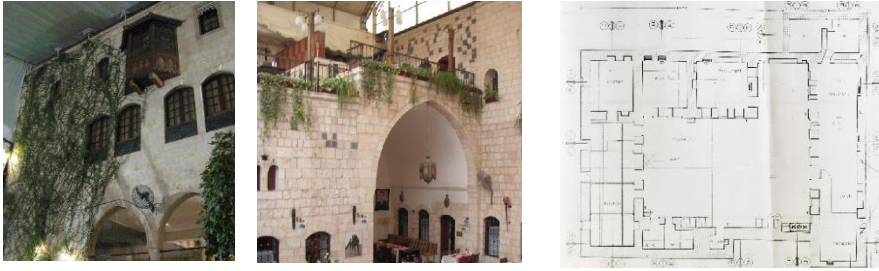


الشكل (13)، يوضح دراسة توجيه المبنى وتأثيره على الأداء الحراري للمبنى، [24].

ومن خلال العرض السابق للدراسات السابقة التي استخدمت برنامج (DesignBuilder) يتضح لنا أهمية برنامج المحاكاة المستخدم وانتشاره في مجال تحسين الأداء الحراري، وأهميته في المساعدة في التصميم المناخي لأي مبنى قبل البدء بعملية التصميم.

5- الدراسة التحليلية

5-1- مبنى سكني تقليدي في مدينة حماه: يقع المبنى في حي الطوافة ويمتاز بالانفتاح نحو فناء داخلي وتوظيف العديد من العناصر التقليدية مثل الإيوان والأقواس والبحرة والمدخل المنكسر والمشربيات.

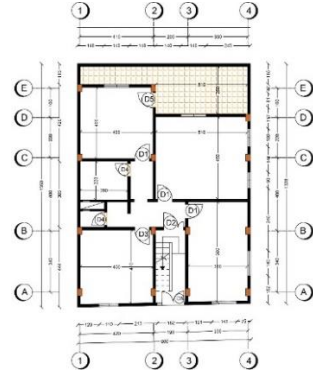
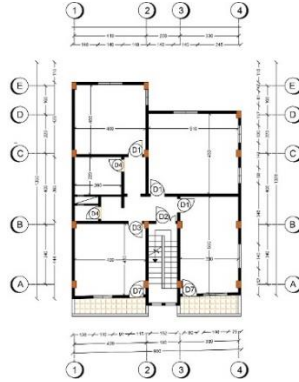


الشكل (14)، المسقط الأفقي للمبنى [25] الشكل (15)، يوضح الفناء الداخلي، [36]

دراسة المبنى وفق محددات الدراسة التحليلية: يتوافق المبنى مع البيئة المحلية والطابع المعماري التقليدي من خلال البناء بالمواد المحلية وتوظيف العناصر المعمارية التقليدية المستدامة كالفناء الداخلي والإيوان والمشربيات والأقواس، ولعب التشكيل المعماري للمبنى دوراً هاماً في توجيه التكوين حيث توزعت الفراغات تبعاً للعامل الوظيفي حول الفناء، تتحقق الاحتياجات الإنسانية كالراحة الحرارية والصوتية والخصوصية والارتباط بالطبيعة والاحتياجات الاجتماعية نتيجة لوجود الفناء الداخلي والمشربيات إضافة لتحقيق التجاوب مع المناخ وتأمين العزل الحراري والصوتي والتفاعل المتوازن مع الموارد الطبيعية.

جدول (2)، يوضح دراسة المبنى وفق محددات الدراسة التحليلية، عمل الباحث				
محقق جزئياً	غير محقق	محقق		
			استخدام المواد المحلية	1 التوافق مع البيئة المحلية والطابع المعماري
		√	توظيف عناصر العمارة التقليدية	
	√		تأمين علاقات وظيفية سليمة	2 الكفاءة الوظيفية
		√	كفاءة الوحدة السكنية	
		√	محددات السطوح	3 التشكيل المعماري
		√	محددات الحجم	
تابع للجدول (2)، يوضح دراسة المبنى وفق محددات الدراسة التحليلية				
		√	الراحة الفسيولوجية	4 الاحتياجات الإنسانية
		√	الاحتياجات الاجتماعية	
		√	الخصوصية	
		√	الارتباط بالطبيعة	
		√		5 الاعتبارات الجمالية
		√		6 الاعتبارات البيئية

5-2- مبنى سكني حديث في مدينة السلمية: مبنى سكني متعدد الطوابق في مدينة السلمية، يتألف من ثلاثة طوابق مع وجود وجيبة خلفية، يمتاز المبنى بالتوجه نحو الخارج.



الشكل (16)، المسقط الأفقي للشكل (17)، المسقط الأفقي الشكل (18)، منظور يوضح المخطط الأرضي، عمل الباحثة للطابق الأول، عمل الباحثة للمبنى، تصوير الباحثة معدل عن [26] معدل عن [26]

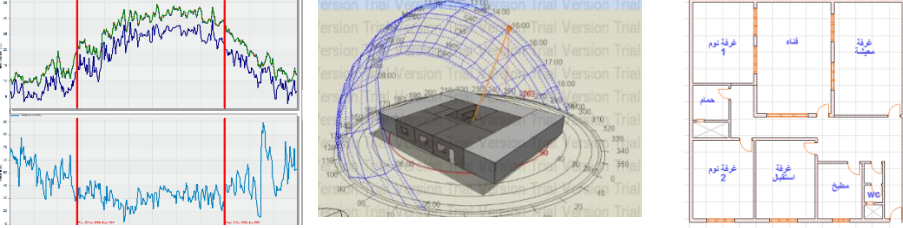
دراسة المبنى وفق محددات الدراسة التحليلية: يفتقر المبنى لوجود العناصر المعمارية التقليدية ويحمل طابع العمارة الحديثة، ويقوم التشكيل المعماري على التضاد بين السطوح المصمتة والمفرغة إضافة لارتفاع كتلة بيت الدرج عن الحجم الكلي للمبنى، وتتحقق الاحتياجات الإنسانية الأساسية بنسب ضعيفة كالراحة الحرارية والصوتية والضوئية بينما تعتبر الخصوصية غير محققة، ونظراً لاستخدام المواد الإنشائية الحديثة فإن المبنى لا ينسجم مع المناخ المحلي والعزل الحراري والصوتي غير محقق ولكن التهوية الطبيعية للفراغات الداخلية تساعد على إيجاد بيئة داخلية صحية مناسبة للأنشطة السكنية.

جدول(3)، يوضح دراسة المبنى وفق محددات الدراسة التحليلية، عمل الباحث				
محقق جزئياً	غير محقق	محقق		
	√		استخدام المواد المحلية	1 التوافق مع البيئة المحلية والطابع المعماري
	√		توظيف عناصر العمارة التقليدية	
			تأمين علاقات وظيفية سليمة	2 الكفاءة الوظيفية
		√	كفاءة الوحدة السكنية	
		√	محددات السطوح	3 التشكيل المعماري
		√	محددات الحجم	
√			الراحة الفسيولوجية	4 الاحتياجات الإنسانية
		√	الاحتياجات الاجتماعية	
	√		الخصوصية	
		√	الارتباط بالطبيعة	
		√		5 الاعتبارات الجمالية
√				6 الاعتبارات البيئية

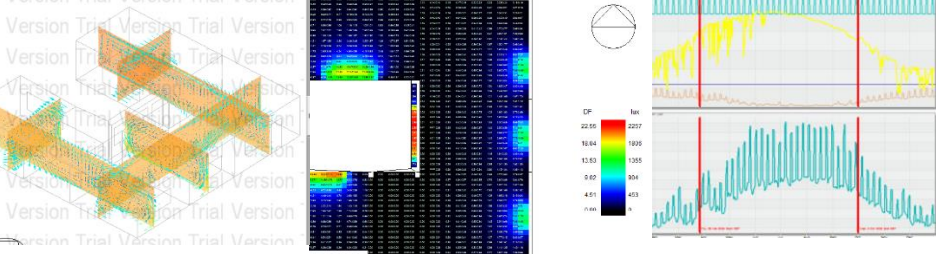
6- الدراسة التطبيقية

6-1- دراسة الأداء الحراري للعناصر التقليدية: وفيما يلي عرض لنموذجين بنفس المساحة ومن خلالها سيتم توضيح الأثر الفعال لعنصر الفناء الداخلي في تقليل الاكتساب الحراري الكلي للمبنى.

6-1-1-المثال الأول: تمّ تقديم مخطط لمبنى سكني يحوي على فناء داخلي حديث حيث يشكّل هذا الفناء حديقة داخلية وامتداداً للفراغات المعيشية.



الشكل (19)، المسقط الأفقي، الشكل (20)، مسار حركة الشمس، الشكل (21)، مخطط الراحة
عمل الباحثة عمل الباحثة عمل الباحثة
البرنامج البرنامج البرنامج



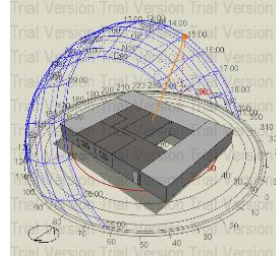
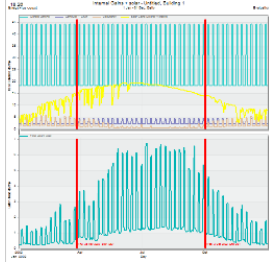
الشكل (22)، الحمولات، الشكل (23)، مخطط الإضاءة، الشكل (24)، مخطط التهوية
الحرارية الكلية، عمل الباحثة الطبيعية، عمل الباحثة الطبيعية، عمل الباحثة

بلغت قيمة استهلاك الطاقة الكلية كما أظهرتها نتائج البرنامج
33417.68

Total Energy [kWh]	
Total Site Energy	10551.84
Net Site Energy	10551.84
Total Source Energy	33417.68
Net Source Energy	33417.68

الشكل (25)، قيمة استهلاك الطاقة الإجمالي، عمل الباحثة من خلال نتائج البرنامج

تمّ تقديم مقترح آخر للمبنى ذو الفناء الحديث بحيث يكون الفناء طرفياً، وكانت نتائج الدراسة كالتالي:



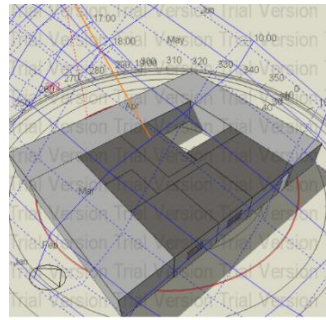
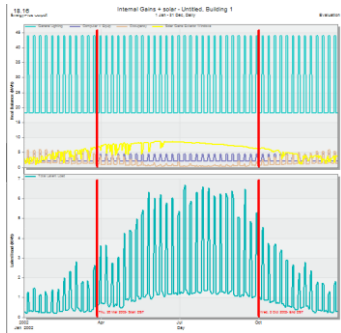
الشكل(26)، مسار حركة الشمس، عمل الباحث، الشكل(27)، الحملات الحرارية الكلية، عمل الباحث

بلغت قيمة استهلاك الطاقة الكلية كما أظهرتها نتائج البرنامج 32921.75 حيث انخفضت أحمال الطاقة بنسبة 1.4% وانخفضت قيمة الأحمال الحرارية الكلية بنسبة 20%

	Total Energy [kWh]
Total Site Energy	10395.25
Net Site Energy	10395.25
Total Source Energy	32921.75
Net Source Energy	32921.75

الشكل(28)، قيمة استهلاك الطاقة الإجمالي، عمل الباحث من خلال نتائج البرنامج

وفي حالة الفناء الداخلي ذو الشكل المربع نلاحظ تغير في الأداء الحراري للمبنى كالتالي:



الشكل(29)، موقع المبنى ومسار حركة الشمس، عمل الباحث من خلال نتائج البرنامج الشكل(30)، الحملات الحرارية الكلية، عمل الباحث من خلال نتائج البرنامج

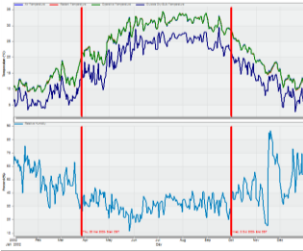
بلغت قيمة استهلاك الطاقة الكلية كما أظهرتها نتائج البرنامج 32742.29 حيث انخفضت أحمال الطاقة بنسبة 0.54% وانخفضت قيمة الأحمال الحرارية الكلية بنسبة 55%

	Total Energy [kWh]
Total Site Energy	10338.58
Net Site Energy	10338.58
Total Source Energy	32742.29
Net Source Energy	32742.29

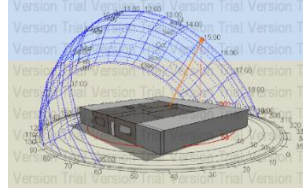
الشكل (31)، قيمة استهلاك الطاقة الإجمالي، عمل الباحثة من خلال نتائج البرنامج

نتيجة: الأداء الحراري للمبنى في حالة الفناء الجانبي أفضل من الأداء الحراري للمبنى في حالة الفناء الوسطي كما أنّ الأداء الحراري في حالة الفناء ذو الشكل المربع أفضل من الأداء الحراري في حالة الفناء ذو الشكل المستطيل.

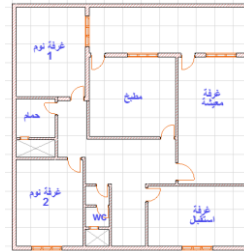
6-1-2-المثال الثاني: تمّ تقديم مخطط لمبنى سكني يعتمد على نظام الواجهات حيث نلاحظ وجود وجيبة خلفية(منور) مع وجود واجهة أمامية رئيسية مطلة على الشارع.



الشكل (34)، مخطط الراحة الحرارية، عمل الباحثة



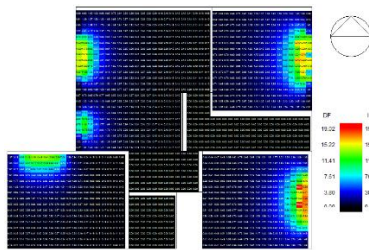
الشكل (33)، موقع المبنى ومسار حركة الشمس، عمل الباحثة



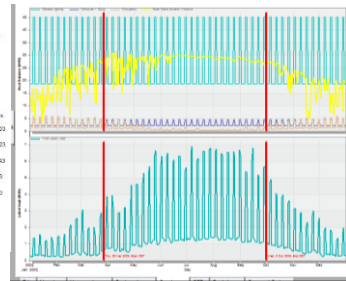
الشكل (32)، المسقط الأفقي للمبنى، عمل الباحثة



الشكل (37)، مخطط التهوية الطبيعية، عمل الباحثة



الشكل (36)، مخطط الإضاءة الطبيعية، عمل الباحثة



الشكل (35)، الحمولات الحرارية الكلية، عمل الباحثة

بلغت قيمة استهلاك الطاقة الكلية كما أظهرتها نتائج

البرنامج 36804.70

	Total Energy [kWh]
Total Site Energy	11621.32
Net Site Energy	11621.32
Total Source Energy	36804.70
Net Source Energy	36804.70

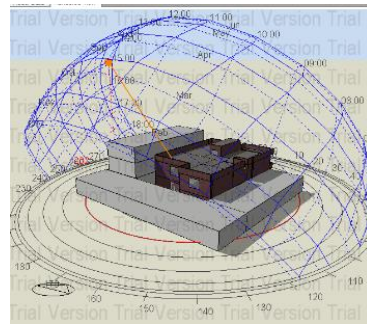
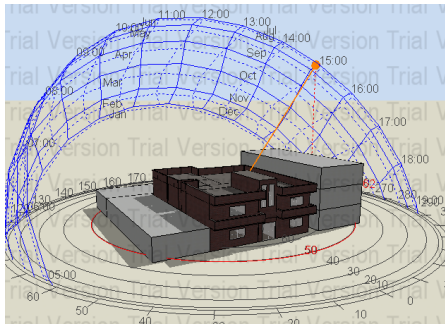
الشكل(38)، قيمة استهلاك الطاقة الإجمالي، عمل الباحثة من خلال نتائج البرنامج

جدول (4)، مقارنة بين حالات الفناء، عمل الباحثة				
وجيبة خلفية	فناء طرفي مربع الشكل	فناء طرفي مستطيل الشكل	فناء وسطي	
10x3	6.5x6.5	5.3x8	5.3x8	أبعاد الفناء
30000	10000	20000	25000	الأحمال الحرارية
36804.7	32742.29	32921.75	33417.68	أحمال الطاقة

6-2-دراسة مقترح تصميمي للنموذج B:

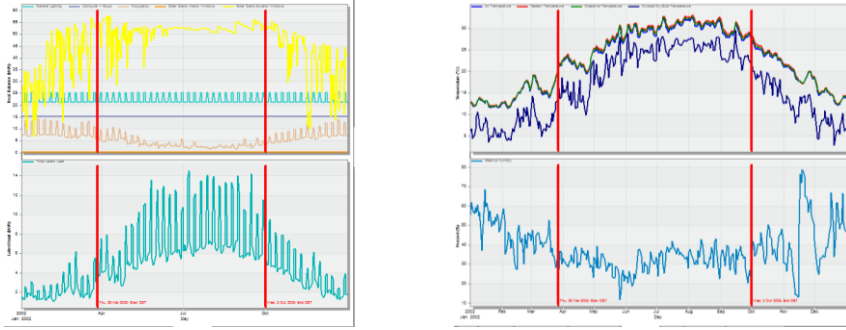
دراسة الأداء الحراري للمبنى في حالة الوضع الراهن: دراسة المبنى وفق برنامج

Design Builder



الشكل(39)، يوضح موقع المبنى بالنسبة للأبنية المحيطة ومسار حركة الشمس، عمل الباحثة

من خلال نتائج البرنامج



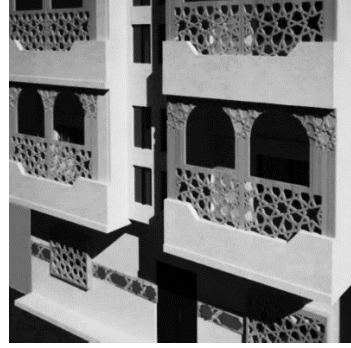
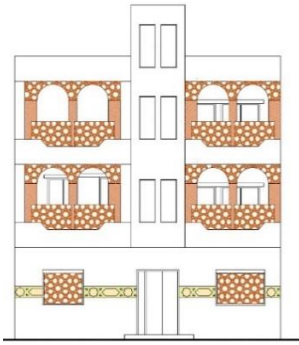
الشكل (40)، يوضح مخطط الراحة الحرارية الشكل (41)، يوضح الحمولات الحرارية الكلية،

للمبنى، عمل الباحث من خلال نتائج البرنامج عمل الباحثة من خلال نتائج البرنامج تم استخلاص قيمة الطاقة الكلية المستهلكة في المبنى من خلال نتائج البرنامج وبلغت القيمة الكلية 43644.90

	Total Energy [kWh]
Total Site Energy	13781.15
Net Site Energy	13781.15
Total Source Energy	43644.90

الشكل (42)، قيمة استهلاك الطاقة الإجمالي، عمل الباحثة من خلال نتائج البرنامج

6-2-2-2-مقترح الباحث (البديل التصميمي): لتأمين مستويات مناسبة من الراحة الحرارية وتحقيق الانسجام مع الطابع المعماري المحلي يقترح الباحث إضافة العديد من التعديلات على المبنى بحيث تكون مستوحاة من روح العمارة التقليدية المحلية، حيث تم إضافة عنصر الشرفة المشربية وهي مستوحاة من المشربية التقليدية وتتألف من عدد من الألواح الخشبية المصمتة وأخرى مخرمة، وتساهم في ضبط تدفق الهواء والحصول على إشعاع شمسي نصف مباشر دون زيادة درجة الحرارة.

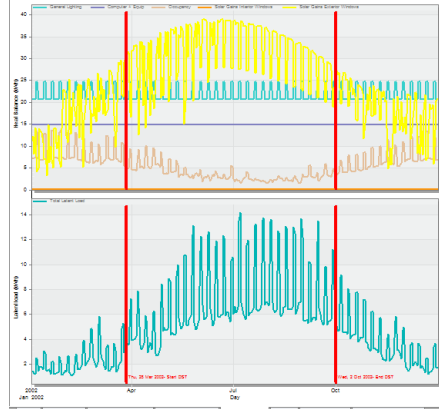


الشكل (43)، يوضح الشرفة المحمية المضافة الشكل (44)، يوضح واجهة المبنى السكني بعد على المبنى، عمل الباحثة إضافة التعديلات المقترحة، عمل الباحثة دراسة الأداء الحراري للمبنى: من خلال إضافة المواد العازلة المحلية وإضافة المشربيات لتغطية النوافذ نلاحظ انخفاضاً في قيمة الطاقة الكلية المستهلكة ضمن المبنى إضافة لانخفاض قيمة الحمولات الحرارية الداخلية على مستوى المبنى ككل.

Site and Source Energy

	Total Energy [kWh]
Total Site Energy	13374.29
Net Site Energy	13374.29
Total Source Energy	42356.37

تم استخلاص قيمة الطاقة الكلية المستهلكة في المبنى من خلال نتائج البرنامج وبلغت القيمة الكلية 42356.37



الشكل (45)، الحمولات الحرارية للمبنى بعد الإضافه، عمل الباحثة الشكل (46)، قيمة استهلاك الطاقة الإجمالي بعد الإضافه، عمل الباحثة

دراسة الأحمال الحرارية: من خلال تطبيق المعادلات الرياضية بلغت قيمة الأحمال الحرارية الكلية للحواجز الخارجية للمبنى قبل إضافة التعديلات ($Q_{tot1} = 70649.377$ w)، وبعد إضافة التعديلات ($Q_{tot2} = 60870.377$ w) حيث انخفضت قيمة الأحمال الحرارية للمبنى ككل بنسبة (13%).

جدول (5)، مقارنة بين نتائج الدراسة الحرارية للوضع الراهن للمبنى والمقترح، عمل الباحثة			
أحمال الطاقة	الأحمال الحرارية للحوجز الخارجية	الأحمال الحرارية الداخلية	
وضع راهن	43644.9	70649.377	55500
مقترح	42356.37	60870.377	40000

قياس نسبة تأثير العناصر المضافة

جدول (6)، يوضح قياس نسبة تأثير العناصر المضافة، عمل الباحثة				
قياس نسبة تأثير العناصر المضافة		وضع راهن	مقترح	
1	التوافق مع البيئة المحلية	0	1	استخدام المواد المحلية
		0	2	توظيف العناصر المعمارية التقليدية المستدامة
2	الاحتياجات الإنسانية	1	2	الراحة الفيزيولوجية (الراحة الحرارية)
		0	2	الخصوصية
		2	2	الاحتياجات الاجتماعية
		1	2	الارتباط بالطبيعة
3	الاعتبارات البيئية	0	1	التجاوب مع المناخ
		0	1	العزل الحراري والصوتي
		1	1	بيئة التهوية الداخلية
4	التقييم الحراري للمبنى	0	2	تقليل استهلاك الطاقة
		1	2	تحسين مستوى الراحة الحرارية
		0	1	تقليل الإنتاج الداخلي للحرارة
		0	1	تقليل اكتساب المبنى للحرارة
المجموع الكلي		6	20	
نسبة تأثير الإضافة		$x = \frac{(20 - 6) \times 100}{26} = 53.84\%$		

النتائج

1. حققت العمارة التقليدية مفهوم الاستدامة من حيث التكامل مع البيئة المحيطة وتحقيق الاحتياجات الإنسانية والحفاظ على الموارد الحيوية من خلال وسائل التحكم بالمناخ الطبيعية لذلك تعتبر عمارة بيئية مستدامة لكل زمان ومكان.
2. يمكن توظيف الفناء الداخلي بطريقة حديثة من خلال الاعتماد على مبدأ الفراغ العمراني الملحق بالفراغات السكنية.
3. يمكن توظيف المشربية بطريقة حديثة من خلال الحواجز المخزّمة والمشربيات القابلة للفتح والإغلاق والمشربيات التي تعتمد على الألياف الزجاجية والتي تتم برمجتها وفقاً لحركة الشمس.
4. يمكن توظيف عنصر الملقف بحلته التقليدية أو بالدمج مع التقنيات الحديثة.
5. يؤدي توظيف العناصر المعمارية التقليدية والمطورة منها في البيئة السكنية الحديثة إلى تحقيق التوافق مع البيئة المحلية والطابع المعماري.
6. تساهم العناصر المعمارية التقليدية والمطورة منها في ضبط عملية التشكيل المعماري من خلال إضفاء صفة التوازن والاستقرار والمركزية وتوجيه التكوين الكلي للمبنى.
7. يساهم التوظيف الحديث للعناصر المعمارية التقليدية في تحقيق الاحتياجات الإنسانية مما يرفع من نسبة استدامة الأبنية السكنية الحديثة.
8. يساهم التوظيف الحديث لعناصر العمارة التقليدية في تحقيق العزل الحراري والصوتي وإيجاد بيئة داخلية صحية وتحقيق مبدأ كفاءة الطاقة إضافة إلى التوافق

مع الطابع المعماري من حيث الشكل والمضمون وتحقيق الاعتبارات الجمالية والإنسانية مما يرفع من أداء الأبنية السكنية الحديثة ويجعلها مستدامة.

التوصيات

1. ضرورة الاعتماد على العمارة التقليدية كمرجع أساسي للتصميم والاستفادة من توافقها مع معطيات البيئة والمناخ، ودمج فلسفتها التصميمية مع الاستراتيجيات المعاصرة وتوظيف العناصر المستدامة منها في الأنواع المختلفة من المباني ولا سيما السكنية.

2. التركيز ضمن مناهج التعليم المعماري على أصول التصميم المستدام ودمجه مع العمارة التقليدية لإرساء قواعد العمارة المستدامة في المجتمع.

3. استخدام برامج المحاكاة عند تصميم الأنواع المختلفة من المباني لدراسة المقترحات التصميمية والبحث عن الحلول المعمارية والمناخية لتحقيق أفضل أداء للمبنى وبأرقى جودة ممكنة.

المراجع

1. المراجع العربية

1. الزبيدي، مها صباح سلمان-شاهين، بهجت رشاد، 2008، مبادئ الاستدامة في العمارة التقليدية وفق المنظور الإسلامي (بحث منشور)، المجلة العراقية للهندسة المعمارية، مجلد 4-عدد 12-13.
2. شافعي، فريد، 1994، العمارة العربية في مصر الإسلامية-عصر الولاة (كتاب)، الهيئة المصرية العامة للكتاب.
3. جميل، سميرة جمال، 2009، المناخ والعمارة (بحث منشور)، مجلة العلوم والتكنولوجيا، مجلد 14-عدد 1.
4. ابراهيم، دينا فكري جمال، 2017، المضمون الإسلامي وأثره في بلورة الرؤية التصميمية للمسكن المعاصر (بحث منشور)، مجلة العمارة والفنون، المجلد 2-العدد 5.
5. جبور، زهير - بركات، حسام، 1998، علوم البيئة-مقرر لطلاب السنة الخامسة (كتاب)، منشورات جامعة البعث -كلية الهندسة المعمارية.
6. عشي، عبد المسيح، 1999، المعايير التصميمية للأفنية الداخلية في العمارة العربية (رسالة دكتوراه)، كلية الهندسة-جامعة القاهرة.
7. فتحي، حسن، 1988، الطاقات الطبيعية والعمارة التقليدية-مبادئ وأمثلة من المناخ الحار الجاف (كتاب)، المؤسسة العربية للدراسات والنشر.
8. سعيد، صلاح زكي، 2009، بيوت أحياء القاهرة القديمة في القرن التاسع عشر (كتاب)، المجلس الأعلى للثقافة.

9. بيومي، نيفين فرغلي، 2016، التطبيقات المعاصرة للمشربية كموروث ثقافي (بحث منشور)، مجلة العمارة والفنون، العدد الأول.
10. سلامة، هيام مهدي، 2019، المشربية في العمارة الإسلامية بين أصالة الفكر وحدثة التطبيق (بحث منشور)، مجلة العمارة والفنون، العدد الثالث عشر.
11. رأفت، علي، 1997، ثلاثية الإبداع المعماري - الإبداع المادي في العمارة (كتاب)، وكالة الأهرام للتوزيع.
12. فرحات، جوليت، 2012، طريقة استخدام الملاقف في تهوية الفراغات المعمارية الداخلية في العمارة المعاصرة في سوريا (رسالة ماجستير)، جامعة البعث.
13. سلمان، مها صباح، 2016، التوجهات الحديثة للعمارة المستدامة - دراسة تحليلية لمبادئ تصميم المسكن المستدام (كتاب)، دار أمجد للنشر والتوزيع.
14. بابا، م.ديالا، 2014، دراسة خصائص السكن الريفي المستدام - مثال الجنوب الغربي من ريف دمشق (رسالة ماجستير)، جامعة دمشق.
15. ناعسة، وائل محمد عدنان، 2018، أثر المرونة في عملية تصميم وتنفيذ الأبنية السكنية المستدامة - حالة دراسية ريف دمشق (رسالة ماجستير)، جامعة دمشق - قسم علوم البناء والتنفيذ.
16. رشيد سدر، حازم محمد سليم، 2013، التصميم المعماري والمناخي للأبنية السكنية في فلسطين (رسالة ماجستير)، جامعة النجاح الوطنية.
17. الجبلاوي، كمال محمود كمال، 2016، حلول نابغة من السكان لحل مشكلة الإسكان من خلال الامتدادات (كتاب الكتروني).

18. عزب، خالد محمد مصطفى، 1997، تخطيط وعمارة المدن الإسلامية (كتاب) ، وزارة الأوقاف والشؤون الإسلامية بدولة قطر.
19. عثمان، محمد عبد الستار، 1988، المدينة الإسلامية (كتاب)، عطر المعرفة.
20. مصطفى، مي أسامة احمد-قاسم، مجدي محمد- وآخرون، 2016، تقييم تجربة العمارة المستدامة في مصر (بحث)، مجلة الهندسة جامعة الأزهر، مجلد 11- عدد 39.
21. الناظر، هبة- خطاطبة، شفاء، 2019، تطوير معيار استهلاك الطاقة للشقق السكنية في عمان (دوريات)، المجلس الأردني للأبنية الخضراء.
22. عفيفي، أمين محمد حسين، 2013، العمارة المتوافقة بيئياً كمدخل للحفاظ على المباني ذات القيمة التراثية في مصر (رسالة ماجستير)، جامعة عين شمس.
23. الكود العربي السوري للعزل الحراري
24. محمد عبد القادر يامين، داليا، 2016، تعديل تصميم المباني السكنية القائمة في فلسطين لتتكيف مع بيئتها في ظل التغير المناخي (رسالة ماجستير)، جامعة النجاح الوطنية.
25. أرشيف دائرة آثار حماه
26. أرشيف مجلس مدينة السلمية

2. المراجع الأجنبية

27. Reza Saghafi, Mahmoud- Tahbaz, Mansoureh- and others,2017, **Effects of Vernacular Climatic Strategies (VCS) on Energy Consumption in Common Residential Buildings in Southern Iran: The Case Study of Bushehr City**(research), MDPI jornal.
28. Kashani, Mohammad Ali Haghshenas,2013, **Sustainability Indicators of Iranian Vernacular Architecture: The Case of Yazd**(Master Thesis). Eastern Mediterranean University.
29. Jomehzadeh, Fatemeh- Nejata, Payam, and others,2017, **A review on windcatcher for passive cooling and natural ventilation in buildings, Part 1: Indoor air quality and thermal comfort assessment** (research), Renewable and Sustainable Energy Reviews, volume 70.
30. Moundraught, **natural ventilation harnessing the environment for building ventilation**.
31. S Pawar, Bhagyesh- Kanade, G.N, 2018, **Energy Optimization of Building Using Design Builder Software**(research), International Journal of New Technology and Research (IJNTR).
32. Ibarra, Diego- Reinhart, Christoph, **DesignBuilder // EnergyPlus tutorial 1**. Harvard university.
33. Reynolds, Jonathan- Rezgui, Yacine, and offers,2018, **A zone-level, building energy optimisation combining an artificial neural network, a genetic algorithm, and model predictive control** (research), energy journal.

3. المواقع الإلكترونية

34. [www. archdaily.com](http://www.archdaily.com)
35. www.fairhavenservices.com
36. www. tripadvisor.com

تدعيم الفتحات الدائرية الواقعة في منطقة القص في الجوائز البيتونية المسلحة باستخدام الشبك الملحوم

م. عطفت الشعار

أ.د.م. منيب العلاف

ملخص البحث

يقوم هذا البحث على دراسة تجريبية للجوائز البيتونية المسلحة الحاوية على فتحة دائرية كبيرة في منطقة القص في الجسد بدون استخدام تسليح داخلي إضافي وتأثير تدعيم منطقة الفتحة باستخدام الشبك المعدني الملحوم (الفيروسمنت). تم اختبار ستة جوائز بسيطة الاستناد ذات مقطع مستطيل تحت تأثير حمولة مركزة سناتيكية، الفتحة ذات قطر ثابت وبعد ثابت عن المسند.

تمت دراسة تأثير وجود الفتحة الدائرية الكبيرة في منطقة القص على الاستجابة الإنشائية للجوائز وتأثير تدعيمها بالفيروسمنت على سلوك الجوائز من ناحية نمط التشققات، علاقة (حمولة - سهم)، الحمولة القصوى ونمط الانهيار لكل جوائز. وأظهرت النتائج أن وجود فتحة دائرية كبيرة في منطقة القص للجوائز يخفض من قدرة تحملها ويسبب انهيارها بشكل قصيف على القص، وأن التدعيم بالفيروسمنت يفيد في رفع قدرة تحمل الجوائز ويغير الانهيار إلى انهيار على الانعطاف غير قصيف.

كلمات مفتاحية: فتحة دائرية كبيرة في الجسد، القص، الشبك المعدني الملحوم (الفيروسمنت)، علاقة (حمولة - سهم)، الحمولة القصوى، نمط الانهيار، انهيار قصيف.

Strengthening of circular openings located in the shear area of reinforced concrete beams using welded wire mesh

Abstract

This research includes an experimental study of drilled reinforced concrete (RC) beams with large circular web opening in the shear area without additional internal reinforcement, and the effects of strengthening the opening region with welded wire mesh (Ferrocement). Six simply supported rectangular RC beams were examined under static point load. The diameter and the distance of the opening from the support are fixed. Studying the effects of the existence of such opening on the structural performance of RC beams and the utility of strengthening the opening region with ferrocement were conducted from the points of crack pattern, (load – deflection) relationship, ultimate load and failure type. The results showed that the existence of large circular opening in the shear area of RC beams decreases their load carrying capacity and leads to a brittle failure, while strengthening this opening with ferrocement causes an increase in the stiffness and transmit the brittle shear failure mode to a flexural ductile mode.

Key words: large circular web opening, shear region, welded wire mesh (Ferrocement), (load – deflection) relationship, ultimate load, failure mode, brittle failure.

1- مقدمة البحث:

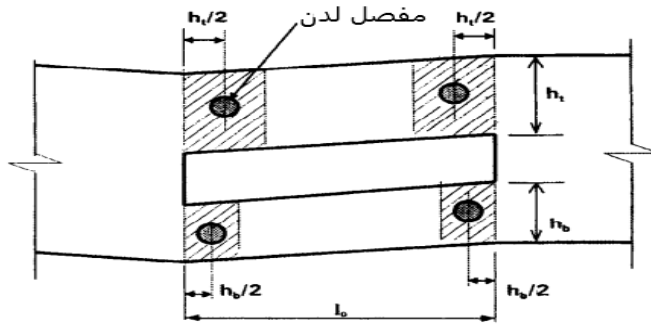
عند تشييد المباني الحديثة يتم تمديد العديد من القنوات والأنابيب الخدمية من صحية وكهربائية وميكانيكية والإلكترونية تحت الأسقف خاصة في الطوابق الأرضية والأقبية وتمريرها أسفل أوجه الجوائز ومن ثم تغطيتها باستخدام الأسقف المستعارة للحفاظ على جمالية الفراغ مما يسبب نقصان ارتفاع الطابق بالضوء حتى نصف متر والحصول على مساحات ممتدة في كل طابق تتبع لعدد وسماكة التمديدات المستخدمة وأوزان ممتدة إضافية على المنشأ يتوجب أخذها بعين الاعتبار عند التصميم، كما يظهر في الشكل (1).



الشكل (1) ضرورة استخدام الأسقف المستعارة بسماكات كبيرة لتغطية التمديدات للتخلص من هذه المشكلة يلجأ العديد من العاملين بمجال البناء إلى إحداث فتحات مختلفة في الجوائز، غالباً قرب المساند، ليتم تمرير التمديدات ضمنها مما يفيد في إمكانية تقليل ارتفاع الطابق، وقد لا يظهر أثر ذلك في الأبنية الصغيرة، ولكنه يكون ذو أثر واضح ومهم في الأبنية العالية متعددة الطوابق [1]. تُصنّف جوائز الخرسانة المسلحة الحاوية على فتحات تبعاً لحجم وموقع الفتحة، كما تصنف الفتحات إلى كبيرة وصغيرة، ويُحدد الموقع الأفضل لها تبعاً لحجمها.

توجد الفتحات في الجوائز بعدة أشكال كالدائري والمستطيل والمعين والمثلث والشبه منحرف وكذلك بأشكال غير منتظمة، ولكن الفتحات الدائرية والمستطيلة هي الأكثر شيوعاً بسبب ملائمتها لمقاطع الأنابيب والقنوات التي تمر عبرها. بشكل عام يكون تحديد نوع الفتحة على أنها صغيرة أو كبيرة تبعاً لمدى تأثيرها على الاستجابة الإنشائية للجوائز،

فَتُعتبر الفتحة كبيرة في حال أحدثت تغييراً ملحوظاً في آلية استجابة الجائز الإنشائية ولا يمكن عندها تطبيق نظرية البيتون المسلح المعتمدة في كودات الخرسانة المسلحة [2]؛ وذلك بافتراض إمكانية تطبيق فعل فيرنديل على الجائز والذي ينص على انهيار الجائز الحاوي على فتحة نتيجة قوى القص الكبيرة التي تسبب تشكُّل أربعة مفاصل لدنة عند أطراف الفتحة وتتشوه العنبتان السفلية والعلوية للفتحة حيث تنشأ مزدوجة عزم على جانبيها: جانب العزم الأصغر LMS وجانب العزم الأكبر HMS. نتيجةً لتشكل هذه المفاصل، تسلك مادة العنصر سلوكاً مرناً-لدناً ويجب حساب قدرة تحمل هذا الجائز بدقة عالية [3]. وفقاً لـ Some's and Corley يمكن اعتبار الفتحة الدائرية على أنها كبيرة عندما يتجاوز قطرها 25% من ارتفاع المقطع العرضي للجائز [4]، افترض M.A. Mansur [5] أن المفصل اللدن يحدث على بعد $h/2$ عن الوجه الشاقولي للفتحة حيث h ارتفاع العنبة بحيث تدل اللاصقة t أو b للعتبة العلوية والسفلية على التوالي فتكون الفتحة صغيرة إذا كان $L_o \leq h_{max}$ حيث h_{max} هي الأكبر بين h_t و h_b ، كما في الشكل (2)، وأنه بالنسبة للفتحة الدائرية فيجب التعويض عنها بمربع مكافئ من أجل تحديد

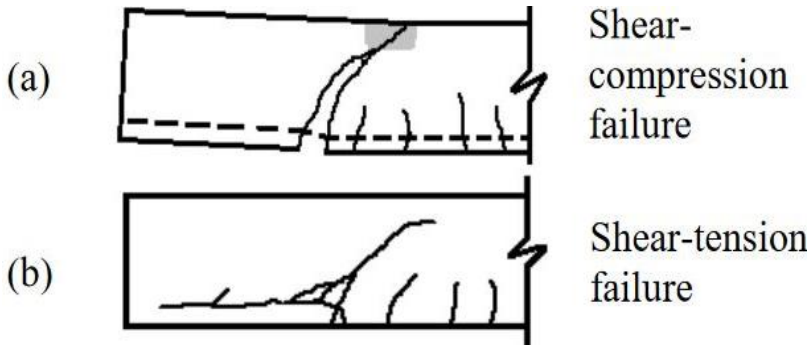


[5] h_{max}

الشكل (2) تحديد حجم الفتحة المستطيلة حسب [5] M.A. Mansur

في حال إحداث الفتحات الكبيرة في الجوائز المنفذة فيجب تدعيم منطقة حول الفتحة من الخارج أو تدعيم المحيط الداخلي للفتحة، ويتم تقوية هذه الجوائز باللجوء لعدة طرق منها استخدام الصفائح المعدنية [6-8] أو تتم التقوية باستخدام مواد أخرى كالخرسانة المقواة بالألياف [9-13]. هناك عدة أنماط لانهايار جوائز البيتون المسلح أهمها: (أ) - انهيار

الانعطاف. (ب)- انهيار القص عند وجود تسليح عرضي (أساور): إما على الضغط Shear-Compression Failure حيث تظهر شقوق شد في البداية في منطقة القص السائد وتتطور نحو مكان تطبيق الحمولة ثم ينهار البيتون المضغوط تحت الحمولة المركزة شكل (a-3)، أو على الشد Shear-Tension Failure حيث تتطور شقوق الانعطاف وبتزايد سعتها وطولها وتتجه بشكل مائل نحو مكان تطبيق الحمولة ثم تتحطم منطقة الضغط في البيتون تحت الحمولة شكل (b-3) [14].



شكل (3) أنماط انهيار الجوائز على القص [14]

في أنماط الانهيار على القص تترافق قوى القص الأعظمية مع عزوم الانعطاف مما يخفض قدرة تحمل العنصر لما دون قدرة تحمله على الانعطاف الصافي كما يقلل من خصائص المرونة في سلوك العنصر بشكل كبير ولذلك يُعتبر من أكثر أنماط الانهيار الغير مرغوبة في التصميم (انهيار قصيف عرض الشقوق فيه أكبر منها في الانهيار على الانعطاف، يحدث بدون إنذارات ونتائج خطيرة جداً) [15].

إن وجود فتحة في منطقة القص يضاعف من خطورة حدوث هذا الانهيار القصيف. قام S, Surya et al. [16] بدراسة تجريبية لمعرفة قدرة تحمل الجوائز الحاوية على فتحة دائرية كبيرة في منطقة القص وتأثير تدعيم منطقة الفتحة باستخدام شرائح البوليمر المدعمة بألياف البازلت BFRP على السلوك الإنشائي لهذه الجوائز ووجدوا أن وجود الفتحة في منطقة القص يخفض قيمة الحمولة القصوى التي يتحملها الجوائز بنسبة 28.2% وأن التدعيم ب BFRP يعيد رفع هذه الحمولة بنسبة 13.1%. كما قام

Arsalan, M., et al. (2019) [17] بدراسة تجريبية لمعرفة سلوك الجوائز البيتونية المسلحة الحاوية على فتحة دائرية في منطقة القص ومدى فعالية تدعيم المنطقة حول هذه الفتحة بشرائح البوليمر المدعمة بألياف الكربون. الفتحات كانت ذات قطر متغير. وجدوا أن الفتحة الصغيرة لم تسبب انخفاضاً في قدرة تحمل الجائز بينما الفتحات الأكبر سببت انخفاضاً كبيراً. وعند التدعيم بCFRP تحسنت قيم الحمولة القصوى والسهم. هناك حاجة مستمرة للبحث عن مواد بناء جديدة سواءً للتشييد أو التدعيم، على أن تكون ذات ميزات تفوق مثيلاتها من المواد التقليدية الشائعة (من حيث الكلفة وسهولة التنفيذ)، من هذه المواد الفيروسمنت (أو الشبك المعدني الملحوم). يعد الفيروسمنت شكلاً خاصاً من أشكال الخرسانة المسلحة. يتألف من مونة اسمنتية مسلحة بعدة طبقات متقاربة من الشبك المعدني الملحوم مما يشكل مادة مختلطة تسلك سلوكاً مختلفاً عن الخرسانة المسلحة التقليدية من حيث: القوة، التشوه والإجهادات الداخلية [18].

قام Rajagopalan & Parameswaran (1975) [19] بدراسة خصائص الشقوق والمقاومة القصوى لجوائز الفيروسمنت ووجدوا أن هذه الجوائز لديها تحكم أفضل في انتشار الشقوق، ويكون عرض الشق أصغر مما هو عليه في الخرسانة المسلحة. قام S.F.A.Rafeeqi, S.Lodi, ZR.Wadalawala (2005) [20] بدراسة تجريبية لمعرفة مدى فعالية تدعيم الجوائز البيتونية المسلحة المتضررة في منطقة القص باستخدام الفيروسمنت. وجدوا أن التدعيم بالفيروسمنت أدى إلى تأخير الانهيار وإعطاء إنذار قبل حدوث الانهيار. كما تغير نمط الانهيار من انهيار قصيف على القص إلى انهيار غير قصيف على الانعطاف.

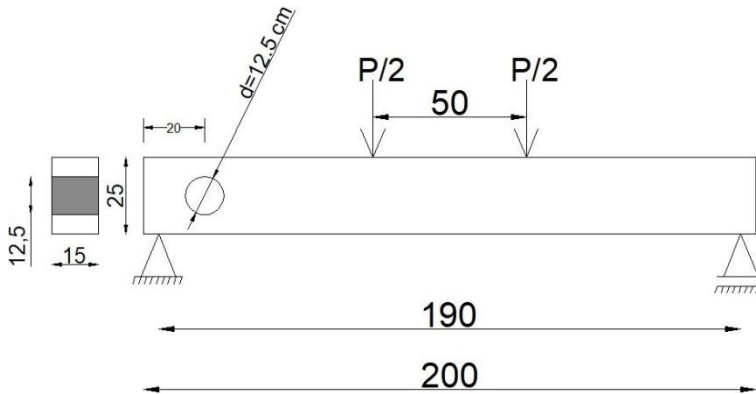
2- هدف البحث:

يهدف البحث إلى دراسة تأثير إحداث فتحة دائرية كبيرة في منطقة القص السائد من جسد الجوائز البيتونية، هذه الفتحة ذات قطر ثابت وعلى بعد ثابت عن المسند وغير مقواة داخلياً، ودراسة فعالية التدعيم بالشبك المعدني الملحوم (الفيروسمنت) ومدى تأثيره على سلوك الجوائز موضوع البحث من حيث نمط الشقوق وقدرة التحمل القصوى وعلاقة حمولة-سهم.

يقوم البحث على دراسة تجريبية لعدة مجموعات من الجوائز ذات المتغيرات التالية:

- 1) أبعاد الجوائز ثابتة $(15 \times 25 \times 200)$ cm ذات مجاز فعال 190cm.
- 2) الفتحة دائرية تقع على بعد ثابت من المسند 15 cm من مركز الفتحة وغير مقواة داخلياً، قطرها ثابت يساوي إلى $0.5h = 0.5 \times 25 = 12.5$ cm
- 3) تم تدعيم مجموعة من الجوائز وكانت أبعاد منطقة التدعيم (25×40) cm.
- 4) الحمولة المطبقة هي حمولة ستاتيكية عبارة عن قوتين مركزيين ينطبق مركزهما في منتصف الجائز والتباعد بينهما 50cm.
- 5) تتمحور الفتحة مع المحور الطولي للجائز المختبر.

وبين الشكل (4) أبعاد الجائز المدروس وشكل تطبيق الحمولة وموقع الفتحة.



الشكل (4) أبعاد الجوائز المختبرة مع وجود فتحة في منطقة القص

3- المواد والطرق التجريبية للبحث:

حُضرت العينات المخبرية بنماذج مصغرة وفق مقاييس مناسبة لتحاكي الواقع. تضمنت المرحلة الأولى إحضار المواد والتأكد من مواصفاتها الميكانيكية، حيث كانت مواصفات المواد المستخدمة كالتالي: اسمنت بورتلاندي عادي بعيار 350 Kg/m^3 ، ونسبة ماء إلى الاسمنت تساوي $W/C = 0.51$ ، حُضرت الخلطة البيتونية بالطريقة الوزنية وكانت النسب (1:2:3.43) وفق توصيات الكود العربي السوري، تم أخذ ثلاث عينات اسطوانية $(15*30)\text{cm}$ وكانت المقاومة الاسطوانية على الضغط بعمر 28 يوماً مساوية لـ $f'_c = 20.3 \text{ MPa}$ مع افتراض معامل بواسون للبيتون مساوياً 0.2. وكانت قيمة الهبوط في مخروط أبرامز مساوية لـ: 5.2cm

تم استخدام فولاذ تسليح محلزن عالي المقاومة كتسليح طولي للجوائز 3T12 للتسليح على الشد و 2T10 على الضغط، وتسليح عرضي من الفولاذ الأملس بقطر $1\text{c}\phi 6/20\text{cm}$ ، وعامل المرونة $E_s = 2.1*10^5 \text{ MPa}$. تم إجراء اختبار الشد على عينات الفولاذ وكانت القيم الوسطية لثلاث عينات: قطر 6mm = 346MPa، 10mm = 451MPa، 12mm = 459MPa.

بالنسبة للفيروسمنت تم استخدام اسمنت بورتلاندي عادي، وكانت نسبة الرمل إلى الاسمنت (2 : 1) ونسبة الماء إلى الاسمنت $W/C = 0.5$. أُجريت تجربة الضغط على ثلاث عينات من هذه المونة وكانت مقاومتها الاسطوانية الوسطية على الضغط $f_{cm} = 30 \text{ MPa}$.

تم استخدام طبقة واحدة من شبك فولاذي ملحوم قطره 2mm وفتحة الشبك مربعة أبعادها $(2.5*2.5)\text{cm}$. واستعمل محلول مادة (SBR) من أجل تشكيل روبة اسمنتية تعمل على خلق تماسك بين الفيروسمنت وبيتون الجائر. كما استخدمت مادة مالينات البوليستر لتثبيت روابط القص.

وصف العينات المدروسة:

يقوم البحث على إجراء اختبارات كسر لثلاث مجموعات من الجوائز البيتونية المسلحة متماثلة الأبعاد والخواص ذات استناد بسيط أبعادها $(200*25*15)$ cm ؛ يبين الجدول (1) مواصفات كل مجموعة من الجوائز المختبرة:

الجدول (1) مواصفات الجوائز المختبرة

رقم العينة	اسم العينة	رقم المجموعة	قطر الفتحة cm	التدعيم حول الفتحة	بعد الفتحة عن المسند cm
1	BS1	1	بدون فتحة	—	—
2	BS2				
3	B1-1	2	12.5	بدون تدعيم	15
4	B1-2				15
5	B2-1	3	12.5	مدعمة بالفيروسمنت	15
6	B2-2				15
7	B2-3				15

مراحل إجراء التجربة:

تم تجهيز القوالب الخشبية في مخبر البيتون المسلح في كلية الهندسة المدنية ثم حضرت الخلطة البيتونية وتم صب الجوائز ومعالجتها بالسقاية بالماء لمدة 28 يوماً وفُكَّت القوالب بعد تصلب البيتون.

التدعيم حول الفتحة باستخدام الشبك الملحوم:

تم تخشين سطوح الجوائز في المناطق المراد تدعيمها حول الفتحات لضمان تماسك المونة الاسمنتية للفيروسمنت مع بيتون الجائر المتصلب، وذلك باستخدام الجلخ الكهربائي وكان عمق الأثلام 10mm وسطياً، وعرضها تبعاً لسماكة القرص المستخدم

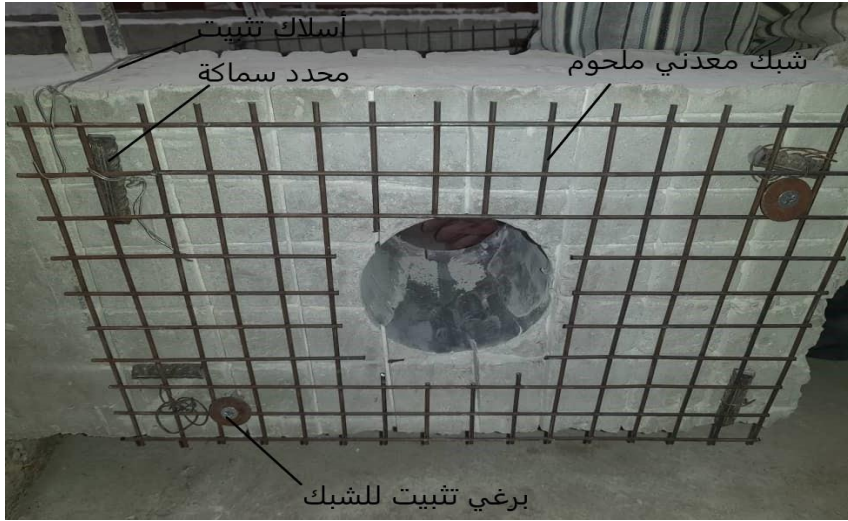
حوالي 4mm، وكانت بشكل متعامد فيما بينها بتباعدات حوالي 50mm بحيث تشكل مربعات متساوية إلى حد مقبول. تم غسلها جيداً للتخلص من الغبار الناتج، وبعد التأكد من جفافها أصبحت جاهزة لعملية التدعيم كما في الشكل (5).



الشكل (5) تخشين المنطقة المراد تدعيمها حول الفتحة

بعد ذلك تم تنقيب الزوايا الأربع لمنطقة التدعيم، بعمق حوالي 6cm من أجل تثبيت الشبك المعدني الملحوم ثم تنظيف هذه الثقوب باستخدام الهواء المضغوط. في المرحلة التالية تم تجهيز الشبك المناسب من حيث المقاس مع مراعاة تفرغته حول منطقة الفتحة، ثم تزويد منطقة التدعيم بمحددات للسماكة وهي عبارة عن قطع صغيرة من قضبان فولاذية بقطر 10mm يتراوح طولها بين (30-50)mm وذلك لضبط سماكة الوجه الأول من المونة الاسمنتية تحت طبقة الشبك للحصول فيما بعد على السماكة المطلوبة، ثم تم وضع الشبك المعدني فوق تلك المحددات وثُبت في مكانه المطلوب باستخدام أسلاك عادية، كما تم ربط الشبك على الوجهين المتقابلين بواسطة هذه الأسلاك الرفيعة، وذلك لضمان عدم سقوطها أو انزياحها من مكانها عند تطبيق المونة الاسمنتية، ويُظهر الشكل (6) الشبك المعدني بعد تثبيته. تم بعدها تجهيز مادة SBR كمادة رابطة ليتم تطبيقها على سطح الجائر الجاف المخشن مسبقاً باستخدام الرش والدهان بفرشاة مناسبة مع مراعاة التغطية الكاملة لجميع الأتلام المُحدثة حول الفتحة، ودهن الشبك المعدني والمحددات وروابط القص لزيادة فعالية التماسك مع المونة، ثم تحضير المونة الاسمنتية المستخدمة بعيارات رمل إلى اسمنت واسمنت إلى ماء 2:1، وتطبيق الوجه الأول من المونة باستخدام معدات التلييس مع الضغط والرج البسيط للشبك لضمان تخللها عبر

فتحاته وملئها لفراغات الشقوق المحدثه مسبقاً، وتم ذلك قبل جفاف مادة الـ SBR لضمان الوصول للتماسك المرغوب. في المرحلة الأخيرة من التدعيم تم إكمال عملية التلييس وتسوية سطوح المنطقة المدعومة بشكل جيد حتى الوصول للسماعة المطلوبة 25cm، كما في الشكل (7).



الشكل (6) تثبيت الشبكة المعدني الملحوم على الجانز

بعد الانتهاء من تحضير الجوائز وتدعيمها و تصلب طبقة المونة الاسمنتية تم دهن الجوائز باللون الأبيض ليتسنى لنا مراقبة الشقوق أثناء عملية التحميل بشكل أوضح وأدق.

4- النتائج ومناقشتها:

تم تحميل الجوائز حتى الانهيار باستخدام جهاز من تصنيع Tecnotest الإيطالية، وهو ذو قدرة تحمل 1000KN. تم تزويد الجوائز بحساسات الكترونية لاستشعار قيم التشوهات والانتقالات الخطية الحاصلة نتيجة تطبيق الحمولة (LVDTs) عالية الدقة وموصولة بجهاز مسجل بيانات.



الشكل (7) الشكل النهائي للتدعيم وسماكة طبقة التدعيم

تم توزيع الحمولة المطبقة من المكبس الهيدروليكي P إلى قوتين مركزتين التباعد بينهما 50cm عن طريق استخدام عارضة معدنية صلبة غير قابلة للتشوه، كما تُبنت حساسات قياس السهم تحت الفتحة وتحت الحمولة الأقرب للفتحة وفي منتصف المجاز، بينما تُبنت حساسات التشوهات حول الفتحة وفي منتصف المجاز.

أشكال التشققات وآلية الانهيار:

تمت متابعة ظهور الشقوق وتطورها في جسد الجائز أثناء عملية التحميل، وتحديد آلية انهيار كل جائز.

جوائز المجموعة الأولى المرجعية:

الجائز BS1:

لوحظ ظهور أول شق انعطاف عند الحمولة 3.2t قرب مكان تطبيق القوة الأبعد عن مكان الفتحة (اليمينية) وبين القوتين، ومع زيادة الحمولة ازداد عدد الشقوق وسعاتها، حتى ظهر أول شق قص قطري عند الحمولة 5t في مكان الفتحة، وبدأت شقوق القص بالتوسع والانتشار نحو نقطة تطبيق الحمولة على جانبي الجائز، وحدث الانهيار بالقص عند الحمولة 8.98t كما يظهر في الشكل (8).



الشكل (8) الجائز المرجعي BS1 بعد الانهيار

الجائز BS2:

لوحظ ظهور أول شق عند الحمولة 3.8t قرب مكان تطبيق القوة الأبعد عن مكان الفتحة (اليمينية) وبين القوتين، ومع زيادة الحمولة ازداد عدد الشقوق وسعاتها، حتى ظهر أول شق قص قطري عند الحمولة 5.3t في مكان الفتحة، واستمرت الشقوق بالتوسع والانتشار نحو مكان تطبيق الحمولة كما يظهر في الشكل 15 حتى انهار الجائز على الانعطاف المترافق بالقص عند حمولة قصوى 9.4t كما في الشكلين (9)، (10).



الشكل (9) انتشار الشقوق في الجائز المرجعي BS2



الشكل (10) انهيار الجائز المرجعي BS2

جوائز المجموعة الثانية الغير مدعمة حول الفتحة:

ظهر أول شق عند حمولة وسطية 3.3t ومع تزايد الحمولة ظهر أول شق قص عند الفتحة عند حمولة وسطية 4.25t وانهار كلا الجائزين على القص عند الفتحة عند حمولة قصوى وسطية 7.84t، ويظهر الشكلان (11)، (12) هذين الجائزين وتطور شقوقهما حتى الانهيار.



الشكل (11) انهيار الجائز B1-1



الشكل (12) انهيار الجائز B1-2

جوائز المجموعة الثالثة المدعمة بالفيروسمنت:

الجائز B2-1:

لوحظ ظهور أول شق عند الحمولة 3.3t في مكان تطبيق القوة الأقرب للفتحة (اليسارية) ومع تزايد الحمولة ازداد عدد الشقوق وتوسعت وعند الحمولة 4.5t بدأت شقوق الانعطاف تتطور لتصبح شقوق قص حتى ظهر أول شق قص قطري عند الحمولة 6t قرب الفتحة، واستمرت الشقوق بالتوسع والانتشار نحو نقطة تطبيق الحمولة حتى انهيار الجائز على الانعطاف عند حمولة قصوى 8.95t، كما يظهر في الشكلين (13)، (14).



P=6.5t



P=8.95

الشكل (13) مراحل تطور شقوق الجائز B2-1 مع ازدياد الحمولة المطبقة



الشكل (14) انهيار الجائز B2-1

الجائز B2-2:

لوحظ ظهور أول شق عند الحمولة 3.5 t بين القوتين ومع تزايد الحمولة بدأ عدد الشقوق بالازدياد وظهر أول شق قص عند الحمولة 4t واستمرت الشقوق بالتوسع والانتشار نحو نقطة تطبيق الحمولة حتى انهيار الجائز على الانعطاف عند حمولة قصوى 8.9t، كما هو موضح في الشكلين (15)، (16).



الشكل (15) تطور الشقوق في الجائز B2-2



الشكل (16) انهيار الجائز B2-2

يظهر في الجدول (2) نتائج التجارب على العينات المدروسة:

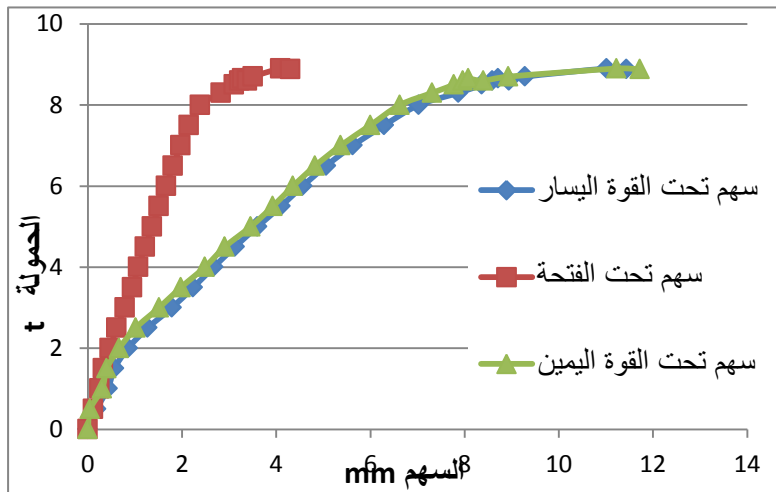
جدول (2) نتائج التجارب على جوائز المجموعات الثلاث

اسم العينة	رقم المجموعة	حمولة ظهور أول شق t	وسطي حمولة أول شق t	حمولة ظهور أول شق قص t	وسطي حمولة أول شق قص t	حمولة الانهيار t	وسطي حمولة الانهيار t	نسبة انخفاض حمولة الانهيار %
BS1	1	3.2	3.5	5	5.15	8.98	9.32	—
BS2		3.8		5.3		9.65		
B1-1	2	3.4	3.3	4	4.25	7.97	7.84	15.89%
B1-2		3.2		4.5		7.7		
B2-1	3	3.3	3.40	6	5.5	8.95	8.93	4.19%
B2-2		3.5		5		8.9		

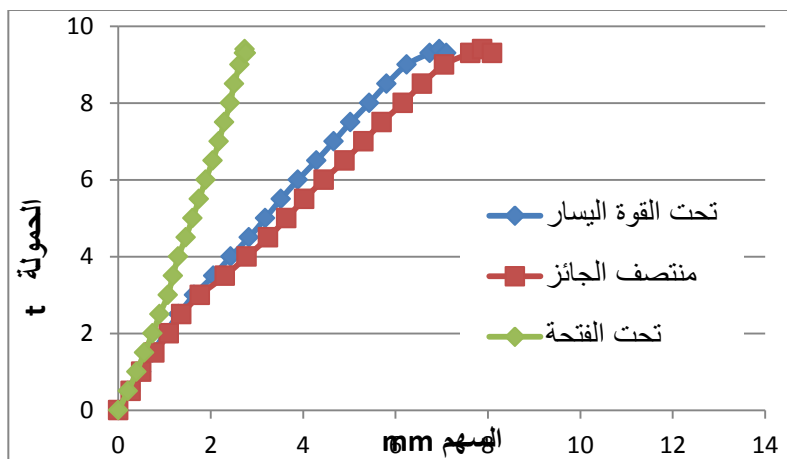
يظهر من الجدول السابق التأثير الواضح لوجود الفتحة الدائرية الكبيرة في منطقة القص في الجوائز البيتونية المسلحة، وذلك من خلال مقارنة قيم جوائز المجموعة الثانية بقيم جوائز المجموعة الأولى المرجعية حيث انخفضت قيم حمولة الانهيار بنسبة 15.89% وظهرت شقوق الانعطاف والقص عند حمولات أقل وكانت السعة القصوى للشقوق الحاصلة أكبر بشكل واضح، كما يتبين أن أسلوب التدعيم بالشبك المعدني الملحوم (الفيروسمنت) يؤثر بشكل إيجابي على سلوك ومقاومة الجوائز الحاوية على فتحة كبيرة في منطقة القص، من ناحية الحمولة القصوى وظهر الشقوق وسعتها، فملاحظة نتائج المجموعة الثالثة نرى أن قيم حمولة الانهيار ارتفعت بنسبة 13.9% عن جوائز المجموعة الثانية الغير مدعمة لتقارب بذلك قيم المجموعة الأولى المرجعية.

السهم:

تم قياس السهم أثناء عملية التحميل بواسطة الحساسات الالكترونية في النقاط التالية: تحت مركز الفتحة، في وسط المجاز، تحت إحدى القوتين (اليسارية)، بعد ملاحظة أن السهم تحت القوتين متشابه من الجوائز BS1. وتم رسم منحنيات (حمولة - سهم) في النقاط السابقة كما هو موضح في الأشكال

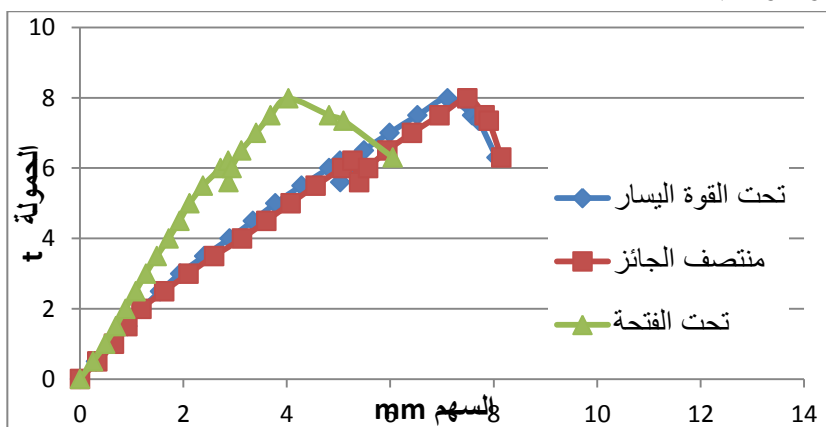


الشكل (17) مخطط حمولة - سهم للجوائز BS1

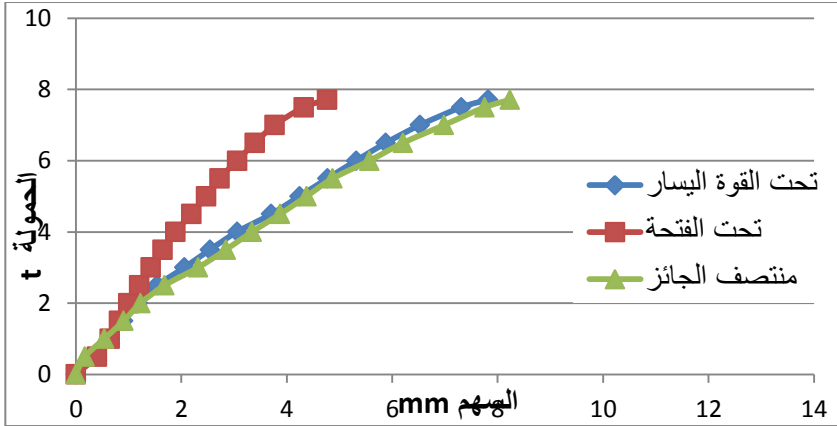


الشكل (18) مخطط حمولة - سهم للجائز BS2

- نلاحظ أن المنحني يسلك سلوكاً خطياً تقريباً حتى الوصول للحمولة التي تسبب أول شق ($3.5t$) ثم تصبح العلاقة بين السهم والحمولة غير خطية حتى حمولة الانهيار.
- بما أن قيم السهم تحت القوتين متطابقة تقريباً كما هو واضح من الشكل 30 تم تغيير موضع الحساس من تحت القوة اليمينية إلى منتصف مجاز الجوائز في بقية العينات، ويظهر من الشكل 31 أن قيم السهم في منتصف المجاز هي الأعظمية.
- إن السهم المسموح لهذا الجائز يساوي حسب الكود العربي السوري إلى $L_0/300$ ($1900/300 = 5.278mm$) ونرى أن الجائزين وصلا إلى قيمة هذا السهم عند حمولة وسطية $6.88t$.

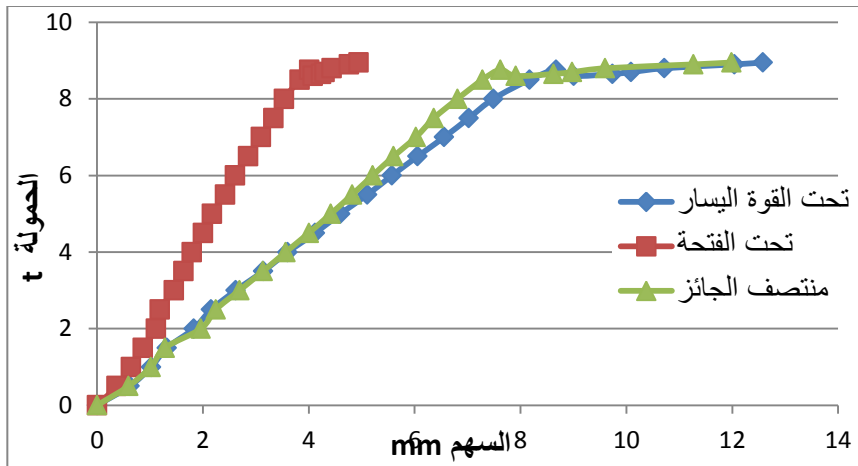


الشكل (19) مخطط حمولة - سهم للجائز B1-1

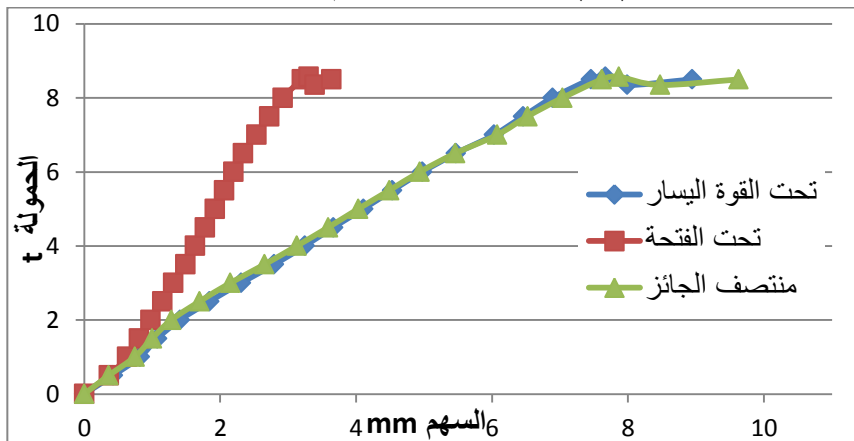


الشكل (20) مخطط حمولة - سهم للجانز B1-2

- نلاحظ من الشكلين السابقين أن منحنى الحمولة - السهم يسلك سلوكاً خطياً تقريباً حتى قيمة الحمولة التي تسبب أول شق وهي وسطياً $4.25t$ ثم تصبح العلاقة بين الحمولة والسهم غير خطية حتى الانهيار.
- قيم السهم في منتصف مجاز الجانز هي الأعظمية عند مختلف مراحل التحميل.
- بمقارنة القيم نلاحظ أن قيم السهم تحت الفتحة ازدادت وسطياً 58% عن قيم السهم تحت موقع الفتحة في جوائز المجموعة الأولى المرجعية، وبلغت الزيادة 64% عند قيم الحمولة $6t$ ، وبالنسبة لقيم السهم في منتصف المجاز فقد ازدادت وسطياً 27% عن قيم السهم في منتصف مجاز الجوائز المرجعية.
- كما أن جوائز هذه المجموعة وصلت إلى قيمة السهم المسموح للجوائز المرجعية عند حمولة أقل، قيمتها الوسطية $5.98t$ أي أنّ قيمة هذه الحمولة انخفضت بمقدار 13.1% .
- جوائز المجموعة الثانية تعطي قيمة أعلى مقارنة بجوائز المجموعة الأولى.



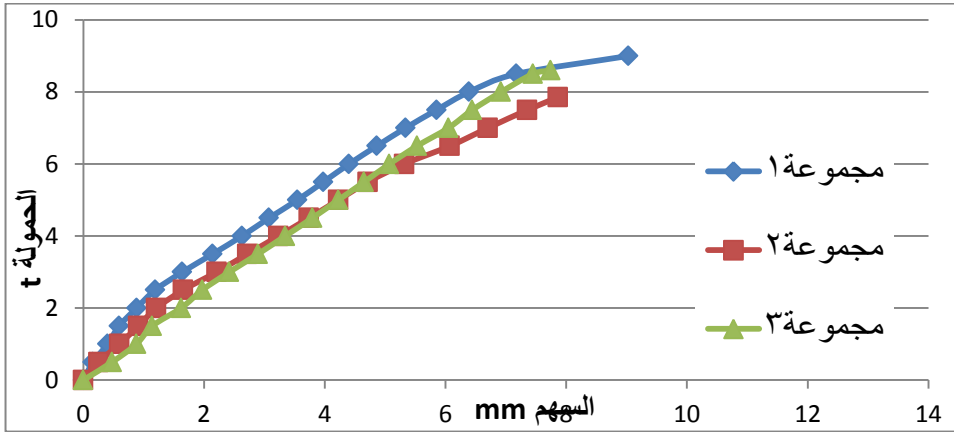
الشكل (21) مخطط حمولة - سهم للجائز B2-1



الشكل (22) مخطط حمولة - سهم للجائز B2-2

- تسلك المخططات في الأشكال الثلاثة السابقة سلوكاً خطياً تقريباً حتى الحمولة التي تسبب أول شق وهي وسطياً $3.43t$ ثم تصبح العلاقة بين الحمولة والسهم غير خطية حتى الانهيار.
- وصلت جوائز هذه المجموعة إلى قيمة السهم المسموح للجائز المرجعي عند قيمة وسطية للحمولة تساوي $6.21t$ أي بانخفاض قدره 9.74% عن جوائز المجموعة الأولى المرجعية.

- بمقارنة قيم السهم عند أية حمولة مشتركة نجد أنها قد ارتفعت سواءً للسهم تحت الفتحة (بمقدار 40% وسطياً) أو في منتصف مجاز الجائز (20% وسطياً).
- ❖ لتسهيل عملية القراءة والمقارنة تم رسم منحنى الحمولة - سهم لوسطى قيمة السهم منتصف المجاز لكافة المجموعات كما هو واضح في الشكل (23):

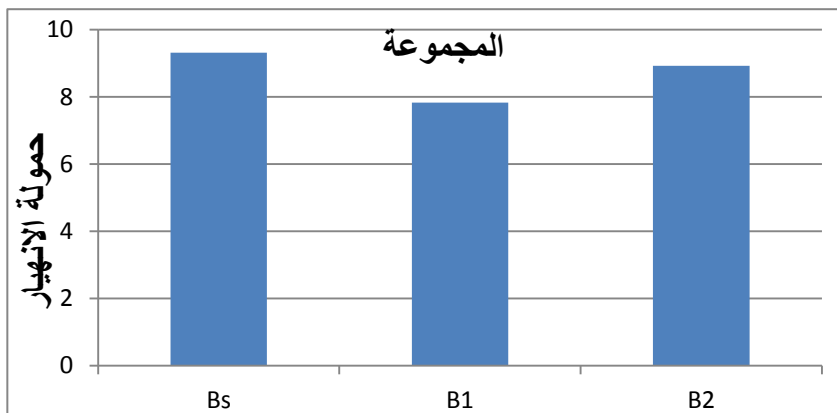


الشكل (23) مخطط الحمولة - سهم في منتصف المجاز لكافة المجموعات

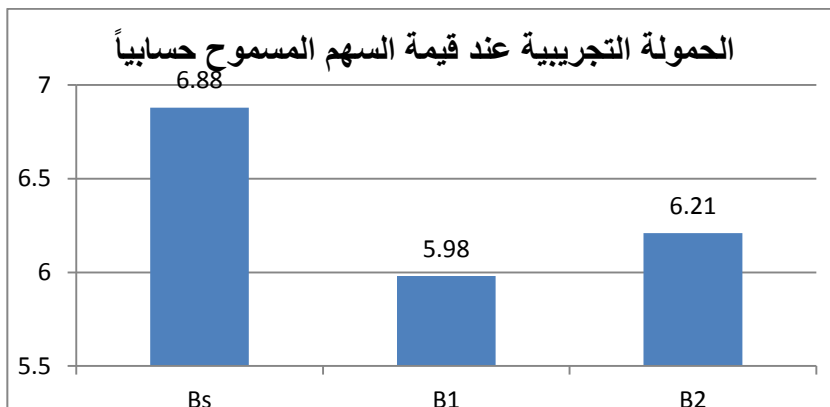
نلاحظ من الشكل (23):

- الارتفاع الواضح في قيم السهم بالنسبة لجوائز المجموعة الثانية التي بدون تدعيم مقارنةً بالمجموعة الأولى المرجعية وذلك عند مراحل تحميل متشابهة.
- تأثير التدعيم في تخفيض قيم السهم بالنسبة لجوائز المجموعة الثالثة مقارنةً بجوائز المجموعة الثانية عند مراحل التحميل الأعلى من 5t.
- أن جوائز المجموعة الثالثة تسلك سلوكاً مشابهاً لجوائز المجموعة الثانية التي بلا تدعيم حتى انهيار الببتون حيث يقترب المنحنى حينها من منحنى السهم للمجموعة المرجعية.
- ❖ يظهر في الشكل (24) المقارنة تخطيطياً بين قيم حمولة الانهيار بالنسبة لكافة المجموعات، كذلك يظهر في الشكل (25) مقارنة قيم الحمولة التجريبية عند

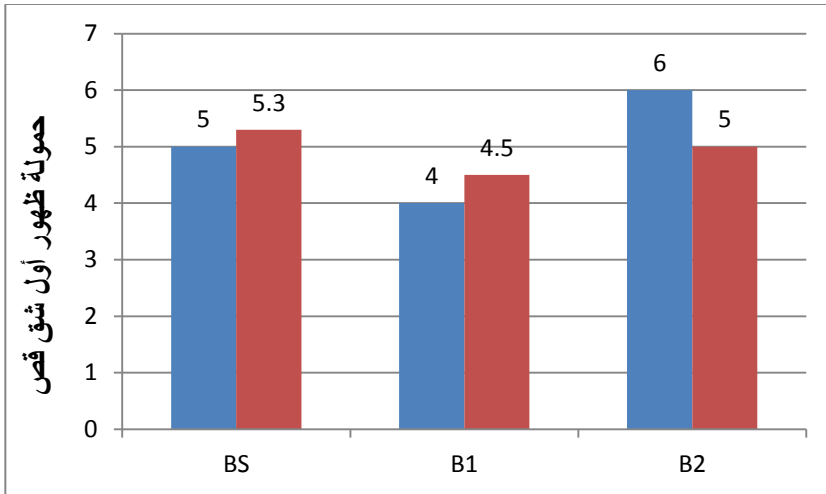
قيمة السهم المسموح حسابياً بالنسبة لكافة المجموعات المختبرة، والشكل (26) يظهر مقارنة قيم الحمولة التي سببت ظهور أول شق مائل على القص.



الشكل (24) مقارنة قيم وسطي حمولة الانهيار لكافة المجموعات



الشكل (25) مقارنة قيم وسطي الحمولة عند السهم المسموح لكافة المجموعات



الشكل (26) مقارنة قيم الحمولة التي سببت ظهور أول شق مائل على القص

5- النتائج والتوصيات:

- 1- إن وجود الفتحة الدائرية الكبيرة في منطقة القص في الجوائز البيتونية المسلحة له أثر سلبي على الاستجابة الإنشائية للجائز، من ناحية الحمولة القصوى التي يتحملها (حيث انخفضت 15.9%)، وقيم السهم عند الحملات المشتركة (ارتفعت أكثر من 50%).
- 2- يسبب وجود الفتحة الكبيرة في منطقة القص حدوث انهيار قصيف على القص وتظهر الشقوق بشكل مبكر أكثر.
- 3- إن تدعيم منطقة القص التي تعاني خلاً في جوائز البيتون المسلح باستخدام الفيروسمنت له أثر إيجابي في رفع قدرة تحمل الجائز (حيث ارتفعت 13.9%)، وتأخير ظهور الشقوق والحد من انتشارها وتوسعها مما أدى إلى تحول الانهيار من منطقة الفتحة على القص إلى انهيار على الانعطاف وهو انهيار غير قصيف.

4- بالنسبة للدراسات المستقبلية:

- من الممكن تغيير معطيات التدعيم سواءً من ناحية عدد طبقات الشبك المستخدمة أو شكل الشبك، أو من ناحية مواصفات المونة كما يمكن استخدام إضافات لتحسين خواصها.
- يمكن دراسة وجود أكثر من فتحة بحجوم وحالات تحميل مختلفة.

المراجع

- [1]- M.A. Mansur, Kiang-Hwee Tan, "Concrete Beams With Openings, Analysis and Design", (1999), CRC Press LLC.
- [2]- A.E. Ahmed, A.E. Ahmed, A. Ahmed, (2021), "Strengthening of reinforced concrete beams with openings", Menoufia University- Reinforced Concrete Research Group.
- [3]- Z.M. Barış, Ş. Mehmet, G.A. Mehmet, T.D. Konstantinos, (2021), "A practical design formulation for perforated beams with openings strengthened with ring type stiffeners subject to Vierendeel actions", Journal of Building Engineering, Vol. 43.
- [4]- Somes, N.F, W.G. Corley, (1974), "Circular openings in webs of continuous beams", Detroit, MI, Pages 359-398.
- [5]- Mansur, M.A., (1998), "Effect of openings on the behaviour and strength of R/C beams in shear", Cement and Concrete Composites Journal, Volume 20, Pages 477-486.
- [6]- A. J. Mohammed, K. Nasharuddin, M. A. Alam, Zakaria CM, F. M. Moatasem, (2012), "Damaged RC beams with circular web opening repaired using different configurations of bonding steel plate", International Journal of Civil

Engineering and Technology (IJCIET), Volume 3, Issue 2, Pages 70–83.

- [7]– S. K. Abdul–Razzaq, A. M. Mais, (2018), "Innovative use of steel plates to strengthen flange openings in reinforced concrete T–beams", Structures Journal, Vol. 16, Pages 269–287.
- [8]– Saleh Mohamed, Said Mohamed, Salah Mohamed, (2021), "Strengthening of reinforced concrete beams with openings using steel", Menoufia University, Reinforced Concrete Research Group.
- [9]– J.Q. Nidaa, J.K. Husain, (2018), "Performance Enhancement of R.C. Beams with Large Web Openings by Using Reactive Powder Composite: An Experimental Study", Al–Nahrain Journal for Engineering Sciences (NJES), Vol.21, No.3, pp. 405–416.
- [10]– El–Sisi. A. et al., "Structural Behavior of RC Beams Containing Unreinforced Drilled Openings With and Without CFRP Strengthening", Polymers 2022, 14, 2034.
- [11]– H.R. Bedar, A.R. Mohamed, K.K. Ghafur, (2017), "Strengthening of Reinforced Concrete T–beam with web opening", Sulaimani Journal for Engineering Sciences, Vol.

- [12]- W. Hongguang, X. Guijun, (2020), "Shear Capacity of RC Beams Strengthened with Flax Fiber Sheets Grafted with Nano-TiO₂", Journal Materials 2020, 13, 1430.
- [13]- Louay A. Aboul-Nour et al. (2018), "Openings in RC Beams and Assessing CFRP Strengthening", International Journal of Trend in Research and Development (IJTRD), Volume 5(6)
- [14]- S.N. Sinha, (2002), "Reinforced Concrete Design", 2nd ed. McGraw-Hill Education (India) Pvt Limited.
- [15]- "The Shear Strength of Reinforced Concrete Members", (June 1973), Journal of the Structural Division.
- [16]- S. Sunder, N. Babu ,D. Paulose, "Experimental Study on Strengthening of Openings in R.C Beams using BFRP Fabric ", (2016), International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology.
- [17]- Arsalan, M.H., Aksoylu, C., Gemi, L., Yazman, Ş., Özkılıç, O.Y., "Effect of Circular Holes in Shear Region on the Behavior of CFRP Strengthened RC Beams", (2019), 4th Eurasian Conference on Civil and Environmental Engineering (ECOCEE), Istanbul, Vol. 860, No. 5.

- [18]- "Report on Ferrocement", ACI Committee 549, ACI 549R-97.
- [19]- Rajagoplan, K., Parameswaran, V.S., (1975), "Analysis of ferrocement beams", J. Struct. Eng., 2(4), pp. 155-164.
- [20]- S.Rafeeqi, S. Lodi, ZR. Wadalawala, "Behaviour of Reinforced Concrete Beams Strengthened in Shear". Journal of Ferrocement. Vol. 35, No. 1, Jan. (2005).