

# مجلة جامعة البعث

سلسلة علوم الهندسة المدنية والمعمارية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 45 . العدد 12

1445 هـ - 2023 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

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

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث  
م. هلا معروف

عضو هيئة التحرير	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

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](http://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) مئتا 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
50-11	م. أسماء الخضري د. نضال سطوف د. عماد مسوح	أثر أسلوب التهجين في تصميم المتاحف المعاصرة
74-51	د. عصام ناصر د. بسام حويجة م. ثراء مبارك	تطوير نماذج ذكاء صناعي للتنبؤ بتشوه شرائح FRP المستخدمة في تقوية الجوائز البيتونية المسلحة
108-75	د. منيب العلاف د. عبد الرزاق سالم م. رنين الضرف	تأثير لهب النار المباشر على سلوك البلاطات المصمتة البيتونية المسلحة العاملة باتجاهين
132-109	م. شداد الضبياتي د. محمد عيسى د. طارق أصلان	تقوية الجوائز البيتونية المسلحة مسبقة الإجهاد على الانعطاف باستخدام ألياف الكربون CFRP (دراسة تحليلية)
172-133	م. أحمد ناصر د. يوسف مرعي	الإدارة المتكاملة للموارد المائية في منطقة سلمية الجمهورية العربية السورية







## أثر أسلوب التهجين في تصميم المتاحف المعاصرة

طالبة الماجستير: أسماء أحمد الخضري

كلية العمارة - جامعة البعث

إشراف الدكتور: نضال سطوف + د. عماد مسوح

### ملخص البحث:

يتناول البحث التعريف بتاريخ ومفهوم التهجين والمصطلحات المتعلقة به، ودخوله في حقل العمارة في العصور الوسطى والعصر الحديث وصولاً إلى العمارة المعاصرة، ودراسة الأهداف المختلفة من اتباع أسلوب التهجين في تصميم المتاحف كالتوسع والبناء بجوار المباني التاريخية، ودراسة التطورات التي طرأت على الشكل والتكوين الخارجي للمتاحف التاريخية التي أضيفت عليها طبقة معاصرة هجينة.

وفي هذا الإطار يقدم البحث نوع العلاقة بين المباني المعاصرة الجديدة وبين المباني التاريخية المجاورة، ومن خلال إلقاء الضوء على التجارب العالمية والعربية وأهمية التهجين في تشكيل عنصر جذب للزوار وتحقيق الأهداف الوظيفية ومراعاة المباني التاريخية المجاورة، سواء ببقاء المتاحف المعاصرة غريبة هجينة في الموقع، أو التي تضيف أهمية وتسيطر على الموقع التاريخي، والاستفادة من هذه التجارب في تصميم المتاحف المعاصرة في المناطق التاريخية في سورية.

الكلمات المفتاحية: المتاحف المعاصرة، التهجين، الجوار التاريخي، المباني التاريخية، التكوين، التشكيل.

## The impact of hybridization on the design of contemporary museums

### Research Summary

The research deals with the definition of the history and concept of crossbreeding and related terminology, and its entry into the field of architecture in the Middle Ages and the modern era leading to contemporary architecture, and the study of the different goals of following the crossbreeding method in designing museums such as expansion and construction next to historical buildings, and the study of developments that occurred in the form and external composition of historical museums To which a hybrid contemporary layer was added. In this context, the research presents the type of relationship between the new contemporary buildings and the neighboring historical buildings, by shedding light on international and Arab experiences and the importance of hybridization in forming an element of attraction for visitors and achieving functional goals and taking into account the neighboring historical buildings, whether with the survival of contemporary museums as strange hybrids on site, or which Add importance and control to the historical site, and benefit from these experiences in designing contemporary museums in the historical areas of Syria.

**Key words:** Contemporary museums –Hybridization - historical neighborhood - historical buildings – configuration - formation.

## أثر أسلوب التهجين في تصميم المتاحف المعاصرة

### 1- مقدمة البحث:

إنّ ما يسعى إليه معماريي اليوم والمدارس الفكرية هو الخروج من النمطية التقليدية بغية إنتاج الجديد شريطة مراعاة المواقع التاريخية وما تحوي من مباني أثرية وتراثية كون أن الماضي هو الأساس الذي يستند عليه المستقبل .

ومن الطرق المستخدمة في هكذا حالات هو اتباع أسلوب التهجين في تصميم المباني المعاصرة، فيبقى المبنى (هجين، غريب ودخيل) يعبر عن إمكانيات البلد والتقدم الصناعي فيه ، أو يأتي المبنى الهجين بقوة جوار المباني التاريخية فيضيف أهمية جديدة معاصرة مع الحفاظ على الجوار التاريخي والهوية المعمارية والعمرانية، وإدخال المبنى التاريخي كجزء من التصميم المعاصر.

### 2- أهمية البحث:

تأتي أهمية البحث من أهمية المناطق التاريخية بالإضافة إلى أهمية المباني المعاصرة التي تقام فيها، والتي قد تؤثر بشكل سلبي على المكان إذا لم تكن مدروسة، ودور أسلوب التهجين في تصميم المتاحف المعاصرة في هذه المواقع التاريخية القيمة، من خلال احترام الجوار التاريخي ومراعاة الطابع والهوية معمارية، وإحياء المناطق التاريخية المهجورة وإعادة تفعيلها في المجتمع.

### 3- هدف البحث :

رصد مفهوم التهجين في العمارة ودراسة أثره في التكوين والتشكيل المعماري للمتاحف المعاصرة، للوصول إلى محددات توضح العلاقة بين المتحف المعاصر والجوار التاريخي.

### 4- منهجية البحث :

تعتمد منهجين رئيسيين :

1. المنهج النظري: يتضمن دراسة تاريخ مفهوم التهجين في العمارة، ودراسة الأهداف المحققة من اتباعه في تصميم المتاحف المعاصرة.
2. المنهج التحليلي: ويتضمن تحليل عدد من المتاحف العالمية والعربية الهجينة المعاصرة، وفقاً لنموذجين منها متاحف هجينة بجوار المباني التاريخية و متاحف هجينة بهدف التوسع، ودراستها للوصول إلى مدى تأثير أسلوب التهجين في الشكل الخارجي لأبنية المتاحف ودورها في مراعاة المباني التاريخية المجاورة.

### 5- التهجين في العمارة :

إن مفهوم التهجين له عدة أوجه في المجال المعماري فهو يختلف ويتنوع حسب المفردات التي يتم تهجينها ودمجها والغاية من تهجينها وهو أيضاً أسلوب يتبع للحفاظ على المباني التاريخية وترميمها، وقد تم اتباع هذا الأسلوب أيضاً في عمليات تصميم وتجديد الكثير من أبنية المتاحف ...

**5-1-1- مفهوم التهجين والمصطلحات المتعلقة به :**

يعرف التهجين لغوياً على أنه العملية التي تجمع بين شيئين من أصول مختلفة بحيث يكون الناتج غريباً وغير مألوفاً ، قد يكون بين فكرين، كائنين، أسلوبيين، طرازين أو تهجين مبنى معاصر بجوار مبنى تاريخي، وقد أثير مفهوم التهجين لأول مرة في القرن الثامن عشر، ثم ظهر مفهوم التهجين الحيوي (Hybrid) في منتصف القرن التاسع عشر في علم الأحياء ومالبت أن تم اسقاطها على الفنون ليشكل حقل العمارة أحد تلك الأفرع التي انعكست فيها هذه الآلية [1] ، والتهجين الذي سيتم التطرق إليه في البحث هو تهجين طرازين مختلفين (معاصر وقديم).

**5-1-1- التباين والتضاد :**

وجد تعريف contrast في معجم Webster يعني تواجد عناصر مختلفة غير متماثلة جنباً إلى جنب ودلت كلمة opposite في ذات المعجم على المعاكسة والنقيض [6]. إن شدة الاختلاف في التباين قد يصل إلى حد التضاد مثل اللونين الأبيض والأسود وهو مايشير إلى الإثارة والغموض والتنوع للمباني ويحفز شعور المتعة والبهجة لدى المتلقي وهو يشجع على الأعمال المعمارية الهجينة [2].

وبذلك يكون التضاد والتباين بين شيئين من نفس الروح (مواد، ألوان، خامات، حجم، تشكيل والخ...) وقد يكون في تجاور المباني الحديثة والقديمة وهو تضاد مثير للاهتمام يتجنب الرتابة ويضيف التنوع للمكان [7].

**5-1-2- مصطلح التلوث البصري:**

يطلق مصطلح التلوث البصري على جميع العناصر البصرية الغير جاذبة والتي تكون غريبة عن المكان غير مدروسة وعشوائية، تضي على المتلقي شعور بالنفور وعدم الارتياح أو الإنتماء للمكان.

مصادر التلوث البصري [3]:

التلوث الذاتي - التلوث المحيط - التلوث المتبادل.

ومن أهم أسباب التلوث البصري التوسع العمراني المخالف للشروط وازدياد العشوائيات وظهور أبنية مجردة من الهوية وعدم التقيد بالقوانين والتشريعات التي تحافظ على جمالية المدن وإهمال المباني التي تحتاج إلى الترميم وتوضع الإعلانات وأجهزة التكييف على واجهات المباني الشكل (1)، هنا يجب التمييز بين ما هو حقاً تلوث بصري وعمارة تقلال من شأن محيطها التاريخي وبين ما يحمل رموزا تعبر عن روح العصر وتعمل كعنصر جذب يرفع من اقتصادية وأهمية المكان.



الشكل: (1) من أشكال التلوث البصري المصدر : الباحثة

### 5-1-3- مفهوم روح العصر Zeitgeist:

يرتبط الطابع المحلي بالمكان (مناخ، تربة وتضاريس) ثم أصبح هذا الطابع مؤقت ويتغير مع مرور الزمن وبذلك أصبح لكل عصر روحه الخاصة [8].

وبسبب التطور التكنولوجي وتطور الصناعات ومواد البناء التي تؤثر بشكل أساسي في تشكيل الهيكل الخارجي والفراغ الداخلي للمباني وفتحت آفاقاً كبيرة للعمارة فائقة الحداثة وظهرت الطرز المعمارية المتنوعة والتي يمتاز بعضها بالشفافية والمرونة ويمتاز الآخر بالعبثية والفوضى وغيرها بالهشاشة وخفة الوزن والغرابية أحياناً الشكل (2).





الشكل (2) متحف جوجنهايم النمسا المصدر: [www.bubblemania.fr/](http://www.bubblemania.fr/)

## 5-2- تهجين الأنماط المعمارية :

البيئات المبنية والمعاني الاجتماعية التي تنقلها العمارة الهجينة ليست نتاج ثقافات فردية ولا ابداعات متميزة لمجموعات منفصلة وإنما هي توفيقية نتيجة للإحترام وللتفاعل المستمر بين الثقافات والهويات واللغات المختلفة والمتنوعة في المكان، حيث يقوم هذا التفاعل على الحوار والإحترام والأخذ والوعي والمشاركة والتعاطف لبناء العلاقات [9].

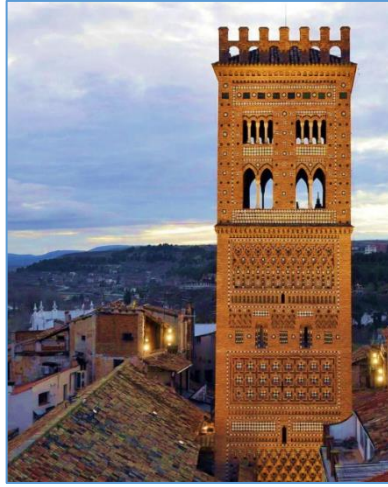
## 5-2-1- الملامح التاريخية لظهور التهجين في العصور الوسطى:

### أ- التهجين في العمارة المدججة:

يطلق اسم العمارة المدججة على العمارة الهجينة المترابطة بين العناصر الإسلامية والمسيحية (الرومانية والقوطية) والتي تنتشر بكثرة في اسبانيا (الأندلس سابقاً)، وهو حدث تاريخي هام يسرد التعايش بين الجماعات الدينية المختلفة في العصور الوسطى.

تعود أولى بدايات العمارة المدججة للقرن الثاني عشر في قشتالة وليون وطليلة، وقد بدأت في هذه المرحلة إضافة عناصر وزخارف إسلامية على العمارة الرومانية، تضمنت

الإضافة الهجينة زخرفة الخط والهندسة المعقدة والزخارف النباتية والتي يتم تنفيذها من الطوب، الحجر والخشب، ثم انتشرت في بقية المدن وأصبحت الإضافات تتضمن عناصر كاملة مدججة كالأقواس، الأقبية والأسقف والتي تحتوي على فن الارابيسك والزينة الجصية، ويعد القرن الرابع عشر العصر الذهبي للعمارة المدججة، ومن أكثر الأمثلة شهرة عن العمارة المدججة هو برج الجرس سان سلفادور في مقاطعة تيرويل، وهو يتصل بالكنيسة الباروكية في السلفادور، ذو طراز روماني قوطي، مدجن وعصر النهضة [4] الشكل (3).

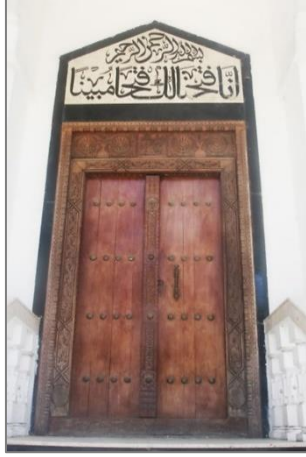


الشكل (3) برج سان سلفادور المصدر : en.wikipedia.org

### ب - التهجين في العمران السواحلي :

يطلق على العمارة في السواحل الشرقية والجنوبية الشرقية في افريقيا اسم العمارة السواحلية وهي مجموعة كاملة من تقاليد البناء الهجينة والمتنوعة، وهي عمارة حجرية متميزة نتيجة لتطور التقاليد الاجتماعية والتغيرات البيئية والتنمية الحضرية، تدل العمارة الهجينة فيها على العلاقات التجارية بين مختلف المناطق والتي كانت سائدة في العصور الوسطى ، تعرض العمارة السواحلية مجموعة من الابتكارات والزخارف التي لا يمكن

تقسيمها إلى أجزاء والتي تعود لأكثر من عمارة ، حيث تتأثر زخارف واجهات المباني على طول الساحل بمزيج من الثقافات تعود لمناطق (البر الرئيسي بأفريقيا - جنوب آسيا - شبه الجزيرة العربية)، من أكثر السمات المحلية التي تميز العمارة السواحيلية هي



الشكل(4) باب خشبي هجين المصدر: www.google.com

المدخل والأبواب المنحوتة، وغالباً ما يحمل مركز عتب الباب نقشاً عربياً محفوراً [10] الشكل(4).

### 1-2-2- التهجين في العمارة الاصفائية:

ظهر في القرن 19 أسلوب الإنتقائية في العمارة والنحت والتصوير واستمر حتى بدايات القرن 20 في العديد من الدول الأوروبية كفرنسا، إنجلترا وألمانيا، ويتم في هذا الأسلوب الاستلهام من أنماط ثقافية وتاريخية مختلفة والجمع فيما بينها في قطعة فنية واحدة بهدف إنشاء شيء جديد ومبدع وهي بذلك تحيي - بطريقة أكثر حرية - الأنماط المعمارية السابقة كالقوطية والباروكية والرومانسيكية وغيرها [12]، ومن أبرز الأمثلة عن العمارة الاصفائية كنيسة العائلة المقدسة في برشلونة للمعماري أنطوني غاودي ، وهي كاتدرائية رومانية وكنيسة إحياء قوطية مستوحاة من البازيليك ، واتبع في تصميمها الأسلوب الحر المستوحى من الطبيعة ذات الأشكال المنحنية [13] الشكل(5).



الشكل (5) كنيسة فاميليا ساغرادا المصدر: ar.wikipedia.org

### 1-2-3- التهجين في عمارة عصر الحداثة وعصر ما بعد الحداثة :

تعود عمارة الحداثة للقرن التاسع عشر حيث تضم العديد من المدارس والأساليب المعمارية التي تتشابه في تبسيط الأشكال ونبذ الزخارف ، ورداً على عمارة الحداثة والطرز الدولي ظهرت حركة عمارة ما بعد الحداثة وركزت على الواجهات واستخدام الملامح التاريخية والتعديل على المباني لجعلها مثيرة للإهتمام وتجذب الأنظار كما في Neue Stuttgartgalerie حيث تم تهجين العناصر الحديثة مع العناصر الكلاسيكية الشكل (6).



الشكل (6) Neue Stuttgartgalerie المصدر: www.alamy.com

**1-2-4- التهجين في العمارة المعاصرة :**

يطلق على عمارة القرن الواحد والعشرين اسم العمارة المعاصرة حيث لا يوجد أسلوب واحد مسيطر، إلا أن الأساليب المختلفة تشترك في استخدام التكنولوجيا والتقنيات المتقدمة ونمذجة المباني واستخدام مواد البناء الحديثة التي ميزت المباني بالقوة ، خفة الوزن والشفافية، يتم اتباع أسلوب التهجين في العمارة المعاصرة للحفاظ على المباني القديمة



الشكل (7) المركز الجديد للثقافة والفنون في هوليدود المصدر : [www.alamy.com](http://www.alamy.com)

وإحيائها كمحاولة لزيادة التفاعل الاجتماعي الثقافي من خلال إضافة مساحات ووظائف جديدة للمقارنة بين الماضي والحاضر وإنشاء رابط حديث للمفردات القديمة بإضفاء روح العصر وتمييز الجديد عن القديم، كما في تحويل منزل في هوليدود لمركز للثقافة والفنون [14] الشكل (7).

**1-3- التهجين في عمارة المتاحف:**

بمرور الزمن ومع التطور التكنولوجي الحاصل وبسبب الصدمات المستمرة بين الثقافات المحلية والاتجاهات العالمية وظهر المدارس المعمارية المختلفة والخروج عن المألوف رغبة بالتجديد والتغيير ظهر أسلوب التهجين في تصميم المتاحف المعاصرة، وقد اتبع العديد من المعماريين المشهورين هذا الأسلوب في أعمالهم المعماري، كالمعماري Norman Foster ، Daniel Libeskind ، Zaha Hadid ، ويتم اتباع هذا الأسلوب لعدة أسباب مختلفة كالتوسعة والإضافة وتجديد المباني وإعادة استخدامها وإحيائها، إلا أنها تتفق جميعها في خلق عامل جذب للمبنى.

### 1-3-1- المتاحف :

أ- **تعريف المتحف:** تم تعريف المتحف وفقاً للنظام الأساسي للمجلس الدولي للمتاحف الذي اعتمده الجمعية العامة الثانية والعشرون في فيينا ، النمسا، في 24 آب 2007 : المتحف مؤسسة دائمة غير هادفة للربح في خدمة المجتمع وتنميته، مفتوحة للجمهور، تكتسب وتحافظ على التراث المادي وغير المادي للبشرية وبيئتها، وتحفظه وتواصله وتعرضه لأغراض التعليم، الدراسة والتمتع [15].

### ب - تصنيف وأنواع المتاحف:

كونه لا يوجد تصنيف للمتاحف له علاقة بأسلوب التهجين يمكن اقتراح التصنيف الآتي:

**1- متاحف التوسع والتجديد:** المتاحف التي تضاف لها طبقة عصرية بغرض التجديد والتطوير أو بغرض التوسع..

**2- المتاحف التي شغلت وظيفة مغايرة من قبل:** وهي مباني تم إعادة استخدامها وتكييفها لتؤدي وظيفة المتحف.

**3- المتاحف التاريخية المرممة:** المتاحف التي تعرضت لنوع من الإصابات ورممت وفق أسلوب التهجين.

**4- المتاحف الهجينة بجوار المباني التاريخية:** وهي المتاحف التي تتصف بروح العصر بجوار مفردة تاريخية أو أكثر.

**5- المتاحف القائمة على أسلوب التهجين:** المتاحف المعاصرة التي تتبع فكرتها المعمارية بالمزج بين القديم والمعاصر [الباحثة]

## 1-3-2- أهداف اتباع أسلوب التهجين في تصميم المتاحف :

التهجين أسلوب يتبع في تصميم المتاحف المعاصرة لعدة أغراض وأهداف مختلفة ، فهو يتبع لهدف التوسع ،التجديد والتطوير ، ولهدف إعادة استخدام مبنى قديم وتحويله لمتحف، والتهجين أسلوب يتبع للحفاظ على المباني التاريخية وترميمها.

**أولاً : توسع وتجديد المتاحف:** يتم اتباع أسلوب التهجين في حالات توسعة المباني التراثية القديمة كالمتاحف التي لم تعد تستوعب الكم الزائد من المعروضات التي تكتشف مع مرور الزمن وكذلك توسعة المباني الثقافية المختلفة لاستيعاب وظائف جديدة مضافة لها، مع خلق فصل بصري واضح بين التكوين المعماري الجديد المضاف والقديم الأصلي عن طريق التضاد في التشكيل المعماري، اللون، الملمس وفي مواد البناء، وبحيث تأتي الإضافة خلفية جانبية لا تؤثر على الواجهة الرئيسة فيأتي التوسع يتصف بعدم التكلفة والبساطة كما يتسم بروح العصر، كما في توسعة متحف أونتااريو الملكي ذو الطراز النيورومنسي والإضافة عمارة هجينة تفكيكية [17] الشكل(8).



الشكل(8) متحف اونتااريو الملكي المصدر : [www.architizer.com](http://www.architizer.com)

**ثانياً : تغيير وظيفة مبنى وتحويله إلى متحف:** في هذه الحالة غالباً ما يتم إعادة استخدام المباني التاريخية لأغراض ثقافية ، كتحويل قصر لمتحف ، وفي تكييف المباني التاريخية لتأدية وظيفة جديدة يجب أن تكون التأثيرات على الأهمية التاريخية للمبنى ضئيلة وإلا قد تفشل في حماية القيمة التراثية للمبنى ، لذلك فإن أكثر المشاريع نجاحاً في إعادة الاستخدام للمباني التاريخية تلك التي تحافظ على تراث المبنى وتحترمه وتضيف طبقة معاصرة ذات قيمة للمستقبل [5]، بحيث يتم التجديد بواسطة أنظمة بناء ولغات عصرية لاحترام القديم وتمييزه عن الجديد بهدف لحفاظ التاريخي الكامل لماضي المبنى، كأن تأتي الإضافة صغيرة الحجم تتصف بالشفافية وتخلو من الزخارف والتفاصيل، كما في متحف درسن للتاريخ العسكري الشكل(9).



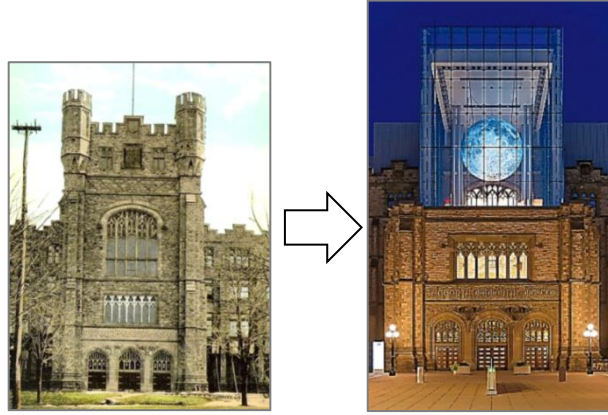
الشكل (9) متحف درسن العسكري المصدر : [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)

**ثالثاً : ترميم المتاحف التاريخية:** مفهوم الترميم كما عرفها ميثاق فينيسيا لمنظمة ICOMOS 1964<sup>(1)</sup> في المادة التاسعة (عملية متخصصة بدرجة عالية لاستعادة المباني ، هدفها حماية وكشف القيمة التاريخية والجمالية للمباني ، تقوم على احترام المادة الأصلية والوثائق، كما أن أي عمل إضافي يجب أن يتميز عن التكوين المعماري الأصلي ويتسم بروح العصر) فيظهرالتهجين بالتباين والتضاد للمادة المرمم بها والمادة

<sup>1</sup>(INTERNATIONAL CHARTER FOR THE CONSERVATION AND RESTORATION OF MONUMENTS AND SITES (THE VENICE CHARTER 1964).



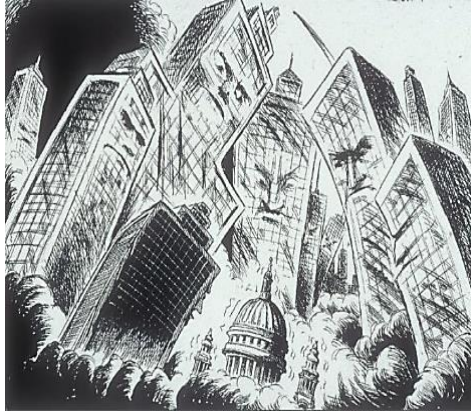
الأصلية من حيث اللون والملس وبالتالي الحفاظ على القيم والأهمية التاريخية التي يمتلكها التكوين المعماري الأصلي وحفظ ذاكرة وهوية المكان بدل اجراء طمس وتزييف للتاريخ، ولكون المواد المعاصرة كالزجاج والفلواز خفيفة الوزن وصلبة، فهي خيار صائب لأعمال الترميم التدعيمية والتي لا تؤثر بشكل كبير على الهيكل الأصلي ذو المواد القديمة الهشة كالحجر والطوب، وقد تم استخدامها بمهارة من قبل العديد من المهندسين المعماريين لإعادة الهيكل والتكوين المعماري لشكله الأصلي أو لشكل قريب منه، كما في ترميم متحف فكتوريا الشكل (10).



الشكل (10) المتحف الكندي للطبيعة قبل و بعد الترميم المصدر: ar.tripadvisor

### رابعاً : بناء المتاحف المعاصرة بجوار المباني التاريخية:

من الممكن أن تقدم العمارة المعاصرة في السياق الحضري التاريخي مساهمات إيجابية ولكن بحكم حجمها ومكانتها من الممكن أن تضر الجوار وخاصة المكان التي يقدرها الناس وكذلك الطابع المحلي للمنطقة الشكل (11).

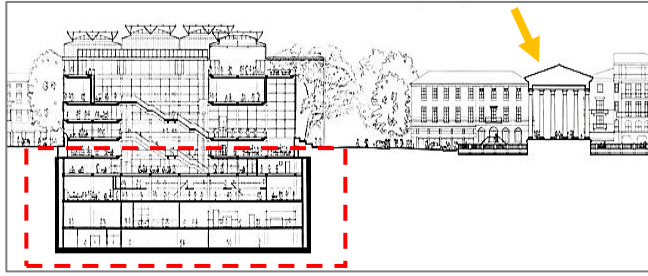


الشكل(11) سكتش يظهر المباني المرتفعة حول مبنى تاريخي المصدر: [www.pinterest.com](http://www.pinterest.com)

وهنا يجب التنويه إلى أن التدخلات المعاصرة تأخذ بعين الاعتبار القوانين والمواثيق الدولية الصادرة عن المؤتمرات التي تعقدها اليونسكو وغيرها من المنظمات الهادفة للحفاظ التاريخي والموروث الثقافي ، كميثاق التراث العالمي الميني 1999 الصادر عن المجلس الدولي للمعالم التاريخية والمواقع ICOMOS تحت عنوان \_ مبادئ الحفظ \_ والذي يحتوي في المادة الثانية ( ضرورة احترام التدخلات المعاصرة القيم الثقافية والطابع التقليدي ) [18].

أيضاً في مذكرة فيينا حول التراث العالمي والعمارة المعاصرة 2005 والذي يحتوي في البند 14 ( العمارة المعاصرة في المشهد التاريخي هي الاستجابة للتغيرات الاجتماعية والاقتصادية والنمو واحترام المشهد الحضري الموروث ) وأكدت في المادة 31 أن العلاقة بين المباني التاريخية والمباني المعاصرة تشكل نقاط جذب للسياح [19].

تسيطر البساطة على المتاحف التي تقام بجوار المباني التاريخية لإبقاء الأهمية الكبرى للأخيرة ، كما يجب احترام الارتفاعات في الجوار القريب من المبنى الجديد، كأن يستغل الجزء ما تحت الأرض وبناء طوابق سفلية بدل من الإرتفاع بطوابق تعلو على الجوار كما في متحف الفن المعاصر في فرنسا، والذي سيطرت عليه الشفافية وتمايز باللون ومواد الإكساء عن محيطه الشكل(12).



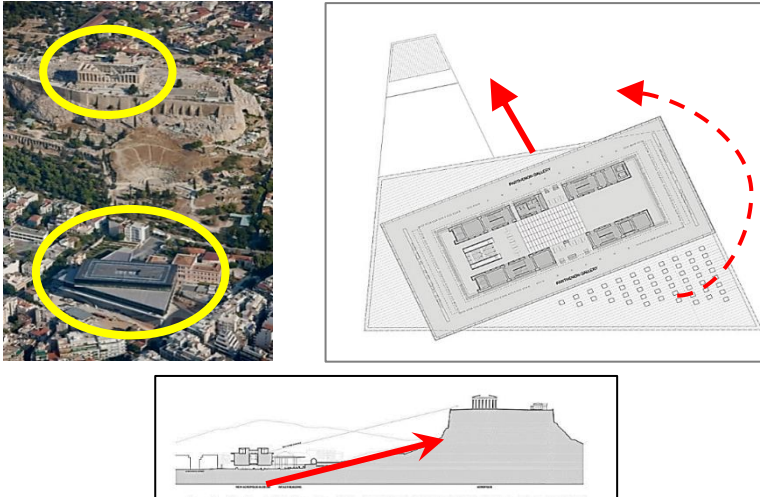
الشكل(12) متحف الفن المعاصر بجوار المباني التاريخية المصدر: [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)

كما يمكن ربط الجديد مع القديم لخلق نوع من العلاقة بين الماضي والمستقبل، كما في متحف الحضارات الأوروبية والمتوسطية ذو الطابع العصري وفي سياق تاريخي روماني يوناني [20] الشكل (13).



الشكل (13) متحف الحضارات الأوروبية والمتوسطية المصدر: [www.google.com](http://www.google.com)

كما يتم مراعاة واحترام الجوار التاريخي عن طريق تموضع المبنى الجديد في نقطة أقل ارتفاعاً من الموقع التاريخي، وإتباع أسلوب البساطة في التكوين المعماري للمبنى وذلك من خلال تصميمه بخطوط أفقية وبساطة قصوى وحجم غير ضخم بشكل متعمد، ويمكن توجيه التصميم والاستفادة من الجوار كإطلالة متميزة من داخل المبنى الثقافي كما في متحف الأكروبوليس الجديد المتموضع في القسم السفلي من المدينة القديمة ذات السياق التاريخي اليوناني الشكل (14).



الشكل (14) توجيه متحف الأكروبولوس باتجاه معبد البارثينون

المصدر: [archdaily](http://archdaily.com)

**خامساً: المتاحف المعاصرة القائمة على أسلوب التهجين:**

المتاحف المعاصرة التي تتبع فكرتها المعمارية من المزج والجمع بين القديم والمعاصر، وانطلاقاً من مفهوم روح العصر في الثقافة والعمارة التقليدية، والتكوين المعماري الذي يجمع في سلسلة متناقضة بين الأسلوب التقليدي القديم وبين ما هو جديد ويتصف بروح العصر، يتبع الأسلوب التقليدي بغطاء هجين وغريب يعبر عن روح العصر، كما في متحف اللوفر في أبو ظبي ذو التشكيلات المعمارية المتناقضة الشكل (15).



الشكل (15) متحف لوفر أبو ظبي المصدر: WWW.E-ARCHITECT.COM

**6- دراسة تحليلية لبعض الأمثلة المختارة من المتاحف المعاصرة:****6-1- سبب وآلية اختيار الأمثلة :**

تم اختيار متاحف ذات طبيعة تصميمية هجينة متميزة ، اشتهرت بعلاقتها بالجوار التاريخي ودورها في تحويل المكان التاريخي لنقطة جذب معاصرة ، قسّمت لنموذجين منها صممت بهدف التوسع والتجديد ، ومنها متاحف اتبع في تصاميمها أسلوب التهجين لوجودها بجوار مباني تاريخية.

**6-2- الأمثلة التحليلية المختارة :** تم اعتماد أمثلة عالمية وعربية للدراسة التحليلية .

وتم تصنيفها بحسب محددات الدراسة التحليلية :

متاحف هجينة بجوار المباني التاريخية : متحف أموس ركس - متحف الحضارات الأوروبية والمتوسطية.

متاحف هجينة بغرض التوسع والتجديد : متحف قطر الوطني .

**6-3- منهجية الدراسة التحليلية:**

سيتم دراسة الأمثلة التحليلية وفق النقاط التالية:

أولاً : التعريف بالمشروع : اسم المبنى - موقع المبنى - النوعية التخصصية للمبنى - تاريخ افتتاح المبنى - مصمم المبنى

ثانياً: دراسة أثر أسلوب التهجين على التكوين والتشكيل المعماري للمتحف:

الأثر على التكوين المعماري: الشكل - الارتفاع - الحجم - المقياس

الأثر على التشكيل المعماري: الملمس - اللون - حواف نهاية المبنى - الفتحات

التباين والتضاد بين المتحف المعاصر والجوار التاريخي من خلال: البساطة - الشفافية - اتزان التكوين.

ثالثاً: أثر أسلوب التهجين على علاقة المتحف المعاصر مع الجوار التاريخي:

وتلخص الدراسة التحليلية بجدول يوضح تأثير أسلوب التهجين في تصميم المتحف المعاصر وطبيعة علاقته مع الجوار التاريخي.

الجدول (1) حقل الدراسة المتبع في تحليل النماذج المختارة المصدر: اعداد الباحثة

اسم المبنى:				
		تاريخ الافتتاح		الموقع:
		المعماري المصمم:		النوعية التخصصية:
الهدف من اتباع أسلوب التهجين				
التوسع والتجديد	تغيير وظيفة المبنى	الترميم	البناء بجوار مبنى تاريخي	الفكرة المعمارية
التباين والتضاد بين المتحف المعاصر والجوار التاريخي				
		البساطة	الشفافية	اتزان التكوين
أثر أسلوب التهجين على التكوين المعماري		أثر أسلوب التهجين على التشكيل المعماري		
	الشكل	الملمس		
	الارتفاع	اللون		
	الحجم	الحواف		
	المقياس	الفتحات		
أثر أسلوب التهجين على علاقة المتحف المعاصر مع الجوار التاريخي				

**6-4- متاحف هجينة بجوار مباني تاريخية :** (متحف أموس ركس / فنلندا ):

أولاً: التعريف بالمشروع:

اسم العمل المعماري: Amos Rex

الموقع: مدينة هلسنكي عاصمة فنلندا

النوعية التخصصية للمتحف: متحف للفن المعاصر

تاريخ افتتاح المبنى : 2018م

المعماري المصمم : JKMM Architects

ثانياً: دراسة أثر أسلوب التهجين على التكوين والتشكيل المعماري للمتحف:

يقع المتحف تحت ساحة تاريخية، ويظهر التكوين الخارجي للمتحف من خلال أرضية الساحة بشكل محدب وعلى شكل قبوات غير متزنة ، ببيضاء اللون تشكل سقف المتحف مكسوة ببلاط أرصفة خرساني على شكل زهرة البرسيم خشنة الملمس وقد تخللتها بلاطات صفراء اللون، الفتحات ذات أشكال نحتية مخروطية وقواعد دائرية لإدخال الضوء الطبيعي، تسيطر البساطة على أسطح المتحف التي تخلو من الزخارف والتفاصيل.

**الشكل(16).**



الشكل ( 16 ) متحف أموس ركس للفنون المصدر: مجلة البناء



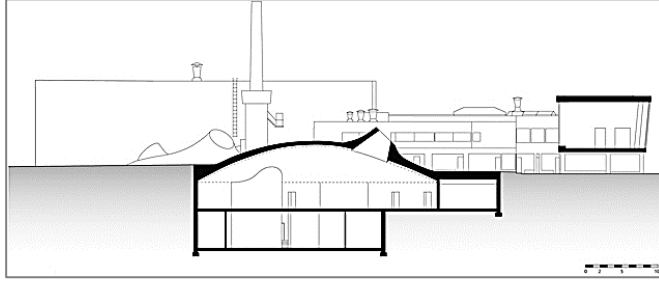
الساحة التاريخية واحدة من أهم الأماكن العامة في مجال التسوق والترفيه، يغلب على الساحة اللون الأبيض، تحتوي الساحة على القصر الزجاجي (قصر لاسيلاستي) والذي يعود لثلاثينات القرن العشرين كما تحتوي مبنى تاريخي كبير أصفر اللون حيث سمح البحث في المصادر التاريخية بالإضافة لتحليل المواد في الموقع إلى إنشاء لوحة من المواد والألوان للمتحف المعاصر، والتي تتوافق مع المبنى المجاور وتحافظ على الميزات الأصلية للموقع، وجد التباين والتضاد بين المتحف والمحيط في توازن التكوين ككل فقد جاء التكوين عضوي يظهر كعنصر مفاجأة في المكان القديم كما أن الفتحات مختلفة عما في المحيط فهي دائرية الشكل وتشكل نهايات سقف المتحف (علوية)، جاء المتحف عصري هجين في وسط سياق تاريخي ذات طابع كلاسيكي.



الشكل (17) المتحف ومن خلفه المبنى التاريخي المصدر: مجلة البناء 2018 العدد 40

استقر المتحف في رحم الأرض بغية الحفاظ على الساحة واستخدامها كمساحة خدمية عامة وفراغ خارجي تفاعلي مشترك بينه وبين المباني التاريخية المجاورة، يراعي التكوين المعماري للتصميم الجوار من حيث الحجم الذي لم يحجب الساحة ومن خلال المقياس الإنساني الذي اتبع في تصميم المتحف المعاصر والمتبع في المباني المجاورة.

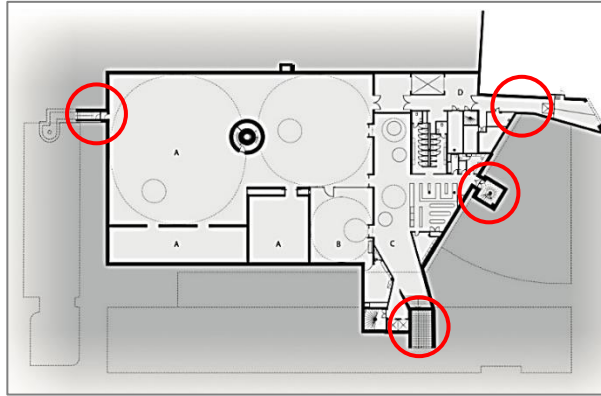
**الشكل(18).**



الشكل ( 18 ) مقطع شاقولي للمتحف تحت الأرض المصدر: السابق

### ثالثاً: أثر أسلوب التهجين على علاقة المتحف المعاصر مع الجوار التاريخي

تم ربط المتحف مع القصر الزجاجي المجاور بحيث يتم الدخول إلى المتحف من داخل القصر الزجاجي والذي استغلت أجزاء منه لخدمة المتحف، كما تم اختيار مواضع الفتحات بعناية لتمكين الزوار من الإطلالة إلى الأعلى باتجاه الساحة لتعزيز الارتباط بالخارج وبالعكس فقد مكنت من في الخارج بالنظر إلى داخل المتحف، وقد تم إضافة بلاطات صفراء اللون، كما هو لون البناء التاريخي المجاور، وتم ربط المتحف بالخدمات المحيطة كالسينما الموجودة في المبنى المجاور والمطاعم والمحال التجارية والتي تشكل جميعها مداخل ثانوية للمتحف الشكل(19)،



الشكل (19) ربط المتحف بالمباني المجاورة بواسطة المداخل المصدر: السابق

يتكون الهيكل الإنشائي من سلسلة من الأشكال المحدبة المخروطية ( قباب ) والتي تشكل سقف المتحف وأرض الساحة التاريخية، والتي يمكن المشي فوقها أو الجلوس والاستلقاء عليها.

تم اتباع أسلوب التهجين وتمييز المبنى الجديد عن محيطه وإضفاء الطابع العصري على المتحف، شكل المتحف المعاصر بتكوينه المعماري المخروطي الهجين نقطة جذب هامة للمنطقة وأحيائها من خلال ربط الماضي بالحاضر - دون الخلط بينهما - فيمكن بسهولة عزل المتحف المعاصر بصرياً عن الجوار التاريخي، وبالتالي لم يقلل المتحف من أهمية الجوار، وبالبقاء هجيناً غريباً حافظ المتحف على الهوية المعمارية للجوار بعدم تحويلها أو تزويرها الشكل (20).



الشكل (20) متحف اموس ركس بجوار المباني التاريخية المصدر: السابق

## أثر أسلوب التهجين في تصميم المتاحف المعاصرة

الجدول ( 2 ) حقل الدراسة المتبع في تحليل متحف أموس ركس المصدر: اعداد الباحثة

اسم المبنى: متحف أموس ركس				
الموقع:	هلنكي عاصمة فنلندا	تاريخ الافتتاح	2018	
النوعية التخصصية:	متحف للفن المعاصر	المعماري المصمم:	JKMM Architects	
الهدف من اتباع أسلوب التهجين				
التوسع والتجديد	تغيير وظيفة المبنى	الترميم	البناء بجوار مبنى تاريخي	الفكرة المعمارية
-	-	-	√	√
التباين والتضاد بين المتحف المعاصر والجوار التاريخي				
البساطة	الشفافية	اتزان التكوين		
√	-	√		
أثر أسلوب التهجين على التكوين المعماري		أثر أسلوب التهجين على التشكيل المعماري		
الشكل	نحتي مخروطي	الملمس	خشن	
الارتفاع	المتحف أقل ارتفاعاً من الجوار التاريخي	اللون	موحد	
الحجم	حجم الكتل الظاهر صغير نسبة للجوار التاريخي	الحواف	ناعمة	
المقياس	استعمل المقياس الموجود في الموقع (انساني)	الفتحات	كبيرة-دائرية-علوية	
أثر أسلوب التهجين على علاقة المتحف المعاصر مع الجوار التاريخي				
تم توجيه التكوين نحو العمارة التاريخية، وتأمين مداخل وفراغات مشتركة فيما بينهما، يمكن وبسهولة من خلال التضاد المدروس فصل المتحف بصرياً عن المحيط، ويلاحظ انسجام المتحف مع الجوار من خلال الحفاظ على الساحة الانزلاق أسفل الأرض ومراعاة الألوان المحيطة به				

**6-5- متاحف هجينة بجوار مباني تاريخية : (متحف الحضارات الأوروبية**

والمتوسطية/فرنسا):

أولاً التعريف بالمشروع:

اسم العمل المعماري: Museum of Civilizations of Europe and the Mediterranean

الموقع: في موقع حصن سان جان/مرسيليا في فرنسا .

النوعية التخصصية للمتحف: متحف للثقافة.

تاريخ افتتاح المبنى: 2013م

المعماري المصمم: Rudy Ricciotti Architect



الشكل ( 21 ) متحف الحضارات الأوروبية والمتوسطية المصدر: [www.tripadvisor.com](http://www.tripadvisor.com)

ثانياً: دراسة أثر أسلوب التهجين على التكوين والتشكيل المعماري للمتحف:

تكوين المتحف عبارة عن صندوقين أحدهما داخل الآخر، الواجهتان الجنوبيتان مكسوتان بخرسانة مسلحة بألياف عضوية مميزة وغريبة للغاية، الواجهتان المقابلتان للشمال مصنوعتان من الزجاج.

يراعي المتحف الإرتفاع المجاور للحصن فهو أقل ارتفاعاً من الأخير، كذلك الأمر بالنسبة للحجم فحجم المتحف صغير مقارنة بحجم الحصن التاريخي الذي يعواد للقرون

الوسطى ولايطغى عليه، يقع متحف الحضارات الأوروبية والمتوسطية بمكان تاريخي يحتوي على حصن سان جان الذي يعود للقرون الوسطى وكاتدرائية مرسيليا الشكل (22) يظهر التباين والتضاد بين المتحف والجوار التاريخي بوضوح في اللون، فقد جاء المتحف رمادي اللون، بينما يغلب على الجوار التاريخي اللون الرملي، كما يوجد اختلاف كبير في شكل الفتحات، الفتحات في الحصن مستطيلة ومستطيلة ذات قوس، أما المتحف فيتصف بالشفافية والفتحات فيه عبارة عن واجهة زجاجية محاطة بغلاف خارجي له أشكال عضوية تسمح بنفاذ الضوء للداخل، وواجهتان زجاجيتان دون أي غلاف خارجي.

ثالثاً: أثر أسلوب التهجين على علاقة المتحف المعاصر مع الجوار التاريخي:

يراعي تصميم المتحف الجوار من حيث البساطة، الشفافية بل ويمكن فصله بصرياً بسهولة من خلال التكوين والتشكيل المعماري للمتحف الشكل (22).

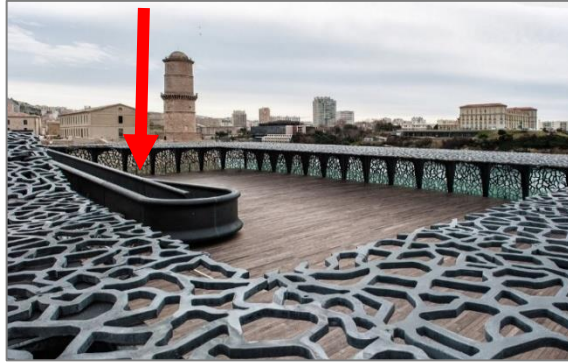


الشكل (22) متحف الحضارات وجانبه الحصن ومن خلفه الكاتدرائية

المصدر: [www.tripadvisor.com](http://www.tripadvisor.com)

قام المصمم بربط المتحف المعاصر بالجوار التاريخي بشكل مباشر عبر جسر يربط الطابق الأخير للمتحف بحصن سان جان الشكل (23).

راعى التصميم المعاصر للمتحف الجوار التاريخي من خلال التعبير عن الزمن الذي وجد فيه وذلك بإضفاء روح العصر والحفاظ على ذاكرة وتاريخ المكان كما هو دون طمس أو تزوير، كم أن المتحف بحجمه وبساطته لم يقلل من أهمية الجوار، بل حافظ على الهوية المعمارية في المكان من خلال بقائه بعيداً عنها.



الشكل ( 23 ) الجسر في الطابق الأخير للمتحف المصدر: [www.tripadvisor.com](http://www.tripadvisor.com)

## أثر أسلوب التهجين في تصميم المتاحف المعاصرة

الجدول (3) حقل الدراسة المتبع في تحليل متحف الحضارات الأوروبية والمتوسطية المصدر: اعداد الباحثة

اسم المبنى: متحف الحضارات الأوروبية والمتوسطية				
الموقع:	مرسيليا/فرنسا	تاريخ الافتتاح	2013م	
النوعية التخصصية:	متحف للثقافة	المعماري المصمم:	Rudy Architect Ricciotti	
الهدف من اتباع أسلوب التهجين				
التوسع والتجديد	تغيير وظيفة المبنى	الترميم	البناء بجوار مبنى تاريخي	الفكرة المعمارية
-	-	-	√	-
التباين والتضاد بين المتحف المعاصر والجوار التاريخي				
البساطة	الشفافية	اتزان التكوين		
√	√	-		
أثر أسلوب التهجين على التكوين المعماري		أثر أسلوب التهجين على التشكيل المعماري		
الشكل	هندسي منتظم	الملمس	ناعم	
الارتفاع	المتحف أقل ارتفاعاً من الجوار التاريخي	اللون	رمادي	
الحجم	حجم المتحف صغير لا يطغى على الجوار	الحواف	حادة	
المقياس	اقتصر على المقياس الإنساني رغم وجود المقياس الصرحي في الجوار	الفتحات	كبيرة-شكلها عضوي- جانبيهة	
أثر أسلوب التهجين على علاقة المتحف المعاصر مع الجوار التاريخي				
تم تأمين مداخل مشتركة بين المتحف والجوار التاريخي، مع بناء جسر يربط المتحف المعاصر مع الجوار، يمكن فصل المتحف بصرياً عن الجوار، كما أضفى المتحف على المكان روح العصر وشكل نقطة جذب للزوار				



**6-6-متاحف هجينة بغرض التوسع : (متحف قطر الوطني/ قطر ):**

أولاً: التعريف بالمشروع:

اسم العمل المعماري : متحف قطر الوطني

موقع المبنى : الدوحة - قطر

النوعية التخصصية للمتحف: متحف فني

تاريخ افتتاح المبنى : 2019 م

المعماري المصمم: Atelier Jean Nouvel



الشكل (24) متحف قطر الوطني المصدر : <http://en.hdec.kr>

ثانياً: دراسة أثر أسلوب التهجين على التكوين والتشكيل المعماري للمتحف:

تصميم المبنى مستوحى من وردة الصحراء على هيئة أقراص خرسانية أفقية وعمودية متشابكة تشكل فيما بينها فتحات غير متساوية المساحة، الأقراص دائرية المقطع بأقطار وانحناءات مختلفة ذات لون رملي تستحضر التموجات الطبيعية للمناظر الطبيعية الصحراوية في الموقع، تشكل الأقراص مظلات في الموقع للوقاية من أشعة الشمس الحارقة والتي تحجب عن الداخل الضوء والحرارة أيضاً، يمثل الطابع المعماري استجابة للبحث عن الهوية الرسمية للمكان، كسيت الأقراص الجمالونية الفولاذية بالخرسانة

المسلحة بالألياف باستخدام نمذجة البناء ثلاثية الأبعاد BIM وإجراء المحاكاة الافتراضية قبل الفعلية طول فترة عملية البناء.

بني متحف قطر الوطني الجديد حول القصر التاريخي القديم الذي يعود لعام 1912 م وهو على الطراز المحلي الملائم للبيئة الصحراوية الجافة، ومن أهم المباني في القصر القديم المبنى الفاخر وسط الفناء المليء بالمرمرات والمعروف باسم المجلس الداخلي الشكل (26) والذي يحتوي على العديد من المنحوتات الخشبية على عكس التوسع الخالي من العناصر الزخرفية والمنحوتات والاضافات التزيينية ، كما يوجد تباين واضح في لون المتحف الجديد إلى جانب القصر القديم، كما يوجد تضاد في توازن التكوين بين القسم التقليدي التاريخي والتوسع الجديد المعاصر، وبسبب التشكيل المنتشاك للأقراص فإنّ الفتحات التي بينها متنوعة الشكل والحجم، على عكس الفتحات المستطيلة الشكل والمستطيلة ذات نهايات قوس، يراعي التوسع ارتفاع وحجم القسم التاريخي المنخفض، فجاء الارتفاع والحجم متدرجاً في كتلة التوسع المعاصرة وهما في ازدياد كلما ابتعدنا عن المتحف التاريخي الشكل(25).



الشكل (25) تدرج الارتفاع والحجم في المتحف المصدر : [arquitecturaviva.com](http://arquitecturaviva.com)

ثالثاً: أثر أسلوب التهجين على علاقة المتحف المعاصر مع الجوار التاريخي:

تم ربط التوسع مع المتحف التاريخي من خلال جعل القسم التاريخي في قلب التصميم الجديد، وتوجيه التكوين المعاصر نحو القسم التقليدي باعتباره نصباً تذكاريّاً ومعرضاً مركزياً في المتحف، ويجعله آخر محطة من محطات المتحف، كما شكّل التوسع المعاصر مظلة دخول للقسم التاريخي عن طريق قرص من الأقراص المتشابكة الشكل (27)، وشكّل التصميم الحر للمتحف المعاصر فراغ خارجي مكشوف مشترك مع القسم التاريخي.

أضفى المتحف الجديد باتباعه روح العصر روحه على المكان، كما شكل نقطة جذب هامة من خلال التضاد بين الطرازين المختلفين للمبنيين واللذين يشكلان متحفاً واحداً، سيطر المتوسع على المتحف بسبب حجمه الكبير، إلا أن فكرته المعمارية القائمة على فكرة وردة الصحراء المحلية ذات اللون الرملي تجعله ينسجم مع المحيط ويحافظ على الهوية في المنطقة، وقد أفسح المصمم المجال لرؤية القصر القديم من الواجهة البحرية.



الشكل (27) مدخل المتحف التاريخي

المصدر: [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)

الشكل (26) المجلس الداخلي في القصر

المصدر: <https://qm.org/>

## أثر أسلوب التهجين في تصميم المتاحف المعاصرة

الجدول (3) حقل الدراسة المتبع في تحليل متحف الحضارات الأوروبية والمتوسطية المصدر: اعداد الباحثة

اسم المبنى: متحف قطر الوطني				
الموقع:	الدوحة/ قطر	تاريخ الافتتاح	2019م	
النوعية التخصصية:	متحف فني	المعماري المصمم:	Atelier Jean Nouvel	
الهدف من اتباع أسلوب التهجين				
التوسع والتجديد	تغيير وظيفة المبنى	الترميم	البناء بجوار مبنى تاريخي	الفكرة المعمارية
√	√	-	√	-
التباين والتضاد بين المتحف المعاصر والجوار التاريخي				
البساطة	الشفافية	اتزان التكوين		
√	-	√		
أثر أسلوب التهجين على التكوين المعماري		أثر أسلوب التهجين على التشكيل المعماري		
الشكل	حر	الملمس	ناعم	
الارتفاع	تدرج بالارتفاع للأعلى كلما ابتعدنا عن القصر التاريخي	اللون	رملي	
الحجم	كبير	الحواف	حاددة منحنية	
المقياس	صرحي	الفتحات	متنوعة الشكل والحجم	
أثر أسلوب التهجين على علاقة المتحف المعاصر مع الجوار التاريخي				
من خلال التكوين المعماري للمتحف يمكن عزله بصرياً عن محيطه، التصميم بالكامل يحيط بالقصر القديم، تمأمين مداخل وفراغات مشتركة، انسجم المتحف مع الجوار وأضفى على الموقع روح العصر وشكل نقطة جذب هامة في المنطقة				

## نتائج الدراسة التحليلية:

1- أضفى التصميم المعاصر للمتاحف الهجينة روح العصر على الجوار، وقد أحيى المنطقة وجذب الزوار والسياح، من خلال اعتناق التباين والتضاد بين المتحف والجوار التاريخي.

2- تم تأمين فراغ وسطي مشترك للتفاعل الاجتماعي، وفي حال عدم وجود هذه الفراغ تم ربط المتحف المعاصر بالجوار التاريخي من خلال جسر لتحقيق الربط بين الماضي والحاضر.

3- تم مراعاة الحجم والارتفاع في تصميم المتاحف المعاصرة بجوار المباني التاريخية أكثر منها في توسع المتاحف، والتي يمكن أن لا تراعي هذا الجانب بشكل كامل لأن التصميم المعاصر والتاريخي في النهاية يشكلان متحفاً واحداً.

4- تم الانسجام بين الطرفين كتوجيه التكوين المعاصر نحو التاريخي، وجعل المبنى التاريخي في قلب وأهم محطة في التصميم المعاصر.

## النتائج والتوصيات:

1. الفصل التام بين مصطلح التلوّث البصري والفصل البصري الذي يولده التهجين من خلال التباين والتضاد بين المبنى الجديد المعاصر والمباني التاريخية القائمة، فالأول يقلل من أهمية المكان ويؤثر عليه بشكل سلبي، أما الثاني فيشكل نقطة جذب هامة.
2. إنّ اتباع أسلوب التهجين بجوار المباني التاريخية يعطي المصمم خيارات أوسع في تصميم المتاحف وأفكار متنوعة وجديدة، تتصف بالبساطة وابتعادها عن الزخرفة والتكلف في تشكيلاتها المعمارية، كما تضيف على الموقع روح العصر.

3. يؤدي التباين والتضاد في التشكيل والتكوين المعماري بين التصميمين المعاصر والتاريخي دوراً في تحقيق الفصل البصري للمتحف المعاصر عن الجوار التاريخي، من خلال الملمس، اللون، بساطة التشكيل واتزان التكوين ومن خلال شكل وتوضع الفتحات.

4. إنّ مراعاة التصميم المعاصر الهجين للمباني التاريخية المجاورة يؤثّر بشكل إيجابي في الموقع ويحافظ على الهوية المعمارية من الضياع، ويؤكد على أهمية الأخيرة كإرث حضاري يعكس تاريخ المكان.

5. تتحقق العلاقة بين المتحف المعاصر والجوار التاريخي من خلال وضع المباني التاريخية المجاورة في إطار الدراسة الأولية للتصميم وتحقيق رابط بينهما، من خلال توجيه التكوين نحو العمارة التاريخية وجعلها جزء من التصميم، ومن خلال تأمين مداخل وممرات تصل بينهما.

6. الأخذ بعين الاعتبار الارتفاع، الحجم والمقياس للتكوين المعماري الخاص بالجوار التاريخي عند تصميم المتاحف المعاصرة، للحفاظ على مكانة وأهمية الجوار القديم.

7. مراعاة ارتفاع المبنى وسط السياق التاريخي، من خلال الانخفاض في الارتفاع واستغلال الموقع تحت الأرض لبناء الطوابق، بغية الحفاظ على المساحة المشتركة، والحفاظ على المحاور البصرية.

8. في حال عدم إمكانية استغلال الموقع تحت الأرض لأسباب طبوغرافية كنعوية التربة، تتم مراعاة ارتفاع الجوار التاريخي في التصميم المعاصر، من خلال التدرج بارتفاع التكوين المعماري وزيادته كلما ابتعدنا عن المفردات التاريخية.

## المراجع :

1. Albazaz, Anaam. Alomari, Hafsa. Alsaraf, Abdullah.(2017). Hybridization as a Mechanism in Production of Architectural Form. *Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences*, 24(1), 19–34.
2. Mohamad Hasan, Ziki.(2012). *In Islamic Art*. Cairo:Hindawi Foundation for education and culture.
3. Madani, Reem. (2015). *The Impact of Visual Pollution in Distorting the Beauty of Cities. Master*. Sudan University of Science and Technology.
4. Gothman, R. (2003). *Mudejar Architecture* (Mohamad hamza Al-Hadad, translator), Cairo: Supreme Council of Culture.
5. Changing the Uses of Buildings – a case study of the reuse of heritage building, (2019). *Journal Twenty Two*, 77, P 87–89.

(المراجع Arabic in)

6. <https://www.merriam-webster.com/>.
7. Garg, Charchit. (2020 , April 13). Principles of Design: the application of contrast and similarity. Retrieved Nov 25,2020 from <https://uxdesign.cc/principles-of-design-the-application-of-contrast-and-similarity>.
8. Hvattum, Mari. (2017,March 28). Zeitgeist, Style, and Stimmung: Historiography of Architecture.Retrieved Oct 8,2020 from <https://doi.org/10.1002/9781118887226.wbcha070>
9. Alsayyad , Nezar. (2002). James Connolly, "Hybrid Urbanism" Retrieved 16 Nov 2021 from [/www.academia.edu/3752580/James\\_Connolly\\_Hybrid\\_Urbanism\\_](http://www.academia.edu/3752580/James_Connolly_Hybrid_Urbanism_).
- 10.Alsayyad, Nezar. (2001). Hybrid Urbanism . USA: Praeger.
- 11.Meier, Prita. ( 2016). Swahili Port cities . India : Indiana University Press .



12. Eclectic Architecture and Interiors. (2021, May 5). Retrieved 2022 Feb 19 from <https://lopificio.it/en/blog/eclectic-architecture-and-interiors#>.
13. Suarez, Lizbeth and Buitron, Richard. (22 de octubre de 2020). La Sagrada Familia. Recuperado el 1 de enero de 2022 de [https://issuu.com/buitronsuarez/docs/revista\\_la\\_sagrada\\_familia](https://issuu.com/buitronsuarez/docs/revista_la_sagrada_familia) :
14. Baldwin, Eric. ( 17 Mar 2021 ) Brooks + Scarpa Design Sweeping New Arts & Culture Center for Hollywood, Florida Retrieved 7 Dec 2021 from <https://www.archdaily.com/958687/brooks-plus-scarpa-design-sweeping-new-arts-and-culture-center-for-hollywood-florida> > ISSN 0719-8884.
15. [icom.museum/en/resources/standards-guidelines/museum-definition/](https://icom.museum/en/resources/standards-guidelines/museum-definition/)
16. Lecture by Kevin Flude – prepared for 'Creative Practice in Narrative Environments' conference ,2004.
17. Royal Ontario museum. (no date). Accessed 12 May 2022. <https://architizer.com/projects/royal-ontario-museum/>.

18. [http:// www.icomos.org](http://www.icomos.org)

19. [http:// whc.unesco.org](http://whc.unesco.org)

20. cassar, Fabien. (2019,4,Sep). LE MUCEM, UN MUSÉE DES CIVILISATIONS POUR LE XXIE SIÈCLE. Récupéré le 21 Oct 2021. depuis , <https://www.myprovence.fr/ca-s-agite-dans-le-local/a-moi-la-culture/reportage/marseille/le-mucem-un-musee-des-civilisations-pour-le-xxie-siecle>.

## تطوير نماذج ذكاء اصطناعي

### للتنبؤ بتشوه شرائح FRP المستخدمة في تقوية

### الجوائز البيتونية المسلحة

أ.د. عصام ناصر \* أ.د. بسام حويجة \*\* م. ثراء مبارك \*\*\*

#### ملخص البحث

أثبتت الدراسات التحليلية والتجريبية أهمية وكفاءة تقنية تقوية الجوائز البيتونية المسلحة بشرائح FRP بطريقة اللصق ضمن أخاديد (NSM)، ولكن تبقى المشكلة الأساسية عند اعتماد تصميم دقيق بهذه الطريقة في تحديد التشوه الفعال لشريحة التقوية. لذلك سيتم في هذه الدراسة استخدام نظام برمجي يعتمد على منهج المنطق الضبابي FIS ونظام برمجي آخر يعتمد على مبدأ الشبكات العصبونية الصناعية ANN بالإضافة إلى نظام هجين بين المنهجين السابقين وهو نظام الاستدلال الضبابي العصبي التكيفي ANFIS لتوقع قيم التشوه الفعال لشرائح التقوية في الجوائز البيتونية المسلحة بتقنية اللصق ضمن أخاديد، ومقارنة نتائج هذه الأنظمة مع النتائج التجريبية. وأظهرت نتائج هذه الدراسة ارتباطاً قوياً بين القيم التجريبية للتشوه الفعال مع قيم نظام ANFIS المجمعة من الأبحاث المنشورة حيث وصلت قيمة معامل الارتباط  $R=0.9854$  ما يدل على كفاءة أداء هذا النظام، كما أظهر نظام ANFIS دقة تنبؤية متفوقة وقابلية للتعميم بالمقارنة مع طريقتي FIS و ANN حيث وصلت قيمة معامل التحديد لهذا النظام  $R^2=0.971$  ومعامل الجذر التربيعي لمتوسط مربعات الخطأ  $RMSE=0.0457$ ، بينما لم يتجاوز هذا المعامل القيمة  $0.08526$  لباقي الأنظمة.

الكلمات المفتاحية: التقوية، شرائح FRP، اللصق ضمن أخاديد، التشوه الفعال، نظام الاستدلال الضبابي العصبي التكيفي، الشبكات العصبونية، المنطق الضبابي.

\* أستاذ- قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية- جامعة تشرين.

\*\*أستاذ- قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية- جامعة تشرين.

\*\*\*طالبة دراسات عليا (دكتوراه)- قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية- جامعة تشرين.

# Developing artificial intelligence models to predict the strain of FRP strips used in strengthening RC beams

\* Dr Issam Nasser \*\*Dr Bassam Hwaija \*\*\* Tharaa Mubarak

## Abstract

Experimental and analytical studies on Near-surface mounted FRP has proven the importance and efficiency of this technique in strengthening RC beams but determining the effective strain for FRP strips is the main problem in this technique. In this paper, a soft computing technique based on fuzzy logic approach (FIS) and another software system based on the principle of artificial neural networks (ANN) will be used in this study, in addition to a hybrid system between the two previous approaches, which is the adaptive neural fuzzy inference system (ANFIS) to predict the effective strain of FRP strips used in strengthening RC beams in bending by NSM technique. The results of this study showed a strong correlation between the experimental values of effective strain and the ANFIS system values, where the correlation coefficient value  $R=0.9854$  affirms the performance of the ANFIS model, this model demonstrated the superior predictive accuracy and capability of generalization over the fuzzy logic and artificial neural network (ANN) approaches where  $R^2=0.971$  and  $RMSE=0.0457$  was achieved with ANFIS whereas the RMSE value for the other systems did not exceed 0.08526.

Key words: strengthening, FRP strips, Near surface mounted, effective strain, ANFIS, ANN, FIS

---

\*Profssor, Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University

\*\*Profssor, Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University.

\*\*\*Postgraduate Student, Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University

## 1- مقدمة:

تعتبر تقنية تقوية الجوائز البيتونية المسلحة العاملة على الانعطاف بطريقة لصق مادة التقوية CFRP ضمن أحاديدي في طبقة التغطية البيتونية (NSM) من التقنيات الواعدة في مجال التقوية للجوائز البيتونية المسلحة. وقد اقترحت كطريقة بديلة عن تقوية الجوائز باللصق على السطح الخارجي [1].

أظهرت الدراسات التجريبية على الجوائز البيتونية المقواة بشرائح CFRP بطريقة اللصق ضمن أحاديدي زيادة ملحوظة في المقدرة العزمية للجوائز البيتونية المسلحة حيث وصلت هذه الزيادة إلى ما يقارب 100%، وتعتمد هذه الزيادة على نسبة التسليح الفولاذي وكمية مادة التقوية FRP وبمعنى أكثر دقة النسبة المكافئة للتسليح ( $\rho_{l,eq}$ ) حيث قدم كل من [2] Barros و [3] Khalifa معادلات تربط بين التشوه الفعّال والنسبة المكافئة للتسليح، كما أظهرت هذه التقنية قيماً أعلى للتشوه الفعّال لشرائح التقوية حيث وصلت إلى ما يقارب إلى (62%-91%) بالمقارنة بين نتائج التشوه الفعّال لشرائح التقوية مقارنة مع طريقة التقوية باللصق الخارجي [2,3,4]. كما أن لمقاومة البيتون وطول شريحة التقوية تأثيراً واضحاً على قيمة التشوه الفعّال لشرائح التقوية [5,6].

لم يضع الكود الأمريكي (ACI 440.2R-17) [7] استراتيجية محددة لحساب التشوه الفعّال لشرائح CFRP المستخدمة في التقوية بطريقة اللصق ضمن أحاديدي NSM واكتفى بالإشارة إلى أن قيمة التشوه الفعّال تتراوح بين (0.6-0.9) من التشوه الأعظمي لمادة - التقوية وهذا يعتمد على مجموعة من العوامل كأبعاد العنصر، النسبة بين التسليح ومادة التقوية، نعومة سطح مادة التقوية. وأوصى في النهاية باستخدام قيمة (0.7) من التشوه الأعظمي كقيمة للتشوه الفعّال التصميمي.

ولذلك تم في هذا البحث استخدام طريقة ANFIS [8] لتوقع قيم التشوه الفعّال لمادة التقوية وقد استخدم عدد من الباحثين هذه الطريقة في عملية النمذجة. وكتعريف بنظام

الاستدلال الضبابي العصبي التكيفي ANFIS فهو عبارة عن نظام ذكي هجين يدمج بين تقنية قوة التعلم لـ (ANN) الشبكة العصبية الاصطناعية (Artificial neural network) مع تمثيل المعرفة للمنطق الضبابي (FIS).

مبدأ استخدام الأنظمة الذكية في التقوية الإنشائية هو مبدأ حديث تماماً، وقد تم استخدام نموذج ANN بشكل أكبر مقارنة مع باقي الأنظمة الذكية [9] كتقنية FIS (Fuzzy Inference System) ، (Genetic Algorithms) GA [10-13] .

درس [10] Flood إمكانية توقع السهم للجوائز المقواة بتقنية اللصق الخارجي باستخدام نموذج ANN وهناك العديد من الأبحاث التي استخدمت نموذج ANN لتوقع قوة القص في الجوائز المقواة بمادة FRP [11]. بينما استخدم Nasraolla hzadah [14] نموذج المنطق الضبابي FIS لتوقع قوة القص. كما استخدم Darion [15] المنطق الضبابي لتوقع السهم وعرض التشقق للجوائز المقواة بقضبان FRP بتقنية NSM وتوقع [16] Park سلوك الأعمدة الدائرية المقواة بمادة FRP باستخدام نموذج ANFIS. كما قيم Jalal [17] المقاومة الأعظمية للأسطوانة الخرسانية المحاطة بمادة CFRP وقارن بين استخدام أنظمة ANN و GP (genetic programming) و ANFIS و بنتيجة المقارنة بين هذه الأنظمة مع النتائج التقريبية اتضح أن نموذج ANFIS هو الأكثر دقة. كما استخدم Balasubramaniam [18] نموذج ANFIS لدراسة مستوى التآكل للجوائز المقواة بالألياف الزجاجية وتم اثبات فعالية النموذج من خلال المقارنة مع نتائج الدراسة التجريبية. وطور [19] Darain et al. نموذجاً دقيقاً للسهم وعرض التشقق للجوائز المقواة بقضبان FRP بتقنية اللصق ضمن أحادييد باستخدام نظام ANFIS. واستخدم [20] Naderpour et al. نموذج ANFIS لتوقع قوة القص للجوائز البيتونية المسلحة. وركزت الدراسة التي قام بها [21] Sinha et al على تطوير نموذج ANFIS

لتوقع مقاومة البيتون. وقد أثبتت الدراسات السابقة كفاءة نظام ANFIS والدقة التنبؤية العالية للعناصر الانشائية المقواة بال FRP.

في المقالات العلمية المنشورة حتى الآن التي قمنا بالاطلاع عليها لم نعثر على أي بحث لتطوير نموذج للتنبؤ بالتشوه الفعال لشرائح FRP بطريقة اللصق ضمن أحاديث باستخدام الأنظمة الذكية، لذلك قمنا بهذا البحث بتطوير نموذج تنبؤي باستخدام ANFIS لتحديد التشوه الفعال لشرائح CFRP المستخدمة في تقوية الجوائز البيتونية المسلحة ومقارنتها مع النتائج التجريبية المجمع من الأبحاث المنشورة في المجالات المحكمة، وكذلك مقارنتها بنتائج النماذج التي قمنا بتطويرها أيضاً ضمن هذا البحث باستخدام المنطق الضبابي FIS والشبكات العصبونية الصناعية ANN، وأظهرت المعايير الإحصائية توافقاً كبيراً بين القيم التجريبية المجمع للتشوه الفعال مع قيم نظام ANFIS حيث وصلت هذه القيم ( $R=0.9854$ ,  $R^2=0.971$ ,  $RMSE=0.0457$ )، وهذا مؤشر هام على كفاءة هذا النظام ودقته التنبؤية المتفوقة والقابلة للتعميم بالمقارنة مع الأنظمة الذكية التقليدية كالمنطق الضبابي والشبكات العصبونية الصناعية.

## 2- هدف البحث

يهدف البحث إلى استخدام الأنظمة الذكية (FIS, ANN, ANFIS) في تطوير نموذج قادر على التنبؤ بالتشوه الفعال لشرائح FRP المستخدمة في تقوية الجوائز البيتونية العاملة على الانعطاف بطريقة اللصق ضمن أحاديث (NSM).

### 3- مواد البحث وطرائقه:

يعتمد هذا البحث على استخدام الأنظمة الذكية لمحاكاة سلوك الجوائز البيتونية المسلحة المقواة بشرائح FRP بتقنية اللصق ضمن أخاديد للتنبؤ بالتشوه الفعال لهذه الشرائح، حيث قمنا في البداية بتجميع نتائج التجارب المنشورة في الأبحاث العالمية لـ 85 جائزة بيتونياً مسلحاً مقوى بشرائح FRP بتقنية NSM ثم استخدمنا النماذج المطورة وفق الأنظمة ( FIS, ANN, ANFIS ) لتوقع قيمة التشوه الفعال لشريحة التقوية. كما تم التحقق من أداء النماذج المقترحة بمقارنة نتائجها مع النتائج التجريبية بالاستعانة بالمعايير الإحصائية كمعامل الجذر التربيعي لمتوسط مربعات الخطأ RMSE ومعامل التحديد  $R^2$  . وكذلك تم مقارنة نتائجها مع نتائج المعادلة المقترحة من قبل [2] Barros والتي طورها [3] Khalifa.

### 3-1- قاعدة البيانات:

بما أن الغاية من هذا المقالة هي تطوير نموذج للتنبؤ بالتشوه الفعال لشرائح FRP المستخدمة في تقوية الجوائز البيتونية المسلحة بطريقة اللصق ضمن أخاديد NSM سنعتمد النتائج التجريبية لـ 85 جائزة بيتوني مسلح مقوى بشرائح FRP. NSM. والمادة اللاصقة الايبوكسي كقاعدة بيانات لاستخدامها ضمن نظام ANFIS وهذه البيانات وارده في الجدول (1) حيث كانت المدخلات للنموذج المدروس: مقاومة البيتون  $f_c$  ، طول شريحة التقوية بالنسبة لطول الجائز  $l_b/L$  ، والنسبة المكافئة للتسليح  $(\rho_{l,eq})$ ، والمخرجات هو مخرج واحد يمثل التشوه الفعال كنسبة من التشوه الحدي لشريحة التقوية  $(\epsilon_{fd}/\epsilon_{fu})$  والنسبة المكافئة للتسليح  $(\rho_{l,eq})$  والمقترحة من قبل [2] Barros هي نسبة فولاذ التسليح في المقطع مضافاً لها نسبة التقوية في المقطع أيضاً والتي تعطى بالمعادلة (1):

$$\rho_{l,eq} = \frac{A_s}{b.d_s} + \frac{A_f(E_f/E_s)}{b.d_f} \dots\dots (1)$$

حيث:  $\rho_{l,eq}$ : النسبة المكافئة للتسليح في المقطع (الفولاذ والألياف).



$A_s$ : مساحة فولاذ التسليح،  $b$ : عرض الجائز،  $d_s$ : العمق الفعّال للمقطع.

$A_f$ : مساحة شريحة التقوية،  $d_f$ : العمق الفعّال لشريحة التقوية،  $E_f$ : معامل مرونة مادة

التقوية،  $E_s$ : معامل مرونة فولاذ التسليح.

الجدول (1): البيانات التجريبية (قاعدة البيانات)

المرجع	اسم الجائز	مدخلات			مخرج
		$f'c$ (MPa)	$\rho_{l,eq}$	$I_b/L$	$\epsilon_{fd}/\epsilon_{fu}$
Moawad 2020 [22]	AD1sh	33	0.9481	0.8571	0.9242
	AS2sh	33	2.0585	0.8571	0.5096
	BS3sh	42.77	0.8599	0.8571	0.9141
	BT3sh	42.77	1.0379	0.8571	0.6622
Barris 2020 [23]	S-212-25-2NSM	33.1	0.6723	0.9150	0.5226
Jung 2017 [24]	R-PL-15	31.3	0.4415	0.9000	0.9000
	R-PL-25	31.3	0.4624	0.9000	0.8297
	R-PL-25*2-S	31.3	0.5132	0.9000	0.6899
Khalifa 2016 [3]	B-N-2-2	35	0.8038	0.9545	0.5716
تابع الجدول (1): البيانات التجريبية (قاعدة البيانات)		مدخلات			مخرج
المرجع	اسم الجائز	$f'c$ (MPa)	$\rho_{l,eq}$	$I_b/L$	$\epsilon_{fd}/\epsilon_{fu}$
Bilotta 2015 [25]	NSM_c_2*1.4*10_1	21	1.0810	0.9048	0.9583
	NSM_c_3*1.4*10_1	21	1.1462	0.9048	0.6250
Sharaky 2015 [26]	M2S1	30.5	0.6326	0.6533	0.3800
	F2S1	30.5	0.6326	0.8330	0.5333
Ibrahim 2014 [27]	B2	25	0.2949	1.0000	0.4300
	B3	25	0.3284	1.0000	0.4000
	B4	25	0.3630	1.0000	0.3700
Sharaky 2013 [28]	LB2S1	31.4	0.6316	0.8330	0.5140
	LB2S2	31.4	0.6326	0.8330	0.6030
Young 2012 [29]	NSM1-70	30	0.3150	0.7000	0.4158
	NSM2-70	30	0.4860	0.7000	0.5421
	NSM2-80	30	0.4860	0.8000	0.5947
	NSM2-96	30	0.4860	0.9600	0.4632

تطوير نماذج نكاء صناعي للتنبؤ بتشوه شرائح FRP المستخدمة في تقوية الجوائز البيتونية المسلحة

<b>KOTYNIA 2012 [5]</b>	NISA/20/85	22.3	0.5263	0.5074	0.1224
	NISA/20/130	23.5	0.5263	0.5407	0.1135
	NISA/20/170	23.5	0.5263	0.5704	0.1376
	NISA/20/85P	21.3	0.5263	0.5074	0.1747
	NISA/20/130P	21.3	0.5263	0.5333	0.1529
	NISA/20/160P	21.3	0.5263	0.5630	0.1518
	NISA/30/80	32.5	0.5263	0.5037	0.1553
	NISA/30/120	32.5	0.5263	0.5333	0.1859
	NISB/20/85	19.85	1.8413	0.5074	0.1724
	NISB/20/130	19.85	1.8413	0.5407	0.1553
	NIISB/40/80	41.58	0.7392	0.5037	0.1982
	NIISB/40/2*80	41.19	0.7941	0.5037	0.1447
	NIISB/40/120	41.19	0.7392	0.5333	0.2065
	NIISB/40/160	41.19	0.7392	0.5630	0.2447
	NILA/40/120	38.3	0.5253	0.3600	0.1865
	NILA/40/160	38.5	0.5253	0.3800	0.1659
	NILA/40/120P	38.5	0.5253	0.3600	0.2953
	NILA/40/120s	45	0.5253	0.3600	0.4653
	NILA/40/120sp	39.58	0.5253	0.3600	0.3559

تابع الجدول (1): (قاعدة البيانات)		مدخلات			مخرج
المرجع	اسم الجانز	f'c	$\rho_{l,eq}$	$I_b/L$	$\epsilon_{fd}/\epsilon_{fu}$
تابع KOTYNIA 2012 [5]	NILA/40/100	41.75	0.5253	0.3500	0.1600
	NILA/40/120	41.75	0.5253	0.3600	0.1965
	NILA/50/2*80	41.75	0.6266	0.3400	0.1547
	NILB/40/90	37.67	1.8413	0.3450	0.2300
	NILB/40/120	37.67	1.8413	0.3600	0.2029
	NILB/40/120p	43.7	1.8413	0.3600	0.2818
	NILB/40/130pp	43.7	1.8413	0.3650	0.2106
	NILB/40/120s	43.7	1.8413	0.3600	0.3565
	NILB/40/120sp	43.7	1.8413	0.3600	0.3782
	NIILB/40/80p	34.32	0.8065	0.3400	0.2729
	NIILB/40/2*80	34.32	0.8561	0.3400	0.1912
	NIILB/40/120	38.8	0.8065	0.3600	0.2106
Barros 2010 [30]	VL1	31.1	0.5286	0.7647	0.4792
	VL2	31.1	0.4889	0.8095	0.5124
	VL3	31.1	0.4555	0.8333	0.4612
Barros 2007 [2]	S1	44.2	0.2775	0.9000	0.9412
	S2	44.2	0.4877	0.9000	0.7941
	S3	44.2	0.7316	0.9000	0.6971
Yost 2007 [31]	6-1F	37.2	1.9265	0.9500	0.5734
	6-2F	37.2	2.0216	0.9500	0.4934
	9-2F	37.2	1.3210	0.9500	0.8210
	12-1F	37.2	0.9444	0.9500	0.9596
	12-2F	37.2	0.9919	0.9500	0.8399
Teng 2006 [32]	B500	35.2	0.6349	0.1563	0.1676
	B1200	35.2	0.6349	0.3750	0.2679
	B1800	35.2	0.6349	0.5625	0.5339
	B2900	35.2	0.6349	0.9063	0.7103
Kotynia 2006 [33]	p1	41.5	1.3657	0.9650	0.9200
	p2	37.7	0.7909	0.9650	0.8100
	p3	41.5	0.7788	0.9650	0.6600

تابع الجدول (1): البيانات التجريبية (قاعدة البيانات)

المرجع	اسم الجائز	مدخلات			مخرج
		$f'_c$ (MPa)	$\rho_{l,eq}$	$I_b/L$	$\epsilon_{fd}/\epsilon_{fu}$
Barros 2005 [4]	V1R1	45.3	0.4541	0.9330	0.9118
	V2R2	48.9	0.6826	0.9330	0.7529
	V3R2	42.8	0.9021	0.9330	0.7529
	V4R3	46.4	1.2957	0.9330	0.6235
Täljsten 2003 [34]	E4	60.7	0.9638	1.0000	0.6389
	E3	60.7	0.9638	0.8333	0.6222
Hassan & Rizkalla [35]	B1	48	1.0544	0.12	0.0968
	B2	48	1.0544	0.20	0.1278
	B3	48	1.0544	0.40	0.5338
	B4	48	1.0544	0.60	0.8872
	B5	48	1.0544	0.68	0.9549
	B6	48	1.0544	0.76	0.9624
	B7	48	1.0544	0.84	0.9699
	B8	48	1.0544	0.96	0.9850

### 3-2- نظام الاستدلال الضبابي العصبي التكيفي ANFIS

وهو عبارة عن نظام ذكي هجين يدمج بين تقنية قوة التعلم للشبكة العصبية الاصطناعية (ANN) مع تمثيل المعرفة للمنطق الضبابي (FIS) لإجراء المحاكاة سنستخدم على برنامج Matlab.

بحيث تكون المدخلات في هذه الدراسة ضمن نموذج ANFIS هي:

- مقاومة الببتون  $f'_c$

- طول شريحة التقوية بالنسبة لطول الجائز  $I_b/L$

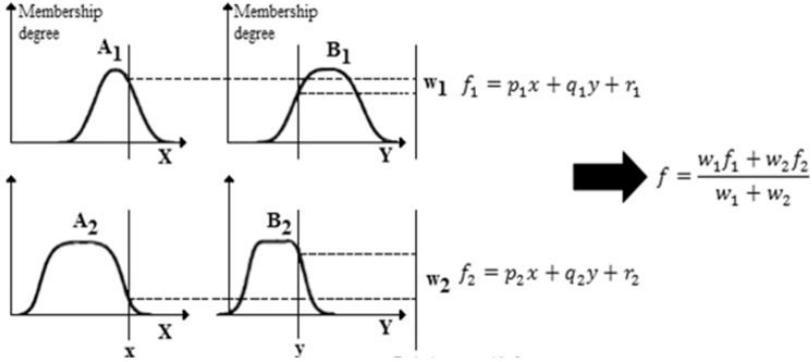
- النسبة المكافئة للتسليح  $(\rho_l, eq)$

أما المخرجات فتمثل:

- التشوه الفعّال في شرائح التقوية منسوباً إلى التشوه الحدي لهذه الشريحة.

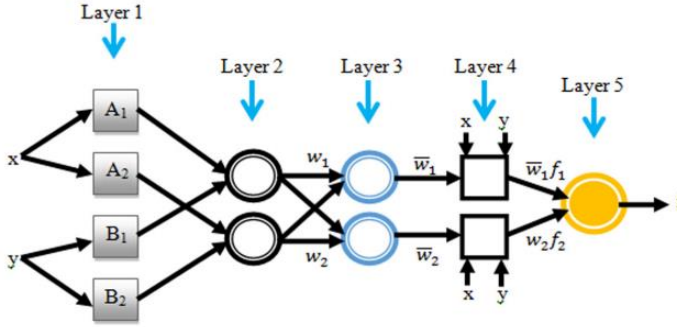
في هذه الدراسة سيكون لدينا ثلاثة مدخلات ومخرج واحد سنأخذ نموذج Sugeno

بقاعدة  $if \rightarrow then$ ، ويوضح الشكل (1) آلية التفكير في نموذج Sugeno [8]:



الشكل (1): نموذج Sugeno [8]

ونوضح المخطط المكافئ في ANFIS [8] في الشكل (2):



الشكل (2): المخطط المكافئ في ANFIS بمدخلين ومخرج واحد [8]

وقمنا باستخدام تابع العلاقة في هذه الحالة هو تابع الجرس المعمم ولهذا التابع

أفضل القدرات للتعميم وذلك للبارامترات اللاخطية:

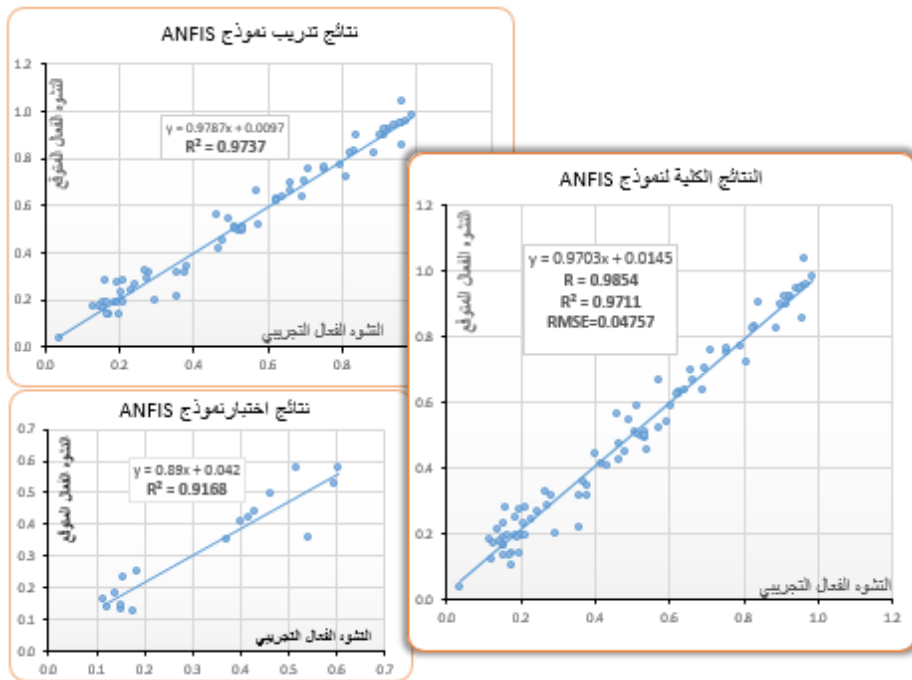
$$\mu_A(X) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x - c_i}{a_i}\right)^{2b_i}} \quad \dots\dots 2$$

هي بارامترات تابع المشاركة والتي يتم تطويرها خلال عملية التعلم أثناء المعالجة في ANFIS .

## تطوير نماذج نكء صناعي للنتبؤ بتشوهر شرانج FRP المستخدمة في تقوية الجوانز البيتونية المسلحة

ولتشكيل النموذج التحليلي وفق نموذج ANFIS قمنا بتقسيم البيانات المقاسة من نتائج التجارب الممجة في الجدول (1) إلى 80% من قيم هذه التجارب لتدريب الشبكة و20% لتجريب الشبكة والتحقق من فاعليتها.

واعتمدنا شكل تابع العلاقة تابع الجرس حيث استخدمنا ثلاث علاقات لنمذجة المدخل الثاني وعلاقتين لنمذجة المدخل الأول والثالث وتم توضيح النتائج في الشكل (3) وكما نلاحظ ارتباطاً متيناً جداً بين النتائج المتوقعة للتشوهر الفعّال بنظام ANFIS والنتائج التجريبية حيث  $R=0.985$ .



الشكل (3): نتائج نموذج ANFIS

وللتحقق من أداء نموذج ANFIS المقترح تم الاستعانة بالمعايير الإحصائية ، حيث حقق هذا النموذج دقة عالية ( $R^2=0.9711$ ,  $RMSE=0.04757$ ). وللتأكد من استحقاق طريقة ANFIS المقترحة كطريقة دقيقة للنتبؤ في مجال التقوية تمت مقارنة النتائج

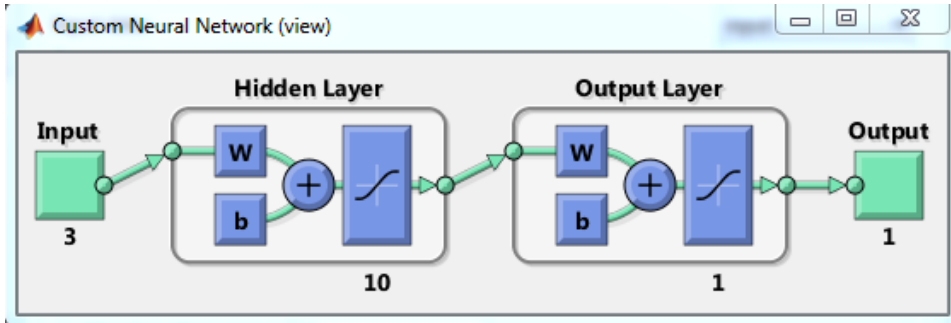
المتوقعة بهذه الطريقة مع النتائج المتوقعة باستخدام طريقة المنطق الضبابي FIS وطريقة الشبكات العصبونية الاصطناعية ANN وتم استعمال المعايير الإحصائية التقليدية  $RMSE$  ,  $R^2$  للمقارنة.

### 3-3 النموذج التحليلي للشبكات العصبونية الصناعية ANN:

استخدمنا نموذج ANN بالاعتماد على برنامج ماتلاب لتوقع التشوه الفعّال عند الانهيار لشريحة FRP للجوائز المقواة بتقنية NSM (Target) ومن ثم تم تدريب الشبكة بوجود مشرف حيث يجب أن يتوفر لدى الشبكة معلومات كاملة عن قيم المدخلات والمخرجات لبيانات التجارب المجمعة في جدول (1) والتي تم تقسيمها إلى 70% من قيم هذه التجارب لتدريب الشبكة و30% الباقية تم تقسيمها بين التحقق من فاعلية الشبكة وإمكانية تعميمها وتجريبها.

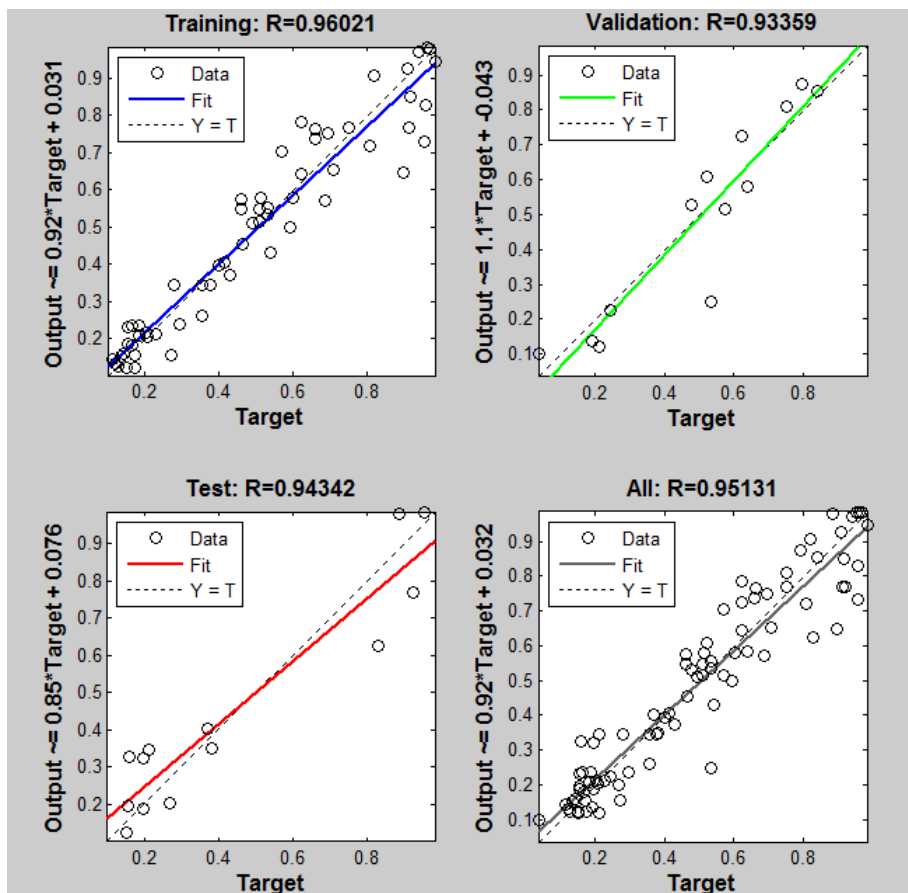
قمنا بتحديد مواصفات الشبكة المثلى بحيث يكون الخطأ أصغر ما يمكن وتم اختيار:

- طبقة مخفية في كل طبقة عشر عصبونات (عشرة عقد) الشكل (4).
- تابع التنشيط للطبقات المخفية: هو تابع سيغمويد (TANSIG)
- خوارزمية التدريب: هي ( Levenberg–Marquardt optimization )
- تابع الأداء: هو متوسط مربعات الخطأ (MSE)



الشكل (4): البنية العامة لنموذج ANN المقترح

وكانت النتائج كما في الشكل (5) ونجد ارتباطاً متيناً بين النتائج التجريبية والنتائج المتوقعة بنموذج ANN حيث وصلت قيمة معامل الارتباط لكل البيانات المدخلة  $R=0.95131$  ومعامل التحديد  $R^2=0.905$  و  $RMSE= 0.08526$ .



الشكل (5): نتائج استخدام الشبكة العصبونية الصناعية ANN

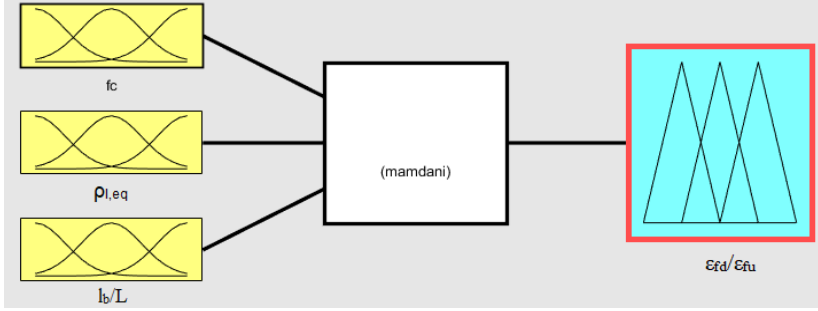
### 3-4 النموذج التحليلي لنظام المنطق الضبابي FIS:

في تصميم نموذج FIS اعتمدت البرامترات التالية كمدخلات في هذه الدراسة:

- مقاومة البيتون  $f_c$  وتقع في المجال [15, 65].
- النسبة المكافئة للتسليح ( $\rho_l, eq\%$ ) وتقع ضمن المجال [0, 2].

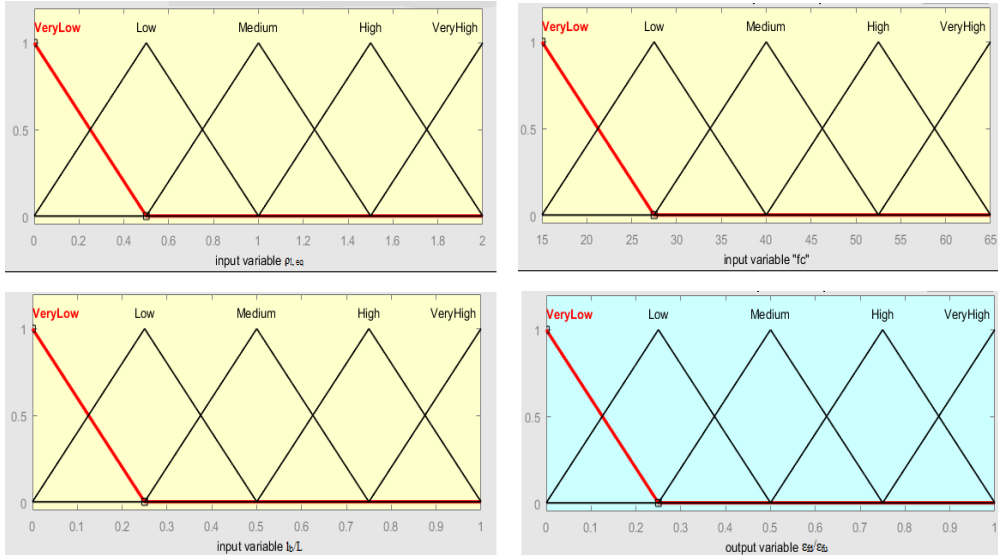


- طول شريحة التقوية بالنسبة لطول الجائز ( $l_b/L$ ) وتقع ضمن المجال  $[0, 1]$ .  
أما المخرج فهو التشوه الفعال لشرائح التقوية منسوباً إلى التشوه الحدي لهذه الشريحة ( $\epsilon_{fd}/\epsilon_{fu}$ ) ويقع ضمن المجال  $[0, 1]$  ، ويبين الشكل (6) البنية العامة لنموذج FIS المقترح ضمن برنامج MATLAB fuzzy logic toolbox.



الشكل (6): البنية العامة للنموذج الضبابي المقترح

تم اختيار خمسة متحولات (مجموعات ضبابية) لكل من قيم الدخل والمخرج أما توابع الانتماء لكافة المجموعات الضبابية مثلثية كما في الشكل (6)

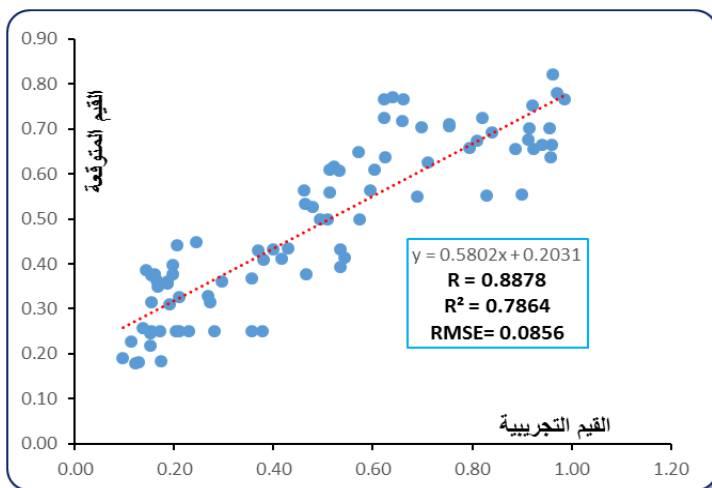


الشكل (7) توابع العلاقة لمتحولات الدخل والمخرج

## تطوير نماذج نكء صناعى للتنبؤ بتشوه شرائح FRP المستخدمة فى تقوية الجوائز البيتونية المسلحة

تم وضع القواعد المنطقية الملائمة للبيانات المجمعة فى الجدول (1) وتوصلنا فى النهاية إلى 41 قاعدة ضبابية حيث تشكلت هذه القواعد من دمج البيانات المختلفة حسب مجموعاتها الضبابية وربطها بعلاقة منطقية تربط بين المتحولات المدخلة والمتحول المخرج.

استخدمت طريقة التجميع (Summation) لتجميع القواعد (aggregation) وطريقة مركز الثقل (CoG) لعملية إلغاء الضبابية للنموذج (defuzzification) ومن ثم الحصول على قيم ناتجة ثابتة فعند كل قيمة مدخلة لمتحولات الإدخال تنتج قيمة مخرجة لقيمة التشوه الفعال فى شريحة التقوية منسوبة إلى تشوهها الحدى ويوضح الشكل (8) قيم المخرجات وفق طريقة المنطق الضبابي



الشكل (8): مقارنة القيم المتوقعة للتشوه الفعال وفق FIS مع النتائج التجريبية

وكما نلاحظ من الشكل (8) أن الارتباط متين بين القيم المتوقعة لنموذج FIS والقيم التجريبية للتشوه الفعال لشرائح التقوية ( $\epsilon_{fd}/\epsilon_{fu}$ ) حيث وصلت قيمة معامل الارتباط إلى  $R=0.8878$ .

## 4- النتائج والمناقشة:

نلاحظ من الأشكال (3,5,8) أن القيم المتوقعة للتشوه الفعّال بواسطة ANFIS متقاربة بشكل كبير جداً مع القيم التجريبية (نتائج التجارب العملية).  
نورد في الجدول (2) النتائج وفق الطريقة المقترحة ANFIS مع الطرائق التقليدية FIS، ANN، ونلاحظ من هذا الجدول أن النتائج بالطريقة المقترحة ANFIS أدق من الطرائق التقليدية ويعود ذلك إلى التكيف الأعلى لشبكة ANFIS لإيجاد القيم المثالية لتتابع العلاقة من جهة ونوع تابع العلاقة من جهة أخرى فقد تم استخدام تابع الجرس في طريقة ANFIS بينما نستخدم التتابع المثلثية في الطريقة الكلاسيكية للمنطق الضبابي.

الجدول (2): قيم المعايير الإحصائية لنماذج ANFIS، ANN، FIS

نموذج ANFIS		نموذج ANN		نموذج FIS	
R <sup>2</sup>	RMSE	R <sup>2</sup>	RMSE	R <sup>2</sup>	RMSE
0.971	0.04757	0.905	0.08526	0.786	0.08566

كما تم استخدام المعايير الإحصائية للتحقق من دقة المعادلات المقترحة من قبل Barros [2] والتي لم تأخذ بعين الاعتبار تأثير كل من طول التثبيت ومقاومة البيتون في حساب التشوه الفعّال لشريحة التقوية كما توضح المعادلة (5):

$$\frac{\mathcal{E}_{fe}}{\mathcal{E}_{fu}} = -32.648\rho_{l,eq} + 0.9606 \quad \dots (5)$$

كما أن المعادلة المعدلة (6) التي اقترحها Khalifa [3] المعادلة السابقة (5) لم تأخذ بعين الاعتبار أيضاً تأثير البارامترات المختلفة كمقاومة البيتون وطول التثبيت:

$$\frac{\mathcal{E}_{fe}}{\mathcal{E}_{fu}} = -27.37\rho_{l,eq} + 0.9174 \quad \dots (6)$$

تم حساب المعامل الإحصائي RMSE لهذه المعادلات أما معامل التحديد  $R^2$  كما ورد في المرجع [2][3] جدول (3). وتعتبر هذه المعادلات غير دقيقة كفاية مقارنة مع الأنظمة الذكية وذلك لعدم الأخذ بالحسبان بارامترات هامة كمقاومة البيتون وطول التثبيت.

الجدول (3) : قيم المعايير الإحصائية لمعادلات Barros,khalifa

معادلة Barros		معادلة Khalifa	
$R^2$ [2]	RMSE	$R^2$ [3]	RMSE
0.5106	0.155	0.5286	0.133

#### 4- الاستنتاجات والتوصيات:

تم في هذا البحث التحقق من إمكانية استخدام الذكاء الصناعي وفق منهجيات ( ANN, FIS, ANFIS ) في توقع التشوه الفعّال لشرائح ال CFRP المستخدمة في تقوية الجوائز البيتونية العاملة على الانعطاف بطريقة اللصق ضمن أحاديد، بحيث كانت مقاومة البيتون وطول شريحة التقوية والنسبة المكافئة للتسليح كمدخلات لمراقبة التشوه الفعّال للشرائح ، وبمقارنة نتائج المحاكاة مع النتائج التجريبية العملية - التي تم تجميعها ضمن قاعدة بيانات خاصة بالجوائز البيتونية العاملة على الانعطاف والمقواة بشرائح FRP - بالإضافة إلى المعادلات المقترحة في بعض الأبحاث توصلنا إلى الاستنتاجات التالية:

1) توافق التشوه الفعّال المتوقع وفق أنظمة الذكاء الصناعي مع النتائج التجريبية بدرجة عالية حيث وصلت أعلى قيمة لمعامل الارتباط ( $R=0.9854$ ) لنظام ANFIS وأقل قيمة لنظام FIS ( $R=0.8878$ ) وهذا يثبت كفاءة أداء هذه الأنظمة في التنبؤ.

(2) أظهر نظام ANFIS دقة تنبؤية متفوقة للتشوه الفعال وقابلية للتعميم مقارنة مع طريقة المنطق الضبابي وطريقة الشبكات العصبونية، حيث وصل الحد الأعلى من الدقة بنظام ANFIS عند التنبؤ بالتشوه الفعال (  $RMSE=0.04757$ ) بالمقابل كان الحد الأدنى من الدقة بالمنطق الضبابي ( $RMSE= 0.08566$ )، وهنا تكمن الفائدة الأساسية لنموذج ANFIS من حيث الكفاءة العالية حسابياً وقدرة التكيف الجيدة لتحقيق الأمثلية.

(3) لم تظهر نتائج المعادلات المقترحة من قبل [2] Barros والتي تم تطويرها من قبل Khalifa توافقاً جيداً - مقارنة مع الأنظمة الذكية - مع النتائج التجريبية، وكانت قيمة ( $RMSE=0.1333$ ).

(4) مما سبق نوصي باستخدام نموذج ANFIS المقترح للتنبؤ بقيم التشوه الفعال لشرائح التقوية بطريقة اللصق ضمن أخاديد والذي يوفر علينا النفقة العالية للاختبارات التجريبية كما يوفر الوقت وهو شيء ثمين في النهاية، كما نوصي في حال إمكانية زيادة حجم قاعدة البيانات إضافة برامترات أخرى للنموذج وتطويره بتوابع علاقة تتناسب مع حجم قاعدة البيانات وأهم هذه البرامترات أبعاد الأخدود والتباعدات بين الأخاديد.

## 6- المراجع: References

- [1] Lorenzis, Teng (2007)- Near-surface mounted FRP reinforcement: An emerging technique for strengthening structures Composites: part B,38(2),119-143
- [2] Barros, Dias, Lima (2007)- Efficacy of CFRP-based techniques for the flexural and shear strengthening of concrete beams, Cement & Concrete Composite 2007, 29(3), 203-217.
- [3] A. Khalifa (2016)- Flexural Performance of R.C Beams Strengthened with Near Surface Mounted CFRP Strips, Alexandria Engineering Journal.
- [4] Barros, Fortes (2005)- Flexural strengthening of concrete beams with CFRP laminates bonded into slits. Cement & Concrete Composite, 27(4), 471–480.
- [5] R .Kotynia, (2012)- Bond between FRP and concrete in reinforced concrete beams strengthened with near surface mounted and externally bounded reinforcement. Construction and building materials, 32, 41-54
- [6] Hawileh, R., A. (2012)- Nonlinear finite element modeling of RC beams strengthened with NSM FRP rods. Construction and building materials, 27, 461-471
- [7] ACI 440.2R-17. (2017)- Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures, Farmington Hills, MI, USA: American Concrete Institute; 2008.
- [8] J.-S. Jang, ANFIS, (1993)- adaptive-network-based fuzzy inference system, IEEE Trans. Syst. Man Cybern. 23 (3) 665–685.
- [9] A.H. Al-Rahmani, H.A. Rasheed, Y. Najjar, A combined soft

computing mechanics approach to inversely predict damage in bridges, Proc. Comput.Sci. 8 (2012) 461–466.

[10] I. Flood, L. Muszynski, S. Nandy, (2001)- Rapid analysis of externally reinforced concrete beams using neural networks, Comput. Struct. 79 (17) 1553–1559.

[11] R. Perera, M. Barchín, A. Arteaga, A.D. Diego, (2010)- Prediction of the ultimate strength of reinforced concrete beams FRP-strengthened in shear using neural networks, Compos. B Eng. 41 (4) 287–298.

[12] B.B. Adhikary, H. Mutsuyoshi, (2004) - Artificial neural networks for the prediction of shear capacity of steel plate strengthened RC beams, Constr. Build. Mater. 18(6) 409–417.

[13] N. Boely, R.M. Botez, G. Kouba, (2011) - Identification of a non-linear F/A-18 model by the use of fuzzy logic and neural network methods, Proc. Inst. Mech. Eng. PartG: J. Aerosp. Eng. 225 (5) 559–574.

[14] K. Nasrollah zadeh, M.M. Basiri, (2014)- Prediction of shear strength of FRP reinforced concrete beams using fuzzy inference system, Expert Syst. Appl. 41 (4) 1006–1020.

[15] K.M.U. Darain, M.Z. Jumaat, M.A. Hossain, M.A. Hosen, M. Obaydullah, M.N.Huda, et al., (2015)- Automated serviceability prediction of NSM strengthened structure using a fuzzy logic expert system, Expert Syst. Appl. 42 (1) 376–389.

[16] T.-W. Park, U.-J. Na, S.-J. Kwon, (2010) - Prediction of ultimate strength and strain of concrete columns retrofitted by FRP using adaptive neuro-fuzzy inference system, J. Korea Concr. Inst. 22 (1) 19–27.

- [17] M. Jalal, A.A. Ramezaniapour, A.R. Pouladkhan, P. Tedro, (2013)- Application of genetic programming (GP) and ANFIS for strength enhancement modeling of CFRP-retrofitted concrete cylinders, Neural Comput. Appl. 23 (2) 455–470
- [18] V. Balasubramaniam, P. Raghunath, K. Suguna, (2012) - An adaptive neuro-fuzzy inference system based modeling for corrosion-damaged reinforced HSC beams strengthened with external glass fibre reinforced polymer laminates, J. Comput. Sci. 8 (6) 879.
- [19] K.M.U. Darain, M.Z. Jumaat, M. Obaydullah, (2015)- Adaptive neuro fuzzy prediction of deflection and cracking behavior of NSM strengthened RC beams, Construction and Building Materials 98 276–285.
- [20] H. Naderpour, M. Mirrashid (2020)- Shear strength prediction of RC beams using adaptive neuro-fuzzy inference system, Scientia Iranica A 27(2), 657-670
- [21] D.Sinha, R. Satavalekar, S. Kasilingam (2021)- Application of Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System for Evaluating Compressive Strength of Concrete, International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems Vol. 21, No. 2, pp. 176-188.
- [22] M.A.M.M.Moawad, Flexural Behavior of NSM FRP Strengthened Reinforced Concrete Beams under Sustained Loading, PhD thesis, The University of Girona, 2020.
- [23] C. Barris, P. Sala, J. Gómez, L. Torres, (2020)- Flexural behavior of FRP reinforced concrete beams strengthened with NSM CFRP strips, Composite Structures 241.
- [24] W. Jung, J. Park, J. Kang, and M. Keum, (2017) -Flexural Behavior of Concrete Beam Strengthened by Near-Surface Mounted CFRP Reinforcement Using Equivalent Section Model,



Advances in Materials Science and Engineering Volume, Article ID 9180624, 16 pages.

[25] A. Bilotta, F. Ceroni , E. Nigro, M. Pecce, (2015) - Efficiency of CFRP NSM strips and EBR plates for flexural strengthening of RC beams and loading pattern influence, Composite Structures 124 163–175.

[26] I.A. Sharaky, L.Torres, H.E.M. Sallam, (2015) - Experimental and analytical investigation into the flexural performance of RC beams with partially and fully bonded NSM FRP bars/strips, Composite Structures 122 113–126.

[27] W. Ibrahim, W. Fattah, A. Kotb, M. Mjeed, Flexural Behavior of RC Beams Strengthened with CFRP Strips, The 7th International Conference on FRP Composites in Civil Engineering International Institute for FRP in Construction (CICE 2014), Canada.

[28] I.A. Sharaky, (2013)- A Study of the Bond and Flexural Behavior of Reinforced Concrete Elements Strengthened with Near Surface Mounted (NSM) FRP Reinforcement, PhD thesis, The University of Girona.

[29] m. Young, Oh. Seo, Zi. Seup, (2012)- Assessment of Flexural Strengthening Behavior Using the Stirrup-Cutting Near Surface Mounted(CNSM) CFRP strip, Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection Vol. 16, No. 6 102-112.

[30] J. Barros, I. Costa, (2010) - Flexural and Shear Strengthening of RC Beams with Composites Material – The Influence of Cutting Steel Stirrups to Install CFRP Strips, Cement and concrete composites, 32, 544-553.

- [31] J. Yost, S. Gross, D. Dinehart, J. Mildenberg, (2007)- Flexural Behavior of Concrete Beams Strengthened with Near-Surface-Mounted CFRP Strips. ACI-Structural Journal, 104 (S41), 430-437.
- [32] J. Teng, L. Delorenzis, B. Wang, T. Wong, and L. Lam. (2006)- Debonding failures of RC beams strengthened with near surface mounted CFRP strips. Journal of composites for construction, 10 (2), 92-105.
- [33] R. Kotynia, Flexural behavior of Reinforced Concrete Beams Strengthened with near Surface Mounted CFRP Strips, Third International Conference on FRP Composites in Civil Engineering (CICE 2006), Miami, Florida, USA
- [34] B. Täljsten, A. Carolin, H. Nordin, Concrete Structures Strengthened with Near Surface Mounted Reinforcement of CFRP, Sweden (2003).
- [35] Hassan T, Rizkalla S. Investigation of bond in concrete structures strengthened with near surface mounted carbon fiber reinforced polymer strips. ASCE J Compos Constr 2003;7(3):248–57.

## تأثير لهب النار المباشر على سلوك البلاطات المصمتة البيتونية المسلحة العاملة باتجاهين

أ.د. منيب العلاف<sup>1</sup>      أ.د. عبد الرزاق سالم<sup>2</sup>

م. رنين أحمد الضريف<sup>3</sup>

### مخلص البحث

خُصص هذا العمل لدراسة سلوك البلاطات المصمتة البيتونية المسلحة العاملة باتجاهين والمعرضة للهب النار المباشر باستخدام فرن غاز (غاز منزلي) ولمدة ساعة واحدة . يتضمن البحث التجريبي صب وحرق عدد من البلاطات واختبارها تحت تأثير حمولة خارجية مركزة ساكنة، باعتبار جميع البلاطات بسيطة الاستناد بالاتجاهين، وكانت متغيرات البحث كالتالي: مساحة انتشار اللهب (تعريض البلاطات للهب النار المركز وفق ثلاث شعلات حرارية مركزة في منتصف مجاز البلاطة (منطقة الانعطاف الصافي الحالة الحرجة)، تعريض البلاطات للهب النار المركز على ستة شعلات حرارية مركزة في ثلث مجاز البلاطة ) و طرق التبريد (الفجائي، والتدريجي). أظهرت نتائج البحث أن زيادة مساحة انتشار اللهب تؤثر بشكل فعال على قدرة التحمل القصوى وعلى السهوم، وكذلك طرق التبريد. حيث انخفضت قدرة التحمل القصوى عند التبريد التدريجي بنسبة (8-14%) وعند التبريد الفجائي بنسبة (18-19%) مع زيادة مساحة انتشار اللهب. أما السهوم عند الحمولة القصوى فقد زادت عند التبريد التدريجي بنسبة (7-21%) وعند التبريد الفجائي بنسبة (16-30%) مع زيادة مساحة انتشار اللهب وذلك بالمقارنة مع وسطي العينات المرجعية (دون حرق).

**كلمات مفتاحية:** البلاطات المصمتة البيتونية المسلحة، لهب النار المباشر.

- 1- المشرف العلمي- أستاذ في قسم الهندسة الإنشائية -كلية الهندسة المدنية-جامعة البعث.
- 2- المشرف العلمي المشارك-أستاذ في قسم الهندسة الإنشائية -كلية الهندسة المدنية-جامعة حماه.
- 3- طالبة دكتوراه-قسم الهندسة الإنشائية -كلية الهندسة المدنية-جامعة البعث.

# The effect of direct fire flame on the behavior of two –way reinforced solid concrete slabs

pro. Muneeb Al-allaf

pro. Abdulrazzak Salem

E. Ranin Aldarf

## Abstract

This study investigates the behavior of two–way reinforced solid concrete slabs exposed to direct fire using a gas furnace for one hour. The research includes casting and burning several samples and testing them under the influence of a concentrated static external load, considering all slabs as simply supported in both directions. The research variables were as follows: flame spread area(exposing the slabs to concentrated fire involved three thermal flames positioned , additionally, the slabs were subjected to concentrated fire exposure from six thermal flames positioned at the middle third of the slab), and cooling methods. The research demonstrated that an increase in flame spread area significantly affects the maximum load carrying capacity, deflection, and cooling methods. the maximum load carrying capacity decreased by (8–18)% with gradual cooling and by (18–19)% with sudden cooling, accompanied by an increase in flame spread area. As for deflection at maximum load, they increased by (7–21) % with gradual cooling and by (16–30)% by sudden cooling , as the flame spread area increased.

**Key words:** reinforced solid concrete slabs, direct fire flame.

## 1- مقدمة البحث:

يعد تعرض المنشآت البيتونية للحريق من أخطر التحديات التي تؤدي الى دمار كبير وانهيار للمنشأة بالإضافة لخسارة الأرواح .

تعتبر البلاطات البيتونية المسلحة من العناصر الانشائية الهامة المستخدمة في البناء حيث توفر الدعم اللازم للأحمال المتغيرة والثابتة في الهيكل الانشائي ومع ذلك فان هذا النوع من البلاطات يتعرض لمجموعة من التحديات والمخاطر ومن بينها الحرائق المفاجئة.

وبالرغم من تمتع البيتون بمقاومة جيدة للحريق عند مقارنتها بمواد البناء الأخرى(الخشب و الفولاذ) بسبب الموصولية الحرارية المنخفضة لها، إلا أن الحرائق الضخمة والتي تستمر لفترات طويلة تؤدي الى تدمير البنية الداخلية والبلورية للبيتون ولحديد التسليح، وهذا يؤدي تغيير كبير في خواصهما الميكانيكية ، فالبلاطات البيتونية المسلحة من العناصر الانشائية الهامة التي تتأثر بالحرائق حيث يحدث فيها خفض بالمقاومة وتدهور في سلوكها الانشائي، ومن أجل تحسين مستوى الأمان في المباني ضد الحرائق ، اهتمت العديد من الهيئات الانشائية بدراسة سلوك البلاطات المعرضة للحرائق وغيرها من العناصر الانشائية وتقييم كفاءتها في تحمل اجهادات الشد الناتجة عن ارتفاع درجات الحرارة من خلال تحديد الأبعاد الدنيا وسماكة طبقة التغطية لهذه العناصر لتقاوم الحريق. ومنها الكودات العالمية (ASTM E-119) و(ISO834) التي ساهمت في تحديد معايير الأداء والتصميم للمباني والمواد المستخدمة فيها لتحمل الحرائق وتقليل انتشار الحريق من خلال تعريض العديد من العناصر للحرائق القياسية[1].

حيث عرفت هذه الكودات مقاومة الحريق بأنها قدرة العنصر الانشائي على الصمود أمام الحرارة واللهب وأن تتحمل الهياكل والمواد الحرارة دون أن تفقد قدرتها الانشائية. كما

تعرف بأنها المدة الزمنية التي يمكن للعناصر الانشائية أن تتحمل درجات الحرارة العالية لحريق قياسي [1] و [2].

وقد وُجدت العديد من الدراسات التي بحثت في تقييم الخصائص الميكانيكية للخرسانة والفولاذ وكذلك تحليل سلوك العناصر الانشائية (أعمدة وجوائز وبلاطات) المعرضة لدرجات حرارة عالية باستخدام الحرائق القياسية [1] و [2] أو الأفران الكهربائية وعن طريق وضع العنصر في حجرات حرارية خاصة ، وهذه الدراسات لا تمثل الحالة الواقعية لظاهر الحريق ومن هنا

تأتي أهمية بحثنا في القيام بتجارب عملية تحاكي ظاهرة الحريق الواقعية وذلك بتعرض مجموعة من البلاطات لهب النار المباشر باستخدام فرن غاز (سائل) وكذلك تطبيق التبريد بالهواء لمحاكاة تبريد المباني التي يتطلب الوصول إليها فترة زمنية طويلة والتبريد بالماء لمحاكاة تبريد المباني القريبة من مراكز الاطفاء.

حيث قام الباحث (Karem, M.M.) عام (2005) [3] بالتحقق من سلوك البلاطات المصمتة العاملة باتجاه واحد المعرضة لهب النار، فقد قام باختبار (24) بلاطة بيتونية بأبعاد (60\*60\*4Cm) وذات مقاومات (40,80MPa) وبنسبة تسليح (0.00492,0.00872) تم تعريض (16) بلاطة لدرجات حرارة (400,500,600) ولمدة ساعة واحدة وتبريد تدريجي واختبار البلاطات على الانعطاف تحت الحمل المنتظم، أظهرت النتائج أن سعة الحمولة القصوى للعينات البيتونية المسلحة انخفضت مع ارتفاع درجة الحرارة وأن الانخفاض الأعلى كان في البلاطات التي تحتوي نسبة تسليح فولاذية أعلى وتعرضت لحرارة  $600^{\circ}\text{C}$  وكانت نسبة الحمولة المتبقية للبلاطات البيتونية عند درجة حرارة  $600^{\circ}\text{C}$  تتراوح بين (84.2%-86) وذلك للبلاطات من

المجموعة (A) والتي تم تقويتها بنسب فولاذية (0.00492,0.00875) و بنسبة (-85-83.7) للبلاطات المجموعة (B) والتي تم تقويتها بنسب فولاذية نفسها.

كما قام العديد من الباحثين بإجراء نمذجة تحليلية للعديد من العناصر الانشائية كالبلاطات والأعمدة المعرضة لحريق قياسي ، باستخدام برنامج العناصر المحدودة (ANSYS Workbench) فالباحثان (Dr. Ihssan Al-tarsha, Manar Takla)

[5] قاما بنمذجة أعمدة خرسانية محورية التحمل ومعرضة لحريق قياسي ( External fire) من جهاته الأربعة وقاما بتحديد قدرة التحمل للأعمدة الخرسانية عند تعرضها لحريق قياسي ، وقد أبرزت النتائج فعالية النموذج التحليلي عند المقارنة مع النتائج التجريبية ، حيث بلغ الفرق بين قيمة حمولة الانهيار التحليلية والتجريبية (0.68%)..وبعد اجراء التحليل (إنشائي -حراري) انخفضت قدرة تحمل الأعمدة بنسبة (8.9%) الى (19.6%) وذلك عند التعرض للحريق القياسي من الجهات الأربعة عند أزيمة من 20 حتى 90 دقيقة.

كما قام الباحث (Prasad) [4] عام 2016 بفحص السلوك الحراري المتعلق بالبلاطات الخرسانية المسلحة التي تعرضت لحريق قياسي (ISO834). قام الباحث بنمذجة تسعة بلاطات خرسانية بأبعاد (3300\*1200\*200mm) باستخدام (ANSYS14.5) وذلك لتحليل سلوك البلاطات ذات مقاومات (M25,M70,M100) عند درجات حرارة مرتفعة ومع اختلاف سماكة طبقة التغطية (30,40,50mm).تم اجراء تحليل لتحديد قدرة التحمل والسهوم مع أو بدون حرارة مع ضغط (0.1MPa). وقد أشارت النتائج أن السهوم تقل كلما ازدادت سماكة طبقة التغطية كما وجد أن السهوم في البلاطات يتناقص مع زيادة مقاومة الخرسانة وقد أظهر التحليل أن الحد الأدنى للسهم كان لخرسانة ذات مقاومة (M100) مع سماكة تغطية (50mm).

كما قام الباحث (Amar Tawashi) [6] (2022) بدراسة تجريبية لدراسة تأثير لهب الحريق المباشر على سلوك الجوائز البيتونية المسلحة عند فترات زمنية (0.5hr,1hr) وطرق تبريد مختلفة، فتبين للباحث انخفاض بقيمة المقاومة بنسبة (2.48%) عند التبريد التدريجي وبنسبة (7.7%) عند التبريد الفجائي للعينات المعرضة لمدة نص ساعة ،و انخفاض بقيمة المقاومة بنسبة (5.23%) عند التبريد التدريجي وبنسبة (7.74%) عند التبريد الفجائي للعينات المعرضة لمدة ساعة.

## 2-هدف البحث:

تتجلى أهداف البحث في النقاط التالية:

- 1- القيام بدراسة تجريبية لتحليل وتقييم سلوك البلاطات البيتونية المسلحة المتضررة استثمارياً بنسبة (62%) من حمولة الانهيار بتعرضها لدرجات حرارية عالية من خلال لهب النار المباشر.
- 2- دراسة أثر زيادة مساحة انتشار لهب النار على كلاً من قدرة التحمل القصوى والسهوم.
- 3- تحليل أثر التبريد بالماء والهواء على الأداء الهيكلي للبلاطات بعد تعرضها للحريق.

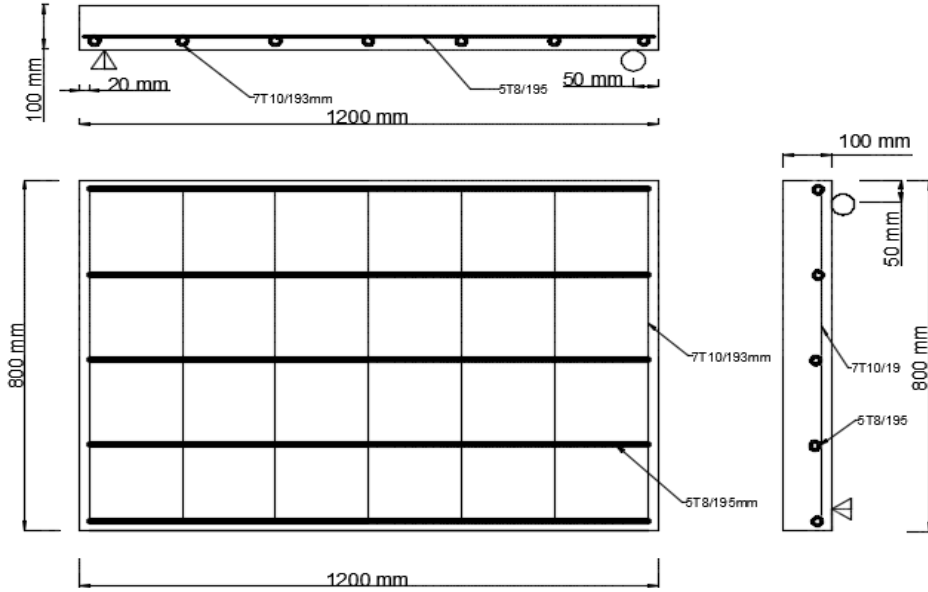
## 3- المواد والطرق التجريبية للبحث:

### 3-1- وصف النماذج المدروسة :

يتضمن البحث التجريبي اجراء اختبارات على مجموعات مؤلفة من (6) بلاطات بيتونية مسلحة عاملة باتجاهين ، هذه البلاطات بسيطة الاستناد ومتماثلة بالأبعاد وخواص المواد. أبعاد البلاطات المختبرة (1200\*800\*100)mm وهي مزودة بشبكة تسليح بالاتجاهين تسليح بالاتجاه القصير (7T10) وتسليح بالاتجاه الطويل (5T8) ، تتعرض



البلاطات عند الاختبار لقوة مركزة مطبقة في منتصف مجاز البلاطة. يبين الشكل (1) أبعاد البلاطات المختبرة وتفاصيل التسليح.



الشكل (1) أبعاد البلاطات وتفاصيل التسليح

تم تقسيم البلاطات الى ثلاث مجموعات:

1- المجموعة الأولى (R-S): مرجعية تتضمن بلاطتين مرجعيتين تم تحميلها حتى الانهيار.

2- المجموعة الثانية (S62%-i): مجموعة التحميل المسبق وتتضمن (4) بلاطات بيتونية مسلحة تم تحميلها بنسبة (62%) من حمولة الانهيار.

3- المجموعة الثالثة: مجموعة التعرض للنار المباشر والتبريد وتتضمن مايلي:

\* التبريد التدريجي (G): يضم بلاطتين، بلاطة بيتونية مسلحة متضررة

نتيجة التحميل المسبق تتعرض للنار المباشر من خلال مسار

حراري واحد مكون من ثلاث شعلات حرارية ، وبلاطة بيتونية مسلحة متضررة نتيجة التحميل المسبق تتعرض للهب النار المباشر من خلال مساريين حراريين أي ستة شعلات حرارية.

\* التبريد الفجائي (S): يضم بلاطتين، بلاطة بيتونية مسلحة متضررة نتيجة التحميل المسبق تتعرض للهب النار المباشر من خلال مسار حراري واحد مكون من ثلاث شعلات حرارية ، وبلاطة بيتونية مسلحة متضررة نتيجة التحميل المسبق تتعرض للهب النار المباشر من خلال مساريين حراريين أي ستة شعلات حرارية.

يبين الجدول (1) مجموعات العمل التجريبي:

الجدول (1) مجموعات العمل التجريبي

التسلسل	اسم البلاطة	مجموعة التحميل المسبق	المصدر الحراري	مجموعة الحرق والتبريد
1	RS1	-----	بدون حرق	-----
2	RS2			
3	S6-RG1	(S62%-i)	مسار واحد (3 شعلات)	التبريد التدريجي ( $S_i - G_n$ )
4	S15-RG2		مسارين (6 شعلات)	
5	S5-RS1	(S62%-i)	مسار واحد (3 شعلات)	التبريد الفجائي ( $S_i - S_n$ )
6	S8-RS2		مسارين (6 شعلات)	

حيث (i) تدل على رقم البلاطة المختبرة ، n ) تدل على عدد المسارات الحرارية التي تتعرض لها البلاطة للهب اي (1) مسار حراري واحد (مكون من ثلاث شعلات) و (2) مسارين حراريين (اي ستة شعلات))

## 3-2- خواص المواد المستعملة:

## 3-2-1-البيتون:

تمّ تحضير الخلطة البيتونية من أربعة أصناف من مواد البناء ( بحص خشن ، بحص ناعم (زرادة)، رمل قرواني، رمل مكسر)، الحصىات الخشنة المكسرة ذات المنشأ الدولوميتي ومصدرها مقالع حسياء قرب مدينة حمص، والمقاس الاعتباري لأكبر حصوية يساوي (20mm)، واستخدم الرمل القرواني الأبيض النظيف وهو يمر من المنخل 4.75 وذو مكافئ رملي (74)، كما استخدم الإسمنت البورتلاندي العادي من الصنف 32.5 للخلطة وبعيار  $(400 \text{ Kg}/\text{m}^3)$  وجرى صب ثلاث عينات أسطوانية (15x30)Cm فكان متوسط المقاومة الأسطوانية على الضغط للخلطة بعمر 28 يوماً (22.74MPa) .

## 3-2-2- فولاذ التسليح:

تم إجراء اختبارات الشد لعينات من فولاذ التسليح المستخدم في مخبر البناء -كلية الهندسة المدنية بجامعة البعث فكانت النتائج كما في الجدول التالي(3).

جدول (2) مواصفات فولاذ التسليح المستخدم

القطر d (mm)	إجهاد الخضوع الوسطي $f_y$ (MPa)	إجهاد الانقطاع الوسطي $f_u$ (MPa)	الاستطالة النسبية الوسطية $\epsilon$ (%)
8	660	746.8	30.6
10	540	610.4	27.8

معامل بواسون بقيمة 0.3 وعامل المرونة الطولي للفولاذ  $E_s = 2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$  .

### 3-3- مراحل العمل التجريبي:

يتضمن العمل التجريبي المراحل التالية:

المرحلة الأولى ( صب البلاطات البيتونية المسلحة والعينات الأسطوانية):

تم تنظيف وتجهيز القوالب الخشبية الخاصة لصب البلاطات وتنفيذها وفق أبعاد البلاطات المراد صبها ومن ثم تم إجراء عملية قص لقضبان التسليح الفولاذية وتشكيل شبكة التسليح الخاصة بالبلاطات العاملة باتجاهين والقيام بعملية ضبط لسماكة طبقة التغطية (20mm) كما في الشكل(2).



الشكل (2) تجهيز القوالب وشبكة التسليح لصب البلاطات البيتونية المسلحة ثم صبت البلاطات البيتونية والعينات الاسطوانية في مخبر البيتون المسلح بكلية الهندسة المدنية - جامعة البعث وتم استخدام الهزاز الميكانيكي في عملية الصب لمنع حدوث التعشيش كما هو موضح في الشكل(3).



الشكل (3) صب البلاطات البيتونية المسلحة

وبعد مضي (24) ساعة فكت القوالب الاسطوانية وغمرت العينات بالماء لمدة (28) يوماً وذلك لتحديد مقاومة الضغط للبيتون كما في الشكل (4).



الشكل (4) العينات الأسطوانية المصبوبة عند صب البلاطات البيتونية المسلحة

أما البلاطات البيتونية فقد تمت العناية بها وترطيبها بالماء لمدة سبعة أيام وتم تغطيتها بأكياس الخيش ومن ثم تم فك القوالب الخشبية. كما هو موضح في الشكل (5).



الشكل (5) ترطيب البلاطات البيتونية المسلحة المصبوبة

## المرحلة الثانية تحميل البلاطات البيتونية المسلحة:

وتتضمن ما يلي:

### 1- طاولة الاستناد:

حتى نضمن أن تكون البلاطة عاملة باتجاهين قمنا بتنفيذ طاولة استناد معدنية بنفس أبعاد البلاطة (1200\*800mm) حيث كان عرض المساند المعدنية (50mm) كما هو مبين في الشكل (6).



الشكل (6) طاولة الاستناد

وقمنا بتجريب بلاطة للتأكد من صحة نظام التحميل وكانت آلية الانهيار قياسية، وظهرت الشقوق كما في الشكل (7).



الشكل (7) كسر أحد البلاطات البيتونية المسلحة لتأكد من نظام التحميل

## 2- نموذج التحميل وأجهزة القياس:

تم اختبار البلاطات البيتونية المسلحة باستخدام جهاز كسر القساطل في مخبر البيتون المسلح في كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث المكون من ذراع تطبيق الحمولة وهيكل معدني وخلية تسمح بقراءة قيمة الانتقالات والحمولة المطبقة ، حيث تم تطبيق حمولة خارجية مركزة في منتصف مجاز البلاطة من خلال جهاز الكسر، كما تم وضع صفيحة معدنية أسفل الحمولة منعاً لتركيز الاجهادات ولنضمن انهيار البلاطة على الانعطاف واتباع سلوك البلاطات العاملة باتجاهين كما في الشكل (8).



الشكل (8) جهاز كسر العينات ونظام التحميل

تم قياس الانتقالات الحاصلة في البلاطات عند تطبيق الحمولة من خلال حساسات (LVDTs) وضعت في عدة نقاط من مجاز البلاطات السفلي وتحديدًا (منتصف مجاز البلاطة والتلث الأوسط من البلاطة)، كما وضعت حساسات عند المساند لضبط أية حركة فيها، كما تم قياس التشوهات الحاصلة في بيتون المنطقة المضغوطة من خلال وضع حساسات تثبتت على صفيحة معدنية في السطح العلوي للبلاطات كما في الشكل (9).



الشكل (9) مواقع الحساسات على وجوه البلاطات (العليا والسفلى)



## 3-4- نتائج كسر العينات المرجعية وأنماط الشقوق:

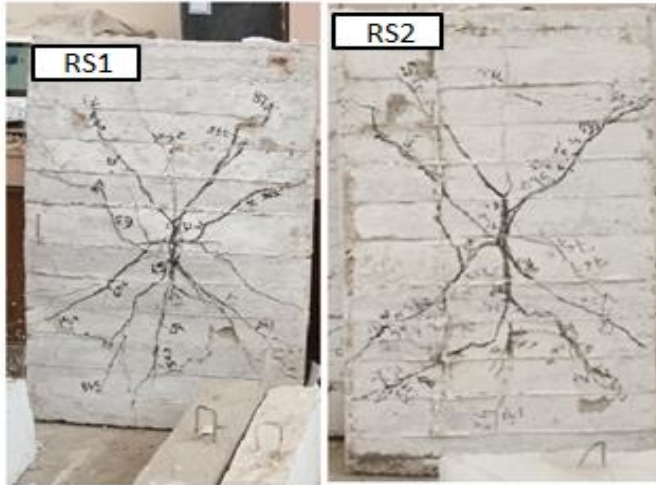
وضعت البلاطات على طاولة الاستناد وثبتت جميع الحساسات اللازمة لقياس السهوم والانتقالات ثم طبقت الحمولة الخارجية المركزة باستخدام جهاز الكسر الذي ذكر سابقاً حيث حددت في هذه المرحلة مايلي:

1- حددت حمولة الانهيار للبلاطات المرجعية و تم قياس السهم في وسط المجاز والثلث الأوسط عند جميع مراحل التحميل.

2- رصدت التشوهات في بيتون المنطقة المضغوطة وتم مراقبة توزع وتمدد الشقوق على كامل السطح السفلي للبلاطة في منطقة الانعطاف.

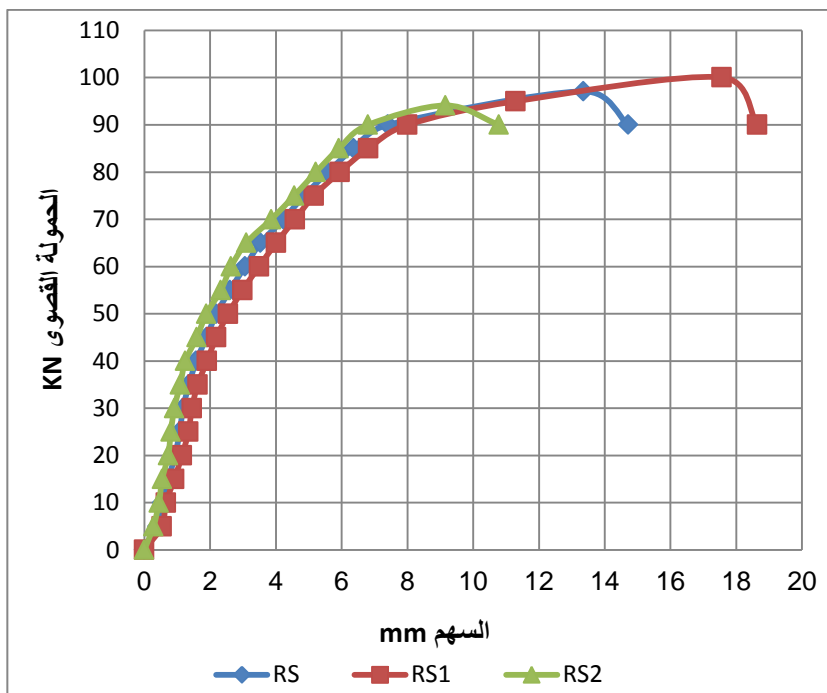
3- تم رسم مخطط (الحمولة- السهم) للبلاطات المرجعية، ومنحنيات (الحمولة- تشوه).

يبين الشكل (10) أنماط وتوزع الشقوق للبلاطتين المرجعيتين RS1 و RS2 ، كما يحدد الشكل (11) منحنى الحمولة - السهم للبلاطتين المرجعيتين (في منتصف مجاز البلاطات فقط) والمنحنى الوسطي (RS) ويحدد الشكل (12) منحنى الحمولة - التشوه لبيتون المنطقة المضغوطة للبلاطتين المرجعيتين والمنحنى الوسطي (RS).

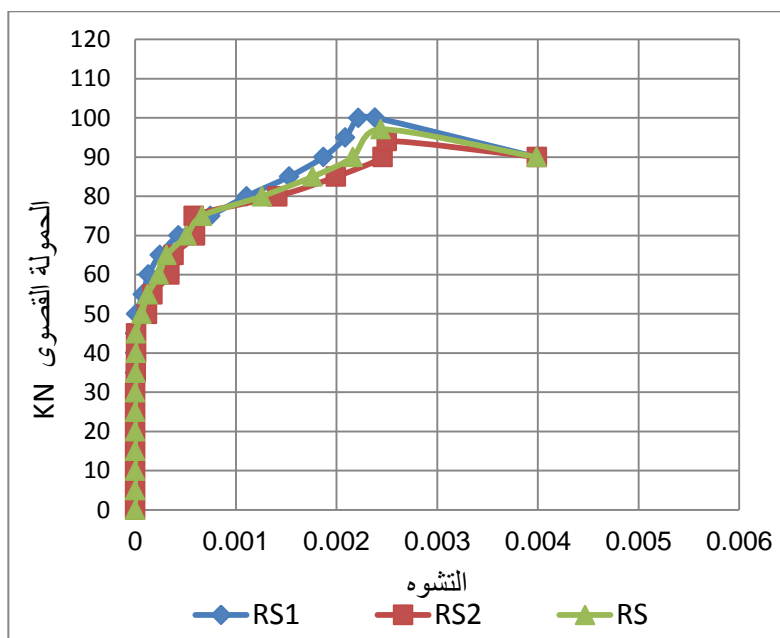


الشكل(10) أنماط الشقوق للبلاطتين المرجعيتين

عند التحميل ظهر شق رئيسي في منتصف مجاز البلاطات ومع زيادة الحمولة تفرعت عنه شقوق قطرية مائلة استمرت حتى المساند وصولاً للحافة العلوية للبلاطات ثم انهارت العينات عند الحمولات القصوى وكان سلوك البلاطات ونمط الانهيار مشابه تماماً للبلاطات العاملة باتجاهين.



الشكل (11) منحنى (الحمولة-السهم) للبلاطتين المرجعيتين في منتصف المجاز (RS1, RS2) والمنحنى الوسطي (RS)



الشكل (12) مخطط (حمولة-تشوه) لبيتون المنطقة المضغوطة للبلاطتين

المرجعتين (RS1, RS2) والمنحني الوسطي (RS)

من المخططات السابقة تم تحديد حمولة الانهيار الوسطية للبلاطات المرجعية وبلغت (97.08KN) وبلغت قيمة السهم الوسطي في منتصف المجاز المقابل لها (13.35mm) وقد بلغت قيمة التشوه الوسطي في الليف البيتوني المضغوط (0.0024).

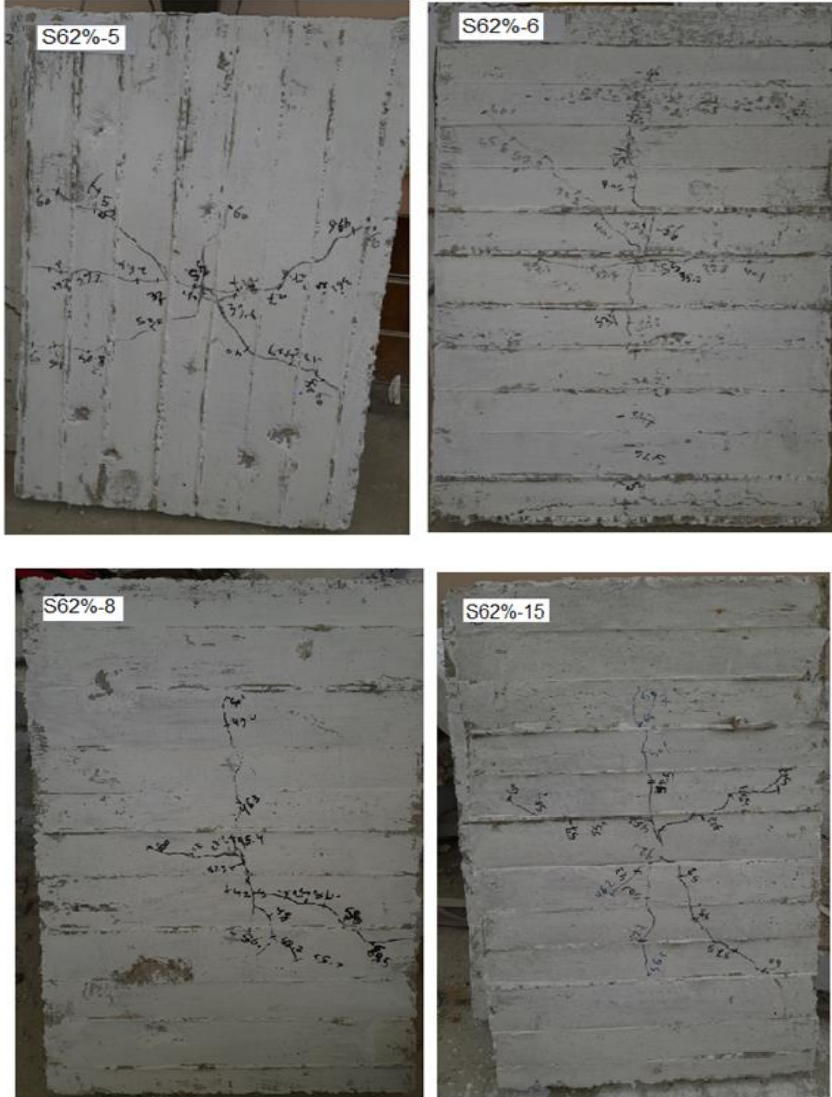
سنعتمد النسبة (62%) من حمولة الانهيار الوسطية للبلاطات المرجعية من أجل التحميل المسبق للبلاطات (60.2KN=0.62x97.08).

ومن مخطط (الحمولة-السهم) للبلاطات المرجعية نجد أن السهم المقابل للحمولة الاستثمارية (60.2KN) يساوي (3.08mm).

### 3-4- التحميل المسبق للبلاطات البيتونية المسلحة بحمولة الاستثمار:

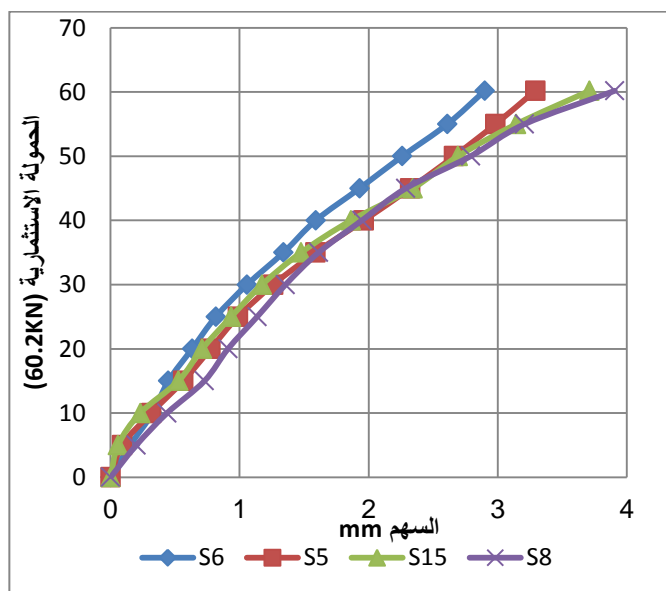
إن الهدف من هذه المرحلة هي محاكاة الواقع باعتبار أن كافة عناصر المنشأة خلال فترة الاستثمار تكون مجهدة ومعرض لأنواع عديدة من القوى الخارجية، في هذه المرحلة تم

تحميل كافة البلاطات البيتونية البالغ عددها أربعة بلاطات بحمولة استثمارية ( 60.2 KN) وذلك وفق شروط مماثلة للمرجعية من حيث الاستناد وبتزايد ثابت للحمولة. وتم في هذه المرحلة تحديد أنماط الشقوق والسهم. ويبين الشكل (13) أنماط الشقوق الناتجة عن التحميل المسبق في البلاطات بحمولة استثمارية (60.2KN).



الشكل(13) أنماط الشقوق في البلاطات الناتجة عن الحمولة الاستثمارية

كما يوضح الشكل (14) منحنيات (الحمولة - السهم) في وسط المجاز لكافة البلاطات المحملة مسبقاً بحمولة استثنائية (60.2KN).



الشكل (14) منحنيات (الحمولة - السهم) للبلاطات المحملة مسبقاً بحمولة استثنائية (60.2KN)

3-5- تعريض البلاطات البيتونية المسلحة المتضررة نتيجة التحميل المسبق للهب النار المباشر:

تتضمن هذه المرحلة مايلي:

#### 1- تصميم فرن الحرق:

\* الفرن مكون من إطار معدني (قاعدة) مصنوع من الحديد العالي المقاومة والملحوم بلحام عالي المقاوم ، وذلك بأبعاد (2000\*1200mm) وارتفاع (1400mm) تتيح هذه القاعدة إمكانية إسناد أي عنصر انشائي على الفرن مهما كانت شروط تجريبه.

\* الفرن محاط بأربعة جدران معدنية بسماكة (85mm) مملوءة بالصوف الزجاجي لضمان العزل الحراري للعينة المجربة ، اثنتين منها ثابتتين وهما في الاتجاه القصير للفرن والجدارين الآخرين متحركين وفق عدة مسارات بحيث تتناسب أحجام العناصر الانشائية المختلفة المراد حرقها وفق الاتجاه الطويل .

\* الفرن مزود بسكنتين معدنيتين (أنابيب) قابلة للحركة في جميع الاتجاهات .  
بنهاية كل سكة صمام يمكن من خلاله التحكم بكمية الغاز المتدفق من جرة الغاز المنزلي السائل وهذا يمكننا من إمكانية التسخين السريع أو البطيء .  
\* السكك المعدنية (أنابيب) مؤلفة شعلات حرارية يخرج من خلالها لهب النار مزودة بصمامات أيضاً ، حيث كل سكة تحتوي خمس شعلات حرارية موزعة على كامل طولها وذلك لتأمين عملية الحرق للعناصر الانشائية بأطوال مختلفة.

\* تم تزويد الفرن بحساس مربوط ببلوحة الكترونية لقياس درجة حرارة لهب النار ثبت بأحد مساند الفرن الداخلية بحيث يلامس لهب النار الصادر من أحد الشعلات الحرارية .

\* الجزأين العلوي والسفلي للفرن مفتوحين بهدف التهوية المباشرة (الأوكسجين). كما في الشكل(15).



الشكل (15) فرن الغاز المصمم لإجراء الحريق

## 2- أدوات قياس درجة حرارة الأسطح البيتونية المعرضة للهب المباشر ودرجة حرارة اللهب:

تم استخدام جهاز ليزري لقياس درجة حرارة الأسطح البيتونية وذلك من أجل الحصول على مخطط التدرج الحراري لهذه الأسطح. ومن ميزات هذا الجهاز قدرته على قياس درجة الحرارة باستخدام الأشعة تحت الحمراء ومجال قياس درجة الحرارة به ضمن المجال (30-550 C)، كما في الشكل (16).



الشكل (16) الجهاز الليزري

ومن أجل قياس درجة حرارة اللهب تم استخدام حساس من النوع (Thermometer-k) مزود بلوحة الكترونية تعطي قيمة درجة الحرارة التي وصل لها اللهب وموصول بكبل كهربائي يستطيع تسجيل قراءات حرارية تصل الى (1200C) كما في الشكل (17).



الشكل (17) الحساس المستخدم لقياس درجة حرارة اللهب

### 3- تعريض البلاطات البيتونية المسلحة المحملة مسبقاً للهب النار المباشر:

تم اختبار البلاطات البيتونية المسلحة الأربعة المحملة استثمارياً في مخبر البيتون المسلح - بكلية الهندسة المدنية عن طريق تعريضها للهب النار المباشر لمدة ساعة واحدة باستخدام فرن الغاز وذلك لدراسة تأثير الحرارة على سلوك هذه البلاطات من حيث قدرة التحمل والسهوم والشقوق وأنماط الانهيار وجرى تنفيذ التجربة وفق ما يلي:

تم تعريض السطح السفلي لاثنتين من البلاطات البيتونية المسلحة للهب النار المركز في ثلاث شعلات حرارية في منطقة الانعطاف ووضع مسار اللهب في منتصف مجاز البلاطة كما في الشكل (18).



الشكل (18) لهب النار موزع على ثلاث شعلات حرارية



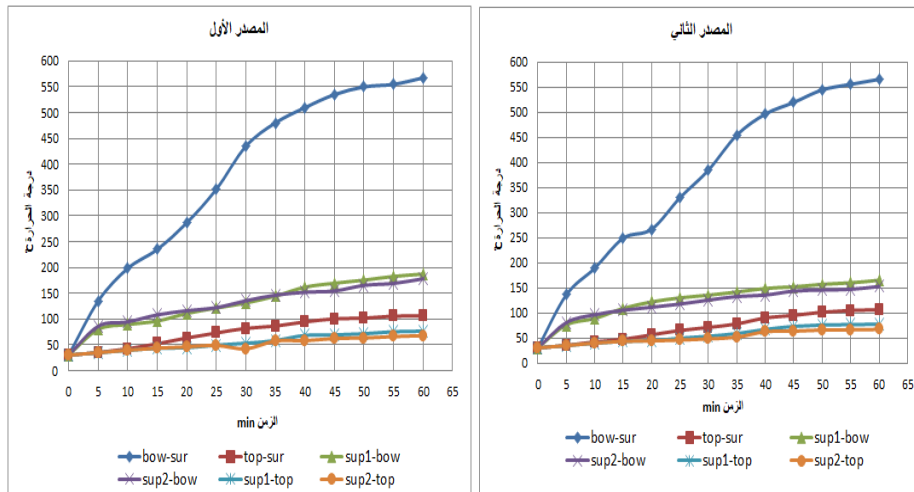
كما تم تعريض السطح السفلي لاثنتين من البلاطات البيتونية المسلحة للهب النار المركز في ستة شعلات حرارية في منطقة الانعطاف الصافي ووضع مساري اللهب بالقرب من نقطة تطبيق الحمولة لتحاكي الحالة الحرجة كما في الشكل (19).



الشكل (19) لهب النار موزع على ستة شعلات حرارية

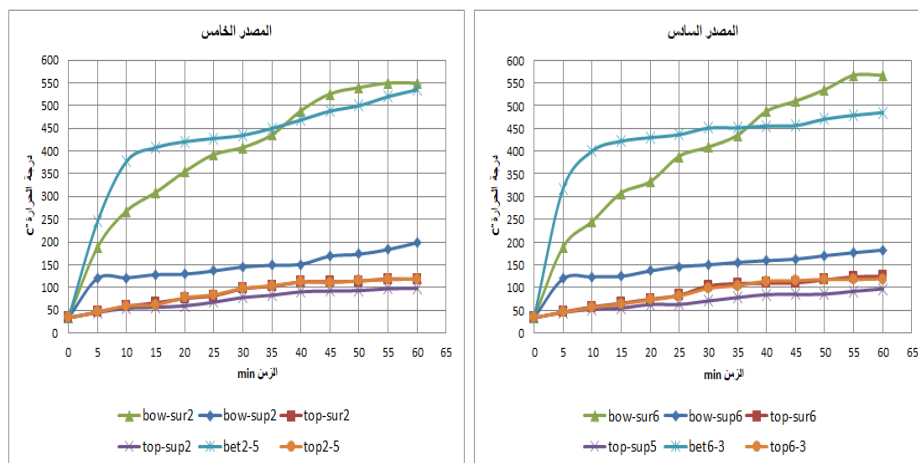
في كلا نمطي التوزيع للهب النار تم أخذ قراءات درجات الحرارة للسطوح البيتونية العليا والسفلى وذلك في عدة نقاط ( عند المصادر الحرارية ، وبين المصادر الحرارية وعلى بعد (50cm) من المساند) وذلك للحصول على مخططات تغير (درجة الحرارة - زمن).

مخطط تغير درجة الحرارة-الزمن للمصدر الأول والثاني لإحدى العينات المعرضة للهب النار وفق نمط التوزيع الأول على ثلاث شعلات حرارية كما في الشكل (22):



الشكل (22) مخطط (درجة الحرارة - الزمن) لبلاطة معرضة ل لهب النار الموزع على ثلاث شعلات

مخطط تغير (درجة الحرارة-الزمن) للمصدر الخامس والسادس لإحدى العينات المعرضة ل لهب النار وفق نمط التوزيع الثاني على ستة شعلات حرارية الشكل (23):



الشكل (23) مخطط (درجة الحرارة - الزمن) لبلاطة معرضة ل لهب النار الموزع على ستة شعلات

في كلا نمطي التوزيع للهب النار وبعد الانتهاء من الحرق أُخرجت العينات من حجرة تطبيق اللهب لتُبرد العينات في الهواء وعينات أخرى تم تبريدها بالماء الأشكال (20) و (21).



الشكل (19) التبريد التدريجي (الهواء)



الشكل (21) التبريد المفاجئ (الماء)

من مخططات تغير الحرارة - الزمن لوحظ ارتفاع درجات حرارة الأسطح البيتونية بشكل كبير خلال (10) دقائق الأولى وتقارب التدرجات الحرارية بعد (30) دقيقة من بعضها حيث لاحظنا ارتفاع درجات حرارة النقاط القريبة من المصادر الحرارية وانخفاض درجة

حرارة النقاط البعيدة والتي قد تتبع سلوكاً خطياً نلاحظ تشابهه في المنحنيات الصاعدة لكافة المصادر الحرارية مهما تعدد عددها. كما بلغت متوسط درجة حرارة السطح البيتوني عند المصادر الحرارية ( $560\text{ C}^{\circ}$ ) أما متوسط درجة حرارة السطح البيتوني العلوي بلغت ( $85\text{ C}^{\circ}$ ) عند لهب النار الموزع على ثلاث شعلات حرارية و بلغت متوسط درجة حرارة السطح العلوي ( $118\text{ C}^{\circ}$ ) عند لهب النار الموزع على ست شعلات حرارية.

الانفعالات الحاصلة اثناء الحريق وبعد التبريد:

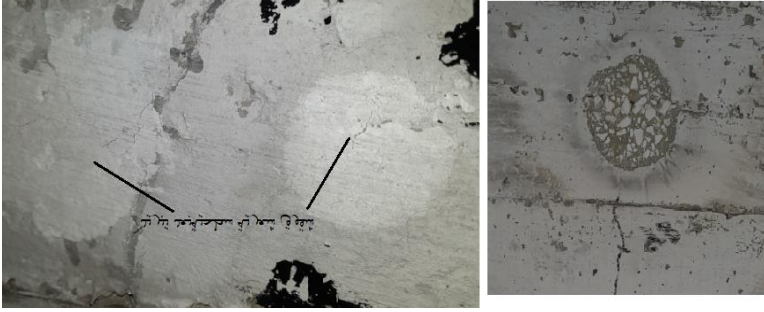
1- توهج الأسطح البيتونية عند المصادر الحرارية كما في الشكل(24).



الشكل(24) توهج السطح البيتوني عند المصدر الحراري

2- سماع أصوات تكسر في البلاطات ناتجة عن تغيرات في البنية الداخلية للبيتون المسلح نتيجة اختلاف عوامل التمدد و حدوث تصدعات داخلية مع ارتفاع درجات الحرارة.

3- عند تبريد العينات بالهواء لوحظ ظهور شبكة من الشقوق الشعرية الحرارية بجانب شقوق التحميل المسبق (تشبه خلية النحل) وتفتت سطحي لطبقة التغطية وتغير في لون البيتون كما في الشكل(25).



الشكل (25) الشقوق وتفتت الطبقة السطحية لبلاطة مبردة بالهواء

4- عند تبريد العينات بالماء لوحظ ظهور شقوق أكثر على السطوح السفلى للعينات و تغير لون البيتون الى الكريمي الغامق وهذا يدل على مقدار الضرر والجفاف الكبير الحاصل في العينات نتيجة ارتفاع درجة حرارة السطوح كما في الشكل(26).



الشكل (26) الشقوق وتفتت الطبقة السطحية لبلاطة مبردة بالماء

#### 4- تحميل البلاطات البيتونية المسلحة المتضررة بلهب النار:

بعد (48) ساعة من حرق البلاطات البيتونية المسلحة المتضررة تم اجراء اختبار التحميل للبلاطات المحروقة عند كل حالة تسخين وتبريد كما في الجدول (1) ، وذلك بشروط مماثلة لاستناد وتحميل البلاطات المرجعية . كما تم رصد النتائج التالية:

1- أنماط الشقوق الحاصلة في البلاطات وآلية الانهيار.

2- حمولة الانهيار (قدرة التحمل القصوى ) والسهم المرافق لكل بلاطة.

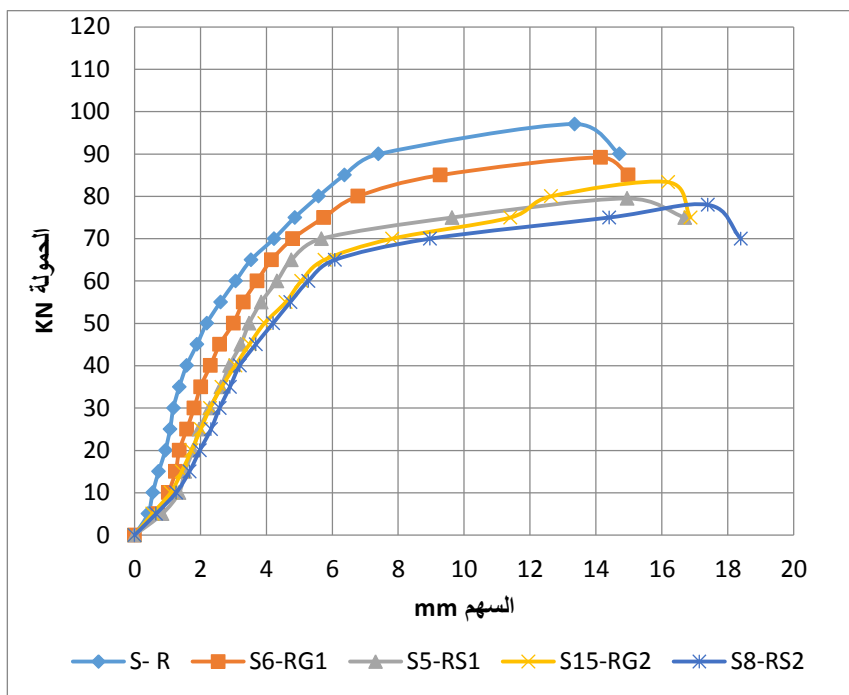
#### أنماط الشقوق:

عند تحميل البلاطات بحمولة الاستثنائية (60.2KN) لوحظ ظهور عدد كبير من الشقوق العشوائية امتدت على مساحة محدودة من السطح المشدود للبلاطات في (منطقة الانعطاف فقط ) ولوحظ انغلاق هذه الشقوق بعد ازالة الحمولة، وكما أشرنا سابقا أنه نتيجة ازدياد درجات الحرارة يزداد ضغط المسام بشكل أكبر من قوة الشد البيتونية مما يؤدي الى حدوث شقوق حرارية سطحية على البلاطات بجانب الشقوق الاستثنائية ،وبعد التبريد بالهواء لوحظ عودة الشقوق الاستثنائية الى وضعها الطبيعي ، أما البلاطات المبردة بالماء لوحظ توسع الشقوق الاستثنائية بسبب التدرج الحراري الحاد وظهور شقوق حرارية أخرى الى جانبها. وعند تحميل هذه البلاطات المتضررة حتى الانهيار توسعت الشقوق الاستثنائية الرئيسية حيث ظهر شق رئيسي بمنتهى مجاز البلاطة ومع تزايد الحمولة تفرعت منه شقوق قطرية مائلة بزاوية (45) امتدت على كامل السطح المشدود للبلاطات واستمرت حتى المساند صولا للحافة العلوية لها فقط ليحدث بعدها الانهيار يبين الشكل (27) أنماط الشقوق في كافة البلاطات المحروقة والمبردة بعد التحميل.



الشكل (27) أنماط الشقوق في البلاطات المتضررة بلهب النار المباشر

يظهر الشكل (28) مخطط (الحمولة - السهم) لكافة البلاطات المحروقة مع تعدد المصادر الحرارية واختلاف طرق التبريد ومقارنتها مع وسطي العينات المرجعية.



الشكل (28) مخطط (الحمولة-السهم) للبلاطات المحروقة مع وسطي العينات المرجعية

يبين الجدول (2) الحمولة القصوى لجميع البلاطات المختبرة حيث بلغت نسبة انخفاضها عن البلاطات المرجعية (19.6%) ، كما يبين نسبة الزيادة في السهوم والتي بلغت قيمتها القصوى (30%) وذلك في البلاطة S8-RS2:



## الجدول (2) الحمولات القصوى والسهوم لكافة البلاطات المختبرة

البلاطة	الحمولة القصوى (KN)	نسبة الانخفاض في الحمولة (%)	السهم عند الحمولة (mm)	نسبة الزيادة في السهم عند الحمولة (%)
RS	97.08	-	13.35	-
S6-RG1	89.3	8.01	14.25	7
S5-RS1	79.2	18.4	15.44	16
S15-RG2	83.3	14.2	16.18	21
S8-RS2	78	19.6	17.4	30

من الشكل (28) مخطط (الحمولة- سهم) ومن الجدول (2) نستنتج:

\* يصل الانخفاض في قدرة التحمل القصوى للبلاطة المبردة تدريجياً الى (8%) وللبلطة المبرد فجائياً الى (18%) في حال التعرض للهب النار المركز بثلاث شعلات حرارية بالمقارنة مع وسطي البلاطات المرجعية، بينما يصل الانخفاض في قدرة التحمل القصوى للبلاطة المبردة تدريجياً الى (14%) وللبلطة المبرد فجائياً الى (19%) في حال التعرض للهب النار المركز بستة شعلات حرارية بالمقارنة مع وسطي البلاطات المرجعية.

\* تصل الزيادة في السهوم عند الحمولة القصوى للبلاطة المبردة تدريجياً الى (7%) وللبلطة المبرد فجائياً الى (16%) في حال التعرض للهب النار المركز بثلاث شعلات حرارية بالمقارنة مع وسطي العينات المرجعية، بينما يصل الزيادة في السهوم عند الحمولة القصوى للبلاطة المبردة تدريجياً الى (21%) وللبلطة

المبرد فجائياً الى (30%) في حال التعرض للهب النار المركز بستة شعلات حرارية بالمقارنة مع وسطي العينات المرجعية.

\* تصل الزيادة في السهوم عند الحمولة الاستثمارية (60.2KN) للبلاطة المبردة تدريجياً الى (21%) وللبلطة المبرد فجائياً الى (36%) في حال التعرض للهب النار المركز بثلاث شعلات حرارية، بينما يصل الزيادة في السهوم عند الحمولة الاستثمارية للبلاطة المبردة تدريجياً الى (65%) وللبلطة المبرد فجائياً الى (75%) في حال التعرض للهب النار المركز بستة شعلات حرارية.

#### 5- النتائج:

- 1- إن ارتفاع درجات الحرارة وزيادة مساحة انتشار اللهب يؤدي الى انخفاض في مقاومة البلاطات البيتونية المسلحة وزيادة انتقالاتها بشكل ملحوظ.
- 2- إن زيادة مساحة انتشار اللهب عن طريق زيادة عدد المصادر الحرارية تؤدي الى تغيرات أكبر في تركيب البنية الداخلية للبلاطات مما يؤدي الى انخفاض مقاومتها بشكل أكبر وزيادة تسهما.
- 3- أدى اختبار البلاطات المبردة تدريجياً إلى انخفاض مقاومة البلاطات بنسبة أعظمية % (14) أما البلاطات المبردة فجائياً فانخفضت مقاومتها بنسبة أعظمية تصل إلى % (19).
- 4- التغيير بسلوك المادة يكون ملحوظ عند الحمولة الاستثمارية (60.2KN)، فالتبريد التدريجي يزيد السهوم عند الحمولة الاستثمارية بنسبة تصل الى (65%) بينما التبريد الفجائي يزيد السهوم عند الحمولة الاستثمارية بنسبة تصل الى % (75).

## المراجع العلمية:

- 1- Eurocode2, Design OF concrete structures, part 2:General rules-structural fire design, 2004.
- 2- ASTM E 119-00a, "Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials," ASTM International, West Conshohocken, PA
- 3- Karim, M. M., "Investigation of the Behavior and Properties of Reinforced Concrete Slabs Exposed to Fire Flame" Master Thesis, Babylon University, Babylon, Iraq, 2005.
- 4- Prasad, P.S. R., "Effect of Fire on RC Slab", International Journal for Innovative Research in Science & Technology, Vol. 3, Issue 04, September 2016.
- 5- أ. د. إحسان الطرشة، منار تقلا، " تحديد حمولة الانهيار للعناصر الانشائية المعرضة للحريق ومقارنتها مع الحمولة التصميمية وفقاً لطريقة isotherm500"، جامعة البعث، 2019.
- 6- عمار طواشي، السلوك الإنشائي للجوائز البيتونية المسلحة المعرضة للهب النار المباشر، " جامعة البعث، 2022.



## تقوية الجوائز البيتونية المسلحة مسبقة الإجهاد على الانعطاف باستخدام ألياف الكربون CFRP (دراسة تحليلية)

شداد الضبياني (1) د. محمد عيسى (2) د. طارق أصلان (3)

### المخلص :

تستخدم شرائح ألياف الكربون لتحسين السلوك الإنشائي للعناصر البيتونية بشكل عام. و تتميز هذه الشرائح بمقاومة الشد المرتفعة لكنها ضعيفة المقاومة على الضغط. بالتالي تستخدم لتقوية مناطق إجهادات الشد في العناصر البيتونية المسلحة لتقليل الضرر الموضوعي و زيادة قدرة التحمل. كما تؤثر في سلوك المطاوعة و التشقق. يبين هذا البحث استخدام شرائح البوليمير المسلح بألياف الكربون (CFRP) لإصلاح و تقوية جوائز بيتوني مسلح مسبق الإجهاد على الانعطاف. تم إجراء محاكاة عددية على برنامج *Abaqus 6.14* باستخدام طريقة العناصر المحدودة (FEM). أظهرت نتائج الدراسة أن استخدام أربع طبقات من شرائح CFRP في تقوية منطقة الشد لجوائز بيتوني بسيط مسبق الإجهاد تؤدي إلى زيادة مقاومة الانعطاف. و في حال انقطاع بعض الكابلات يمكن تعويض نقصان المقاومة من خلال التقوية بهذه الشرائح. ولمعرفة تأثير عدد طبقات شرائح ألياف الكربون تمت زيادة سماكة التقوية في منطقة الشد للجوائز، حيث تبين أن استخدام طبقة واحدة بسماكة (0.17 mm) من شرائح ألياف الكربون يحسن قدرة التحمل بمقدار (3.27%)، واستخدام أربع طبقات بسماكة (0.68 mm) يحسن قدرة التحمل بمقدار (13.45%).

كلمات مفتاحية: جوائز بسيط - بيتون مسبق الإجهاد - تقوية - مقاومة الانعطاف - شرائح البوليمير

المقوى بألياف الكربون CFRP

(1) طالب ماجستير في قسم الهندسة الإنشائية في كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث.

(2) مدرس في قسم الهندسة الإنشائية في كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث.

(3) أستاذ مساعد في قسم الهندسة الإنشائية في كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين.

## Strengthening OF Prestressed Reinforced Concrete Beams Under Bending Using CFRP (Analytical Study)

Shaddad Al-Dhabyani <sup>(1)</sup> Dr. Mohammad Issa <sup>(2)</sup> Dr. Tarek Asslan <sup>(3)</sup>

### Abstract:

Generally, Carbon Fiber Laminates are used to improve structural behaviour of concrete members. These laminates characterize by high resistance under tension, but it is weak under compression. So, they are used to strengthen tension stresses zones in reinforced concrete members to decrease local damage and increase load-bearing capacity.

This research shows the use of Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Laminates for retrofitting and strengthening prestressed reinforced concrete beam under bending. Numerical simulation has been conducted on *Abaqus6.14* Software using Finite Element Method (FEM).

The results showed that using four layers of CFRP laminates to strengthen tension zone in prestressed reinforced concrete beam leads to increase the banding capacity. If some of the cables (strands) have interrupted it would indemnity the loss of resistance by strengthening by these laminates. To find out the effect of the number of layers of CFRP laminates the thickness had been increased in tension zone of the beam. Using one layer with (0.17mm)-thickness of CFRP laminates improves the load-carrying capacity by (3.27%) and using four layers with (0.68mm)-thickness of CFRP laminates improves the load-carrying capacity by (13.45%).

Keywords: Simple Beam - Prestressed Concrete - Strengthening - Bending Capacity - Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Sheets.

<sup>(1)</sup> Master Student at Structural Department in Faculty of Civil Engineering – Al Baath University.

<sup>(2)</sup> Lecturer at Structural Department in Faculty of Civil Engineering – Al Baath University.

<sup>(3)</sup> Assistant Professor at Structural Department in Faculty of Civil Engineering – Tishreen University.

## 1. مقدمة Introduction

تشير بعض التقديرات حول العالم أنه في عام 2010 شكل الإنفاق على أعمال الصيانة والتدعيم مانسبته 85% من الإنفاق الكلي في مجال البناء .

أغلب أعمال التأهيل تشمل تدعيم المنشآت المتصدعة القديمة والمنشآت المتضررة بفعل الزلازل و الكوارث الطبيعية أو الحرائق أو التفجيرات و الحروب ....الخ.

عندما تتعرض الجسور لحمولات أكبر من الحمولات الأساسية التي صممت لأجلها نحتاج عندئذٍ للتقوية.

تبرر الأسباب السابقة السعي الحثيث و المستمر لتطوير طرق مبتكرة لإعادة تأهيل وتقوية المنشآت و العناصر البيتونية والعمل على تطوير هذا العلم باستمرار بما ينسجم مع تطور مواد البناء وعلوم البناء بشكل عام.

يوضح هذا البحث تفاصيل استخدام البوليمير المقوى بألياف الكربون CFRP بشكل شرائح لإصلاح و تقوية جوائز الجسور البيتونية مسبقة الإجهاد على الانعطاف.

## 2. مشكلة البحث :

تزداد الحاجة إلى التقوية بسبب تغير الكودات التصميمية التي جعلت من هذه المنشآت غير قياسية أو بسبب السماح بحمولات أكبر على عناصر هذه المنشآت أو تغير وظيفتها حيث يتطلب ذلك تدعيم كلي للمنشأ أو تقوية عناصره. و بسبب صعوبة إضافة عناصر جديدة على المنشأ فمن الممكن تقوية العناصر القديمة.

## 3. أهداف البحث Objectives

- تحسين المقاومة الانعطافية للجوائز البيتونية المسلحة مسبقة الإجهاد باستخدام ألياف CFRP.
- تطوير نموذج تحليلي لدراسة فعالية التقوية باستخدام ألياف الكربون يساعد على دراسة متغيرات أكثر.

#### 4. مواد و طرق البحث Materials and Methodology

- تشمل متغيرات البحث: عدد طبقات الشرائح، و التسليح مسبق الإجهاد.
- يتم إجراء التحليل باستخدام برنامج Abaqus للتحليل الإنشائي، و الذي يستخدم طريقة العناصر المحدودة FEM.
- تتم المعايرة مع الدراسة المرجعية للباحثين [Reed & Peterman] [4].
- سيتم استخدام ألياف الكربون من أجل تقوية الجوائز البيتوني مسبق الإجهاد.
- بعد الحصول على كفاءة تقوية مناسبة من ألياف الكربون نقوم بدراسة تأثير عدد الكابلات على كفاءة التقوية و تأثيرها على مقاومة الانعطاف.
- إن تعرض الجوائز خلال مرحلة الاستثمار لأحمال إضافية كبيرة (نتيجة تغير وظيفة الجوائز) يؤدي إلى ظهور عيوب فيها نتيجة إجهادات شادة إضافية، مما يستدعي تقويتها باستخدام مواد تتميز بمقاومة عالية على الشد مثل CFRP.
- يتضمن التصميم الإنشائي تحديد المقطع و خصائص المواد متبوعاً بتفاصيل سبق الإجهاد لتلبية متطلبات المتانة و المقاومة.

#### 1.4 معايرة النموذج:

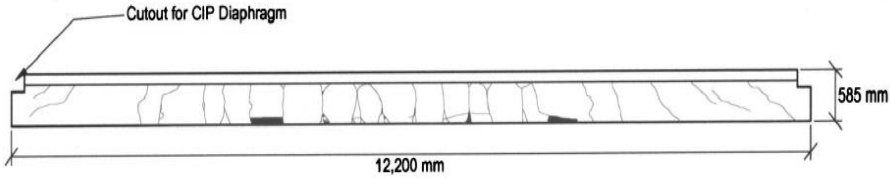
مواصفات العينة: [4] أخذت عينات هذه الدراسة من جسر رقم 56 في مقاطعة جراهام، كانساس. تم تصميم هذا الجسر مسبق الإجهاد في أواخر الستينيات من أجل ظروف التحميل المباشر AASHTO H-15.



بسبب التحميل الزائد المتكرر، تطورت شقوق القص والانعطاف الكبيرة في جسد المقاطع double-tee (بشكل T مزدوج).

تسببت بعض هذه الشقوق في حدوث نشطي للبيتون في أسفل الجسد، و نتيجة لذلك تم إغلاق الجسر واستبدال الجوائز المتضررة بمقاطعة جرها م في ربيع عام 2000.

أخذت ثلاث عينات من الجسر بغرض تقويتها و تقييمها في مختبر أنظمة البنية التحتية المدنية في جامعة ولاية كنساس KSU، فقد قطع كل من العناصر الثلاثة إلى نصفين طولياً و بطول 12.2 m. تم توثيق الشقوق و التصدعات الموجودة لكل عينة. الشكل (1) عبارة عن رسم نموذج التصدع للعينة (1)، و يوضح مدى الضرر الموجود مسبقاً.



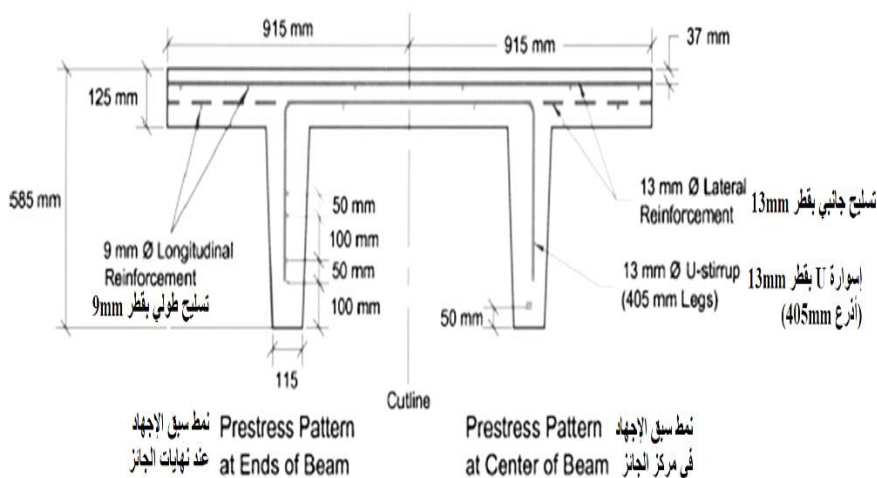
الشكل 1 : نموذج التصدع للعينة (1) [4]

كانت العينات بارتفاع 585 mm ، و سماكة الجناح 125 mm .

كان لكل منهم أربعة صفوف من التسليح مسبق الإجهاد ، كل صف يتكون من كابل واحد بقطر 13 mm .

تقوية الجوائز البيتونية المسلحة مسبقة الإجهاد على الانعطاف باستخدام ألياف الكربون CFRP  
(دراسة تحليلية)

بالإضافة إلى ذلك، كان هناك صفان من حديد التسليح الطري يعملان بشكل طولي و صفان يمتدان بشكل جانبي في الجناح. تسليح القص أساور بقطر 13 mm . يمكن رؤية أبعاد الجائز و تفاصيله في الشكل (2).



الشكل 2 : تفاصيل تسليح و أبعاد العينة [4]

➤ إحدى العينات الثلاث العينة (1) تم تركها دون تقوية و استخدمت كعينة مرجعية. تمت تقوية العينة (2) فقط من أجل الانعطاف، بينما تمت تقوية العينة (3) لكل من الانعطاف و القص باستخدام ألياف الكربون أحادي الاتجاه بسماكة 0.17 mm .

➤ تم ربط ألياف الكربون بالسطح البيتوني باستخدام إيبوكسي من جزعين باستخدام إجراءات الرصف الرطب. توضع الألياف في إتجاه مواز للمحور الطولي للحزمة لزيادة مقاومة الانعطاف. تمت تقوية القص الخارجية للعينة 3 من شرائط من الألياف ملفوفة حول شبكة الحزمة مع ألياف تعمل بشكل عمودي

على المحور الطولي للحزمة. تم إجراء اختبارات الشد وفقاً لـ ASTM D 3039 / D 3039M على شرائح الكربون FRP للحصول على معامل يونغ في الاتجاه الموازي لاتجاه ألياف الكربون و كذلك نسبة بواسون. يتم سرد هذه الخصائص إلى جانب خصائص المواد الأخرى في الجدول (1).

الجدول 1 : خصائص المواد في الجائز البيتوني مسبق الإجهاد [4] مع ألياف الكربون.

المصدر	الإجهاد الحدي $f_u$ (MPa)(ksi)	التشوه الحدي $\epsilon_u =$ (mm/mm)	معامل المرونة E (GPa)(ksi)	المادة
نواة في المقطع	42.8 (6.2)	0.003	31.0 (4500)	البيتون (الجائز 1)
نواة في المقطع	49.0 (7.1)	0.003	33.1 (4800)	البيتون (الجائز 2)
نواة في المقطع	47.6 (6.9)	0.003	32.8 (4750)	البيتون (الجائز 3)
كتيب PCI (Prestressed Concrete Institute)	1861.7 (270)	---	196.5 (28500)	جديلة سبق الإجهاد
-----	-----	---	200.0 (29000)	الفولاذ المشكل على البارد <sup>a</sup>
اختبارات القسيمة	3792.3 (550)	0.017	227.5 (33000)	البوليمير المسلح بألياف الكربون

<sup>a</sup> إجهاد الخضوع 414 MPa (60 ksi).

## 2.4 التحليل:

تم إجراء تحليل الانعطاف لجميع العينات الثلاث باستخدام طريقة توافق الإجهاد (Nilson 1987). [4]

تم افتراض توزيع الانفعال بشكلٍ خطي حتى الانهيار.

بالنسبة للعيونة (1)، الانهيار بتحطم منطقة الضغط.

بالنسبة للعينات المقواة ، 2 و 3 ، يمكن أن يكون الانهيار إما عن طريق تحطم البيتون في منطقة الضغط أو تمزق CFRP على وجه الشد.

وسمح للبيتون بتحمل الشد حتى التشقق.

أجريت نمذجة سلوك كابلات سيق الإجهاد باستخدام منحنى (PCI) / Precast  
Prestressed Concrete Institute PCI 2000 1860 Mpa.

جرى حساب ضياعات الإجهاد المسبق أيضاً و أخذت في الاعتبار لهذا النموذج.

اعتبر سلوك حديد التسليح العادي خطياً مع إجهاد خضوع ثابت 414 Mpa.

تمت نمذجة CFRP على أنه مرن خطي حتى الانهيار، مع معامل مرونة مواز لاتجاه الألياف 227 GPa .

أما نموذج انهيار الألياف فيحدث عندما يصل CFRP إلى تشوه نسبي 0.014 .

**3.4 تقوية العينة في الدراسة المرجعية [4]:**

تم إصلاح هذه الحزم وتقويتها عبر عملية من ثلاث خطوات:

تضمنت الخطوة الأولى حقن الإيبوكسي في الشقوق الموجودة. تم ملء الشقوق بإيبوكسي عالي المقاومة و سريع الإعداد. تبلغ مقاومة الشد للإيبوكسي 48MPa مع استنطالة بحد أقصى 3% تقريباً. وقد وضعت منافذ الحقن على مسافات منتظمة على جانبي الجسد. بعد ذلك، تم حقن إيبوكسي عالي المقاومة منخفض اللزوجة في الشقوق. استغرقت عملية الحقن عدة أيام حتى تكتمل لأن درجات الحرارة المحيطة المنخفضة زادت من لزوجة الإيبوكسي.

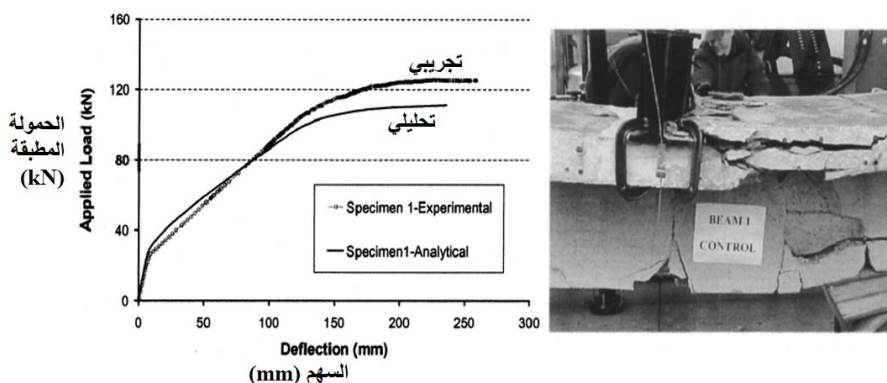
كانت الخطوة التالية تحضير سطح البيتون. تم قطع جميع الإيبوكسي على الحواف و تم تخشين السطح بالرمل للتحضير للربط CFRP. قبل وضع شرائح البوليمير المقوى بألياف الكربون (CFRP) ، تم وضع مادة أولية على سطح الترابط باستخدام بكرة طلاء. تبع الطلاء التمهيدي على الفور معجون إيبوكسي تم استخدامه لملء الثقوب الصغيرة على سطح البيتون.

كانت الخطوة الأخيرة تركيب CFRP. تم وضع الطبقة الأولى من راتنجات الإيبوكسي على العينة باستخدام بكرة طلاء. بعد ذلك، تم ضغط طبقة من ألياف الكربون في الإيبوكسي بواسطة بكرة ألمنيوم مضلعة. يعد استخدام الاسطوانة أمراً مهماً لأنها تدفع الهواء للخارج من أسفل الألياف وتمنع تشكل الجيوب الهوائية الكبيرة. بعد ذلك، تم وضع طبقة أخرى من الإيبوكسي فوق الألياف، تليها مباشرة الطبقة الثانية من ألياف الكربون. استغرق تركيب CFRP حوالي 4 ساعات لكل عينة.

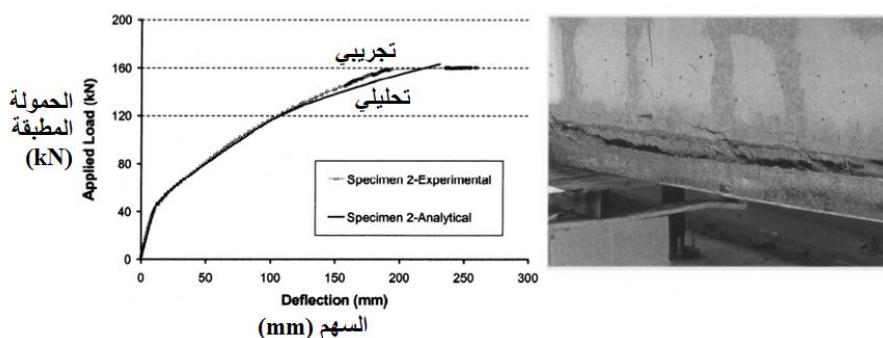
تقوية الجوائز البيتونية المسلحة مسبقة الإجهاد على الانعطاف باستخدام ألياف الكربون CFRP  
(دراسة تحليلية)

و يوضح الشكل (3) انهيار العينة المرجعية و العينة المقواة باستخدام شرائح CFRP.

A)



B)



الشكل 3 : منحنى الحمولة-السهم و شكل الانهيار أثناء اختبار الانعطاف:

(A) العينة المرجعية بدون تقوية

(B) عينة مقواة بشرائح CFRP

استخدمنا من أجل تحليل الجوائز طريقة العناصر المحدودة (FEM) باستخدام برنامج المحاكاة Abaqus 6.14. و يبين الجدول (2) المدخلات على البرنامج من أجل الجائزين (1) و (2).

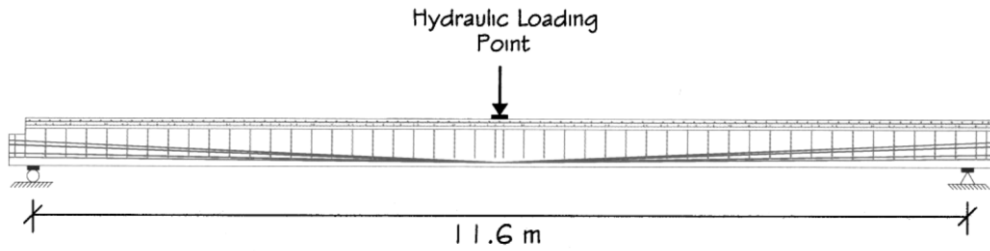
الجدول 2 : المدخلات على برنامج Abaqus من أجل النمذجة بطريقة العناصر المحدودة (الجائزين 1 و 2)

1670/1860 MPa	مادة الكابل
196000 MPa	معامل مرونة الكابلات
0.3	نسبة بواسون للكابلات
49 MPa	المقاومة المميزة للبيتون على الضغط
0.003	التشوه الحدي المسموح في البيتون
31000 MPa	معامل مرونة البيتون
0.2	نسبة بواسون للبيتون

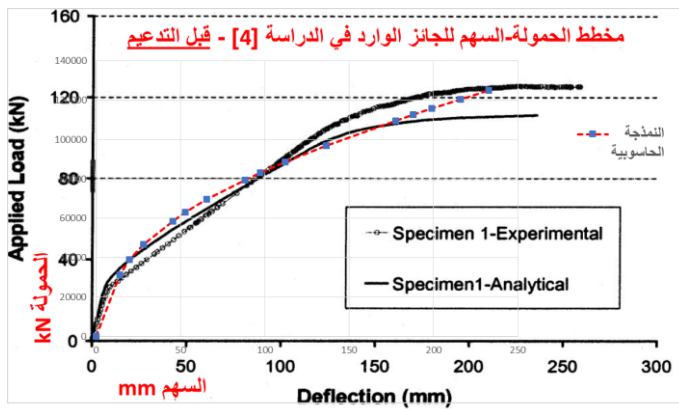
باستخدام برنامج Abaqus 6.14 تمت محاكاة منحنى الحمولة-السهم للجائز قبل و بعد التقوية، و بفارقٍ مقبولٍ بين التجربة و النموذج الحاسوبي يمكن تثبيت البارامترات و الاعتماد عليه بإدخال متغيرات بحثنا و بناء نموذج حاسوبيٍّ لجائزٍ مسبق الإجهاد من جسرٍ واقعيٍّ في مدينة حمص.

يظهر مخطط التحميل في الشكل (4). يبين الشكل (5) مخطط الحمولة السهم للنموذج الحاسوبي للجائز الوارد في الدراسة [4] قبل التدعيم، كما يبين الشكل (6) مخطط الحمولة السهم للنموذج الحاسوبي للجائز الوارد في الدراسة [4] بعد التدعيم.

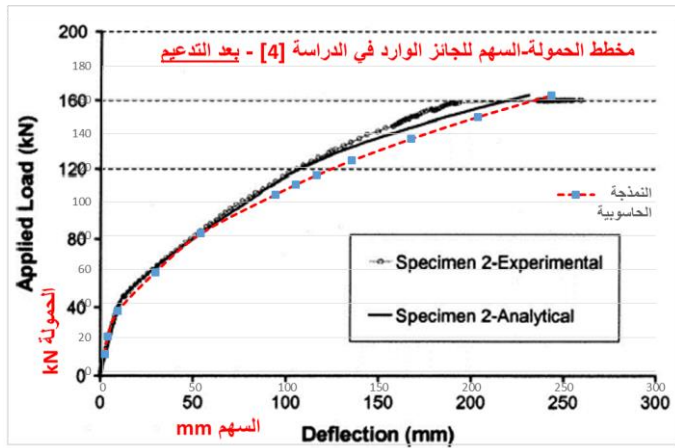
تقوية الجوائز البيتونية المسلحة مسبقة الإجهاد على الانعطاف باستخدام ألياف الكربون CFRP  
(دراسة تحليلية)



الشكل 4 : اختبار الانعطاف للجائز (بشكل T لنصف مقطع الجائز) [4]



الشكل 5 : مخطط الحمولة السهم للنموذج الحاسوبي للجائز الوارد في الدراسة [4] قبل التدعيم

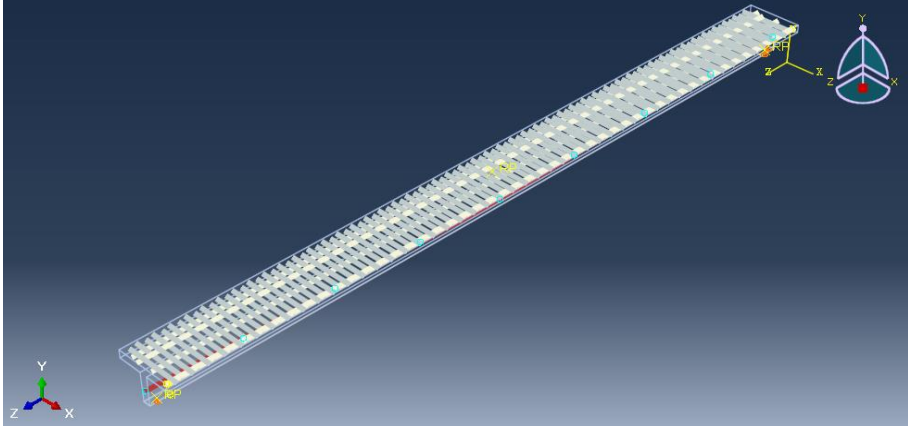


الشكل 6 : مخطط الحمولة السهم للنموذج الحاسوبي للجائز الوارد في الدراسة [4] بعد التدعيم

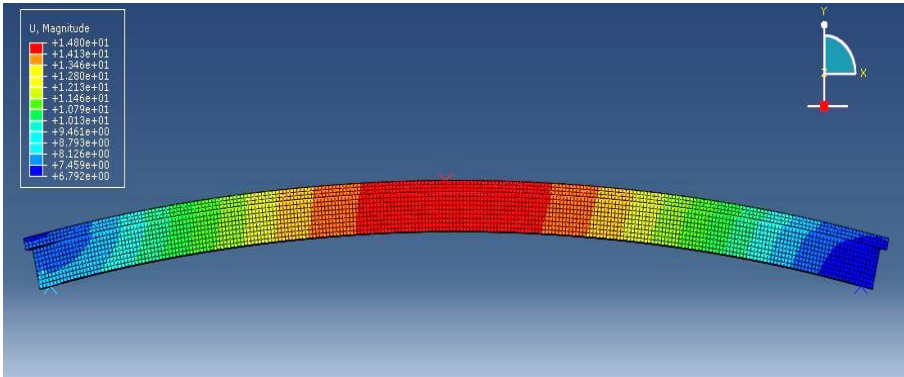


و يبين الشكل (7) نموذج الجائز المدروس على برنامج Abaqus 6.14، الطول الكلي للجائز 12.2m، نوع التحليل تحليل ستاتيكي عام static general.

كما يبين الشكل (8) محاكاة لتقوس الجائز نحو الأعلى تحت تأثير الإجهاد المسبق و قبل تطبيق الحمولات الخارجية.



الشكل 7 : نموذج الجائز المدروس على برنامج Abaqus 6.14



الشكل 8 : محاكاة لتقوس الجائز مسبق الإجهاد نحو الأعلى قبل تطبيق الحمولات الخارجية

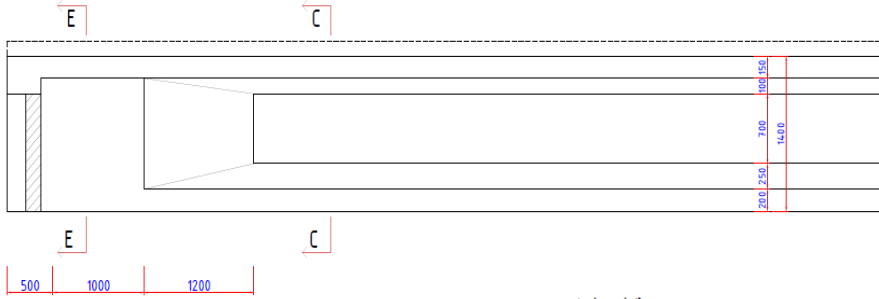
## تقوية الجوائز البيتونية المسلحة مسبقة الإجهاد على الانعطاف باستخدام ألياف الكربون CFRP (دراسة تحليلية)

ننتقل إلى الخطوة التالية، و هي نمذجة جائز واقعي مسبق الإجهاد، و دراسة فعالية تدعيمه بشرائح من ألياف الكربون CFRP.

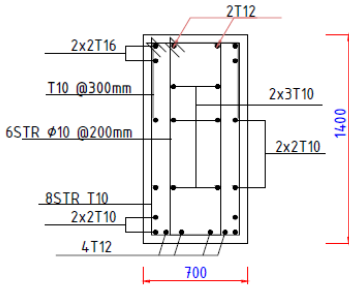
انطلاقاً من تحذيرات الكودات من عدم تنفيذ مسبق الإجهاد بشكلٍ عامٍ بكابلٍ واحد، و السبب في ذلك هو احتمال انقطاعه بالتالي فقدان وظيفة العنصر المنفذ. سيتم هنا افتراض انقطاع كابلين أو أكثر و دراسة إمكانية تعويض شرائح ألياف الكربون لفقدان المقاومة بسبب الكابلات المقطوعة. أو بصيغةٍ أخرى -على سبيل المثال- إذا انقطعت كابلات بغض النظر عن عددها أو عن سبب انقطاعها، فكم نحتاج لعددٍ من طبقات (سماكة) شرائح ألياف الكربون لتعويض تلك الكابلات.

### 4.4 الجائز قيد الدراسة و طريقة التحليل:

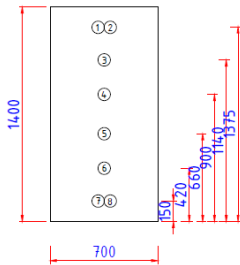
الجائز في دراستنا مسبق الإجهاد موجود في مدينة حمص منطقة الدار الكبيرة. طوله 25.2m، المجاز بين المساند 24 m. مقاطعه العرضية و المقطع الطولي مبينة في الشكل (9). يتضح من الرسم التسليح العادي المستخدم في الجائز، و أرقام كابلات التسليح مسبق الإجهاد التي تسلك مساراً منحنياً.



LONGITUDINAL SECTION مقطع طولي

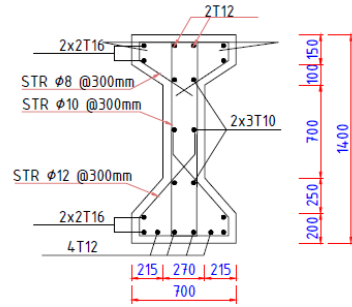


SECTION E-E

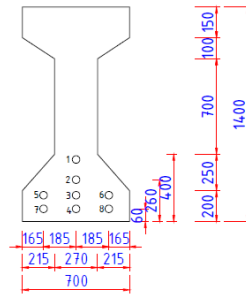


SECTION at ENDSPAN

المقطع في نهايتي الجانز



SECTION C-C



SECTION at MIDSPAN

المقطع في وسط المجاز

الشكل 9 : مقطع طولي و مقاطع عرضية للجائز مسبق الإجهاد قيد الدراسة (الأبعاد بال mm)

تقوية الجوائز البيتونية المسلحة مسبقة الإجهاد على الانعطاف باستخدام ألياف الكربون CFRP  
(دراسة تحليلية)

و يوضح الجدول (3) مراحل شد الكابلات في الجائز.

الجدول 3 : مراحل شد الكابلات في الجائز مسبق الإجهاد

مرحلة	أرقام الكابلات المشدودة	قوة الشد المطلوبة (ton)	مقاومة البيتون الاسطوانية (15*30cm) (kg/cm <sup>3</sup> )	مراحل العمل اللاحقة للشد
I	1 , 2 , 3	90	250	حقن الكابلات المشدودة تحرير الجائز من القالب و تخزينه
	7 , 4 , 8	60	250	يتم شد الكابلات 60% من قيمة الشد تحرير الجائز من القالب و تخزينه
II	7 , 4 , 8	90	350	حقن الكابلات المشدودة نقل الجائز إلى الورشة و صب البلاطة
	5 , 6	90	350	حقن الكابلات المشدودة نقل الجائز إلى الورشة و صب البلاطة

#### 5.4 استخدام البرنامج من أجل التحليل:

الطريقة المعتمدة: نمذجة الكابلات من خلال تطبيق الإجهاد المسبق عليها. يعتبر الجائز البيتوني جزءًا صلبًا ثلاثي الأبعاد. كابلات سيق الاجهاد تمت نمذجتها عنصر خطي .Wire part

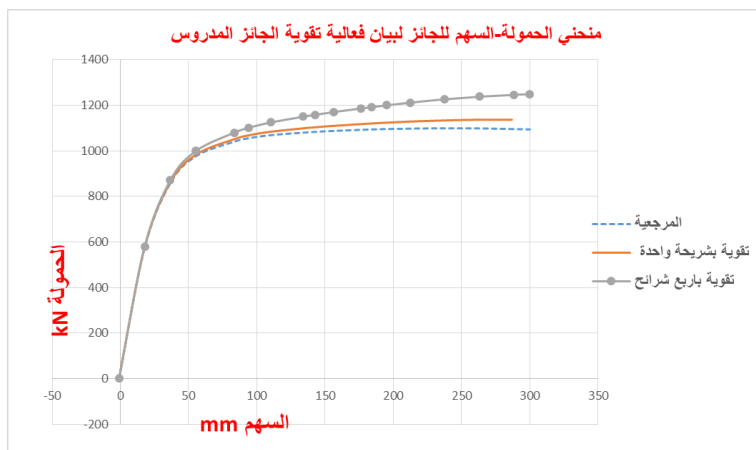
نوع العناصر المحدودة المستخدمة:

- (C3D8R): عنصر 8 عقد ثلاثي الأبعاد مع تكامل مخفض. و تم استخدامه للبيتون.
- (T3D2): عنصر شبكي ثلاثي الأبعاد بعقدتين. و تم استخدامه من أجل الكابلات و التسليح العادي.
- (S4R): عنصر قشري رقيق أو تخين ثنائي الانحناء 4 عقد، تكامل مخفض. استخدم من أجل شرائح الكربون CFRP.

تظهر في الأشكال ( ) مقارنة منحنيات الحمولة-السهم للجائز قبل التدعيم و بعد التدعيم. كما تظهر حالات انقطاع الكابلات و تأثير التدعيم بألياف الكربون في تعويض قدرة التحمل للجائز و زيادة المقاومة.

- العينة الأساسية للجائز ثمانية كابلات و بدون CFRP، حمولة الانهيار حوالي (1100kN). تمت تقويته بشريحة واحدة (0.17 mm)، ثم أربع شرائح (0.68 mm) من شرائح البوليمير المسلح بألياف الكربون على كامل منطقة الشد أسفل الجائز لتحسين سلوك الانعطاف. ازدادت قدرة التحمل (3.27%) و (13.45%) تبعاً لسماكة التقوية على التوالي. و تظهر في الشكل (10) مقارنة منحنيات الحمولة-السهم قبل و بعد تقوية الجائز المدروس مسبق الإجهاد باستخدام شرائح CFRP بسماكاتٍ مختلفةٍ .

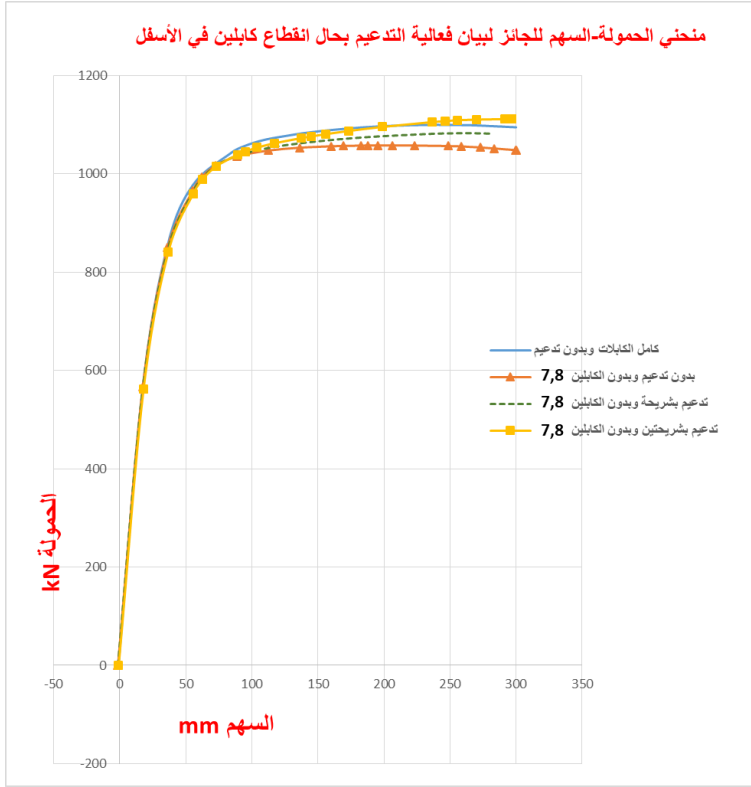
## تقوية الجوائز البيتونية المسلحة مسبقة الإجهاد على الانعطاف باستخدام ألياف الكربون CFRP (دراسة تحليلية)



الشكل 10 : مقارنة منحنيات الحمل-السهم قبل و بعد تقوية الجائز المدروس مسبق

### الإجهاد باستخدام شرائح CFRP

- في النموذج N1 ، تم افتراض انقطاع الكابلين 7 و 8 أسفل الجائز (انظر الشكل 9 -المقطع العرضي). انخفضت الحملية إلى حوالي (1058 kN) أي بنسبة (3.97%). بعد التدعيم بشريحة واحدة لا زالت الحملية منخفضة عن المرجعية بنسبة (1.57%). بعد التدعيم بشريحتين ازدادت الحملية إلى (1111 kN) أي بنسبة (1.33%) عن العينة المرجعية (كامل الكابلات و بدون تدعيم). في الخلاصة: نحتاج شريحتين CFRP لتعويض الكابلين 7 و 8. و تظهر في الشكل (11) مقارنة منحنيات الحمل-السهم قبل و بعد تقوية الجائز مسبق الإجهاد في حال انقطاع الكابلين (7 و 8) باستخدام طبقتين من شرائح CFRP (سماكة الطبقة 0.17 mm).



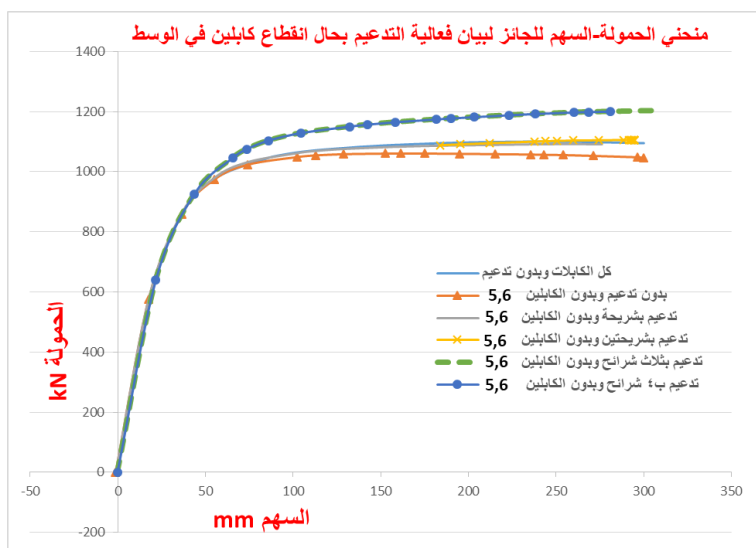
الشكل 11 : مقارنة منحنيات الحمولة-السهم قبل و بعد تقوية الجائز في حال انقطاع

كابلين باستخدام طبقتين من شرائح CFRP

- في النموذج N2 ، تم افتراض انقطاع الكابلين 5 و 6 وسط الجائز (انظر الشكل 9 -المقطع العرضي). انخفضت الحمولة إلى حوالي (1060 kN) أي بنسبة (3.77%). بعد التدعيم بشريحة واحدة لا زالت الحمولة منخفضة عن المرجعية بنسبة (0.92%). بعد التدعيم بشريحتين ازدادت الحمولة إلى (1105 kN) أي بنسبة (0.45%) عن العينة المرجعية (كامل الكابلات و بدون تدعيم). بعد التدعيم بثلاث شرائح ازدادت الحمولة إلى (1163 kN) أي بنسبة (5.73%) عن العينة المرجعية. بعد التدعيم بأربع شرائح ازدادت

## تقوية الجوائز البيتونية المسلحة مسبقة الإجهاد على الانعطاف باستخدام ألياف الكربون CFRP (دراسة تحليلية)

الحمولة إلى (1202 kN) أي بنسبة (9.28%) عن العينة المرجعية. في الخلاصة: يكفي استخدام شريحتين CFRP لتعويض الكابلاتين 5 و 6. أيضاً استخدام عدد أكبر من طبقات الشرائح يعطي فعالية أكبر. و تظهر في الشكل (12) مقارنة منحنيات الحمولة-السهم قبل و بعد تقوية الجائز في حال انقطاع الكابلاتين (5 و 6) باستخدام عدة طبقات من شرائح CFRP.



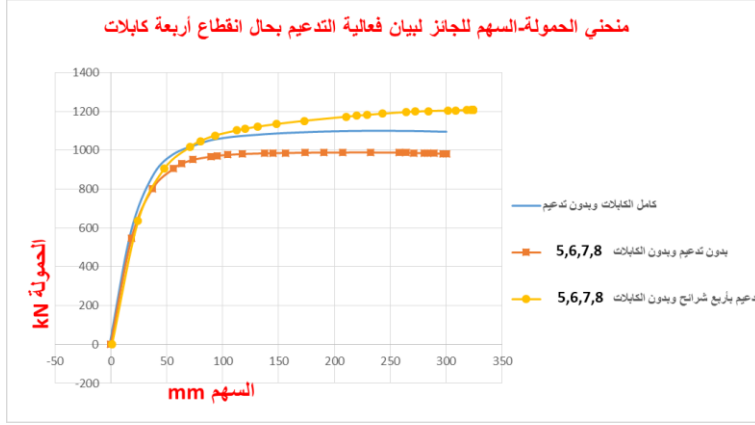
الشكل 12 : مقارنة منحنيات الحمولة-السهم قبل و بعد تقوية الجائز في حال انقطاع

كابلاتين باستخدام عدة طبقات من شرائح CFRP

- في النموذج N3 ، تم افتراض انقطاع الكابلات 5 و 6 و 7 و 8 أسفل و وسط الجائز (انظر الشكل 9 -المقطع العرضي). انخفضت الحمولة إلى حوالي (982 kN) أي بنسبة (12%). بعد التدعيم بأربع شرائح ازدادت الحمولة إلى (1208 kN) أي بنسبة (9.81%) عن العينة المرجعية (كامل الكابلات و بدون تدعيم). في الخلاصة: أربع شرائح من CFRP تعوض الكابلات 5 و 6 و 7 و 8. و تظهر في الشكل (13) مقارنة منحنيات الحمولة-السهم قبل و



بعد تقوية الجائز في حال انقطاع الكابلات (5 و 6 و 7 و 8) باستخدام عدة طبقات من شرائح CFRP.



الشكل 13 : مقارنة منحنيات الحمولة-السهم قبل و بعد تقوية الجائز في حال انقطاع

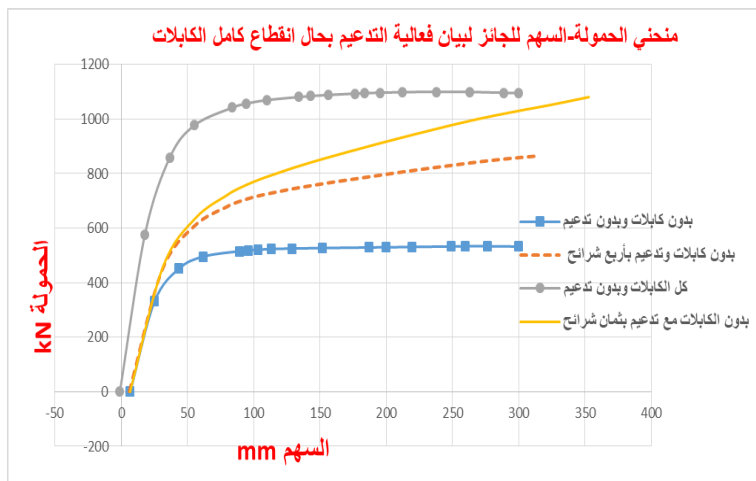
عدة كابلات باستخدام عدة طبقات من شرائح CFRP

- في النموذج N4 ، تم افتراض انقطاع كامل الكابلات في الجائز (انظر الشكل 9 -المقطع العرضي). انخفضت الحمولة إلى حوالي (533 kN) أي بنسبة (51.54%). بعد التدعيم بأربع شرائح ازدادت الحمولة إلى (863 kN) أي منخفضة بنسبة (21.54%) عن العينة المرجعية. بعد التدعيم بثمان شرائح ازدادت الحمولة إلى (1080 kN) أي منخفضة فقط بنسبة (1.8%) عن العينة المرجعية. في الخلاصة: استخدام ثمان طبقات من شرائح CFRP يكفي تقريباً لتعويض انقطاع كامل الكابلات في الجائز المدروس (بيتونى، بسيط الاستناد، مسبق الإجهاد). استخدام عدد أكبر من طبقات الشرائح يعطي فعالية أكبر. و تظهر في الشكل (14) مقارنة منحنيات الحمولة-السهم قبل و بعد

## تقوية الجوائز البيتونية المسلحة مسبقة الإجهاد على الانعطاف باستخدام ألياف الكربون CFRP (دراسة تحليلية)

تقوية الجوائز في حال انقطاع كامل الكابلات باستخدام عدة طبقات من شرائح

.CFRP



الشكل 14 : مقارنة منحنيات الحمولة-السهم قبل و بعد تقوية الجوائز في حال انقطاع

كامل الكابلات باستخدام عدة طبقات من شرائح CFRP

### 5. الاستنتاجات و التوصيات Conclusions and Recommendations

يمكن استخلاص النتائج التالية:

1-) يمكن تعويض انقطاع كابلاتين منفذين بشكلٍ منحنيٍّ أو مستقيميٍّ ضمن جوائز بيتونِيٍّ مسلحٍ مسبق الإجهاد بشريحتين من ألياف الكربون (سماكة الشريحة 0.17 mm) حيث تقترب قدرة التحمل من حالة قبل انقطاع الكابلاتين و قبل التقوية.

2-) يمكن تعويض انقطاع كامل الكابلات المنفذة ضمن جائز بيتوني مسلح مسبق الإجهاد بثمان شرائح من ألياف الكربون (سماكة الشريحة 0.17 mm) حيث تقترب قدرة التحمل من حالة الجائز قبل انقطاع الكابلات و قبل التقوية.

3-) انقطاع نصف عدد الكابلات (أربعة من أصل ثمانية) يحتاج استخدام أربع طبقات على الأكثر من شرائح ألياف الكربون (سماكة الشريحة 0.17 mm) لتعويض فقدان المقاومة حيث تزداد قدرة التحمل لأكثر من (9%) عن حالة الجائز قبل انقطاع الكابلات و قبل التقوية.

#### مقترح:

- دراسة متغيرات أخرى في أبحاث قادمة مثل مكان توزيع الشرائح و شكل الشريحة وطولها. أيضاً دراسة الفعالية بتغيير نوع سبق الإجهاد.

## 6. المراجع References

- 1-) Abbas ,M F & Kikhea ,A (2020) – **Strengthening of Flat Slabs to Punching Using CFRP Dowels** – 18p – Journal of Al Baath University.
  - 2-) Ghasemi ,H & Ronagh ,H R & Bengar ,H A & Maghsoudi , A A (2015) – **Flexural strengthening of continuous unbonded post-tensioned concrete beams with end-anchored CFRP laminates** – 23p – Structural Engineering and Mechanics, Vol. 53, No. 6 .(2015)
  - 3-) Kim ,Y J & Shi ,C & Green ,M F (2008) – **Ductility and Cracking Behavior of Prestressed Concrete Beams Strengthened with Prestressed CFRP Sheets** – 10p – JOURNAL OF COMPOSITES FOR CONSTRUCTION © ASCE / MAY/JUNE 2008.
  - 4-) Reed ,C & Peterman ,R (2004) – **Evaluation of Prestressed Concrete Girders Strengthened with Carbon Fiber Reinforced Polymer Sheets** – 8p – JOURNAL OF BRIDGE ENGINEERING © ASCE.
  - 5-) Takács ,P & Kanstad ,T (2001) – **Strengthening Prestressed Concrete Beams with Carbon Fiber Reinforced Polymer Plates** – 13p – Norwegian University of Science and Technology.
- ( In Arabic)
- 6-) Al-Samkary, M & Malek ,E & Kekhia ,A (2011) – **Special Concrete Structures: Prestressed Concrete** – 323p – Damascus University.

## الإدارة المتكاملة للموارد المائية في منطقة سلمية

### الجمهورية العربية السورية

الباحث: أحمد اسماعيل ناصر + د. يوسف مرعي

كلية: الهندسة المدنية جامعة: حماه

#### الملخص

يسود في منطقة سلمية مناخ جاف، حيث يبلغ المعدل العام للهطول المطري السنوي حوالي  $(280mm/year)$ ، أي أن الأمطار تمثل مورداً محدوداً. من جهةٍ أخرى تعاني معظم المياه الجوفية من أنها مياه كبريتية.

تَلَخَّصَ هدف البحث باقتراح خطة عمل تمتد حتى عام 2045، والتي يمكن من خلالها ضمان إدارة متكاملة للموارد المائية في منطقة سلمية. وتضمن البحث بناء نموذج رياضي للمنطقة المدروسة، ومن ثم تقييم الوضع المائي الحالي، والقيام بعد ذلك بتطبيق سيناريوهات للتنبؤ بمستقبل الواقع المائي.

بينت نتائج تحليل السيناريوهات زيادة العجز المائي في المنطقة، إذ من المتوقع أن تصل قيمة عجز طلب الماء الكلي السنوي خلال عام 2041 وفق سيناريو عودة المهجرين إلى مناطقهم المحررة، والتغيرات المناخية المتوقعة 944.9 مليون م<sup>3</sup>، في حين بلغت قيمتها 896.2 مليون م<sup>3</sup> وفق السيناريو. ولمواجهة هذا النتائج تم اقتراح سيناريوهات بديلة لتخفيف العجز المائي في المنطقة، تتمثل باستبدال الأشجار والمحاصيل ذات الاحتياج المائي الكبير بأشجار ومحاصيل ذات احتياج مائي أقل، واستخدام وسائل ري ذات كفاءة عالية، مثل الري بالتنقيط.

الكلمات المفتاحية: منطقة سلمية، العجز المائي، الإدارة المتكاملة للموارد المائية، نظام

تقييم وتخطيط المياه WEAP21.

# **Integrated Water Recourses Management in Salamyiah Area/Syria**

## **Abstract**

A dry climate prevails in Salamiyah area, where the general average annual precipitation is only about 280 mm/year, meaning that rain represents a limited resource. On the other hand, most of the groundwater suffers from the fact that it is sulfur water.

The research objective is summarized by proposing an action plan that extends until 2045, through which it is possible to ensure integrated management of water resources in Salamiyah area. The research included building a mathematical model for the studied area, and then assess the current water situation, and then apply scenarios to predict the future of the water reality.

The results of the analysis of the assumed scenarios showed an increase in the water deficit in the area, as the value of the total annual water demand deficit is expected to reach during 2041 according to the scenario of the return of the displaced to their liberated areas and the expected climate changes 944.9 million m<sup>3</sup>, while its value amounted to 896.2 million m<sup>3</sup> according to the reference scenario. To confront these results, alternative scenarios have been proposed, represented by replacing trees and crops with a large water need with trees and crops with less water need, and using highly efficient irrigation methods. such as drip irrigation.

**Key Words:** Salamiyah Area, Integrated Water Recourses Management, Water Shortage, Water Evaluation and Planning System (WEAP).

**المقدمة:**

يُعدُّ الماء من الموارد الطبيعية الهامة في الجمهورية العربية السورية، لكنه يواجه العديد من الضغوط، المتمثلة بشكلٍ رئيسٍ بالنمو السكاني المتسارع، وآثار تغير المناخ، وينتج عن ذلك عجز كبير يجعل هذه الموارد غير قادرةٍ على تلبية الاحتياجات المائية المتزايدة، في الوقت الذي تتعرض فيه للاستنزاف والتلوث.

من هنا تبرز الحاجة الماسة لضرورة تطبيق مبادئ الإدارة المتكاملة للموارد المائية، التي يمكنها رفع كفاءة استخدام الموارد المائية المتاحة، بأساليب تضمن تحقيق أهداف التنمية المستدامة، ولاسيما المتعلقة بتوفير الأمنين المائي والغذائي، وتحسين ظروف المعيشة، والقضاء على الفقر، والتكيف مع آثار تغير المناخ.

**1. هدف البحث:**

يهدف البحث إلى توصيف الواقع المائي في منطقة السلمية، وتحديد الموازنة المائية، ثم تقييم إدارة الموارد المائية المتاحة فيها، والعمل على بيان أهمية تطبيق مبادئ الإدارة المتكاملة للموارد المائية، من خلال تبني سياسات مائية بديلة تضمن الاستخدام الأمثل للموارد المائية المتوافرة مستقبلاً مع ضمان استدامتها، وذلك من خلال دراسة حالة منطقة السلمية، بإعداد نموذجٍ للمنطقة المدروسة، باستخدام برنامج WEAP21، يتضمن تمثيل مواقع طلب المياه المنزلية والزراعية والصناعية، ومصادر المياه المختلفة، ووصلات نقل المياه بين مصادر المياه ومواقع الطلب، وتقييم الموازنة المائية الحالية في المنطقة، ودراسة تأثير التقلبات المناخية والديموغرافية المتوقعة، ثم اقتراح مجموعة الإجراءات، لضمان حسن إدارة الموارد المائية المتاحة.

## 2. منطقة سلمية

### 1.2. الموقع الجغرافي لمنطقة سلمية

تترجع سلمية فوق هضبة شبه سهلية، على ارتفاع نحو 455 متر فوق مستوى سطح البحر، وتتنصب في غربها كتلتان جبليتان هما جبل عين الزرقاء 625 متر فوق مستوى سطح البحر، وفي شماله جبل شميميس بقلعته الشهيرة، كما يمتد إلى شمالها الكثير من الكتل الجبلية قليلة الارتفاع (500-600 متر)، التي تمثل الجزء الشرقي من سلسلة جبال العلاء، وإلى الشرق من سلمية بنحو 50 كيلو متراً يقوم جبل البلعاس المشهور بأشجار البطم القديمة (موقع الموسوعة العربية على الأنترنت).

### 2.2. المناخ في منطقة سلمية

تتصف منطقة سلمية بمناخ شبه جاف، ويتحول إلى جاف في الأجزاء الشرقية من المنطقة المتاخمة لأراضي محافظتي الرقة وحمص، ويبلغ متوسط الأمطار السنوية في سلمية نحو 280 ميلليمتراً، تتناقص في الشرق إلى أقل من 250 ميلليمتراً، وتعاني منطقة سلمية من التذبذبات الكبيرة في أمطارها، وكانت أكثر السنوات جفافاً في النصف الثاني من القرن العشرين، وهي سنوات 1961 و1985 و1999، إذ تدنت الأمطار إلى أقل من نصف معدلها. (موقع الموسوعة العربية على الأنترنت)

### 3.2. السكان في منطقة سلمية

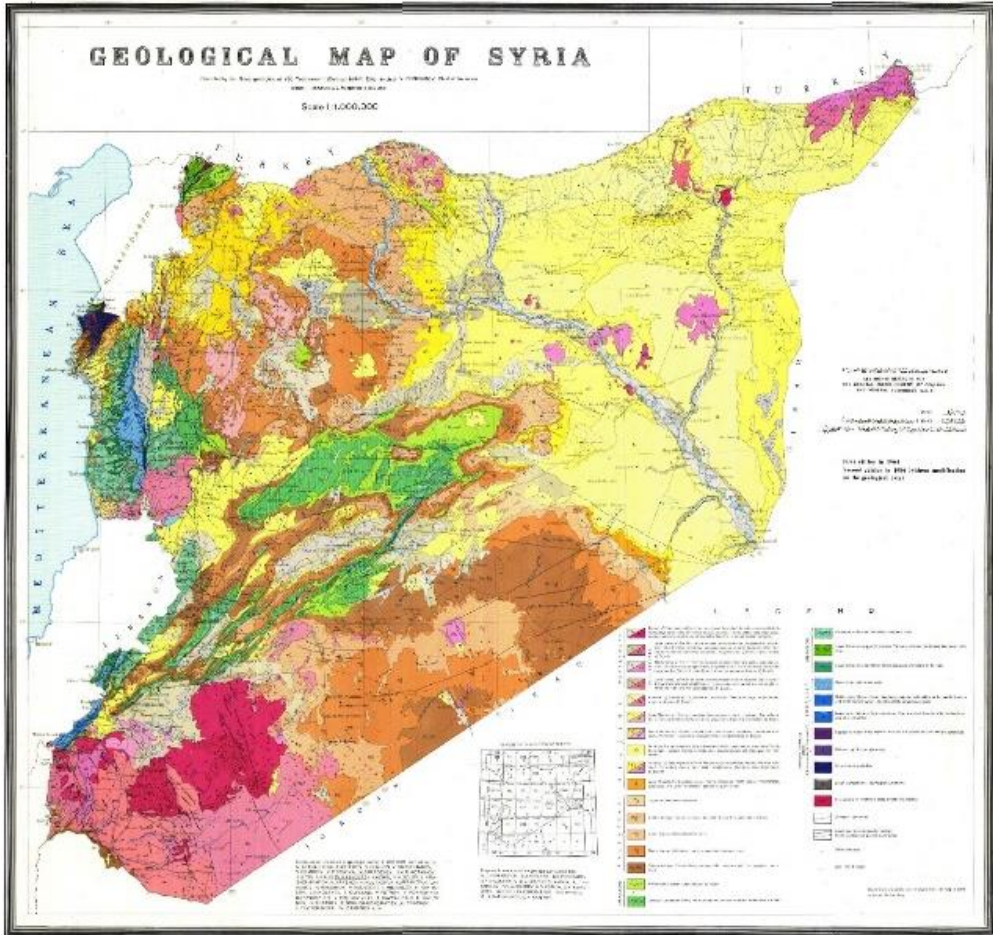
بلغ عدد سكان منطقة سلمية في عام 2018 وفق بيانات من مجلس مدينة سلمية، ومن مجالس البلديات والقرى 254350 نسمة.

تأثر توزع السكان في منطقة سلمية بالأعمال الإرهابية، التي شهدتها سورية، إذ استقر في مركز المدينة، وعدد من القرى المجاورة لها العديد من المهجرين من مناطق غير آمنة، كما اضطر سكان قرى أخرى بأكملها إلى مغادرة قراهم نتيجة الأعمال الإرهابية.



## 4.2. التركيب الجيولوجي لمنطقة سلمية

اعتماداً على الخارطة الجيولوجية للجمهورية العربية السورية (1) تشكل التوضعات الجيولوجية من عمر الكريتاسي والبالوجين والنيوجين والرباعي البنية الجيولوجية للمنطقة المدروسة.

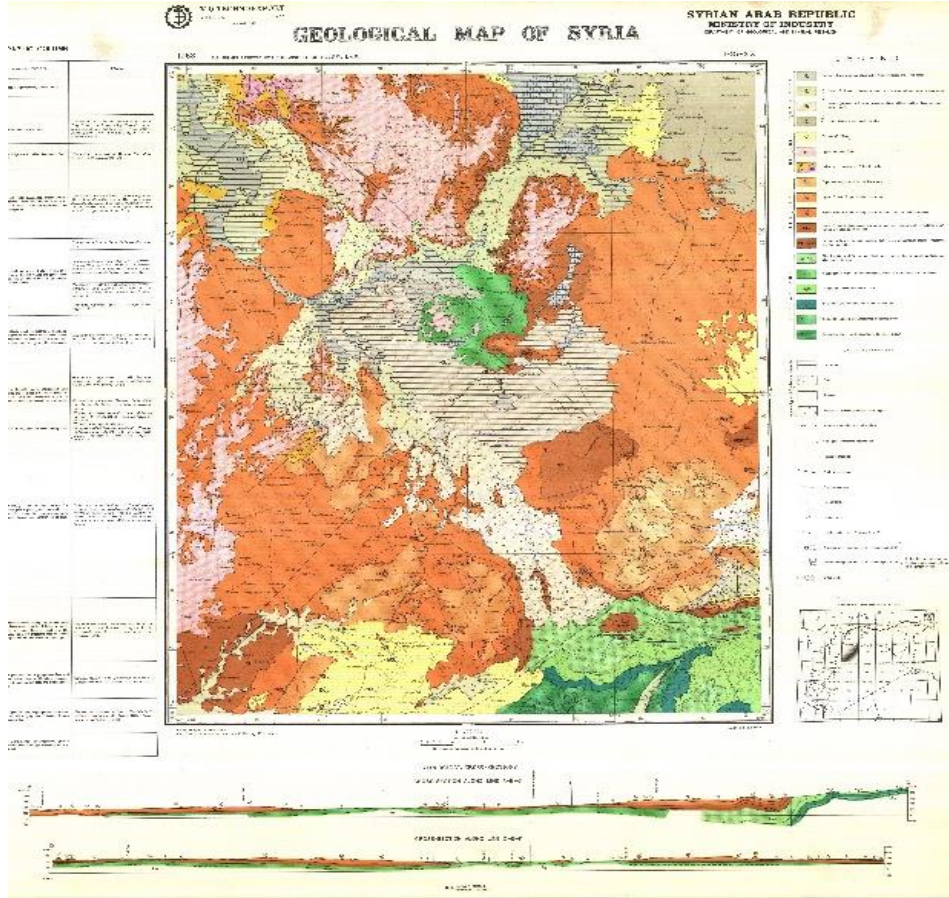


الشكل (1): الخارطة الجيولوجية للجمهورية العربية السورية

المصدر: المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية - الطبعة الثانية - عام 1986

وفق الخارطة الجيولوجية الواردة في الشكل (2) تتكشف توضعات الكريتاسي في الأجزاء الشرقية الجنوبية من منطقة سلمية، وتتألف صخره بشكلٍ أساسي من الحجر الكلسي والغضار والمارل والصوان، وهي تتميز بتخزينها الكبير للمياه، وتراوح سماكة هذه التوضعات بين 60 و420 متراً.

أما توضعات الباليوجين، كما تظهر في الخارطة الجيولوجية، فتتكشف في الأجزاء الشمالية الغربية من المنطقة، وتتميز هذه التوضعات في الغالب بالانتشار الواسع للصخور الكلسية الحوارية والمارلية والحوار الغضاري، وتراوح سماكتها بين 60 و600 متر.



الشكل (2): الخارطة الجيولوجية للجمهورية العربية السورية

المصدر: المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية - الطبعة الثانية - عام 1986

من جهةٍ أخرى تتكشف توضعات النيوجين في الأجزاء الجنوبية الغربية لمنطقة سلمية، وتتألف صخور هذه الطبقة بشكلٍ أساسي من الرمل والحجر الرملي، وبشكل أقل من الحجر الكلسي والغضار المارل، وتراوح سماكتها بين 20 و170 متراً.

وتتكشف توضعات الرباعي في بعض الأجزاء الشمالية من المنطقة، وتتميز هذه التوضعات بوجود الطين والحصى والطيني الرملي والحجر الرملي فيها، ولا تزيد سماكتها على 30 متراً.

حسب خصائص التوضعات الجيولوجية في المنطقة، ووفق المعلومات الواردة في مشروع إعداد نموذج راضي لحوض نهر العاصي، المعد من قبل الهيئة العامة للموارد المائية السورية، والمركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة أكساد، يمكن تقسيم الطبقات الحاملة للمياه الجوفية إلى:

- حامل الرباعي والنيوجين: يتميز بأن مياهه صالحة للشرب، وتتعلق استمرارية هذا الحامل بالهطول المطري، إذ تجف مياهه في السنوات الجافة.
- حامل الكريتاسي: يتميز بأن مياهه كبريتية، لذا فهي بحاجة لمعالجة قبل الاستخدام، وكمياتها كبيرة، ولا تتأثر بالهاطل المطري. (الهيئة العامة للموارد المائية، 2008)

## 5.2. النشاط الاقتصادي للسكان في منطقة سلمية

يقوم اقتصاد سلمية مدينة وريفاً بالدرجة الأولى على الزراعة وتربية الحيوان. وتعتمد الزراعة في معظمها على مياه الأمطار، وقوامها القمح والشعير ومحاصيل أخرى كالعدس والجلبان والكمون، ولا تزيد المساحة المروية بالآبار على 10%، وتزرع بالبصل والقطن والخضروات المتنوعة. كما تشتهر سلمية، وخاصة ريفها، بكروم العنب البعلية في معظمها، إلى جانب أشجار اللوز والمشمش والتفاح، والزيتون الذي انتشرت زراعته حديثاً. وترى الأغنام في سلمية وريفها وباديتها (105 آلاف رأس)، بجانب تربية أعداد من

الماعز والأبقار، وتنتشر تربية الدواجن بكثرة في مدينة سلمية عبر عشرات المداجن. (موقع الموسوعة العربية على الأنترنت)

أما الصناعة، فمنها ما هو حديث تابع للدولة، كما في: معمل تجفيف البصل والخضار وملحقاته ومحلجة القطن ومعمل السجاد ومطحنة الحبوب، وبعضها يمتلكه القطاع الخاص، كما في معصرة الزيتون ومعامل التريكو والألبسة بجانب صناعة الألبان المنتشرة في المدينة والريف. وتؤدي التجارة دوراً مهماً في الناحية الاقتصادية لمدينة السلمية، كونها سوقاً تجارية مهمة لمنتجات البادية والريف تنافس سوق مدينة حماة. (موقع الموسوعة العربية على الأنترنت)

### 3. الإدارة المتكاملة للموارد المائية

الإدارة المتكاملة للموارد المائية هي ببساطة مفهوم منطقي مميز يعتبر أن استخدامات الموارد المائية المتعددة تعتمد على بعضها البعض، ويتضح هذا جلياً من خلال ملاحظة أن احتياجات الري المرتفعة، وتدفقات مياه الصرف الزراعي الملوثة تؤدي إلى نقص في كميات المياه المخصصة للشرب، أو للاستعمال الصناعي، كما يُلاحظ أن مياه الصرف الصحي الحضرية والصناعية تهدد النظم البيئية. (تايلور وآخرون، 2005)

تُعنى الإدارة المتكاملة بجميع الاستخدامات المختلفة للموارد المائية وتعدّها وحدة واحدة، بحيث أن حصص المياه، وقرارات الإدارة تضع بالحسبان تأثير كل استخدام على الاستخدامات الأخرى وتراعي أيضاً الأهداف الاجتماعية والاقتصادية، في إطار تحقيق التنمية المستدامة، وهذا ما يعني ضمان وضع سياسة متماسكة تتعلق بجميع القطاعات. (تايلور وآخرون، 2005)

وعليه تُعرّف الإدارة المتكاملة للموارد المائية بأنها هي عملية تعزيز تطوير، وإدارة المياه والأراضي مع غيرهما من الموارد الطبيعية ذات الصلة، بشكلٍ يؤدي إلى تعظيم الرفاه الاقتصادي والاجتماعي، من كل هذه الموارد بأسلوبٍ منصفٍ، مع المحافظة على

استدامة النظم البيئية الأساسية. (اللجنة الاستشارية الفنية في شبكة الشراكة العالمية للمياه، 2000)

### 1.3 برنامج نظام التخطيط والتقييم المائي WEAP21

هو أداة برمجية تساعد في التخطيط المتكامل للموارد المائية المتكاملة، وتوفر إطاراً شاملاً مرناً وسهل الاستخدام لأغراض تحليل السياسات المائية. (موقع برنامج WEAP21 على الإنترنت)

أوجد نظام WEAP21 عام 1988 بهدف أن يكون أداة تخطيط مرنة ومتكاملة وشفافة لتقييم استدامة أنماط العرض والطلب الحالية على المياه، واستكشاف سيناريوهات بديلة بعيدة المدى، وكان أول تطبيق رئيسي للبرنامج في منطقة بحر آرال عام 1989 برعاية معهد ستوكهولم للبيئة. (موقع برنامج WEAP21 على الإنترنت)

يعمل البرنامج وفقاً لمبدأ حسابات الموازنة المائية، ويمكن أن يستخدم لأنظمة المياه البلدية والزراعية، ولأحواض مائية فرعية بسيطة أو أنظمة أنهار معقدة. بالإضافة لذلك، يمكن أن يعالج البرنامج مجموعة واسعة من القضايا، مثل تحليلات الطلب القطاعي، والحفاظ على المياه، وحقوق المياه، وألويات التخصيص، ومحاكاة المياه الجوفية، وتدفق المجاري المائية، وتوليد الطاقة الكهرومائية ومتطلبات الطاقة، وتتبع التلوث، ومتطلبات النظام الإيكولوجي، وفوائد المشروع وتحليلات التكلفة. (دليل مستخدم برنامج WEAP21)

### 2.3 خطوات استخدام نظام WEAP21:

يتضمن استخدام برنامج WEAP21 لدراسة إدارة الموارد المائية في منطقة ما القيام بالخطوات الآتية:

- تعريف الدراسة: تحديد الإطار المكاني والزمني، وبناء نموذج المنطقة (مواقع العرض، والطلب، والاتصال بينها، ومواقع محطات معالجة مياه الصرف بمختلف أنواعها).
- تحديد البيانات: يتم في هذه الخطوة تحديد البيانات المتعلقة بمصادر المياه وكمياتها، وبيانات مواقع الطلب عليها.
- وضع السيناريوهات: تتضمن هذه الخطوة وضع مجموعة من الفرضيات البديلة، التي تضع بالحسبان التغيرات التي يمكن أن تطرأ على الموارد المائية وكمياتها، أو تغير أنماط الطلب وكمياتها، والحلول المقترحة لمعالجة مشاكل المياه.
- التقييم: تشمل هذه الخطوة تقييم السيناريوهات المدروسة، من خلال تحقيق الموازنة بين العرض والطلب، دون الإضرار باستدامة الموارد الطبيعية.

### 4. الموارد المائية في منطقة سلمية

تتصف منطقة سلمية بالمناخ الجاف، حيث يبلغ المعدل العام للهطول المطري السنوي نحو 280 ميلليمتراً/السنة، مما يجعل الأمطار مورداً محدوداً، وغير كافٍ لتلبية الاحتياجات المائية المتنوعة، كما أن معظم المياه الجوفية مياه كبريتية، وهي بحاجة إلى عمليات معالجة ذات كلفة اقتصادية مرتفعة، لذلك اعتمدت منطقة سلمية لتأمين بعض احتياجات المائية، وبشكلٍ خاص مياه الشرب والاستخدامات المنزلية-على استجرار المياه من خارج المنطقة.

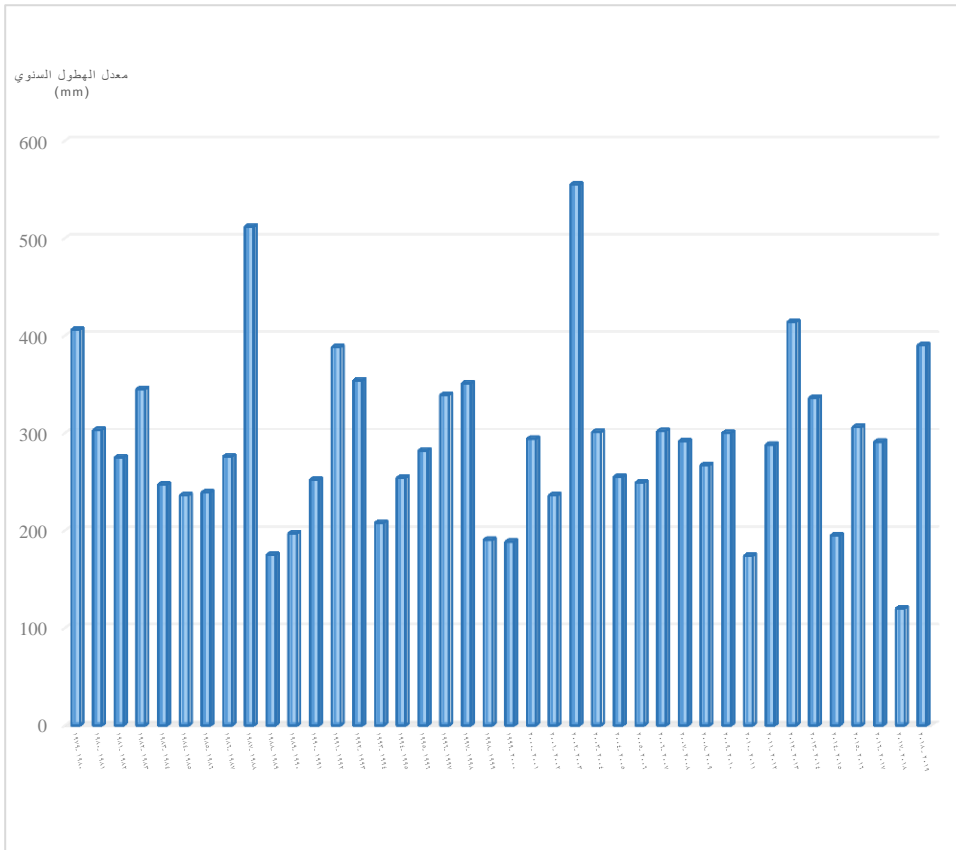
#### 1.4 الهطول المطري

من خلال دراسة معدلات الهطول المطرية السنوية في منطقة سلمية، التي تُمَّ الحصول عليها من محطة الأرصاد الجوية في منطقة سلمية، لوحظ أن قيمة هذا المعدل تتباين بشكلٍ ملحوظ من عام لآخر، فيتناقص المعدل السنوي في بعض السنوات الجافة إلى ما

دون نصف المعدل العام البالغ 280 ميلليمتراً/السنة، وبالمقابل يتجاوز المعدل السنوي لبعض الأعوام الرطوبة 400 ميلليمتراً/السنة.

قسّم من هذه الأمطار يُستخدم للري، وقسّم يتبخّر، والقسم المتبقي يتسرب عبر التربة لتغذية المياه الجوفية.

يبين الشكل (3) معدلات الهطول المطرية السنوية في منطقة سلمية من العام الهيدرولوجي 1979-1980 إلى العام الهيدرولوجي 2018-2019.



الشكل (3): معدلات الهطول المطرية السنوية في منطقة سلمية - من إعداد الباحث بالاعتماد على مركز الأرصاد الجوية في منطقة سلمية

## 2.4. المياه الجوفية

تتميز منطقة سلمية بوجود حاملين للمياه الجوفية:

- مياه جوفية قليلة العمق.
- مياه جوفية عميقة.

### 1.2.4. المياه الجوفية قليلة العمق

هي مياه حاملي الرباعي والنيوجين، وتتميز بأنها مياه صالحة للشرب، كما أنها تتعلق بشكل مباشر بالهاطل المطري، إذ تجف آبار هذا الحامل في الصيف، لتعوض مياهها نتيجة تسرب الفائض من مياه الأمطار، ومياه الصرف الزراعي، وتراوح أعماق هذه الآبار بين 10، و150 متراً.

### 2.2.4. المياه الجوفية العميقة

هي مياه حامل الكريتاسي، وتتميز بأنها مياه كبريتية غير صالحة للاستخدام المباشر، لذا لا بد من معالجتها قبل استخدامها، مما يزيد من تكاليف استثمارها، وهي لا تتأثر مياه هذا الحامل بالهاطل المطري، وأعماق آبارها تراوح بين 500، و700 متراً، ومتوسط تصريف هذه الآبار 40 م<sup>3</sup>/الساعة.

## 3.4. مشاريع جر المياه من خارج المنطقة

نتيجة نقص الموارد المائية في منطقة سلمية، ولاسيما المياه الصالحة للشرب، أُقيم مشروعان لاسترجار المياه العذبة من خارج المنطقة، وهما:

- مشروع جر مياه أعالي العاصي.
- مشروع جر مياه الشومرية.

### 1.3.4. مشروع جر مياه أعالي العاصي:

يمتد بطول 92 كيلومتر من مأخذ العميري وصولاً إلى مدينة سلمية، ويتكون المشروع من قسمين:

- القسم الأول يمتد من مأخذ العميري وصولاً إلى محطة القنطرة، وتجري المياه في هذا القسم بالإسالة الطبيعية.



○ القسم الثاني يمتد من محطة القنطرة وصولاً إلى منطقة سلمية، وتجري المياه في هذا القسم بالضخ، عن طريق محطات الضخ الموجودة في محطة القنطرة. ونتيجة التعديلات الإرهابية على محطة ضخ القنطرة، وتقدم خط الضخ، والانقطاعات المستمرة للتيار الكهربائي عن المحطة، انخفضت مساهمة هذا المشروع في تأمين الاحتياجات المائية، فالطاقة التصميمية للمشروع تبلغ 22000 م<sup>3</sup>/اليوم، في حين أن الطاقة الفعلية هي 10000 م<sup>3</sup>/اليوم فقط. وبالتالي فإن المساهمة السنوية الفعلية للمشروع هي 3.65 مليون متر مكعب.



الشكل (4): مشروع جر مياه أعالي العاصي

#### 2.3.4. مشروع جر مياه الشومرية:

هو عبارة عن ثمانية آبار جوفية صالحة للشرب تتواجد في منطقة الشومرية جنوب محافظة حمص، يُستثمر منها 5 آبار، ويغذي هذا المشروع مجموعةً من القرى في ريف حمص الغربي، وريف سلمية الجنوبي بالإضافة إلى مدينة سلمية.

يتعرض المشروع حالياً إلى بعض التعديات من قبل المزارعين، الذين يستخدمون مياهه لري بساتينهم، وتبلغ طاقته الفعلية 1000 م<sup>3</sup>/اليوم، وبالتالي تكون مساهمته السنوية في تأمين الاحتياج المائي للمنطقة 0.365 مليون متر مكعب من المياه فقط.



الشكل (5): مشروع جر مياه الشومرية

#### 4.4. محطة معالجة المياه في سلمية

تم تدشين المحطة عام 1993، وكانت المحطة الأولى في القطر العربي السوري. وكان الهدف من إنشائها تخفيف التلوث عن منطقة سلمية، ومجرى نهر

العاصي، وتأمين مصدر غير تقليدي لمياه الري. وهي تعتمد في عملها على مبدأ بحيرات الأكسدة الطبيعية،

تستقبل المحطة يومياً 8000 متر مكعب كحد أقصى من مياه الصرف الصحي، وتكون المياه المعالجة الناتجة عن المحطة 90% من كمية المياه الداخلة. وتتدفق المياه المعالجة الناتجة ضمن شبكة ري نفذتها، وتستثمرها مديرية الموارد المائية بحماه، لاستعمالها في ري بعض الأنواع من المحاصيل الزراعية في قرى ريف سلمية الغربي.

## 5. الطلب على المياه في منطقة سلمية

منطقة سلمية منطقة زراعية، لذلك يشكل الطلب على المياه للزراعة فيها الجزء الأكبر من استخدامات المياه، كما يُعد الطلب على المياه للشرب والأغراض المنزلية من الاحتياجات الهامة التي تواجه تحديات كبيرة، بسبب أن نوعية معظم الموارد المائية المتوفرة في المنطقة، لا تحقق اشتراطات المواصفة السورية لمياه الشرب، من جهةٍ أخرى يُعد الطلب على المياه لأغراض الصناعة محدوداً جداً، نتيجة قلة عدد المصانع في المنطقة.

### 1.5. الطلب على المياه للشرب والاستخدامات المنزلية

تمثل المياه اللازمة لتلبية متطلبات الشرب والنظافة الشخصية والغسيل وغيرها من الاستخدامات المنزلية، ويتم تقدير كمياتها بالاعتماد على عدد السكان.

تم الحصول على عدد السكان ضمن التجمعات السكنية في منطقة سلمية من مجلس مدينة سلمية ومجالس البلديات والقرى التابعة لها، كما تم الحصول على كمية المياه المنتجة والمستهلكة خلال دورات التحصيل لعام 2018 من وحدتي المياه في سلمية وصبورة، اللتان تتبع لهما كافة التجمعات السكنية الواقعة في مدينة سلمية.

كميات المياه المنتجة، هي كميات المياه الناتجة عن مشاريع المياه المحلية ضمن التجمع (آبار، ومحطات التحلية)، إضافةً لحصة التجمعات السكنية من مشاريع تقع خارج

المنطقة (مشروع الشومرية، ومشروع جر مياه الهرمل). أما كميات المياه المستهلكة، فهي مجموع كميات المياه المسجلة على عدادات المستهلكين.

يبين الجدول (1) مجموع عدد السكان في كل من وحدتي مياه سلمية وصبورة، وكميات الطلب على مياه الشرب والاستخدامات المنزلية، بالإضافة إلى مجموع كمية المياه المنتجة والمستهلكة، خلال عام 2018 في كلا الوحدتين.

**الجدول (1):** مجموع كميات الطلب على مياه الشرب والاستخدامات المنزلية ومجموع كمية المياه المنتجة والمستهلكة خلال عام 2018 - من إعداد الباحث بالاعتماد على بيانات وحدتي مياه سلمية وصبورة

كمية المياه لعام 2018		الاحتياج المائي للاستخدام المنزلي مياه الشرب	عدد السكان	وحدة المياه
كمية المياه المستهلكة	كمية المياه المنتجة			
متر مكعب/السنة	متر مكعب/السنة	متر مكعب/السنة	نسمة	
3,626,683	5,386,080	9,283,775	254,350	سلمية
428,756	450,639	1,862,230	51,020	الصبورة
4,055,439	5,836,719	11,146,005	305,370	المجموع

## 2.5. الطلب على المياه للزراعة

هو كمية المياه اللازمة لتلبية متطلبات الزراعة مع الوضع بالحسبان كفاءة الري. وتعتمد قيمة الطلب على المياه للزراعة على الاحتياج المائي لكل محصول، وعلى مساحات الأراضي المزروعة.

يُعرّف الاحتياج المائي للمحصول بأنه كمية المياه اللازمة لتغطية كمية التبخر - النتح، وقد تم تقديرها ضمن برنامج WEAP21، بالاعتماد على قيمة معامل المحصول لكل نبات، وقيم تبخر النتح المرجعي ETo للمنطقة، كما تم الحصول على المساحات المزروعة، وأنواع الزراعات من دائرتي الزراعة في سلمية وصبورة.

## 3.5. الطلب على المياه للصناعة

لا تعتمد منطقة سلمية بشكلٍ كبيرٍ على الصناعة، إذ لا يتواجد فيها الكثير من المعامل، لذلك يُعد الطلب على المياه للصناعة محدوداً مقارنةً مع الطلب على المياه للزراعة ولمياه الشرب والاستخدامات المنزلية.

يتكون الطلب على المياه للصناعة من مجموع كميات المياه اللازمة للعمليات الإنتاجية والمياه اللازمة لتأمين مياه الشرب، وخدمات النظافة ضمن المعمل.

يبين الجدول (2) كميات الطلب على المياه للصناعة في المعامل الأساسية في منطقة سلمية.

**الجدول (2): الطلب على المياه للصناعة في المعامل الأساسية في منطقة سلمية- من**

**إعداد الباحث بالاعتماد على بيانات المنشآت الصناعية المذكورة**

الاحتياج المائي السنوي (ألف متر مكعب / السنة)	الاستهلاك الشهري (متر مكعب / الشهر)	مدة العمل (شهر)	المنشأة الصناعية
4.8	1200	4	معمل تخفيف البصل
16.2	1350	12	مطحنة القمح
5.4	450	12	الفرن الآلي
2.52	210	12	محلج القطن
28.92	3210	-	المجموع

## 6. بناء نموذج المنطقة المدروسة:

تُمدِّد الاعتماد على خرائط للمنطقة المدروسة لإنشاء نموذج حاسوبي للمنطقة المدروسة، إذ تُمدِّد معالجة هذه الخرائط باستخدام نظام GIS ، لتحديد مواقع المصادر المائية، ومواقع الطلب عليها، ثم تصديرها إلى برنامج WEAP21، الذي تم من خلاله:

- إدخال جميع البيانات المتعلقة بالمنطقة المدروسة.
- تحليل البيانات ومعالجتها.
- وضع موازنة مائية للسنة المرجعية.
- تشغيل البرنامج وفقاً لعدة سيناريوهات، واقتراح الحلول المناسبة.

## 1.6. تحديد الإطار الزمني

### 1.1.6. تحديد السنة المرجعية:

هي السنة التي يمكن من خلالها فهم الوضع المائي للمنطقة المدروسة، ونظام توزيع المياه، وتُعد هذه السنة نقطة الأساس للوصول إلى السنة الهدف.

لا بد من توافر كافة البيانات عن الوضع المائي في المنطقة لهذه السنة لنتمكن من معايرة النموذج، وضمن دراستنا اعتمدت سنة 2018 هي السنة المرجعية.

### 2.1.6. تحديد السنة الهدف:

هي السنة الأخيرة من فترة الدراسة، التي يُطلب دراسة التغيرات التي يصل إليها الوضع المائي، وفق السيناريوهات المقترضة.

### 3.1.6. تحديد الخطوة الزمنية في السنة:

جرى في الدراسة اعتبار أن الخطوة الزمنية هي شهر، لأن المعطيات المتوفرة هي قيم شهرية، كما أن النتائج التي سيتم الحصول عليها ستكون قيم شهرية.

## 2.6. تحديد الإطار الزمني

تم استيراد شريحة GIS تمثل منطقة سلمية، ومواقع التجمعات السكنية فيها، وبالاستناد عليها حُددت مواقع المصادر المائية، ومواقع الطلب عليها.

### 3.6. تمثيل نقاط طلب على المياه

#### 1.3.6. تمثيل نقاط الطلب على مياه الشرب، والاستخدامات المنزلية:

تم تمثيل نقاط الطلب على مياه الشرب، والاستخدامات المنزلية، باستخدام عنصر مواقع الطلب (Demand Site)، الذي يسمح بتمثيل الطلب على المياه، من خلال:

- المستوى السنوي للنشاط Annual Activity Level : مثل عدد المستخدمين، أو المساحات المزروعة بالمحاصيل أو الأشجار.

- معدل الاستخدام النشاط Annual water use rate : مثل حجم الاستهلاك السنوي للشخص.
  - التغيرات الشهرية Monthly Variation: لإدخال تأثير تغيرات الاستهلاك من شهر لآخر.
  - الاستهلاك Consumption: كمية المياه المستهلكة عند نقطة الطلب، التي تخرج من الموازنة المائية، عند هذه النقطة.
- تم إدخال عدد السكان في التجمعات السكنية في منطقة سلمية وريفها، حيث جُمعت القرى القريبة، التي تتغذى من نفس المصدر المائي في عنصر واحد، واعتُبر احتياج الفرد من مياه الشرب والاستخدامات المنزلية مساوياً 100 لتر/ اليوم، أي ما يعادل 36.5 متر مكعب في العام.

### 2.3.6. تمثيل نقاط الطلب على مياه للزراعة:

مُثلت نقاط الطلب على المياه للزراعة باستخدام عنصر المستجمع catchment، الذي يسمح بمحاكاة عمليات، مثل هطول الأمطار، والتبخّر، والجريان السطحي، والتسرب، وتحديد احتياج المحاصيل الزراعية.

يوفر البرنامج خمس طرائق مختلفة لمحاكاة عمليات المستجمع، وهي:

- طريقة حساب احتياج الري فقط Irrigation Demands Only Method
- طريقة جريان الأمطار، باستخدام العوامل المبسطة Rainfall Runoff Method (Simplified Coefficient Method)
- طريقة رطوبة التربة Soil Moisture Method
- طريقة MABIA Method (FAO 56، باستخدام العوامل المزدوجة، MABIA Method (FAO 56, Dual Kc, Daily)
- طريقة نمو النبات Plant Growth Method (PGM)

ويعتمد اختيار الطريقة على مستوى التعقيد المطلوب لتمثيل عمليات المستجمع، وعلى توافر البيانات.

وفقاً لوثيقة الري والصرف الصادرة عن منظمة الأغذية العالمية " لأغراض تخطيط الري العادي وإدارته، ولتطوير جداول الري الأساسية، وبالنسبة لمعظم دراسات توازن المياه الهيدرولوجية، فإن استخدام معاملات المحاصيل المبسطة يكون أكثر ملاءمةً من استخدام معاملات المحاصيل المضاعفة، التي تفصل في الحساب بين النتح من النبات، والتبخر من التربة" [5].

لذلك تم في الدراسة اعتماد طريقة جريان الأمطار، باستخدام العوامل المبسطة لتمثيل عمليات المستجمع، حيث أُدخِلت البيانات المتعلقة بالمستجمع، التي تطلبها طريقة جريان الأمطار، وهي:

- المساحة Area: تم إدخال مساحة كل إرشادية، ونسبة كل محصول من مساحة الإرشادية.
- معامل المحصول Kc: تم إدخال قيم معامل المحصول الخاص لكل محصول في المساحات المزروعة، وبالنسبة للمساحات غير المزروعة تم إدخال قيمة صغيرة لمعامل المحصول مقدارها /0.001/.
- الهطول الفعّال Effective Precipitation: هو نسبة الهطول المطري، التي يمكن للنبات أن يستفيد منها، وقد تم حساب قيمه، باستخدام تطبيق Rain ضمن برنامج Crop Wat
- الهطول المطري Precipitation: تم إدخال معدل الهطول المطري الشهري.
- التبخر-النتح المرجعي  $Et_0$ : تم إدخال التبخر-النتح المرجعي، الذي تم حسابه من تطبيق Climate/ $Et_0$  ضمن برنامج Crop Wat.



**3.3.6. تمثيل الطلب على مياه الصناعة:**

مثّلت نقاط الطلب على مياه الصناعة، باستخدام عنصر (مواقع الطلب Demand) Site أيضاً، فأُدخِل مجموع احتياج المياه الشهري، لكافة المعامل وفقاً لطبيعة وأشهر عملها.

**4.3.6. تمثيل المياه الجوفية:**

تم تمثيل الآبار باستخدام عنصر المياه الجوفية groundwater، وقد وُضع عند تمثيل المياه الجوفية بالحسبان الحوامل المائية:

- حامل النيوجين والرباعي: يتميز بأن مياهه صالحة للشرب، ويتعلق استمرار وجودها بوجود هائل مطري.
- حامل الكريتاسي: يتميز بأن مياهه كبريتية وتحتاج لمعالجة قبل الاستخدام، أما كمياتها فهي كبيرة، ولا تتأثر بالهائل المطري، ولم يتم الاعتماد على مياه هذا الحامل خلال الدراسة إلا في حال وجود طلب على مياه الشرب في جزء ضمن المنطقة المدروسة لم تتوافر فيها مصادر أخرى لمياه الشرب.

**5.3.6. تمثيل المياه المُستجرة من المشاريع الواقعة خارج المنطقة:**

تم تمثيل المياه المُستجرة من المشاريع الواقعة خارج المنطقة باستخدام تطبيق الموارد الأخرى other supply، الذي يسمح بمحاكاة كمية المياه الواردة شهرياً، حيث حُددت كميات المياه الواردة الشهرية من مشروع جرمياه الشومرية، وجر مياه الهرمل.

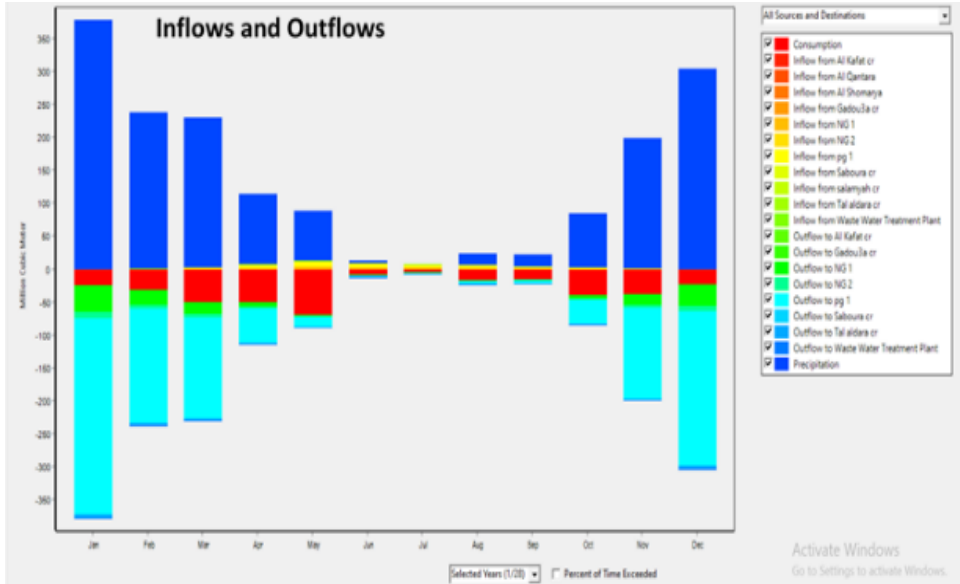
**6.3.6. تمثيل محطة معالجة مياه الصرف الصحي:**

تم تمثيل محطة معالجة مياه الصرف الصحي باستخدام محطات معالجة المياه تطبيق wastewater treatment plant، الذي يسمح بمحاكاة عمليات دخول المياه، ومعالجتها، وإعادة استخدامها.

وتم تحديد كمية المياه العظمى، التي يمكن أن تستقبلها المحطة من مياه الصرف الصحي، وتحديد نسبة المياه المعالجة الخارجة من المحطة.

#### 4.6. الموازنة المائية للمنطقة المدروسة

أُجريت الموازنة المائية لمنطقة سلمية، من خلال مقارنة القيم الشهرية لكميات المياه الواردة للمنطقة، مع كميات المياه الخارجة، وذلك في السنة الأساس التي اعتمدت في الدراسة وهي عام 2018، حيث تمثل المياه الواردة مياه الأمطار والسحب من المياه الجوفية والوارد من المشاريع خارج المنطقة، والمياه العائدة من محطة معالجة مياه الصرف لصحي، أما المياه الخارجة فهي الاستهلاك المنزلي، والزراعي، والصناعي، والمياه المتسربة للمياه الجوفية، والمياه الخارجة لمحطة المعالجة.



الشكل (6): القيم الشهرية لكميات المياه الواردة، والمياه الخارجة.

بلغت كمية المياه الواردة 1698.58 مليون متر مكعب، تتوزع إلى:

- 1633.79 مليون متر مكعب أمطار.
- 58.64 مليون متر مكعب سحب من مياه جوفية.

- 3.65 مليون متر مكعب من مشروع جر مياه القنطرة.
  - 0.37 مليون متر مكعب من مشروع جر مياه الشومرية.
  - 2.13 مليون متر مكعب سحب من محطة معالجة.
- كما بلغت كمية المياه الخارجة 1698.58 مليون متر مكعب، تتوزع إلى:
- 1322.12 مليون متر مكعب تسرب للمياه الجوفية.
  - 372.94 مليون متر مكعب استهلاك منزلي وزراعي وصناعي.
  - 3.52 مياه خارجة لمحطة المعالجة.
- 7. السيناريو المرجعي:**

هو السيناريو الأساسي للفترة المدروسة، ويعتبر القاعدة لإنشاء بقية السيناريوهات، يعتمد على الافتراضات والتنبؤات الطبيعية للبيانات المستقبلية خلال فترة الدراسة مثل التغيرات الديموغرافية والتقلبات المناخية، لذلك يعتمد إنشاء السيناريو المرجعي على دراسة السلاسل الزمنية للبيانات الديموغرافية والمناخية المتوفرة، والتي تمكننا من إمكانية التنبؤ بالواقع المستقبلي للمنطقة المدروسة.

### 1.7. التغيرات السكانية:

نتيجة تحليل السلسلة الزمنية المتعلقة بإحصائيات عدد سكان المنطقة من عام 1980 إلى عام 2018 تبين أن معدل نمو السكان الوسطي يساوي 1.25%، وللتنبؤ بعدد السكان المستقبلي اعتمدنا العلاقة التالية:

$$P_{i+1} = P_i \times (1 + r \%)^n$$

$P_{i+1}$  عدد السكان في السنة المستقبلية

$P_i$  عدد السكان في السنة الحالية

$r$  معدل النمو

$n$  عدد السنوات

## 2.7. التقلبات المناخية:

يقصد بالتقلبات المناخية توالي السنوات الرطبة والجافة وذلك خلال فترة الدراسة، حيث يتوافر لدينا معدل الهطول المطري السنوي من موسم 1979-1980 لموسم 2018-2019.

إذ تم تحديد نموذج السنة المئوية (جافة جداً، جافة، عادية، رطبة، رطبة جداً) بالاعتماد على مؤشر النسبة المئوية لمعدل الهطول (PNI) Percent of Normal Index، الذي يحسب وفق القانون التالي:

$$PNI = \frac{P_i}{\bar{P}} \times 100 \%$$

$PNI$  مؤشر النسبة المئوية للهطول المعتاد.

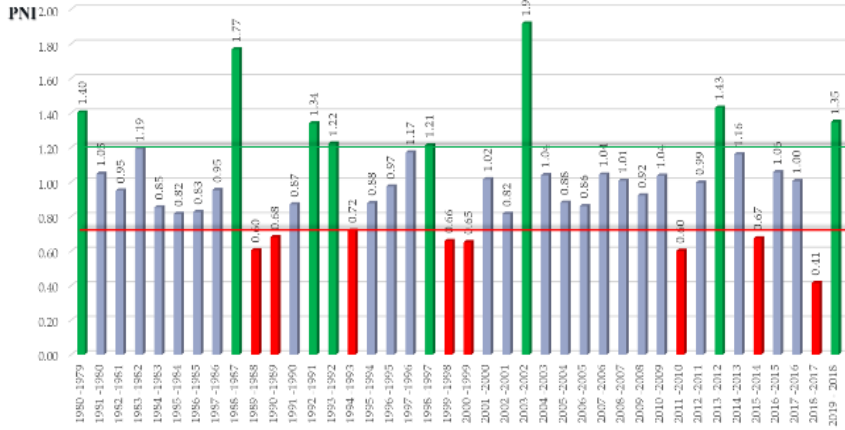
$P_i$  معدل الهطول السنوي

$\bar{P}$  معدل الهطول السنوي العام

يبين الجدول (3) نماذج السنة المئوية وفق مؤشر النسبة المئوية للهطول المعتاد. **الجدول (3)** نماذج السنة المئوية وفق مؤشر النسبة المئوية للهطول المعتاد.

PNI %	نموذج السنة المئوية
$PNI < 0.55$	جافة جداً
$0.55 < PNI < 0.80$	جافة
$0.80 < PNI < 1.20$	طبيعية
$1.20 < PNI$	رطبة

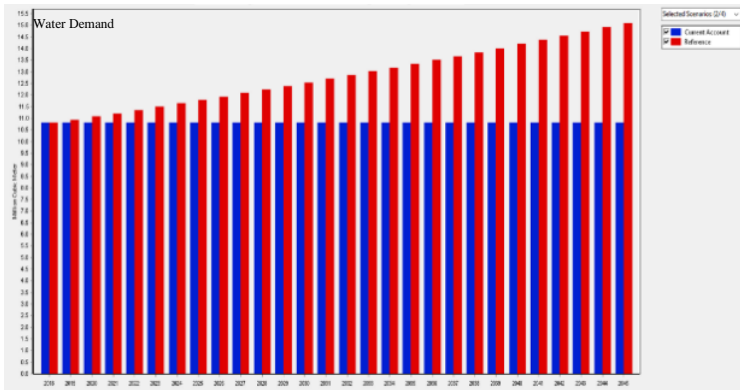
ويتطبيق القانون السابق على معدلات الهطول السنوية من موسم 1979-1980 إلى موسم 2018-2019، حصلنا على الشكل (7) والذي يبين تصنيف نماذج السنة المئوية للفترة السابقة.



الشكل (7): قيم مؤشر النسبة المئوية للهطول المعتاد.

## 3.7. نتائج تحليل السيناريو المرجعي:

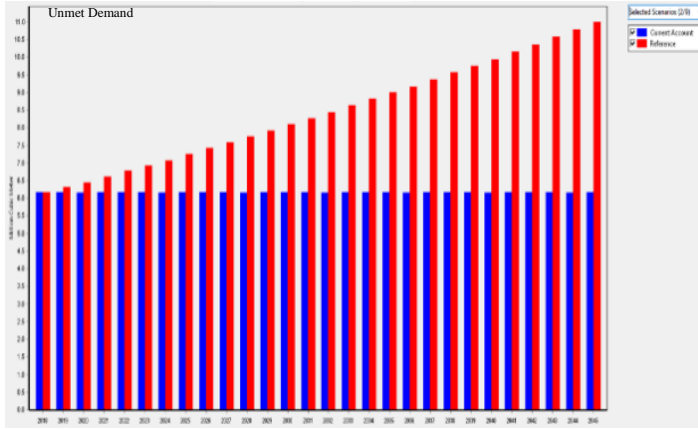
يبين الشكل (8) زيادة طلب الماء للتجمعات السنوية من 10.79 مليون متر مكعب إلى 15.09 مليون متر مكعب والنتائج عن الزيادة في عدد السكان مع ثبات حصة الفرد  $36.5 \text{ م}^3/\text{السنة}$ .



الشكل (8): مخطط طلب الماء للتجمعات السكنية السنوي وفق السيناريو المرجعي مقارنة

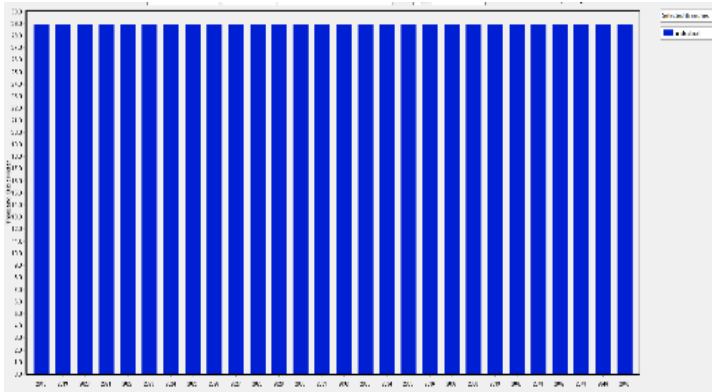
بالسنة الأساس

يبين الشكل (9) زيادة طلب الماء غير المستوفى للتجمعات السكنية السنوي من 6.1 مليون متر مكعب إلى 10.9 مليون متر مكعب والنتائج عن الزيادة في طلب الماء للتجمعات السكنية السنوي مع ثبات كمية الموارد المائية للتجمعات السكنية



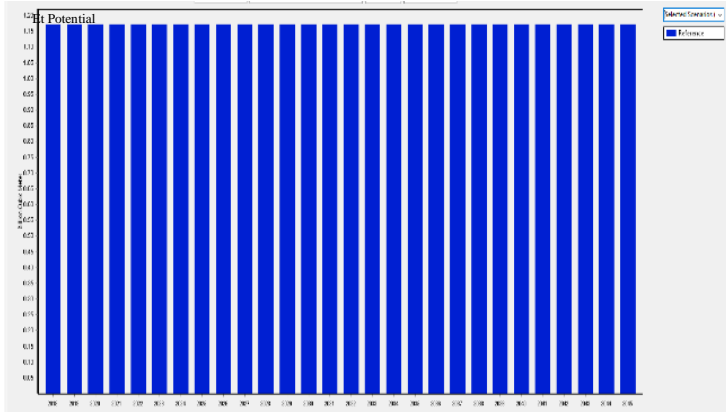
الشكل (9): مخطط طلب الماء غير المستوفى السنوي وفق السيناريو المرجعي مقارنة بالسنة الأساس

يبين الشكل (10) مخطط طلب الماء للصناعة السنوي وفق السيناريو المرجعي ثبات طلب الماء للصناعة والمقدر بـ 28.9 ألف متر مكعب وذلك بسبب افتراض عدم حدوث أي تغيير في الصناعات خلال سنوات السيناريو المرجعي.



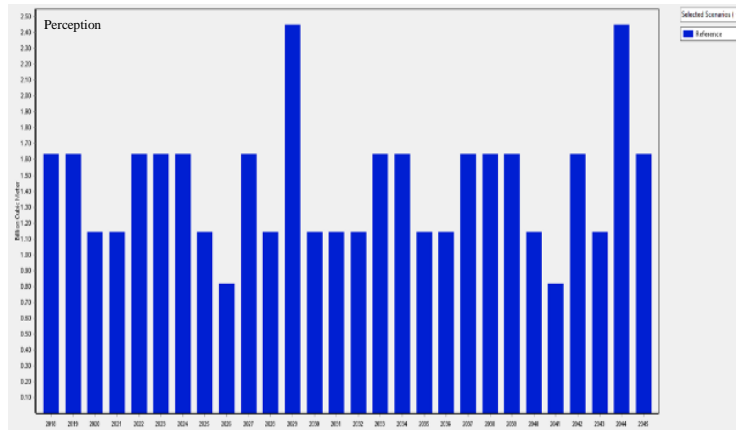
الشكل (10): مخطط طلب الماء للصناعة السنوي وفق السيناريو المرجعي

يبين الشكل (11) مخطط طلب الماء السنوي للزراعة وفق السيناريو المرجعي ثبات الطلب على المياه للزراعة (تبخر النتح الكلي للمحاصيل) والمقدر بـ 1172.3 مليون متر مكعب، وذلك بسبب افتراض عدم حدوث أي تغيير في المساحات المزروعة أو أنواع الزراعات خلال سنوات السيناريو المرجعي.



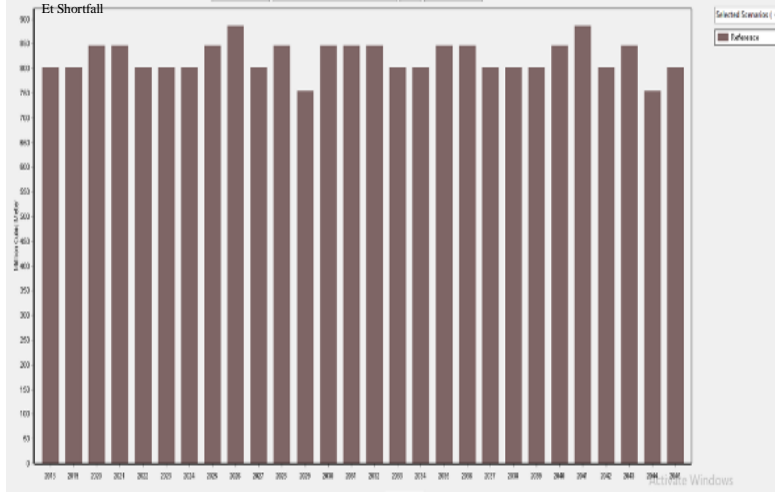
الشكل (11): مخطط طلب الماء السنوي للزراعة وفق السيناريو المرجعي

كما يبين الشكل (12) مخطط الهطول السنوي المتوقع وفق السيناريو المرجعي تباين الهطول نتيجة اختلاف رطوبة السنة وفق الدورة المائية المنكثرة للمنطقة.



الشكل (12): مخطط الهطول السنوي المتوقع وفق السيناريو المرجعي

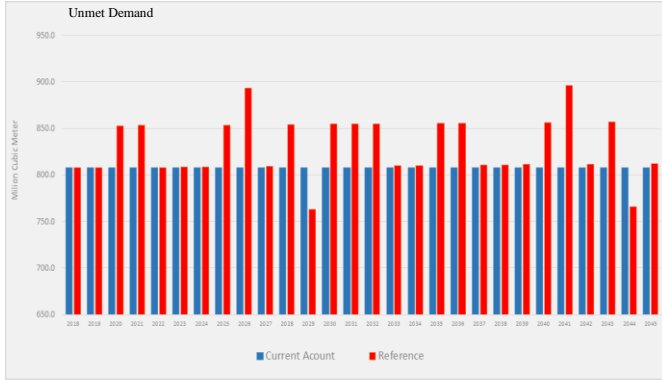
يبين الشكل (13) مخطط عجز طلب الماء السنوي للزراعة وفق السيناريو المرجعي تباين عجز طلب الماء السنوي للزراعة نتيجة تباين الهطول السنوي، إذ يسجل عجز طلب الماء للزراعة خلال السنة الأكثر رطوبة 754.9 مليون متر مكعب، وعجز طلب الماء للزراعة خلال السنة الأكثر جفافاً 886.1 مليون متر مكعب.



الشكل (13): مخطط عجز طلب الماء السنوي للزراعة وفق السيناريو المرجعي

يبين الشكل (14) مخطط عجز طلب الماء الكلي السنوي (مياه شرب، زراعة، صناعة) وفق السيناريو المرجعي ومقارنته بالسنة الأساس، ونلاحظ من خلال المخطط تباين عجز طلب الماء الكلي السنوي خلال سنوات السيناريو المرجعي. يسجل عام 2041 والذي يعتبر من أكثر الأعوام جفافاً خلال الفترة المدروسة، أكبر قيمة لعجز طلب الماء الكلي والتي تبلغ 896.2 مليون م<sup>3</sup>.





الشكل (14): مخطط عجز طلب الماء الكلي السنوي (مياه شرب، زراعة، صناعة) وفق السيناريو المرجعي ومقارنته بالسنة الأساس

#### 8. سيناريو استبدال الأشجار المزروعة بأشجار أكثر مقاومة للجفاف:

أظهرت نتائج تحليل السيناريو المرجعي، أن القيمة العظمى للعجز المائي كانت في طلب المياه على الزراعة، لذلك كان من المهم التفكير في الجانب الزراعي لتقليل من قيمة العجز المائي، وأحد أهم المقترحات في هذا المجال هي استبدال الأشجار المزروعة بأشجار أكثر مقاومة للجفاف.

إن شجر الزيتون من أكثر الأشجار زراعة في منطقة سلمية، إذ تشكل المساحات المزروعة بشجر الزيتون 80% من المساحات المزروعة بالأشجار في المنطقة، وغالبيتها تعتمد على مياه الأمطار بنسبة 75% من مساحة الأراضي المزروعة بالأشجار، في حين لا تزيد المساحات التي تعتمد على السقي عن 5% من مساحة الأراضي المزروعة بالأشجار.

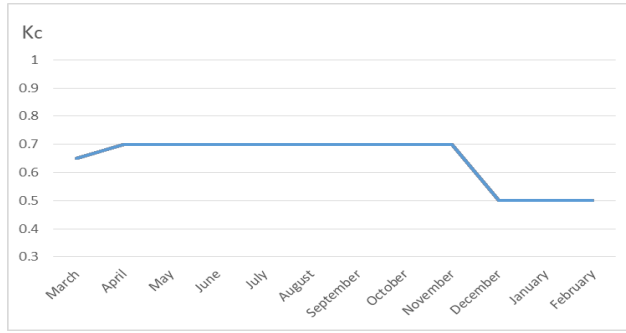
تصل مساحة الأراضي المزروعة بالزيتون في دائرة زراعة سلمية لـ 206959 دنم، 14739 دنم منها تعتمد على السقي و192220 دنم تزرع بعل، ومساحة الأراضي المزروعة بالزيتون في دائرة زراعة صبورة هي 57438 دنم، 2951 دنم منها تعتمد على السقي و57438 تزرع بعل.

لحساب الاحتياج المائي السنوي للزيتون تم الاعتماد على المعادلة التالية:

$$E_{crop} = K_c \cdot E_{t0}$$

يبين الشكل (15) مخطط معامل المحصول للزيتون أما بالنسبة للقيم الشهرية لتبخر النتح المرجعي  $E_{t0}$  في منطقة سلمية فقد تم الحصول عليها بالاعتماد على برنامج Crop Wat المُعد من قبل منظمة الـ FAO باستخدام تطبيق Climate/E0

بتطبيق المعادلة السابقة بلغ الاحتياج المائي السنوي للزيتون 1194 م<sup>2</sup>/الدنم



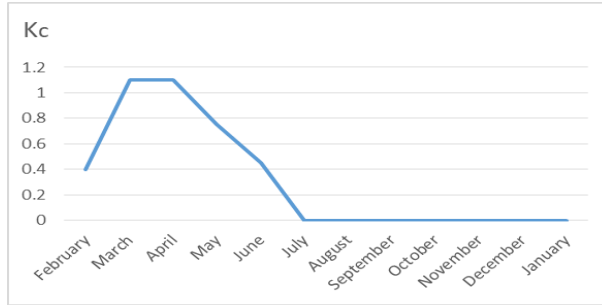
الشكل (15): مخطط معامل المحصول للزيتون

ومن الأشجار الأخرى التي تزرع في منطقة سلمية شجرة الفستق الحلبي، والتي تعتبر من الأشجار ذات القيمة الاقتصادية الكبير والتي تناسب مناخ المنطقة، إذ تزرع بعلًا دون الحاجة إلى الري في الصيف إلا في السنوات شديدة الجفاف.

وبالرغم من ذلك إلا أن هذه الشجرة لم تنتشر زراعتها بشكل كبير، حيث لا تتجاوز نسبة المساحات المزروعة بالفسق الحلبي 3.5% من مساحات الأراضي المزروعة بالأشجار.

تصل مساحة الأراضي المزروعة بالفسق الحلبي ضمن دائرة زراعة سلمية 8333 دنم منها 384 دنم تعتمد على السقي، و7949 دنم تزرع بعلاً، أما في دائرة زراعة صبورة فمساحة الأراضي المزروعة بالفسق الحلبي تصل لـ 2608 دنم، تعتمد 468 دنم منها على السقي، و2140 دنم تزرع بعلاً.

ويتطبيق معادلة حساب الاحتياج المائي السنوي بالاعتماد على قيم معامل المحصول للفسق الحلبي والقيم الشهرية لتبخر النتح المرجعي  $E_t0$  في منطقة سلمية بلغ الاحتياج السنوي للفسق الحلبي 555 م<sup>2</sup>/الدم

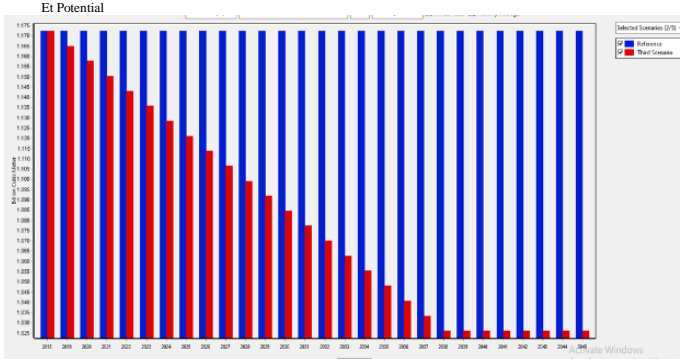


الشكل (16): مخطط معامل المحصول للزيتون

يعتمد هذا السيناريو على استبدال شجرة الزيتون والتي يقارب احتياجها المائي السنوي ضعف الاحتياج المائي السنوي للفسق الحلبي.

وبافتراض أن الاستبدال سيتم بدءاً من عام 2019 وبمعدل 5% من مساحة الأراضي المزروعة بالزيتون كل عام ليتم الانتهاء من استبدال كافة الأراضي المزروعة بالزيتون بأشجار الفسق الحلبي في عام 2038.

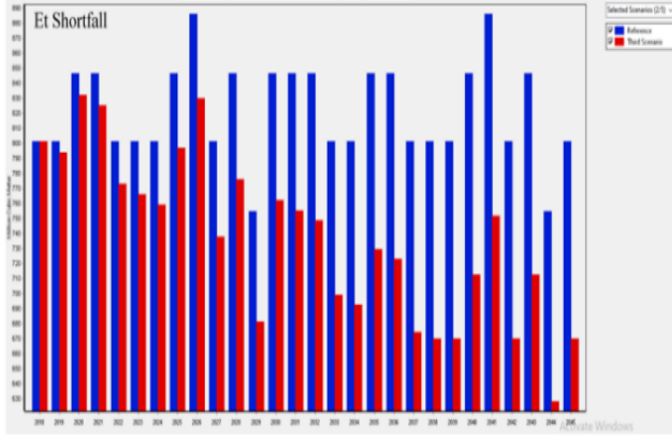
يبين الشكل (17) مخطط طلب الماء للزراعة خلال سيناريو استبدال الأشجار المزروعة بأشجار أكثر مقاومة للجفاف ومقارنته مع السيناريو المرجعي، إذ يظهر من خلاله انخفاض الطلب الماء للزراعة خلال هذا السيناريو مقارنة مع السيناريو المرجعي.



الشكل (17): مخطط طلب الماء للزراعة خلال سيناريو استبدال الأشجار المزروعة بأشجار أكثر مقاومة للجفاف ومقارنته مع السيناريو المرجعي

فعند عام 2038 نهاية استبدال كامل الأراضي المزروعة بالزيتون بأشجار الفستق الحلبي تناقصت قيمة طلب الماء للزراعة إلى 1026 مليون م3 بعد أن كانت 1173 مليون م3 في عام 2018م.

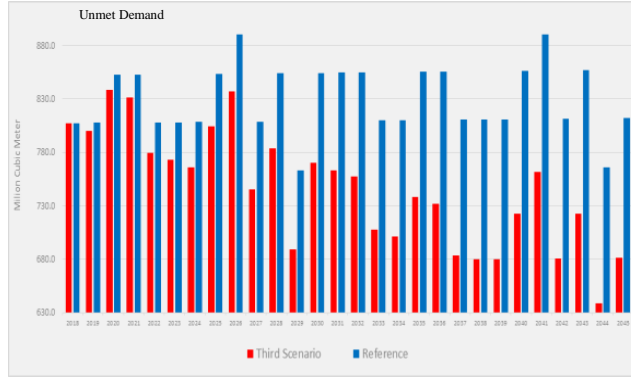
كما بين الشكل (18) مخطط عجز طلب الماء للزراعة خلال سيناريو استبدال الأشجار المزروعة بأشجار أكثر مقاومة للجفاف ومقارنته مع السيناريو المرجعي إذ يظهر من خلاله انخفاض عجز الطلب الماء للزراعة خلال هذا السيناريو مقارنة مع السيناريو المرجعي



الشكل (18): مخطط عجز طلب الماء للزراعة خلال سيناريو استبدال الأشجار المزروعة بأشجار أكثر مقاومة للجفاف ومقارنته مع السيناريو المرجعي

فمثلاً انخفض عجز الطلب المياه للزراعة في عام 2041 الذي يعتبر من أشد الأعوام جفافاً من 886 مليون م<sup>3</sup> وفق السيناريو المرجعي إلى 751.6 مليون م<sup>3</sup> وفق سيناريو استبدال الزيتون بالفسق الحلي.

كما بين الشكل (19) انخفاض عجز طلب الماء الكلي السنوي خلال سيناريو استبدال الأشجار المزروعة بأشجار أكثر مقاومة للجفاف مقارنة مع السيناريو المرجعي، وذلك بسبب انخفاض قيمة عجز الطلب الماء للزراعة خلال هذا السيناريو، إذا كانت قيمته في عام 2041، وفق السيناريو المرجعي 896.2 مليون م<sup>3</sup>، وانخفضت وفقاً لسيناريو استبدال الأشجار إلى 761.7 مليون م<sup>3</sup>.



الشكل (19): مخطط عجز طلب الماء الكلي خلال سيناريو استبدال الأشجار المزروعة بأشجار أكثر مقاومة للجفاف ومقارنته مع السيناريو المرجعي

### 9. سيناريو تطبيق التقنيات الحديثة في الزراعة:

إن اعتماد المنطقة على الطرق التقليدية في الزراعة والري، أدى إلى هدر كميات كبيرة من المصادر المائية المحدودة، وضعف في كفاءة استخدامها، لذلك كان لابد من إدخال التقنيات الحديثة إلى الزراعة والري، لتقليل من العجز المائي.

#### 1.9. استخدام الري بالتنقيط:

تعتمد أغلب الزراعات المروية في منطقة سلمية على الطرق التقليدية للري (الري بالغمر) والتي تتصف بهدر كميات كبيرة من مياه الري، ورغم البدء بانتشار شبكات الري بالتنقيط في المنطقة والتسهيلات التي قدمت من المنظمات والجهات المعنية مع بداية القرن الحالي، إلا أن بداية الأزمة التي شهدتها سوريا وسيطرت المجموعات الإرهابية على أجزاء من المنطقة وتدميرها للكثير من محتويات هذه الأجزاء ومنها شبكات الري، بالإضافة إلى العقوبات الاقتصادية التي فرضت على سوريا وما نتج عنه من ارتفاع كبير في أسعار شبكات الري بالتنقيط، كل هذه الأسباب أدت إلى تراجع كبير في المساحات المزروعة التي تعتمد على الري بالتنقيط.

يتميز الري بالتنقيط بالكفاءة العالية في استخدام المياه والاستفادة منها، إذ يصل معامل كفاءة الري بالتنقيط إلى 90% في حين لا يتجاوز معامل كفاءة الري بالغمر المستخدم حالياً الـ 60-70%.

إن محدودية الموارد المائية في المنطقة يفرض أهمية وضرورة اعتماد أسلوب الري بالتنقيط، والذي يضمن الاستخدام الأمثل للموارد المائية المتاحة وتخفيض الهدر في المياه.

## 2.9. تقنية حصاد الأمطار في الري:

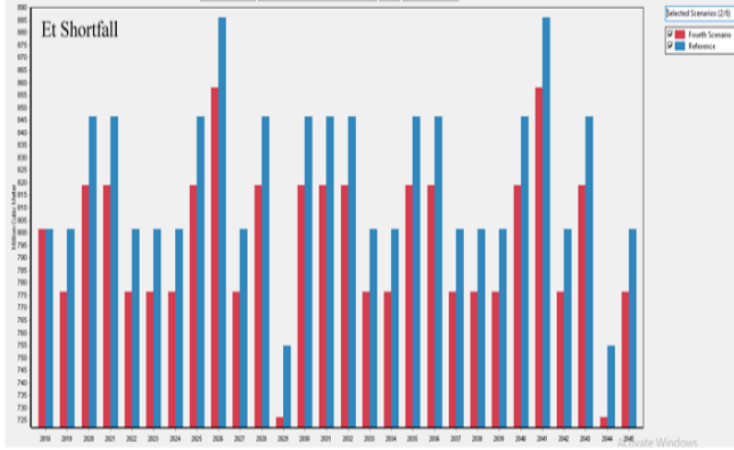
يُعرّف حصاد الأمطار بأنه عملية جمع وتخزين مياه الأمطار من سقف المنزل أو مسطحات صخرية أو ترابية، لإعادة استخدامها قبل أن تصل إلى المياه الجوفية، ويتم استخدام حصاد الأمطار لتوفير مياه الشرب والاستخدامات المنزلية والمياه اللازمة للري .

يعتبر حصاد الأمطار أحد أهم الموارد غير التقليدية للمياه، ويسمح بالاستفادة من مياه الأمطار بشكل أكبر وتقليل الكميات المهدورة منها.

تم إجراء عدة تجارب في مركز البحوث العلمية الزراعية في سلمية حول إمكانية تطبيق تقنية حصاد الأمطار لزيادة الاستفادة ورفع كفاءة مياه الأمطار في الري .

ويمكن تطبيق تقنية حصاد الأمطار بأكثر من شكل في المجال الزراعة، كتجهيز حفر حول الأشجار بشكل هلال أو إقامة سدود ترابية قليلة الارتفاع أو إنشاء حواجز نصف دائرية وفق خطوط كونتورية.

بين الشكل (20) مخطط عجز طلب الماء للزراعة خلال سيناريو تطبيق التقنيات الحديثة في الزراعة ومقارنته مع السيناريو المرجعي، إذ يظهر من خلاله انخفاض عجز الطلب الماء للزراعة خلال هذا السيناريو مقارنة مع السيناريو المرجعي.

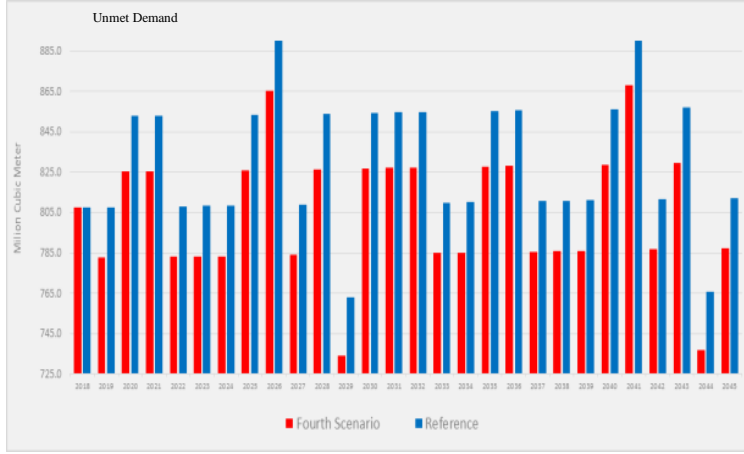


الشكل (20): مخطط عجز طلب الماء للزراعة خلال سيناريو تطبيق التقنيات الحديثة في الزراعة ومقارنته مع السيناريو المرجعي

فمثلاً انخفض عجز الطلب المياه للزراعة في عام 2041 الذي يعتبر من أشد الأعوام جفافاً من 886 مليون م<sup>3</sup> وفق السيناريو المرجعي إلى 858 مليون م<sup>3</sup> وفق سيناريو تطبيق التقنيات الحديثة في الزراعة.

كما بين الشكل (21) انخفاض عجز طلب الماء الكلي السنوي خلال سيناريو تطبيق التقنيات الحديثة في الزراعة مقارنة مع السيناريو المرجعي، وذلك بسبب انخفاض قيمة عجز الطلب الماء للزراعة خلال هذا السيناريو الناتج عن افتراض تطبيق تقنيات الري الحديثة، إذ انخفضت قيمة عجز طلب الماء الكلي، في عام 2041، وفقاً لسيناريو تطبيق التقنيات الحديثة إلى 868.1 مليون م<sup>3</sup>، بعد أن كانت قيمتها وفق السيناريو المرجعي 896.2 مليون م<sup>3</sup>.





الشكل (21): مخطط عجز طلب الماء الكلي خلال سيناريو تطبيق التقنيات الحديثة في الزراعة ومقارنته مع السيناريو المرجعي

## 10. النتائج العامة:

يُمكن تلخيص النتائج العامة للبحث بما يلي:

- تمثلت النتائج الأساسية لتحليل السيناريو المرجعي، الذي يضع بالحسبان التقلبات المناخية والتغيرات الديموغرافية بزيادة الطلب على مياه الشرب والاستخدامات المنزلية من 10.79 مليون متر مكعب في السنة الأساس إلى 15.09 مليون متر مكعب في عام 2045، الذي يمثل نهاية فترة الدراسة، بسبب التزايد في عدد السكان، بالإضافة إلى تغيير في قيم عجز طلب الماء السنوي للزراعة، والنتائج عن التغيير في قيم الهطول السنوية بسبب التقلبات المناخية، إذ يسجل عجز

طلب الماء للزراعة خلال السنة الأكثر رطوبة 754.9 مليون متر مكعب، وعجز طلب الماء للزراعة خلال السنة الأكثر جفافاً 886.1 مليون متر مكعب.

○ انخفاض عجز طلب الماء للزراعة وانخفاض طلب الماء للزراعة تُمثل نتائج سيناريو استبدال الأشجار المزروعة بأشجار أكثر مقاومة للجفاف وذات احتياج مائي أقل، فانخفض عجز الطلب المياه للزراعة في عام 2041 الذي يُعدُّ من أشد الأعوام جفافاً من 886 مليون متر مكعب وفق السيناريو المرجعي إلى 751.6 مليون متر مكعب وفق سيناريو استبدال الزيتون بالفسق الحلبي.

○ بالنسبة لسيناريو تطبيق التقنيات الحديثة في الزراعة، التي تضمنت استخدام الري بالتنقيط، بالإضافة لتطبيق تقنية حصاد الأمطار، فإن نتائجه الأساسية كانت انخفاض عجز طلب الماء للزراعة، فانخفضت قيمة هذا العجز في عام 2041 الذي يُعدُّ من أشد الأعوام جفافاً من 886 مليون متر مكعب وفق السيناريو المرجعي إلى 868.1 مليون متر مكعب وفق سيناريو تطبيق التقانات الحديثة في الزراعة.

## 11. التوصيات:

- إجراء دراسة لكافة الأشجار والمحاصيل المزروعة في المنطقة واحتياجاتها المائية، واستبدال الأشجار والمحاصيل التي تحتاج كميات كبيرة من المياه بأشجار ومحاصيل متحملة لظروف الجفاف وذات احتياجات مائية أقل.
- التشجيع على الانتقال من طرائق الري السطحي التقليدي ذات الكفاءة المتدنية (الري بالأحواض، والشرائح، والخطوط)، إلى طرائق الري ذات الكفاءة الأعلى (الري السطحي المطور، والري بالرش، والري بالتنقيط).

○ التشجيع على استخدام، ونشر تقانات حصاد مياه الأمطار، بما يتناسب مع الظروف السائدة محلياً، كون هذه التقانات تشكل مصادر مياه إضافية، تساعد في إدارة مياه الأمطار، والاستفادة منها في تلبية الاحتياجات المائية في الكثير من الحالات.

○ العمل على تأهيل الكوادر والموظفين المختصين في المنطقة بما يضمن:

1. كفاءة هذه الكوادر في جمع البيانات والقياسات الحقلية المختلفة.

2. قدرة هذه الكوادر على تدقيق البيانات المجموعة ومعالجتها.

3. معرفة التعامل مع برنامج WEAP21، وتحديث بيانات النموذج الموضع،

والاستفادة من النتائج لوضع الخطط والسياسات المائية في المنطقة.

## 12.المراجع:

1. موسى، علي. سَلْمِيَّة. الموسوعة العربية. 15/آذار/2022. الرابط:

<http://arab-ency.com.sy/ency/details/5662/%D8%B3%D9%84%D9%85%D9%8A%D8%A9>

2. الهيئة العامة للموارد المائية. مديرية المائية في محافظة حمص. (2008). مشروع إعداد نموذج رياضي لحوض العاصي. دمشق: سورية.

3. موقع برنامج WEAP21 على الأنترنت:

<https://www.weap21.org/index.asp?action=201>

4. Asrari, E. Masoudi, M. And Afrough, E. Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation, (2011), **Analyzing spatial and temporal pattern of humid, normal and drought years using percent of normal precipitation index (PNPI) in Fars province, Iran.** East Java: Indonesia.
5. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1998). **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56.** Rome: Italy.
6. Global Water Partnership, Technical Advisory Committee, (2000), **TAC BACKGROUND PAPERS N0.4, Integrated Water Resources Management**, Stockholm: Sweden.
7. Sieber, J. And Purkey, D, (2015), **Weap User Guide**, Stockholm: Sweden.
8. Taylor, P. And GABRIELLI, E. (2005). **Integrated Water Resources Management Plans**. Stockholm: Sweden.