# مجلة جامعة حمص

## سلسلة العلوم الهندسية والمعمارية

**مجلة علمية محكمة دورية**

المجلد 47 . العدد 5

1447 هـ - 2025 م

| |
|---|
| **الأستاذ الدكتور طارق حسام الدين رئيس جامعة حمص**<br><br>**المدير المسؤول عن المجلة** |

| | |
|---|---|
| **أ. د. وليد حمادة** | **رئيس تحرير مجلة جامعة حمص للعلوم الإنسانية** |
| **أ. د. درغام سلوم** | **رئيس تحرير مجلة جامعة حمص للعلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية** |

| | |
|---|---|
| د.محمد فراس رمضان | عضو هيئة التحرير |
| د. مضر سعود | عضو هيئة التحرير |
| د. ممدوح عبارة | عضو هيئة التحرير |
| د. موفق تلاوي | عضو هيئة التحرير |
| د. طلال رزوق | عضو هيئة التحرير |
| د. أحمد الجاعور | عضو هيئة التحرير |
| د. الياس خلف | عضو هيئة التحرير |
| د. روعة الفقس | عضو هيئة التحرير |
| د. محمد الجاسم | عضو هيئة التحرير |
| د. خليل الحسن | عضو هيئة التحرير |
| د. هيثم حسن | عضو هيئة التحرير |
| د. أحمد حاج موسى | عضو هيئة التحرير |

تهدف المجلة إلى نشر البحوث العلمية الأصيلة، ويمكن للراغبين في طلبها الاتصال بالعنوان التالي:

**رئيس تحرير مجلة جامعة حمص**

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

**. هاتف / فاكس : 2138071 31 963 ++**

**. موقع الإنترنت : www.homs-univ.edu.sy**

**. البريد الالكتروني : journal.homs-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.
- **اذا كان الباحث طالب دراسات عليا:**

يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقته على النشر في المجلة.

- **اذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:**

يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.

- **اذا 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.

- **اذا 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 بالنسـبة لكليات ( الآداب – الاقتصـاد– 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 17.5×25 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

ـ كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي ـ 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 للنشـر في المجلة يدل ضـمناً على عدم نشـره 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 ـ الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة ـ سنة النشر ـ وتتبعها معترضة ( – ) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة ـ دار النشر وتتبعها فاصلة ـ 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:**

ـــ بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة، اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة ـــ المجلد والعدد ( كتابة مختزلة ) وبعدها فاصلة ـــ 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 (50000) ل.س أربعون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.**
2. **دفع رسم نشر (200000) 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 (15000) ل.س ستة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.**

# المحتوى


| اسم البحث | اسم الباحث | الصفحة |
|---|---|---|
| السياسات الحضرية الأكثر فاعلية في التحول نحو مدن إنسانية - دراسة تحليلية لتجارب عالمية - | محمد الجفان | 40-11 |
| معالجة المياه الناتجة عن مصافي النفط (مصفاة حمص) | هناء جرجس<br>د.نوفة جمعة | 66-41 |
| المقارنة بين التصميم اللدن القائم على الأداء والتصميم المتبع في الكودات للجمل الثنائية من البيتون المسلح (إطارات-جدران قص) | حسان عيسى<br>د.علي تريكية<br>د.قصي نداف | 92-67 |
| سلوك الجوائز البيتونية المسلحة بشكل هجين بقضبان فولاذية وأخرى من الألياف الزجاجية (GFRP)- دراسة تجريبية | د.أحمد ميهوب<br>د.ميرفت حشمه | 112-93 |

| | | |
|---|---|---|
| إدارة مياه الري في منطقة سهل الغاب | كنان الأحمد<br>د.ماون سلوم<br>د.محمود السباعي | 141-113 |

# السياسات الحضرية الأكثر فاعلية في التحول نحو مدن إنسانية – دراسة تحليلية لتجارب عالمية –

**الباحث: م. محمد علاء بسام الجفان***

* **ماجستير في التخطيط والبيئة من كلية الهندسة المعمارية بجامعة دمشق.**

**المستخلص:**

يعدّ الوصول الى مدن إنسانية هدفاً سامياً بالنسبة للمخطط والمصمم العمراني، وذو أهمية متزايدة نظراً لما للمدن الإنسانية من فوائد تنموية عدة، إذ يعكس الاهتمام المتزايد به حاجة ملحة إلى التركيز على السياسات الحضرية التي يتداخل بها البعد الإنساني والتشاركية والتنمية تداخلاً فعالاً محققاً نتائج إيجابية قابلة للقياس والرصد، لتعكس التوجه المعاصر للمدينة الإنسانية ونطاقها وخصائصها. يسهم البحث في بناء نطاق معرفي نظري تطبيقي عن المدن الإنسانية عبر مراجعة واسعة للمفاهيم الرئيسية المرتبطة بها، وتحليل مفرداتها للكشف عن الخصائص المادية والاجتماعية والإدارية والبيئية والثقافية والاقتصادية لهذا المفهوم، وبالرغم من تبني التوجهات المعاصرة لأنسنة المدن العديد من السياسات الحضرية، إلا أن البحث يحاول التركيز على أكثر السياسات الحضرية كفاءة وتأثيراً في التحول نحو مدن إنسانية، ورصدها، وبيان أهدافها المباشرة، ومؤشرات التحقق من فاعليتها وعناصره عبر تحليل عينة قصدية من التجارب العالمية، ومن ثم استخلاص النتائج والتوصيات.

**الكلمات المفتاحية:**

السياسات الحضرية، المدن الإنسانية، مدينة جدة، مدينة كوبهاجن، مدينة زويرخ، مدينة بوردو، المساحات الخضراء، هيكلة الطرقات، التخطيط التشاركي، التراث الحضري.

* ماجستير في التخطيط والبيئة من كلية الهندسة المعمارية بجامعة دمشق.

# The most effective urban policies in the transition towards humane cities An analytical study of global experiences

**Abstract:**

The transition to humanitarian cities is a lofty goal for the urban planner and designer, and is of increasing importance due to the many developmental benefits of humane cities. The growing interest in it reflects an urgent need to focus on urban policies in which the human dimension, partnership and development are effectively intertwined, achieving positive results that can be measured and monitored, to reflect the contemporary trend of the humane city, its scope and characteristics. The research contributes to building a theoretical and applied knowledge scope about humane cities through a broad review of the main concepts associated with them, and analyzing their vocabulary to reveal the physical, social, administrative, environmental, cultural and economic characteristics of this concept. Despite the adoption of contemporary trends to humanize cities by many urban policies, the research attempts to focus on the most efficient and influential urban policies in the transformation towards humane cities, monitoring them, stating their direct objectives, and indicators to verify their effectiveness and elements through analyzing a deliberate sample of global experiences, and then extracting results and recommendations.

**Key words:**

Urban Policies, Human Cities, Jeddah, Copenhagen, Zurich, Bordeaux, Green Spaces, Road Planning, Participatory Planning, Urban Heritage.

## 1. المقدمة:

يعدّ الوصول الى مدن إنسانية هدفاً سامياً بالنسبة للمخطط والمصمم العمراني، وذو أهمية متزايدة نظراً لما للمدن الإنسانية من فوائد تنموية عدة، إذ يعكس الاهتمام المتزايد به حاجة ملحة إلى التركيز على السياسات الحضرية التي يتداخل بها البعد الإنساني والتشاركية والتنمية تداخلاً فعالاً محققاً نتائج إيجابية قابلة للقياس والرصد، لتعكس التوجه المعاصر للمدينة الإنسانية ونطاقها وخصائصها.

وتكمن **أهمية البحث** في مساهمته ببناء نطاق معرفي نظري تطبيقي عن المدن الإنسانية عبر الكشف عن الخصائص المادية والاجتماعية والإدارية والبيئية والثقافية والاقتصادية لمفهوم المدينة الإنسانية، فضلاً عن رصد أكثر السياسات الحضرية كفاءة في التحول نحو مدن إنسانية، وبيان أهدافها المباشرة، ومؤشرات التحقق من فاعليتها وعناصره.

وتتمثل **إشكالية البحث** في الحاجة إلى وجود إطار عمل يستند إلى سياسات حضرية فعالة ومؤثرة تعكس التوجه المعاصر للمدينة الإنسانية ونطاقها وخصائصها.

## 2. أهداف البحث:

2-1. تحديد مفردات النطاق النظري لمفهوم المدينة الإنسانية، والكشف عن خصائصها المادية والاجتماعية والإدارية والبيئية والثقافية والاقتصادية.

2-2. رصد أكثر السياسات الحضرية فعالية وتأثيراً التي تعكس التوجه المعاصر للمدينة الإنسانية ونطاقها وخصائصها، وبيان أهدافها المباشرة، ومؤشرات التحقق من فاعليتها وعناصره.

## 3. مواد البحث وطرائقه:

3-1. المنهج الاستقرائي النظري عبر مراجعة واسعة للمفاهيم الرئيسية المرتبطة بالمدن الإنسانية، وتحليل مفرداتها.

3-2. المنهج التحليلي عبر تحليل عينة قصدية من التجارب العالمية التي اتجهت نحو أنسنة المدن، ومن ثم استخلاص النتائج والتوصيات.

## 4. النتائج ومناقشتها:

### 4-1. النطاق النظري للمدن الإنسانية:

يرتبط مفهوم المدينة الإنسانية عموماً بتلبية احتياجات السكان بالعيش في مدن حيوية وآمنة ومستدامة وصحية، [1]كما يرتبط برسم السياسات الضامنة لبناء مجتمع عادل وتشاركي قادر على تحمل تكاليف الحياة. [2] وكذلك بتعزيز التراث الحضري والقيم الإنسانية والثقافية. [3] ولذلك لا بد من مراجعة مفاهيم مختلفة كالصحة الحضرية، والمدن الصالحة للعيش، والمدن المستدامة، والمدن السعيدة، والسلامة الحضرية، والمجتمع التشاركي، والحفاظ على التراث الحضري، وصولاً إلى مفردات النطاق النظري للمدن الإنسانية.

#### 4-1-1. الصحة الحضرية "Urban Healthy":

هي السياق الاجتماعي الذي يسمح للسكان بالمشاركة في الأنشطة اليومية التي تتفاعل فيها العوامل البيئية والتنظيمية والفردية لتؤثر على الصحة والرفاهية، مع التركيز على التعاون بين القطاعات والمشاركة المجتمعية لخلق بيئات داعمة للصحة والتنمية بكافة مستوياتها.[4] وتعرف أيضاً بأنها السعي لتحسين البيئات المادية والاجتماعية والاقتصادية والبيئية والجمالية، وتوسيع الموارد المجتمعية التي تمكن الناس من دعم بعضهم للقيام بوظائف الحياة وتحقيقاً للتنمية الاجتماعية والاقتصادية، فهي تعتمد على الالتزام بالقيم الاجتماعية والمشاركة المجتمعية بين مختلف القطاعات.[5] وتشير أيضاً إلى المناطق التي يشعر السكان فيها بالراحة والطمأنينة عبر زيادة التفاعل الاجتماعي، والحد من السلوك العدائي في المجتمعات، إضافة إلى اتخاذ تدابير تسهم في التخفيف من تأثيرات المناخ والتكيف معها، والتغلب على التفاوتات في الحصول على الرعاية الصحية، وتعزيز أنماط الحياة الصحية.[6] كما أن المدن الصحية تتمتع ببيئة مادية نظيفة وآمنة، وسكن جيد، ونظام بيئي مستقر ومستدام، ومجتمع متعاون، ودرجة عالية من مشاركة السكان في القرارات الرئيسية التي تؤثر على حياتهم وصحتهم، بالإضافة إلى تلبية الاحتياجات الأساسية للسكان مثل الغذاء والماء والمأوى والدخل والسلامة والعمل والاتصالات، وتتمتع أيضا باقتصاد

متنوع ومبتكر ذو صلة بالتراث الثقافي والبيولوجي، وبسهولة الوصول إلى خدمات الرعاية الصحية.[7]

**4-1-2. المدن الصالحة للعيش "Lively Cities":**

هي المدن التي تتسم بالمشاركة الفعالة للسكان في وضع الخطط المحلية وتنفيذها ومتابعتها، واقتراح الحلول للتحديات القائمة، وتتسم أيضاً بقدراتها على قياس التقدم نحو تحقيق أهدافها، واختبار الأفكار الجديدة وتشجيع التجارب والاستفادة منها، وبسرعة استجابتها للفرص والتحديات، كما أنها توفر مجال واسع للسكان للتعبير عن قيمهم الاجتماعية، وكذلك لإنشاء الهوية الاجتماعية المشتركة وتعزيزها، وتحتوي المدن صالحة للعيش على تجمعات متكاملة ذات استعمالات مختلطة تضم مساكن اقتصادية، ومراكز حيوية تضم أنشطة اقتصادية وأماكن مخصصة للتسوق والعمل، ومراكز ثقافية، وفراغات عامة، ومساحات خضراء بما في ذلك الأراضي الزراعية والحدائق والممرات الخضراء لضمان التنوع البيولوجي والترفيه، بالإضافة إلى توافر تجمعات صناعية ذات بنية تحتية مشتركة، وتوافر شبكات نقل تعطي الأولوية للمشي والنقل العام، وتؤمن حركة السلع بكفاءة، ويرتبط مفهوم المدينة الصالحة للعيش أيضاً بتوافر الموارد التي تدعم أنشطتها بما في ذلك المياه ومصادر الطاقة، وتوافر أنظمة الاتصالات بما في ذلك تكنولوجيا المعلومات والاتصالات.[8]

**4-1-3. المدن المستدامة "Sustainable Cities":**

تتميز المدن المستدامة بسهولة وصول السكان إلى الموارد والخدمات والمرافق الثقافية والاجتماعية، وبتوافر وسائل النقل العامة مع إمكانية المشي وركوب الدراجات بشكل آمن، وبتوافر المساحات الخضراء والفراغات العامة، والاعتماد على الموارد المتجددة كمصادر للطاقة، وإعادة تدوير النفايات، وتتميز مبانيها بمستويات عالية من الكفاءة الحرارية، والحد من انبعاثات الكربون، وتتسم المدن المستدامة بروابط اجتماعية قوية حيث يتعاون السكان فيها لمعالجة التحديات المختلفة مثل تلوث البيئة، والحد الجريمة، وسلامة المجتمع وأمنه. [9]

### 4-1-4. المدن السعيدة "Happy City":

تعتبر السعادة من القضايا الإنسانية المباشرة التي تمس مفهوم المدن الإنسانية، وفي إطار تخطيط مدن على أساس السعادة وُضعت أجندة المدن السعيدة عام 2019م التي ركزت على دور بعض الجوانب المادية في سعادة السكان مثل منظومة الحركة وسهولة التنقل، وتوفير فراغات حضرية مرتبطة مع الطبيعة، وتوفير المساحات الخضراء والمسطحات المائية بما يؤثر إيجابياً على جودة الحياة، كما ركزت على بعض الجوانب اللامادية مثل تعزيز الاستدامة والشراكات المجتمعية، وتسهيل تقديم الخدمات للسكان، وإضفاء طابع من التميز على المدينة وإعطاءها مدلولات خاصة بها، ويسهم هذان الجانبان في الوصول إلى مدن سعيدة عبر تفاعلهما مع مجموعة من العوامل كالتسامح والثقة بين السكان، والقيم الأخلاقية والاجتماعية، وتوافر الأمن والأمان، وتعزيز قدرة السكان على تحمل التكاليف الحياة، وشعورهم بالانتماء للمدينة، وإقامة الأنشطة الاجتماعية التي تعزز التوازن والصحة الجسدية والنفسية، وتعزز العلاقات الاجتماعية، وتوافر الفرص الاقتصادية والتعليمية.[10]

### 4-1-5. السلامة الحضرية "Urban Safety":

يشير مصطلح السلامة الحضرية إلى قدرة السكان على العيش والعمل والمشاركة في الحياة دون خوف من الأذى الجسدي أو النفسي،[11] ويتضمن المصطلح أيضاً تهيئة الظروف التي تعزز الصحة النفسية والجسدية للسكان مثل منع المخاطر الصحية الناجمة عن تلوث المياه والتربة والهواء، وتقديم خدمات الرعاية الصحية بشقيها الجسدي والنفسي، وتوفير النقل الآمن والمساحات الخضراء والفراغات الحضرية، وكذلك الاستعداد لحالات الطوارئ والاستجابة لها بما في ذلك الحرائق والفيضانات والكوارث الطبيعية، ومنع الجريمة والحد منها، وتعزيز التماسك الاجتماعي عبر تنمية شعور الانتماء للمجتمع، وزيادة الثقة بين السكان والتعاون بينهم، والحد من جميع أشكال الفصل الاجتماعي. [12]

**4-1-6. الحفاظ على التراث الحضري"Urban Heritage Conservation":**

يشكل التراث الحضري بشقيه المادي وغير المادي مورداً أساسياً في تعزيز التنمية الاقتصادية والاجتماعية والثقافية في المدن، ويعد مصدراً للإبداع والابتكار والتجديد الحضري. [13] ويساهم الحفاظ عليه إسهاماً كبيراً في تعزيز شعور الانتماء للمكان اللازم لتوليد القيمة الاقتصادية والاجتماعية والبيئية. [3] وكذلك في الوصول إلى حالة معمارية وعمرانية محسنة، فضلاً عن تنشيط السياحة، والأنشطة التجارية، والفعاليات الخدمية، إذ يركز على البيئة الإنسانية بكافة خصائصها المادية وغير المادية، ويسعى إلى زيادة استدامة التدخلات الحضرية على المناطق التاريخية عبر مراعاة البيئة المبنية الحالية، والتراث غير المادي، والتنوع الثقافي، والعوامل الاجتماعية والاقتصادية والبيئية، والقيم الاجتماعية المحلية، مما يسهم في تلبية احتياجات السكان وتعزيز موارد المدينة الطبيعية والثقافية تعزيزاً مستداماً. [13]

**4-1-7. المجتمع التشاركي "The Shared Society":**

هو المجتمع الذي يقوم على توضيح مسؤوليات السكان تجاه بعضهم، وعلى احترام القيم الأخلاقية والاجتماعية كالأسرة والمواطنة والمؤسسات،[14] وتحسين المستوى المعيشي للسكان، وتمكينهم لمتابعة مسيرتهم التعليمية والثقافية، وذلك عبر الالتزام بالعدالة الاجتماعية والمساواة والإنصاف.[15]

يُلحظ من خلال مراجعة المفاهيم المختلفة المرتبطة بأنسنة المدن أن كل منها يؤكد على مجموعة من المفردات النظرية، ويوضح الجدول رقم (1) مفردات النطاق النظري للمدن الإنسانية التي تم التوصل إليها عبر هذه المراجعة، التي تظهر الخصائص المادية والاجتماعية والإدارية والبيئية والثقافية والاقتصادية لهذا المفهوم. وبناء على تحليل هذه المفاهيم يُقترح تعريف للمدينة الإنسانية بأنها: المدينة التي تسعى إلى تعزيز صحة السكان النفسية والجسدية وتعزيز شعورهم بالانتماء والاستقرار، وإيجاد بيئات محسنة واقتصاد متنوع ونظام بيئي مستقر ومستدام، وتحقيق مستويات عالية من الحوكمة والتشاركية والتماسك الاجتماعي، وتوسيع موارد المجتمع والتأكيد على القيم الأخلاقية والاجتماعية، والحفاظ على

التراث الحضري المادي وغير المادي، وتحسين إمكانية وصول السكان العادل والآمن إلى الموارد والخدمات والمرافق، والحد من الجرائم، وإحداث مراكز وتجمعات عمرانية متكاملة، وتوفير المساكن الصحية والمساحات الخضراء، والحفاظ على الموارد الطبيعية، وتحسين الكفاءة الحرارية للمباني، وإعادة تدوير النفايات والاعتماد على الموارد المتجددة كمصادر للطاقة، والعمل على تخفيف تأثير التغيرات المناخية، والاستعداد لحالات الطوارئ والاستجابة لها، والرصد والقياس المستمر لأدائها.

جدول 1 – مفردات النطاق النظري للمدن الإنسانية

| م | مفردات النطاق النظري للمدن الإنسانية | المرجع | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | الصحة الحضرية | المدن الصالحة للعيش | المدن المستدامة | المدن السعيدة | السلامة الحضرية | الحفاظ على التراث الحضري | المجتمع التشاركي |
| .1 | توافر المساحات الخضراء وترابط الفراغات الحضرية مع الطبيعة | – | √ | √ | √ | – | – | – |
| .2 | إيجاد بيئات محسنة (عمرانياً ومعمارياً) | √ | – | – | – | – | √ | – |
| .3 | توافر مساكن صحية | √ | – | – | – | – | – | – |
| .4 | توافر مباني ذات كفاءة حرارية | – | – | √ | – | – | – | – |
| .5 | توافر منظومة نقل آمنة وميسرة تتضمن محاور للمشاة وركوب الدراجات الهوائية | – | – | – | √ | √ | – | – |
| .6 | توفير مراكز وتجمعات عمرانية متكاملة وحيوية | – | √ | – | – | – | – | – |
| .7 | الحوكمة والتشاركية | √ | √ | – | √ | – | – | – |
| .8 | تعزيز القيم الأخلاقية والاجتماعية (كالعدالة الاجتماعية والمساواة والإنصاف وتوضيح مسؤوليات السكان تجاه بعضهم) | – | √ | – | √ | – | – | √ |
| .9 | التماسك الاجتماعي وإقامة الأنشطة الاجتماعية | – | – | √ | √ | √ | – | √ |
| .10 | تعزيز قدرة السكان على تحمل تكاليف الحياة (كالإسكان وغيرها) | – | – | – | √ | – | – | – |

| م | مفردات النطاق النظري للمدن الإنسانية | المرجع | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | الصحة الحضرية | المدن الصالحة للعيش | المدن المستدامة | المدن السعيدة | السلامة الحضرية | الحفاظ على التراث الحضري | المجتمع التشاركي |
| .11 | الوصول العادل والآمن إلى الموارد والخدمات والمرافق | – | – | √ | √ | – | – | – |
| .12 | تعزيز الأمن والأمان والحد من الجرائم | – | – | – | √ | √ | – | – |
| .13 | تعزيز صحة السكان النفسية والجسدية | – | – | – | √ | √ | – | – |
| .14 | توليد الشعور بالانتماء والاستقرار | √ | √ | – | √ | – | √ | – |
| .15 | إضفاء طابع من التميز على المدينة | – | – | – | √ | – | – | – |
| .16 | الحفاظ على التراث المادي وغير المادي | – | – | – | – | – | √ | – |
| .17 | الحفاظ على الموارد الطبيعية | – | √ | – | – | – | – | – |
| .18 | الاعتماد على الموارد المتجددة كمصادر للطاقة | – | – | √ | – | – | – | – |
| .19 | إعادة تدوير النفايات | – | – | √ | – | – | – | – |
| .20 | نظام بيئي مستقر ومستدام | √ | – | – | – | – | – | – |
| .21 | التخفيف من تأثيرات المناخ والتكيف معها | √ | – | – | – | – | – | – |
| .22 | توسيع موارد المجتمع، وتوفير الفرص الاقتصادية والخدمية | √ | – | – | √ | – | √ | – |
| .23 | إيجاد اقتصاد متنوع ومبتكر ذو صلة بالتراث الثقافي والبيولوجي | √ | – | – | – | – | √ | – |
| .24 | الاستعداد لحالات الطوارئ والاستجابة لها | – | – | – | – | √ | – | – |
| .25 | الرصد والقياس المستمر للأداء | – | √ | – | – | – | – | – |

المصدر: (إعداد الباحث)

### 4-2. تجارب عالمية:

يعرض هذا القسم تحليل عينة قصدية من التجارب العالمية، وذلك بهدف التركيز على السياسات الحضرية الأكثر فاعلية وتأثيراً في التحول نحو مدن إنسانية.

#### 4-2-1. تجربة مدينة جدة السعودية – زيادة تغطية المدن بالمسطحات الخضراء والساحات والأماكن العامة، ورفع معدل نصيب الفرد منها:

أطلقت وزارة الشؤون البلدية والقروية السعودية في عام 2018م مبادرة "أنسنة المدن السعودية" التي تهدف إلى دعم المدن السعودية غير المهيئة إنسانياً وتأهيلها وتهيئتها، وتحسين جودة الحياة والمشهد الحضري فيها، إذا تتلخص تطبيقات هذه المبادرة بتطوير الفراغات الحضرية الحالية، وتحويل المساحات غير المستغلة إلى مناطق وفراغات حضرية نشطة كتحويلها إلى ساحات وملاعب وحدائق وأماكن ترفيهية للاحتفالات والمهرجانات والأعياد والمناسبات، وإنشاء شبكة من ممرات المشاة. [16] وكان من أهم النتائج التي تم رصدها عبر هذه المبادرة على مستوى المملكة العربية السعودية: [17]

- زيادة تغطية المدن بالمسطحات الخضراء والأشجار، إذ بلغ العدد الإجمالي للحدائق والمنتزهات (8,328) حديقة ومنتزه بمساحة إجمالية (161.5) مليون متراً مربعاً، كما بلغ العدد الإجمالي للملاعب (5,515) ملعباً، وبلغ العدد الإجمالي للأشجار المزروعة (24) مليون شجرة، وبلغت المساحة الإجمالية للمسطحات الخضراء (222.9) مليون متراً مربعاً.
- زيادة عدد المراكز الحضارية لتصل إلى (257) مركزاً حضارياً، بنسبة نمو إجمالي (2%).
- زيادة عدد الساحات الاحتفالية لتصل إلى (649) ساحة احتفال، بنسبة نمو إجمالي (3.8%).
- ارتفاع معدل نصيب الفرد من الساحات والأماكن العامة في محافظات عدة، إذ بلغ في عام 2023م (6.16) م2 للفرد الواحد، متجاوزاً النصيب المخطط له (4.65) م2 للفرد الواحد، في حين كان خط الأساس لعام 2015م هو (3.48) م2 للفرد الواحد.

وضمن سياق مبادرة "أنسنة المدن السعودية" نفذت أمانة جدة مشاريع عدة لتعزيز أنسنة المدينة، ومنها مشروع تطوير الواجهة البحرية التاريخية بجدة على امتداد (4.5) كم وبمساحة إجمالية (730) ألف متراً مربعاً، وبقدرة استيعابية تقدر بحوالي (120) ألف نسمة، ويعد هذا المشروع أكبر مرحلة تطويرية للواجهة البحرية التاريخية للمدينة، إذ أتاح العديد من الفرص الاستثمارية الجاذبة، وتتضمن تأهيل البنية التحتية تأهيلاً كاملاً، ووفر ساحات ومناطق ترفيهية، وشواطئ رملية، ومحاور مشاة، ومسطحات خضراء، كما هو موضح بالمخطط رقم (1) حيث أضاف خدمات وعناصر لم تكن موجودة سابقاً. [18]

مخطط 1 – المخطط العام لمشروع تطوير الواجهة البحرية التاريخية بمدينة جدة

المصدر :[18] بتصرف الباحث

ويسعى المشروع إلى تعزيز مكانة جدة التاريخية كوجهة تراثية محلية وعالمية عبر استثمار تاريخ المنطقة وثقافتها وإعادة نسيجها العمراني، وخلق بيئة مستدامة تحيط بالواجهة البحرية تمثل رافد اقتصادي، وبناء وجهة جاذبة للأعمال تُمكن المبادرات الثقافية والإبداعية، وتطوير المجال المعيشي في المنطقة للسكان والسياح ورواد الأعمال، وبدأت أولى مراحل المشروع بحفر منطقة البحر التي رُدمت نتيجة التوسع العمراني في العقود الماضية، وتنظيف الموقع وإزالة البنية التحتية السابقة، ثم جرى معالجة المياه الملوثة، وانتهى المشروع ببناء ميناء لليخوت، وإنشاء المسطحات الخضراء وجسور للمشاة، والمرافق العامة بهدف إعادة بناء النسيج الحضري وتعزيز إمكانية المشي. [19]

يستنتج من هذه التجربة أن زيادة تغطية المدن بالمسطحات الخضراء والساحات والأماكن العامة تعد من السياسات الفاعلة على مستوى المدينة التي تؤكد على تعزيز البعد الإنساني وتحسين جودة حياة السكان ورفاهيتهم وصحتهم، وتحسين المشهد الحضري للمدن وتعزيز الروابط الاجتماعية فيها عبر توفير بيئة صحية مستدامة، وإنشاء الحدائق والساحات والملاعب وأماكن اللعب والترفيه وتطويرها، ويمكن رصد مدى فاعلية هذه السياسية عبر ارتفاع نسب النمو الإجمالي بعدد الساحات والأماكن العامة في المدن، وارتفاع معدل نصيب الفرد من الساحات والأماكن العامة فيها.

### 4-2-2. تجربة مدينة كوبنهاجن الدنماركية "Copenhagen" – إعادة هيكلة الطرقات والممرات الحضرية:

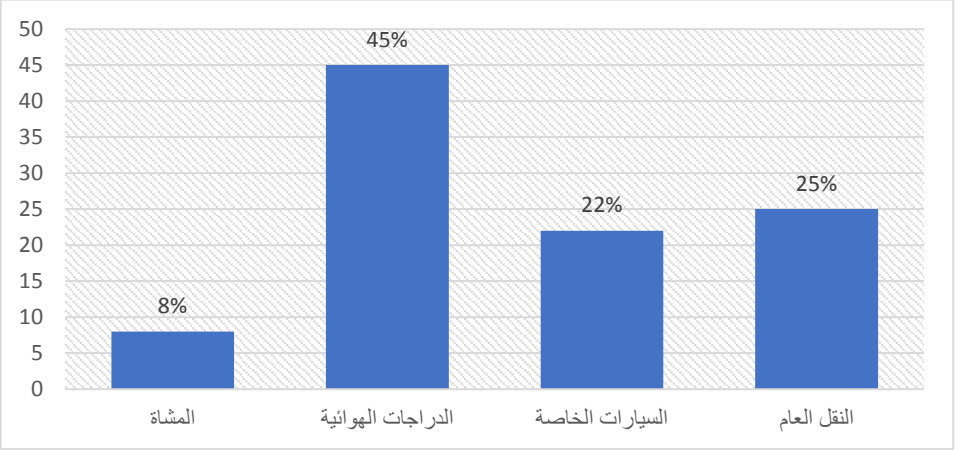
قامت مدينة كوبنهاجن الدنماركية "Copenhagen" بإعادة هيكلة شبكة طرقاتها خلال عقود عدة، حيث أوقفت حركة السيارات في محاور محددة، وأعادت تنظيمها في محاور أخرى، بهدف إيجاد ظروف مناسبة وآمنة لحركة المشاة والدراجات الهوائية، فهي تعد واحدة من أوائل المدن في أوروبا التي بادرت في الحد من حركة السيارات ومواقفها في وسط المدينة حيث بدأت في عام 1962 بعملية تدريجية لزيادة المناطق الخالية من السيارات، [20] فقد تم تحويل طرق عدة إلى محاور للمشاة، ومنها الطريق الرئيسي التقليدي"Stroget" في كوبنهاجن الموضح بالصورة رقم (1)، الذي يبلغ طوله (1.15) كم، إذ تم تحويله إلى محور للمشاة منذ عام 1962م تحسيناً للاتصال في مركز المدينة، وتنشيطاً للمحاور المنسية في المدينة والحركة التجارية فيها، وتعزيزاً للعلاقات الاجتماعية بين السكان، وتشجيعاً لهم على قضاء الأوقات في وسط المدينة. [21] وتم رصد ارتفاع عدد المشاة بنسبة (35%) خلال العام الأول من عملية التحويل، مما يدل على نجاح هذه التجربة، وفاعليتها في تعزيز البعد الإنساني في المدينة. [22]

صورة 1 – شارع Stroget في مدينة كوبنهاجن قبل وبعد تحويله إلى محور للمشاة

المصدر: [21]

ومن خلال هذه السياسة تحولت العديد من أماكن وقوف السيارات في مركز المدينة إلى فراغات حضرية تستوعب الحياة العامة للسكان، إذ زادت مساحة الفراغات العامة في المدينة بين عامي (1962 – 2005) بمقدار سبعة أضعاف لتقارب (100) ألف متر مربع. [22]

وتمكنت المدينة من تعزيز لنظام "النقل الأخضر" عبر إنجاز شبكات من مسارات الدراجات الهوائية مزودة بأرصفة للمشاة مما يجعل ركوب الدراجات أمناً، الأمر الذي تظهر نتائجه بوضوح في تضاعف حركة الدراجات الهوائية في المدينة، [23] إذ أظهرت الإحصائيات الأخيرة في عام 2022 أن (45%) من وسائل النقل المستخدمة في التنقلات إلى أماكن العمل والمؤسسات التعليمية ومنهما كانت بالدراجات الهوائية، أي أن الدراجات الهوائية هي وسيلة النقل الأكثر استخداماً كما يظهر الشكل رقم (1) علماً أن النسبة المخطط للوصول لها من قبل المدينة هي (50%) في عام 2025م.[24]




شكل 1 – توزيع رحلات الذهاب إلى أماكن العمل والتعليم والعودة منهما في مدينة كوبنهاجن حسب وسائط النقل المستخدمة عام 2022م

المصدر: [24]

يستنتج من هذه التجربة أن إعادة هيكلة الطرقات والممرات الحضرية تعد من السياسات الأكثر فاعلية على مستوى المدينة التي تؤكد على البعد الإنساني عبر زيادة الاهتمام بالمشاة وراكبي الدراجات تعزيزاً لنظام "النقل الأخضر" الذي ينعكس بفوائد ملحوظة على الاقتصاد والبيئة والحالة النفسية للسكان، فهو يقلل من استهلاك الموارد ومستويات الضوضاء، ويحد من انبعاثات السيارات. ويزيد من نشاط السكان وشعورهم بالأمان في مختلف فضاءات المدينة. ويمكن رصد مدى فاعلية هذه السياسية عبر ارتفاع عدد المشاة ضمن المحاور المعاد هيكلتها في المدن، وتضاعف حركة الدراجات الهوائية في المدن.

### 4-2-3. تجربة مدينة زيورخ السويسرية "Zurich" – التخطيط الحضري التشاركي:

انتشر التخطيط الحضري التشاركي انتشاراً واسعاً على مستوى العالم، وقد فسرته المدن بما يتناسب مع احتياجاتها النوعية، ووظفت مواردها والتكنولوجيا المتاحة لديها في سبيل تطبيقه وتسريعه. [25] وتعد الجمعيات التعاونية السكنية إحدى الجهات الفاعلة في تعزيز المنهج التنموي التشاركي لتبني أنماط حياة مستدامة. [26] ففي مدينة زيوريخ السويسرية تم إنشاء جمعية تعاونية سكنية باسم "المزيد من السكن" في منطقة هونزيجر شمال مدينة، بتمويل من قبل مجلس مدينة زيورخ و(55) جمعية تعاونية سكنية فاعلة في المدينة، بهدف إقامة مجمع سكني يحمل معايير الاستدامة البيئية والاقتصادية والاجتماعية باسم "Hunziker Areal". إذ بدأت فكرة المشروع عام 2007م بعد المناقشات المكثفة حول مستقبل الإسكان التي جرت في المدينة خلال العام ذاته. [27] وتم الانتهاء منه عام 2015م، ويتألف المشروع من (13) مبنى سكني كما هو موضح بالمخطط رقم (2)، بعدد شقق إجمالي (395) شقة سكنية، خُصص منها (10%) للجمعيات الخيرية ودور الأيتام والمنظمات غير الربحية، بالإضافة إلى وجود مرافق خدمية وتجارية، ومرافق الرعاية الصحية والاجتماعية، والعديد من المساحات الخضراء. [26] ويبلغ العدد الإجمالي لسكان المشروع (1,200) نسمة، ويبلغ العدد الإجمالي للعاملين فيه (150) موظفاً في مختلف المرافق الخدمية. [28]

مخطط 2 – المسقط العام لمشروع "Hunziker Areal" في مدينة زيورخ السويسرية

المصدر :[29]

ركز التخطيط الحضري التشاركي في هذه التجربة على تسهيل المشاركة في عملية تطوير المشروع الجديد عبر إنشاء أربع فرق العمل موضحة في الجدول رقم (2) تأكيداً على عملية صنع القرار التشاركي الشامل، إذ كانت تجتمع هذه الفرق دورياً لمناقشة ومتابعة محاور محددة، فضلاً عن عقد منتديات عامة منتظمة تجمع الفرق كافة، ويعد المشروع نموذجاً عن عملية تطوير تشاركية تعتمد على التعاون بين القطاعين العام والخاص، بالشراكة مع المؤسسات التعليمية والبحثية، والمتطوعين والمستخدمين النهائيين للمشروع، وذلك ضماناً لتوافق المشروع مع احتياجات السكان ومواكبة للأفكار والتقنيات الجديدة، وقد حصدت عملية تطوير المشروع فوائد التخطيط الحضري التشاركي التي تمكن من الالتزام بشكل أفضل بالمشروع وجودة أعلى للمستخدمين. [26]

جدول 2 – فرق مشروع "Hunziker Areal" ومحاور عملها ومواعيد اجتماعاتها وأعضائها

| م | فرق المشروع | محاور العمل والنقاش | مواعيد الاجتماعات | الأعضاء |
|---|---|---|---|---|
| .1 | فريق المواضيع التقنية | الاستفادة من موارد الحي والاقتصاد والبيئة والتكنولوجيا. | اجتماع شهري | 50 مشارك من التعاونيات المؤسسة وموظفي مشروع المزيد من السكن |
| .2 | فريق غرف الصدى "Echo Rooms" | تقنيات البناء المستدام والطاقة، استخدامات الطوابق الأرضية، ومجالات التطوع في المشروع. | مرتين في السنة | مفتوحة للجمهور، لها محاور خارجي، الجهات الفاعلة الخارجية، كالمؤسسات التعليمية والبحثية (جامعات، المدارس، ومعاهد) |
| .3 | فريق المتطوعون | الاستدامة في منطقة هونزيكر، التوريد الإقليمي، الزراعة الحضرية، العيش مع كبار السن | مرتين في السنة | متطوعون من المنظمات غير الرسمية، والشركاء التعاونيين |
| .4 | فريق لجنة الحي | العمل على المكتبة العامة والموقع العام، مصادر الخضروات الإقليمية. | اجتماع شهري | أعضاء لجنة الحي |

المصدر: إعداد الباحث استناداً إلى [26]

ويعد المشروع مهماً للأسباب التالية: [26]

- كونه مساحة تجريبية لتطبيق آليات التخطيط الحضري التشاركي وحلول السكن المستقبلي المستدام واختبارها والاستفادة منها، وقد أظهرت نتائج المشروع درجة عالية من التشاركية في كافة مراحل تطوير المشروع.
- تم تنفيذ المشروع عبر صيغة تمويل مشتركة من قبل مجموعة كبيرة من الجمعيات التعاونية سويسرية ومجلس مدينة زوريخ، مما أظهر فوائد إضافية للتخطيط الحضري التشاركي.
- حمل المشروع أحد التوجهات الحضرية في سويسرا وهو الوصول إلى مجمع "2,000 Watt"[1] الذي يسعى للوصول إلى مجتمع يستهلك ما تسمح به احتياطيات الطاقة العالمية فقط دون الإضرار بالبيئة، وذلك عبر استخدام المواد والتقنيات الجديدة وتوفير البنية الأساسية اللازمة لذلك.

فازت جمعية المزيد من السكن "More than Housing" بجائزة الموئل العالمية "World Habitat Award"[2] لعام 2016 وبحسب إعلان الجائزة يعد مشروع الجمعية من أكثر برامج الإسكان التعاوني تعزيزاً للتنوع الاجتماعي والاستدامة البيئية في أوروبا، إذ يتم توفير السكن المناسب وبأسعار معقولة لمجموعة واسعة من السكان من خلفيات متنوعة عبر الإدارة المجتمعية والتعاون بين مجموعة كبيرة من الجمعيات التعاونية السكنية في زيوريخ. [30]

[1] أي 2,000 واط استهلاك الفرد من الطاقة مقارنة بالمتوسط العام في سويسرا لاستهلاك الفرد من الطاقة 5,000 واط.

[2] تأسست جائزة الموئل العالمية في عام 1985 من قبل الأمم المتحدة بهدف تسليط الضوء على الأفكار والمشاريع والبرامج الإسكانية المتميزة في العالم، وعلى المساهمات البارزة في مجال توفير السكن وجودة الحياة الحضرية، وتنمية المستوطنات البشرية وتحسينها.

يلحظ من خلال التجربة السابقة أن التخطيط الحضري التشاركي هو سياسة حضرية فعالة للانتقال إلى مدن إنسانية عبر تعزيز دور السكان داخل المدن، إذ أظهرت التجربة تطبيقاً لهذه السياسة داخل الجمعيات السكنية التعاونية غير الربحية، ووصلت إلى نتائج إيجابية ضمن سياق التحول إلى مدن إنسانية فيما يتعلق بتحقيق تنمية حضرية مستدامة، وزيادة رأس المال الاجتماعي، وتعزيز مشاركة السكان في كافة مراحل المشروع كالتخطيط والتنفيذ والإدارة، وبالتالي تعزيز البعد الإنساني عبر الممارسة التشاركية المباشرة في توفير السكن وتشكيل سياسات الإسكان. ويمكن رصد مدى فاعلية هذه السياسية عبر تنوع الفئات الاجتماعية الداخلة في العملية التشاركية، وتوافر القنوات الخاصة بهم لمناقشة محاور محددة ومتابعتها دورياً.

### 4-2-4. تجربة مدينة بوردو الفرنسية "Bordeaux" – الحفاظ على التراث الحضري وإدارته بشكل مستدام:

تقع مدينة بوردو في جنوب غرب فرنسا على نهر غارون "la Garonne"[3]، على بعد (557) كم جنوب غرب العاصمة الفرنسية باريس.[31] تم إدراج مدينة بوردو الفرنسية على قائمة التراث العالمي في عام 2007م، لتحقيقها المعيارين الثاني[4] والرابع[5] من المعايير العالمية العشرة للإدراج ضمن قائمة التراث العالمي حسب منظمة اليونيسكو، إذ تمتلك المدينة ميناءاً تاريخياً أعطاها دوراً إنسانياً واقتصادياً مهماً على المستويين الإقليمي والدولي كمركز لتبادل القيم الإنسانية، وللتبادل التجاري في الوقت ذاته، مما شكل حالة استثنائية

[3] يمر نهر الغارون (la Garonne) في جنوب غرب فرنسا ويعبر مدن عدة ومنها مدينة بوردو، يبلغ طوله (647) كم إذ ينبع من جبال البرانس في إسبانيا ويصب في المحيط الأطلسي، وكان يشكل في الماضي محوراً رئيسياً للنقل في تلك المنطقة.

[4] المعيار الثاني: أن يُظهر الموقع تبادلاً مهماً للقيم الإنسانية، على مدى فترة زمنية أو ضمن منطقة ثقافية من العالم، حول التطورات في الهندسة المعمارية أو التكنولوجيا، أو الفنون الأثرية، أو تخطيط المدن أو تصميم المناظر الطبيعية.

[5] المعيار الرابع: أن يكون الموقع مثالًا بارزًا لنوع من المباني أو المجموعات المعمارية أو التكنولوجية أو المناظر الطبيعية التي توضح تحفة فنية من إبداعات الإنسان؛ مرحلة (مراحل) مهمة في تاريخ البشرية.

من تبادل القيم الإنسانية لأكثر من ألفي عام، وساهم في ازدهار المدينة وتطورها معمارياً وعمرانياً تطوراً استثنائياً منذ العصر الروماني حتى الوقت الحاضر، ويظهر ذلك عبر مراجعة المراحل المتلاحقة لبناء المدينة وتوسعتها وتطورها المستمر، وقد ساهمت المخططات التنظيمية التي وضعت للمدينة منذ مطلع القرن الثامن عشر، وما تم اتخاذه من إجراءات للحفاظ على التراث الحضري للمدينة وإدارته في إظهار المدينة كنموذج للتيارات الكلاسيكية والنيو كلاسيكية، ومنحتها تجانساً معمارياً وعمرانياً مبرزة البعد الإنساني والثقافي فيها. [32] ويظهر المخطط رقم (3) حدود المنطقة التاريخية المسجلة على قائمة التراث العالمي من مدينة بوردو الفرنسية، وتبلغ مساحة المنطقة المسجلة (1,810) هكتار من أصل (4,455) هكتار في المدينة. [33]

مخطط 3 – حدود المنطقة التاريخية المسجلة على قائمة التراث العالمي من مدينة بوردو الفرنسية عام 2007م

المصدر: [33] (بتصرّف)

وقد ارتكزت سياسة الحفاظ على التراث الحضري وإدارته بشكل مستدام في هذه التجربة على الدمج بين مبادئ عدة كالحفاظ على التراث، والتنمية الاقتصادية والاجتماعية، وتعزيز التراث التاريخي والثقافة الحية، وتحسين جودة الحياة، عبر مجموعة من الخطط الحضرية والقوانين والأنظمة الخاصة بحماية المعالم والمناطق الأثرية. [34] التي تسهم في توليد القيم الاقتصادية والاجتماعية والثقافية والبيئية للمدينة، وزيادة المزج الاجتماعي والوظيفي فيها، وإعادة تأهيل فراغاتها العامة، وحماية تنوعها البيولوجي، والحد من استهلاك الطاقة، وتوليد شعور الانتماء للمكان، والحفاظ على التراث الحضري والقيم الإنسانية، وتنشيط مركز المدينة التاريخي وتطويره تطويراً مستداماً بما يضمن نقل التراث المادي وغير المادي إلى الأجيال القادمة، [35] حيث تم تغطية معظم المعالم والمناطق الأثرية في المدينة الموضحة بالمخطط رقم (4) بالخطط والقوانين والأنظمة الخاصة بحماية المعالم والمناطق الأثرية التالية:

- قانون حماية الآثار والمعالم التاريخية الفرنسي الصادر عام 1913م الذي تم بوجبه تسجيل (347) مبنى في مدينة بوردو كمبنى أثري لأهميته التاريخية أو المعمارية أو الفنية، وتعد مدينة بوردو ثاني المدن الفرنسية بعد العاصمة الفرنسية باريس بعدد المباني الأثرية المحمية. [35]
- قانون المناطق العازلة "Buffer Zones" للمعالم التاريخية الفرنسي الصادر عام 1943م الذي تم بموجبه تحديد مناطق العزل والحماية للمباني والمعالم الأثرية، وتمتد هذه المناطق بنصف قطر (500) متر من مركز المبنى الأثري، مع مراعاة الانسجام مع المحيط الحضري. [35]
- قانون مالرو الفرنسي "Malraux Law" الصادر عام 1962م الذي يعد أول قانون تخطيطي مفصل للحفاظ على المناظر الطبيعية الحضرية وتعزيزها، من أجل الحفاظ على العمارة التاريخية والقيم الحضرية، وبموجب هذا القانون تم الحفاظ على ما يقارب (150) هكتاراً من المركز التاريخي للمدينة، إذ تم وضع حدود هذه المنطقة المحمية عام 1967م، وتم إقرار خطة الحفاظ عليها وترميمها عام 1988م التي ركزت على تعزيز الأهمية الدولية للمركز التاريخي للمدينة عبر الحفاظ على طابعه التاريخي والتراثي، والسماح بتطويره دون المساس بقيمته التاريخية، إذ

فرضت ضوابط صارمة على جميع الأعمال التي يتم تنفيذها فيه. [35] وقد تم تحديث هذه الخطة وتطويرها مرات عدة أخرها كان في عام 2022م، وتضمن التحديث الأخير التأكيد على إبراز التراث الحضري للمدينة كعنصر مركزي في المشروع الحضري للمدينة، والحفاظ على القيمة التاريخية والأثرية للمنطقة المدرجة على قائمة التراث العالمي عام 2007م، وتحديد مستويات حماية المباني الأثرية وضوابطها، وموائمة التراث التاريخي والمعماري والحضري والمناظر الطبيعية للمركز التاريخي لبوردو ، وتكييفه مع تطوير المدينة وتحسين قابليتها للعيش والسكن والعمل وإقامة الأنشطة التجارية، وتعزيز جودة الأماكن العامة والمناظر الطبيعية الحضرية، وتجميل مرافق المدينة مرافقها، توطين الحداثة داخل المركز التاريخي، ورفع السوية المعمارية في المباني القديمة والجديدة، وتحقيق المتطلبات البيئية، وتعزيز التراث المستدام. [36]

- خطة التنظيم الحضري المحلية لمدينة بوردو التي تم الموافقة عليها عام 2006، إذ تناولت أكثر من (40) ألف قطعة أرض وفراغ عام في المدينة، وحددت إجراءات الحفاظ عليها وتطويرها، وعبر هذه الخطة تمكنت المدينة من إنجاز عملية تحول حضرية مستدامة خلال ما يقارب العشرون عام، بالتزامن مع الحفاظ على التراث الحضري وإدارته، عبر مرحلتين، إذ هدفت المرحلة الأولى إلى تحسين المشهد الحضري للمدينة عبر تنفيذ شبكة الترام، وإنشاء مناطق للمشاة في المركز التاريخي، وإعادة الاتصال المكاني والثقافي للنظام الحضري مع نهر غارونا، مع التركيز على تأهيل الفراغات العامة، وتم الانتهاء من هذه المرحلة في عام 2008، أما المرحلة الثانية فتهدف إلى زيادة الجاذبية الإقليمية لمدينة بوردو التاريخية عبر تعزيز صورة بوردو على المستوى الدولي وفي الوقت نفسه من خلال خلق قطبية حضرية جديدة، ضمن هدف الاستدامة العالمي. إضافة إلى تحسين شبكة الترام التي تؤدي إلى تحقيق الأداء البيئي الجديد العالي، وتجديد المركز الحضري التاريخي وتحسين الكفاءة البيئية والطاقة. [35]

مخطط 4 – المعالم والمناطق الأثرية في مدينة بوردو الفرنسية الخاضعة للخطط والقوانين والأنظمة الخاصة بحماية المعالم والمناطق الأثرية

المصدر: [35] [36]

تظهر هذه التجربة جهود مدينة بوردو لتبقى مدينة تاريخية إنسانية مستدامة قابلة للعيش، على الرغم من ارتفاع مستوى الحماية فيها. إذ أن معظم معالم المدينة ومناطقها محمية بشكل يضمن الحفاظ على التراث الحضري ويمنع أي نوع من أنواع التغيير فيه. ويلحظ عبر هذه التجربة تقارب واضح بين أنسنة المدن وسياسة الحفاظ على التراث الحضري وإدارته بشكل مستدام، إذ تقوم التجربة على الدمج بين مبادئ عدة كالحفاظ على التراث، وتحقيق الاستدامة والتنمية الاقتصادية والاجتماعية، وتحسين جودة الحياة، وتعزيز القيم الإنسانية والثقافية، مما يسهم في توليد شعور الانتماء للمكان، وتوليد القيم الاقتصادية والاجتماعية والثقافية والبيئية للمدينة، وزيادة المزج الاجتماعي والوظيفي فيها، وإعادة تأهيل فراغاتها العامة، وحماية تنوعها البيولوجي، والحفاظ على تاريخها وهويتها وتراثها الحضري، وتنشيط المدينة وتطويرها تطويراً مستداماً يضمن نقل تراثها المادي وغير المادي إلى الأجيال القادمة، ويمكن ملاحظة فاعلية هذه السياسة في الوصول إلى مدن إنسانية عبر قدرة المدينة على تكييف إجراءاتها وخططها في الحفاظ على التراث الحضري مع تحقيق

التنمية الاقتصادية والاجتماعية، وتعزيز القيم الثقافية والإنسانية العالمية للمدينة وتحسين جودة الحياة فيها.

## 5. الاستنتاجات والتوصيات:

5-1. أظهرت مراجعة المفاهيم المختلفة المرتبطة بأنسنة المدن مجموعة من المفردات النظرية المترابطة والمتداخلة، التي كشفت عن الخصائص المادية والاجتماعية والإدارية والبيئية والثقافية والاقتصادية لمفهوم المدن الإنسانية. إذ تم التوصل إلى تعريف للمدينة الإنسانية بأنها المدينة التي تسعى إلى تعزيز صحة السكان النفسية والجسدية وتعزيز شعورهم بالانتماء والاستقرار، وإيجاد بيئات محسنة واقتصاد متنوع ونظام بيئي مستقر ومستدام، وتحقيق مستويات عالية من الحوكمة والتشاركية والتماسك الاجتماعي، وتوسيع موارد المجتمع والتأكيد على القيم الأخلاقية والاجتماعية، والحفاظ على التراث الحضري المادي وغير المادي، وتحسين إمكانية وصول السكان العادل والآمن إلى الموارد والخدمات والمرافق، والحد من الجرائم، وإحداث مراكز وتجمعات عمرانية متكاملة، وتوفير المساكن الصحية والمساحات الخضراء، والحفاظ على الموارد الطبيعية، وتحسين الكفاءة الحرارية للمباني، وإعادة تدوير النفايات والاعتماد على الموارد المتجددة كمصادر للطاقة، والعمل على تخفيف تأثير التغيرات المناخية، والاستعداد لحالات الطوارئ والاستجابة لها، والرصد والقياس المستمر لأدائها.

5-2. أظهرت التجارب التي تم عرضها وتحليلها في البحث أن التحول نحو مدن إنسانية يتطلب تحديد أهداف استراتيجية قابلة للقياس خلال فترات زمنية محددة مع بذل الجهود النوعية لبلوغ تلك الأهداف، والرصد المستمر للأداء. كما أظهرت التجارب تركيزاً على السياسات الحضرية الأكثر فاعلية وتأثيراً في التحول نحو مدن إنسانية التي يمكن رصد مدى فاعليتها عبر التحقق من توافر عناصر محددة أو عبر قياس مؤشرات محددة، إذ تمكنت التجارب من الوصول إلى نتائج إيجابية مؤثرة وملموسة على صعيد أنسنة المدن. ويظهر الجدول رقم (3) السياسات الحضرية

الأكثر فاعلية في التحول نحو مدن إنسانية التي تم رصدها في البحث، وأهدافها المباشرة، ومؤشرات التحقق من فاعليتها وعناصره.

جدول 3 – السياسات الحضرية الأكثر فاعلية في التحول نحو مدن إنسانية، وأهدافها المباشرة، ومؤشرات التحقق من فاعليتها وعناصره

| م | السياسة الحضرية | التجربة | الأهداف المباشرة | مؤشرات التحقق من الفاعلية وعناصره |
|---|---|---|---|---|
| 1. | زيادة تغطية المدن بالمسطحات الخضراء والساحات والأماكن العامة | مدينة جدة السعودية | • تحسين جودة حياة السكان ورفاهيتهم وصحتهم.<br>• تحسين المشهد الحضري للمدن<br>• توفير بيئة صحية مستدامة في المدن<br>• تعزيز الروابط الاجتماعية في المدن<br>• إنشاء الحدائق والساحات وممرات المشاة والملاعب وتطويرها. | • ارتفاع نسب النمو الإجمالي بعدد الساحات والأماكن العامة في المدن.<br>• ارتفاع معدل نصيب الفرد من الساحات والأماكن العامة في المدن |
| 2. | إعادة هيكلة الطرقات والممرات الحضرية | مدينة كوبنهاجن الدنماركية "Copenhagen" | • زيادة الاهتمام بالمشاة وراكبي الدراجات<br>• خفض استهلاك الموارد ومستويات الضوضاء، والحد من انبعاثات السيارات.<br>• زيادة نشاط السكان وشعورهم بالأمان في المدينة. | • ارتفاع عدد المشاة ضمن المحاور المعاد هيكلتها في المدن.<br>• تضاعف حركة الدراجات الهوائية في المدن. |
| 3. | التخطيط الحضري التشاركي | مدينة زيورخ السويسرية "Zurich" | • إعطاء الأولوية لمشاركة السكان في تشكيل مساحاتهم المادية والاجتماعية وتطويرها، ومعالجة مشاكل مدنهم،<br>• تعزيز الروابط بين الأحياء،<br>• تطوير علاقات جديدة بين السكان وبيئاتهم الحضرية | • تنوع الفئات الاجتماعية الداخلة في العملية التشاركية<br>• توافر القنوات الخاصة بهم لمناقشة محاور محددة ومتابعتها دورياً. |
| 4. | الحفاظ على التراث الحضري وإدارته بشكل مستدام | مدينة بوردو الفرنسية "Bordeaux" | • توليد شعور الانتماء للمكان،<br>• الحفاظ على تاريخ المدينة وهويتها وتراثها المعماري والعمراني.<br>• تطوير المدينة تطويراً مستداماً يضمن نقل التراث المادي وغير المادي إلى الأجيال القادمة.<br>• إعادة تأهيل الفراغات العامة، وحماية التنوع البيولوجي.<br>• توليد القيم الاقتصادية والاجتماعية والثقافية والبيئية للمدينة.<br>• زيادة المزج الاجتماعي والوظيفي في المدينة. | • قدرة المدينة على تكييف إجراءاتها وخططها في الحفاظ على التراث الحضري مع تحقيق التنمية الاقتصادية والاجتماعية، وتعزيز القيم الثقافية والإنسانية العالمية للمدينة وتحسين جودة الحياة فيها |

المصدر: إعداد الباحث

3-5. يوصي البحث مختلف الإدارات المحلية بما يلي:

- توعية الفئات الاجتماعية والأكاديمية والحكومية والاقتصادية بممارسة الدور المساعد والفعال في التحول نحو مدن إنسانية باعتبارها عملية تسعى لتحقيق التنمية الحضرية والاجتماعية والإدارية والبيئية والثقافية والاقتصادية الشاملة.
- التركيز على التحول نحو مدن إنسانية كهدف رئيسي للتخطيط الحضري واعتماده سمة لخطط التنمية الحضرية الحالية، والاستفادة من التجارب العالمية التي تم تحليلها في البحث.
- تحديد أهداف استراتيجية قابلة للقياس ضمن نطاق التحول نحو مدن إنسانية وبذل الجهود الحثيثة لبلوغ تلك الأهداف، مع الرصد المستمر للأداء، والمراجعة الدورية لضمان تحديد المعوقات المتعلقة بالتحول نحو مدن إنسانية ومعالجتها.
- اعتماد السياسات الحضرية التي تم رصدها في البحث، واعتبارها إطار عمل فعال ومؤثر في التحول نحو مدن إنسانية، وتنفيذ مشاريع ومبادرات محددة استناداً إلى هذه السياسات بما يتناسب مع خصوصية كل منطقة حضرية ويعكس التوجه المعاصر للمدينة الإنسانية ونطاقها وخصائصها.

## 6. المراجع:

[1] GEHL J and SVARRE B, 2010 - **The Human Dimension: A Sustainable Approach to City Planning**, City Planning Institute of Japan. Issue 285.

[2] GULLIVER K, 2017 - **Human City Manifesto**, Human City Institute, Birmingham.

[3] ARGENT ST GEORGE, 2001 - **Principles for a human city**, Argent St George, London.

[4] TAKANO T, 2003 - **Healthy Cities and Urban Policy Research**, London.

[5] MILAN O. H.; LEEUW E.; HUNG L. S.; CHOI L. C. and HAY C. Y., 2007 - **Building Healthy Cities- Guidelines for implementing a Healthy Cities Project in Hong Kong**, the World Health Organization.

[6] ILLMAN S, 2013 - **Public Health and Landscape: Creating healthy places**, Landscape Institute, London.

[7] World Health Organization, 2017 – **Healthy Cities**, World Health Organization. [online] Available: http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/urban-health/activities/healthycities/

[8] TIMMER V. and SEYMOAR N. K., 2006 - **The Livable City**, THE WORLD URBAN FORUM.

[9] JOSS S., 2015 - **Sustainable Cities: Governing for Urban Innovation**, Palgrave Macmillan, London.

[10] THE GLOBAL COUNCIL FOR HAPPINESS AND WELLBEING, 2019 - Happy Cities Agenda," in **Global Happiness and Wellbeing Policy Report**, Sustainable Development Solutions Network, New York, pp. 112-135.

[11] UNITED NATIONS, 2013 - **New Urban Agenda**, United Nations.

[12] ROBERTS J., 2018 - **Urban Safety Project: Urban Safety and Security in Myanmar**, The Asia Foundation.

[13] UNESCO, 2013 - **New life for historic cities: the historic urban landscape approach explained**, UNESCO.

[14] MAY T., 2017 - **The shared society**, The Spectator. [online]. Available: https://www.spectator.co.uk/article/what-does-theresa-may-s-shared-society-really-mean/

[15] COX J., 2015 - **Sustainability and a Good Society**, Compass, London.

[16] SAUDI MINISTRY OF MUNICIPALITIES AND HOUSING, 2024 - **Humanizing Cities**, Saudi Ministry of Municipalities and Housing [Online]. Available: https://momah.gov.sa/ar/initiatives/humanizing-cities

[17] SAUDI ARABIA'S VISION 2030, 2024 - **Annual Report of the Quality-of-Life Program 2023**, Saudi Arabia's Vision 2030.

[18] JEDDAH MUNICIPALITY, 2021 - **Jeddah Waterfront**, Jeddah Municipality [Online]. Available: https://www.jeddah.gov.sa/Projects/JW/index.php

[19] JEDDAH HISTORIC DISTRICT, 2024 - **Historic Jeddah Waterfront Regeneration Initiative**, Jeddah Historic District. [Online]. Available: https://jeddahalbalad.sa/ar/our-nitiatives/historic_jeddah_waterfront-regeneration-initiative

[20] GEH J. and GEMZOE L., 2004 - **Public Spaces Public Life, Copenhagen, 3rd ed**, The Danish Architectural Press, Copenhagen.

[21] GLOBAL STREET DESIGN GUIDE, 2024 - **Pedestrian Only Streets: Case Study | Stroget, Copenhagen,** Island Press. [Online]. Available: https://globaldesigningcities.org/publication/global-street-design-guide/streets/pedestrian-priority-spaces/pedestrian-only-streets/pedestrian-streets-case-study-stroget-copenhagen./

[22] GEHL J.; GEMZOE L.; KIRKNAS S. and STERNHAG B., 2006 - **New City Life**, The Danish Architectural Press, Copenhagen.

[23] CITY OF COPENHAGEN, 2009 - **Copenhagen City of Cyclists: Bicycle Account 2008**, City of Copenhagen, Copenhagen.

[24] CITY OF COPENHAGEN, 2023 - **Mobility statement 2023**, City of Copenhagen, Copenhagen.

[25] GATTUPALLI A., 2013 - **Participatory Planning: Shaping Cities through Community Engagement**. [online]. Available: https://www.archdaily.com/1009635/participatory-planning-shaping-cities-through-community-engagement

[26] PURTIK H., ZIMMERLING E. and WELPE I., 2016 - Cooperatives as catalysts for sustainable neighborhoods: a qualitative analysis of the participatory development process toward a 2000-Watt Society, **Journal of Cleaner Production**, Vol. 134, 1–16

[27] BOROWSKI T., 2016 - The Founding of More Than Housing, in **More than housing: cooperative planning—a case study in Zurich, Basel, Birkhäuser,** Birkhäuser Verlag, Basel.

[28] MCMASTER J, 2016 - **Mehr als Wohnen Residential**, https://dac.dk/en/knowledgebase/architecture/mehr-als-wohnen/

[29] MEHR ALS WOHNEN, 2013 - **Mehr als wohnen**, [online]. Available: www.mehralswohnen.ch

[30] WORLD HABITAT, 2017 - **World Habitat Awards 2016 winners announced**, World Habitat. [online]. Available: https://world-habitat.org/news/news-updates/world-habitat-awards-2016-17-winners-announced/

[31] LAROUSSE, 2018 - **Bordeaux**, [online]. Available: https://www.larousse.fr/encyclopedie/ville/Bordeaux/109466.

[32] UNESCO, 2007 - **Decision 31 COM 8B.38 Nomination of natural, mixed and cultural properties to the world heritage list - Bordeaux, Port of the Moon**, UNESCO. [online]. Available: https://whc.unesco.org/en/decisions/1337./

[33] VILLE DE BORDEAUX, 2007- **Inscription on the World Heritage List**, Ville De Bordeaux. [online]. Available: https://www.bordeaux.fr/p15366/l-inscription-sur-la-liste-du-patrimoine-mondial

[34] VILLE DE BORDEAUX, 2024 - **Monitoring the development of Bordeaux**, Ville De Bordeaux. [online]. Available: https://www.bordeaux.fr/p15367/le-suivi-de-la-mise-en-valeur-de-bordeaux

[35] APPENDINO F, 2017 - Balancing Heritage Conservation and Sustainable Development – The Case of Bordeaux, **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, Vol. 245 (6), 1-10.

[36] VILLE DE BORDEAUX, 2022 - **Bordeaux Safeguarding and Enhancement Plan**, Ville De Bordeaux. [online]. Available: https://www.bordeaux.fr/p136321/plan-de-sauvegarde-et-de-mise-en-valeur

# معالجة المياه الناتجة عن مصافي النفط (مصفاة حمص)

**م.هناء جرجس/عضو هيئة فنية– جامعة حماه**

**د.م نوفة جمعة/عضو هيئة تدريسية– جامعة الفرات**

**الملخص**

يهدف البحث إلى دراسة مشكلة التلوث الناتج عن مياه صرف مصفاة حمص، وإيجاد حل جديد ومتكامل لمعالجة هذه المياه بطريقة آمنة واقتصادية وقابلة للتطبيق العملي، تتضمن المعالجة المقترحة للمياه الخارجة من أحواض فصل الزيوت ثلاث مراحل:

التخثير الكهربائي.

الأكسدة بالماء الأوكسجيني وبوجود وسيط متجانس من شوارد الحديدي $Fe^{+2}$ الامتزاز على الفحم المنشط.

وقد أظهرت النتائج مايلي:

– إن أعلى نسبة تخفيض COD % =86% باستخدام (0.2g) من شوارد الحديدي و(4ml) ماء أوكسجيني لعينة من المياه الملوثة حجمها (100ml)، كما بلغت أعلى نسبة تخفيض Phenols %=83.5 باستخدام (1g) من شوارد الحديدي $Fe^{+2}$ و(4ml) ماء أوكسجيني لعينة من المياه الملوثة حجمها (100ml).

– إن تطبيق آلية التخثير الكهربائي ومن ثم تطبيق الامتزاز على الفحم المنشط أعطى نسبة تخفيض (COD=95.34%) ونسبة تخفيض (Phenols=99.98%) وهذه النتائج مهمة جداً وواعدة في حال تم تطبيق هذه التقنيات الحديثة للمعالجة على مياه صرف المصافي النفطية.

الكلمات المفتاحية: مصافي النفط– تخثير كهربائي– أكسدة– امتزاز

# Treating oil refineries wastewater

**E.Hanaa gerges**
**Dr.Nofa gomah**

**Summary**

The goal of this research is studying the oil refineries wastewater and finding new integrated solution to treat it in a safe, economical and practically applicable way.
The proposed treatment of the water coming out of the oil separation basins includes:
Electrocoagulation.
Oxidation with oxygenated water and in the presence of a homogeneous medium of iron ions. $Fe^{+2}$
Adsorption on activated carbon.
The result show that:
- The higher reduction ( COD % =86%) when we used( 0.2g) $Fe^{+2}$ with (4 ml) $H_2O_2$ for sample it volume (100 ml).
The higher reduction (Phenols %=83.5%) when we used (1g) $Fe^{+2}$ with (4 ml) $H_2O_2$ for sample it volume (100 ml).
-The higher reduction (COD=95.34%) (Phenols=99.98%)with Electrocoagulation before Adsorption on activated carbon
These results are very important and promising if these modern treatment techniques are applied to oil refinery wastewater.

Key words: oil refineries- Electrocoagulation-Oxidation- Adsorption

## 1- مقدمة:

تعد المصافي النفطية من المصادر الهامة لتلوث المياه بالنفط وذلك بسبب استهلاكها كميات كبيرة من المياه التي يتم التخلص منها في البحار أو الأنهار. إن صرف المياه الملوثة الناتجة عن المصافي النفطية في الأنهار أو البحار أو البرك يسبب أضراراً كبيرة على البيئة وعلى صحة الإنسان، تمر المعالجة التقليدية للمياه الناتجة عن مصافي النفط بثلاث مراحل (فيزيائية- كيميائية- بيولوجية)، وقد ينتج عن هذه المعالجة مياه غير مطابقة للمواصفات القياسية العالمية، لذلك تم التوجه حديثاً إلى تدعيم المعالجة التقليدية وذلك بعد خروج المياه من أحواض فصل الزيوت (معالجة بيولوجية) باستخدام طرق مثل التخثير الكهربائي وعمليات الأكسدة الكيميائية المتقدمة والامتزاز على الفحم المنشط (الفحم الفعال) [9].

## 2- هدف البحث:

الهدف من البحث دراسة مشكلة التلوث الناتج عن مياه صرف مصفاة حمص، وإيجاد حل جديد ومتكامل لمعالجة هذه المياه بطريقة آمنة واقتصادية وقابلة للتطبيق العملي، وتحقق المواصفات القياسية السورية والعالمية، بحيث يمكن استخدامها للري أو إعادة التدوير في المنشأة أو الصرف في المصبات المائية.

## 3- مواد وطرق البحث:

### 3-1 منطقة الدراسة (مصفاة حمص) :

تضم مصفاة تكرير النفط في حمص عدداً من المديريات التي بدورها تضم كل منها عدد من الوحدات الإنتاجية والوحدات المساعدة بهدف الحصول على أفضل مردود للمنتجات وفق المواصفة القياسية، نذكر من هذه الوحدات:

- وحدة التقطير.
- وحدة التفحيم.

- وحدة إنتاج الهيدروجين.
- وحدات الهدرجة.
- وحدات تحسين النفتا.
- وحدات التحلية.
- وحدات إنتاج الكبريت.

يوجد في الشركة وحدات أخرى مساعدة مهمتها تقديم المستلزمات اللازمة لعمل الوحدات الإنتاجية، نذكر منها وحدات إنتاج الهيدروجين – وحدة الغاز الطبيعي– وحدة إنتاج المذيبات – قسم المخابر و غيرها من الأقسام .

**يخضع النفط لعدة عمليات أساسية لتكريره** والحصول عل المنتجات المختلفة له وهي:

1- التكسير الحراري Thermal Cracking:

يتم في وحدات التكسير الحراري تكسير الأجزاء الهيدروكربونية الثقيلة إلى أجزاء أخف منها بتعريضها إلى درجات حرارة عالية دون استخدام وسيط. تتطلب وحدات التكسير الحراري مياهاً للتبريد و بخاراً لفصل وكسح المنتجات من الأبراج عن التيار الجانبي وهذا يستلزم وجود مكثفات عليا ونظام تجميع لفصل مياه الصرف الناتجة. تحتوي مياه الصرف الخارجة من هذه الوحدات عادةً على كميات من النفط، كما يمكن أن تملك قيماً مرتفعة لمتغيرات pH ، و تركيزي COD و BOD وكذلك تركيز النشادر وتراكيز الفينولات والسلفيدات.

2- التكسير الوسيطي Catalytic Cracking:

تتطلب عمليات التكسير الوسيطي أيضا كميات كبيرة من المياه، وتعتبر هذه الوحدات أحد أكبر مصادر المياه الحمضية في المصفاة والقادمة من كاسحات البخار ومن مجمعات المنتجات النفطية العليا.

تتكون الملوثات الرئيسة الناتجة عن هذه العمليات من BOD والأجزاء النفطية والسلفيدات والفينولات والسيانيدات.

3- التحسين الوسيطي Catalytic Reforming:

يتم في عملية التحسين الوسيطي تحويل السلاسل الهيدروكربونية النظامية إلى مركبات حلقية (جزيئات عطرية ذات أوكتان عالي ) باستخدام وسيط البلاتين. تعتبر هذه العملية نظيفة نسبياً، حيث أن مياه الصرف الخارجة من الوحدة ذات محتوى صغير نسبيا من الملوثات.

4- الهدرجة Hydro treating:

تتم في هذه الوحدات هدرجة المركبات الهيدروكربونية لإزالة الكبريت والنتروجين والأكسجين والهالوجينات منها وتحويل الأوليفينات (المركبات الهيدروكربونية غير المشبعة) إلى هيدروكربونات مشبعة [ 6،8 ].

**يمكن تصنيف المياه الناتجة عن هذه الوحدات والأقسام** (مياه صرف حسب المصدر وحسب نوعية الملوثات) إلى عدة أنواع هي:

• مياه صرف كبريتية:

هي مياه صرف من العمليات والتي تحوي إلى جانب الزيوت النفطية على NaHS، $H_2S$, $Na_2S$ ، السيانيدات والفينولات. وهذه الملوثات بشكل عام تنتج عن مياه تكثيف البنزين ونزع الأملاح من النفط وغسيل البنزين والغاز المسال .

• مياه صرف زيتية :

هي مياه عمليات أيضاً تتواجد في خزانات النفط والمشتقات النفطية، ومياه التبريد المياه السطحية الملوثة بالمشتقات النفطية.

• مياه التبريد:

هي مياه الصرف الناتجة عن مضخات التبريد والضواغط ( وهي مياه نظيفة نسبياً ويمكن طرحها أو إعادة استخدامها ).

• المنصرفات الكيميائية والرواسب :

تتمثل هذه المنصرفات بتلك الحاوية على مركبات الصوديوم، كما نميز هنا أيضا حمض الكبريت المنصرف، و مياه الصرف من عمليات إعادة تنشيط المبادلات الشاردية .

تشـكل المركبات الهيدروكربونية النسـبة العظمى من الملوثات الموجودة في مياه الصـرف الناتجة عن الصـــناعات البترولية، يضـــاف إليها بعض المركبات الأخرى منها المركبات العضــوية ( كحمض الســلفونيك – و المركبات الكبريتية – وأملاح الصــوديوم..) يحدث التلوث بالمواد البترولية بســـبب المخلفات الناتجة عن الصـــناعات البترولية أو نتيجة الحوادث المؤدية إلى تدفق كميات من النفط [10،11].

**3-2 تقييم عمل وحدة معالجة المياه الملوثة الناتجة عن تكرير النفط :**

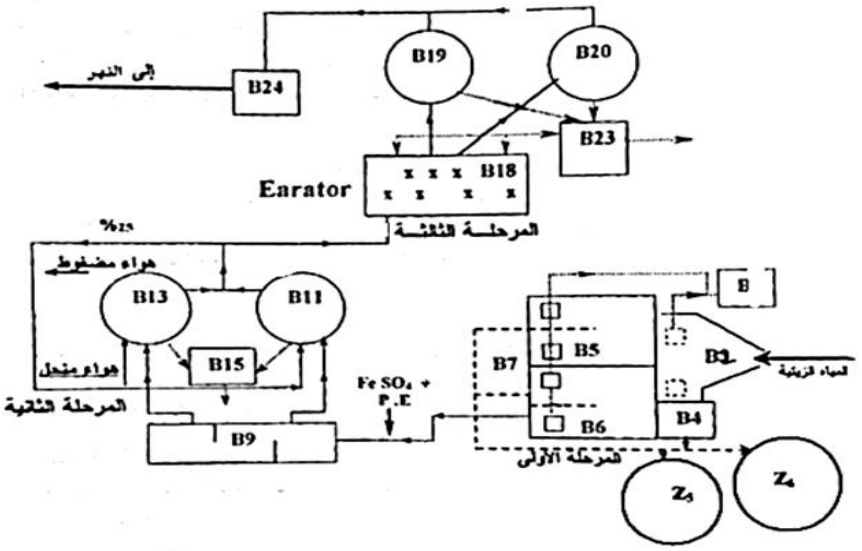
تعمل وحدة معالجة المياه الملوثة الموجودة في مصـفاة تكرير النفط على اسـترجاع الزيوت النفطية الموجودة في المياه بعدة أشكال:

- زيوت حرة غير مستحلبة.
- زيوت مستحلبة و مستقرة وسط الماء .
- مواد صلبة غير منحلة.

وتمر المياه الملوثة أثناء معالجتها بثلاث مراحل تبعاً لطريقة المعالجة وهي [7،12] :

1- مرحلة المعالجة الفيزيائية.
2- مرحلة المعالجة الكيميائية .
3- مرحلة المعالجة البيولوجية .

ويبين الشكل(3-1) المخطط المفصل لمحطة معالجة مياه صرف مصفاة حمص:




| | |
|---|---|
| B2 حوض الفصل البدائي | B3 حوض الحمأة السفلي |
| B4 حوض الزيوت المفصولة | B5,B6 أحواض API |
| B7 الزيوت المفصولة | B9 التجانس والتلبيد |
| B11,B13 التعويم | B15 حمأة طافية |
| B19,B20 حوضي الترسيب | B23 موزع الحمأة والتعويم |
| B24 المياه الخارجة من الترسيب إلى النهر | Z5,Z6 خزانات الزيوت المفصول |
| B18 حوض المعالجة الحيوية | X خلاطات الحوض البيولوجي |

الشكل(3-1): المخطط المفصل لمحطة معالجة مياه صرف مصفاة حمص

كما تبين الأشكال (3- ( 2،4،5،6،7،8،9)) صور لوحدة المعالجة

الشكل (3-2): التيار المائي الناتج من الوحدات الرئيسية في مصفاة حمص

الشكل (3-3): مدخل محطة المعالجة

الشكل (3-4): حوض الفصل API

الشكل (3-5): حوض التعويم

الشكل (3–6): حوض المعالجة البيولوجية

الشكل (3–7): حوض الترسيب

الشكل (3–8): مخرج المياه الناتجة عن محطة المعالجة إلى نهر العاصي

الشكل(3-9): لقطة جوية لمحطة معالجة المياه الملوثة في مصفاة حمص

3-2-1 البارامترات المقاسة:

تم تحليل العديد من البارامترات على كل عينة من العينات المأخوذة مثل( pH، النترات، زيوت وشحوم , TDS , BOD ,COD، الفينولات ).

تم أخذ العينات من التيار الداخل لمحطة المعالجة، ومن التيار الناتج عن أحواض فصل الزيوت (API) ومن التيار الناتج من مخرج محطة المعالجة.

3-2-2 الأجهزة المستخدمة:

- حاضنة قياس COD
- مقياس الطيف الضوئي المرئي (Spectro photo Meter Dr-5000)
- حاضنة قياس BOD
- جهاز pH
- كاشف الفوسفات

– كاشف النترات

وتبين الجداول (3–1) و(3–2) و(3–3) نتائج تحليل العينات.

الجدول (3–1) نتائج تحليل العينة المأخوذة من التيار الداخل لمحطة المعالجة

| الملوث | التركيز | الواحدة |
|---|---|---|
| pH | 8.9 | – |
| $NO_3^-$ | 90 | PPm |
| Oil and greases | 2300 | PPm |
| COD | 650 | PPm |
| BOD | 250 | PPm |
| TDS | 2400 | PPm |
| Phenols | 16 | PPm |
| $PO_4^{---}$ | 79 | PPm |

الجدول (3-2) نتائج تحليل العينة المأخوذة من التيار الناتج عن أحواض فصل الزيوت (API)

| الملوث | التركيز | الواحدة | نسبة التخفيض % |
|---|---|---|---|
| pH | 8.1 | - | 8.9% |
| $NO_3^-$ | 75 | PPm | 16.6% |
| Oil and greases | 700 | PPm | 69.5% |
| COD | 530 | PPm | 18.4% |
| BOD | 260 | PPm | ----- |
| TDS | 2200 | PPm | 8.3% |
| Phenols | 15.4 | PPm | 3.75% |
| $PO_4^{---}$ | 60 | PPm | 24% |

الجدول(3-3) نتائج تحليل العينة المأخوذة من التيار الناتج من مخرج محطة المعالجة

| الملوث | التركيز | الواحدة | نسبة التخفيض % |
|---|---|---|---|
| pH | 7.8 | - | 3.7% |
| $NO_3^-$ | 30 | PPm | 60% |
| Oil and greases | 30 | PPm | 95.7% |
| COD | 190 | PPm | 64.1% |
| BOD | 105 | PPm | 59.6% |
| TDS | 2700 | PPm | -22.7% |
| Phenols | 8.9 | PPm | 42.2% |
| $PO_4^{---}$ | 40 | PPm | 33.3% |

بمقارنة نتائج التحاليل التي حصلنا عليها للعينة الناتجة من مخرج محطة المعالجة مع المواصفات القياسية العالمية والسورية للمياه الناتجة من محطة المعالجة والمسموح بصرفها في المصبات المائية لُوحظ مايلي:

المياه المصروفة إلى نهر العاصي لاتحقق أي شرط من الشروط المطلوبة حتى تكون المياه صالحة للصرف في الأنهار ، حيث أن جميع المؤشرات المحللة ذات قيم أعلى بكثير من القيم المسموح بها باستثناء pH وهو ضمن الحدود المسموحة، وبالتالي يجب البحث عن

طريقة أخرى لمعالجة هذه المياه بحيث تصبح هذه المؤشرات ضمن الحدود المسموح بصرفها في الأنهار أو استخدامها للري أو للصرف في الأرض أو إعادة التدوير في المنشأة.

**3-3 معالجة مياه صرف مصفاة حمص الناتجة من أحواض فصل الزيوت:**

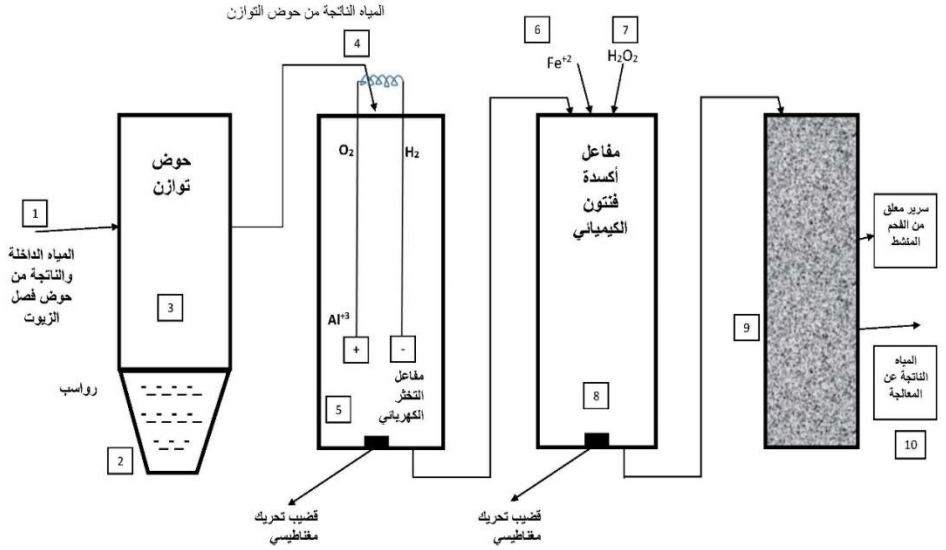
تتضمن المعالجة المقترحة ثلاث مراحل [1-3] :

1- التخثير الكهربائي.

2- الأكسدة بالماء الأوكسجيني وبوجود وسيط متجانس من شوارد الحديدي $Fe^{+2}$ .

3- الامتزاز على الفحم المنشط.

ويبين الشكل (3-10) المخطط التكنولوجي لعملية المعالجة المقترحة




الشكل (3-10): المخطط التكنولوجي لعملية المعالجة

3-3-1 التخثير الكهربائي[4،5]:

المفاعل المستخدم هو عبارة عن خلية تحليل كهروكيميائي زجاجية كما يبين الشكل (3-11) أبعادها 25×10×10 cm والأقطاب المستخدمة هي صفائح من الألمنيوم ابعادها 4×2×0.08 cm ، تبقى مغمورة بشـــكل كامل طيلة فترة التجربة، وتم تحديد التركيب العنصري للصفائح باستخدام جهاز Spectro meter فكان:

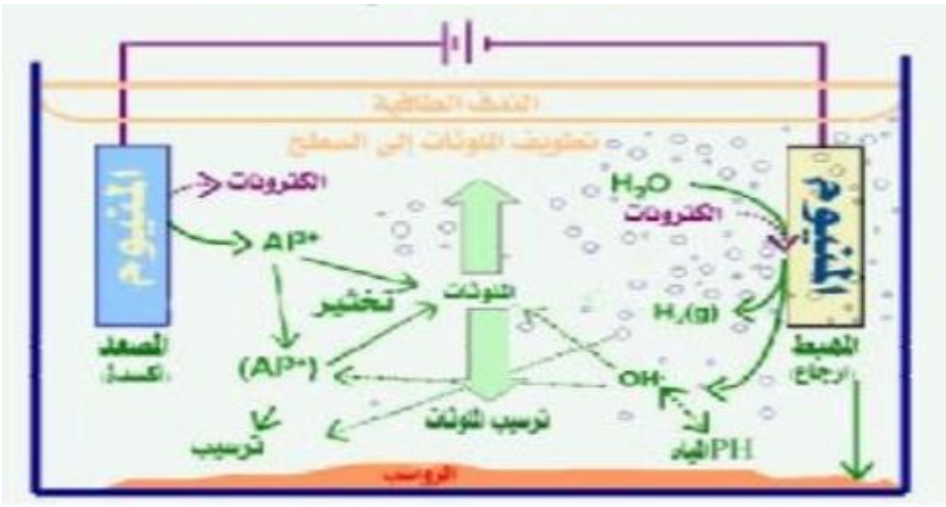
(Al=98.2%, Mg=0.4%, Fe=0.7%, Mn=0.4%, Cu=0.1%, Si=0.18%)

تم تمرير تيار كهربائي مستمر DC بوساطة محولة تيار مستمر ,I= 0.94 A (U= 12.1 Volt ) كما يبين الشكل (3-12) وذلك عند D=2cm: المسافة بين الأقطاب، والسطح الكلي للقطب $S= 16\ cm^2$.

كما يبين الشكل (3-13) أهم التفاعلات المتبادلة في مفاعل التخثير.

الشكل (3-11): مفاعل التخثير الكهربائي EC المستخدم في البحث

الشكل (3–12): محولة التيار الكهربائي المستمر المستخدمة




الشكل (3–13) التفاعلات المتبادلة في مفاعل التخثير الكهربائي

حُسبت كثافة التيار المار فكانت :

$$i= \frac{I}{S} = \frac{940}{16} = 58.75\ mA/cm^2 \quad (1)$$

حساب الإستهلاك النوعي للطاقة الكهربائية $W_{SP}$:

$$W_{SP}= Q\times U=\frac{q}{V} \times U = \frac{I\times t}{V} \times U \quad (2)$$

حيث:

Q : كمية الكهرباء المستهلكة (Ah/L)

I : شدة التيار المار بين القطبين (A)

q: كمية الكهرباء(Ah)

t: زمن التخثير الكهربائي(h)

U : فرق الكمون المطبق بين القطبين (Volt)

V: حجم العينة المعالجة ( $m^3$ )

$$W_{sp}=\frac{0.94\times10^{-3}\times\frac{30}{60}\times12.1}{1\times10^{-3}} = 5.687\ kwh/m^3 \quad (3)$$

$$W_{sp}\ /\ COD_{removed} = \frac{5.687}{(322-45)\times 10^{-3}} = 20.53 kwh/kgCOD_{removed} \quad (4)$$

$COD_{removed}$: تم حساب الفرق بين قيمة COD للمياه الناتجة عن التخثير الكهربائي وأخفض قيمة COD ناتجة عن الأكسدة بالماء الأكسجيني.

يتضح من الحساب أن استهلاك الطاقة النوعي منخفض وبالتالي العملية اقتصادية وغير مُكلفة، وكفاءة المعالجة بهذه الطريقة جيدة.

ويبين الجدول (3-4) نتائج تحليل المياه الناتجة عن مرحلة التخثير الكهربائي لمياه صرف مصفاة حمص الناتجة من أحواض فصل الزيوت.

الجدول(3-4) نتائج تحليل المياه الناتجة عن مرحلة التخثير الكهربائي

| المياه الداخلة إلى التخثير الكهربائي | | | المياه الناتجة عن التخثير الكهربائي | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| الملوث | التركيز | الواحدة | الملوث | التركيز | الواحدة | كفاءة المعالجة |
| pH | 8.1 | ----- | pH | 8.3 | ----- | ----- |
| $NO_3^-$ | 75 | ppm | $NO_3^-$ | 30 | PPm | 60% |
| Oil andgresase | 700 | ppm | Oil andgreases | 54 | PPm | 92% |
| COD | 530 | ppm | COD | 322 | PPm | 39.24% |
| BOD | 260 | ppm | BOD | 188 | PPm | 27.70% |
| TDS | 2200 | ppm | TDS | 2000 | PPm | 9.09% |
| Phenols | 15.4 | ppm | Phenols | 9.1 | PPm | 40.9% |

3-3-2 الأكسدة بالماء الأوكسجيني وبوجود وسيط متجانس من شوارد الحديدي:

تم تطبيق طريقة الأكسدة بالماء الأوكسجيني وبوجود وسيط متجانس من شوارد الحديدي $Fe^{+2}$التي حصلنا عليها من ملح كبريتات الحديدي $FeSo_4$ على مياه صرف مصفاة حمص والناتجة من أحواض فصل الزيوت والمعالجة مسبقاً بالتخثير الكهربائي.

تم استخدام تراكيز متزايدة من الماء الأوكسجيني تركيزه 38% تراوحت ضمن المجال (1–4mL) من أجل معالجة 100mL في كل مرة من المياه المخثرة كهربائياً وعند تراكيز متزايدة للوسيط (شوارد الحديدي $Fe^{+2}$ ) [ 2،4،13].

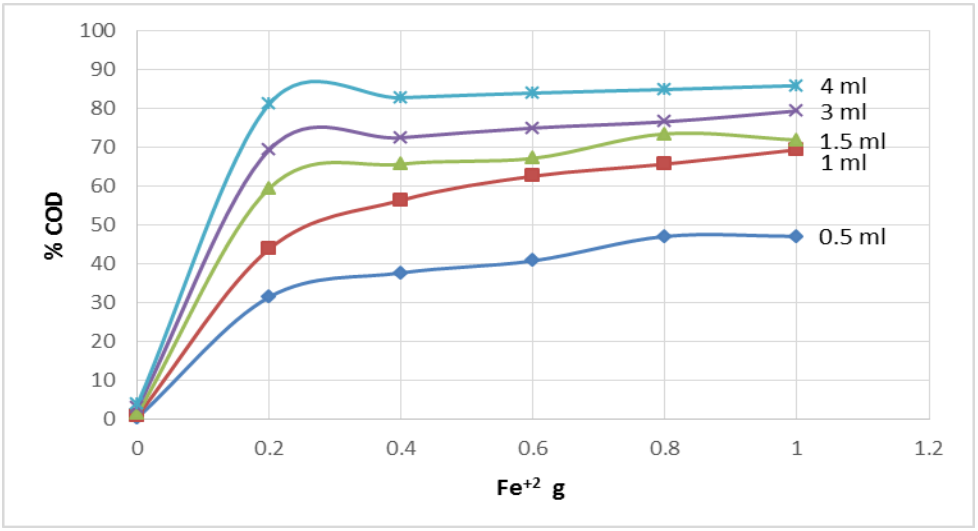
كما تم تعديل قيمة الpH للعينة إلى القيمة pH=4 تقريباً باستخدام محلول ممدد من حمض كلور الماء وهذه القيمة المثلى لإجراء تفاعل فنتون مع المحافظة عليها طيلة فترة التفاعل والتي تقدر بنصف ساعة (30min).

قمنا بتطبيق تفاعل فنتون في حال ثبات تركيز الماء الأوكسجيني ( 0.5, 1, 1.5, 3,4 ml) مع تغير قيم كميات الوسيط المستخدم ( 0.2,0.4,0.8,1ml) ومراقبة تغير تراكيز كل من COD والفينولات، وهما المؤشران الأكثر أهمية بين المؤشرات المحللة

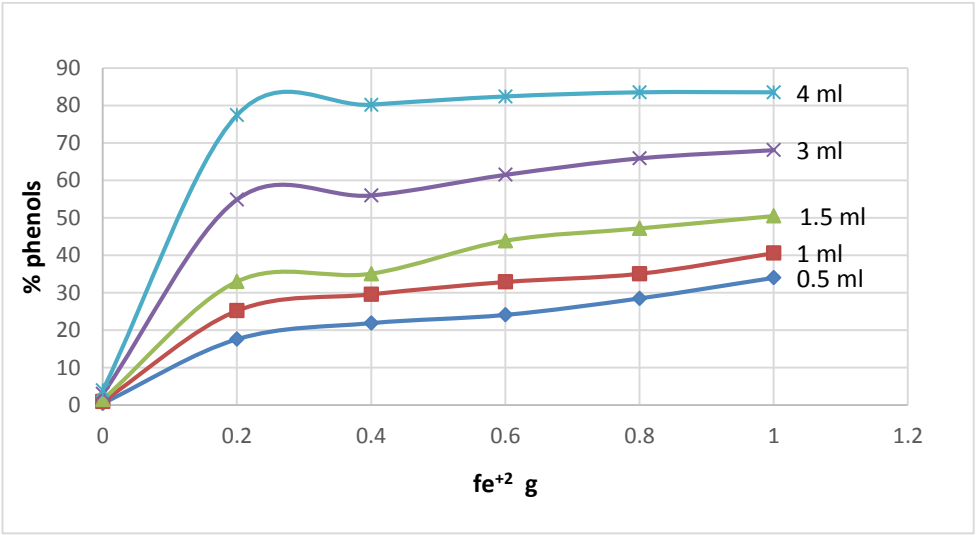
ويبين الجدول(3–5) نتائج تحليل عينة من المياه المطبق عليها تفاعل فنتون بثبات تركيز الماء الأوكسجيني مع تغير قيم كميات الوسيط المستخدم ومراقبة مؤشري ال COD والفينولات:

الجدول(3–5) نتائج تحليل عينة من المياه المطبق عليها تفاعل فنتون

| COD | الفينولات | COD | الفينولات | COD | الفينولات | COD | الفينولات | COD | الفينولات | $Fe^{++}$ / $H_2O_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | |
| 6.0 | 170 | 6.5 | 170 | 6.9 | 190 | 7.1 | 200 | 7.5 | 220 | 0.5 |
| 5.4 | 98 | 5.9 | 110 | 6.1 | 120 | 6.4 | 140 | 6.8 | 180 | 1 |
| 4.5 | 90 | 4.8 | 95 | 5.1 | 105 | 5.9 | 110 | 6.1 | 130 | 1.5 |
| 2.9 | 66 | 3.1 | 75 | 3.5 | 80 | 4.0 | 88 | 4.1 | 98 | 3 |
| 1.5 | 45 | 1.5 | 48 | 1.6 | 51 | 1.8 | 55 | 2.05 | 60 | 4 |




الشكل (3-14) العلاقة بين جرعة شوارد الحديدي $Fe^{+2}$ وال%Conversion COD.




الشكل (3-15) العلاقة بين كمية كبريتات الحديدي وال Phenols%Conversion.

لوحِظ زيادة نسبة تخفيض ال COD مع زيادة جرعات الماء الأوكسجيني $H_2O_2$ المضافة للعينة المعالجة من أجل جرعات ثابتة من شـــوارد الحديدي $Fe^{+2}$، وبمقارنة المنحنيات المرســـومة وُجِد أن فروقات نســـب تخفيض الCOD هي أعلى مايمكن عند أقل جرعة لكبريتات الحديدي وهي (0.2g أو 2g/l) وهذه نتيجة إيجابية جداً ومبشـــرة باســـتخدام كميات منخفضة من كبريتات الحديدي مايجعل العملية أكثر اقتصادية.

لوحظ أن نسـبة تخفيض الفينولات شـبه ثابت مع تزايد جرعات الحديدي المضـافة ولذلك لا ضـرورة لاستخدام جرعات متزايدة من شوارد الحديدي2+Fe ونكتفي بأقل جرعة ممكنة وهي (0.2g) أو (2g/l) .

بالمقابل فإن نسبة تخفيض الفينولات تزايدت بشكل كبير عند أقل جرعة لشوارد الحديدي، وجرعات متزايدة للماء الأوكســـجيني ووصـــلت أعلى ما يمكن عند اســـتخدام حجم وقدره (4ml) من $H_2O_2$.

3-3-3 الامتزاز على الفحم المنشط [9]:

أُجريت تجربة إمتزاز على العينة المعالجة عندالشـــروط المثلى التي تم اســـتنتاجها من المخططات المرسومة وهي ($H_2O_2$=4ml, $Fe^{++}$=0.2g) وذلك باستخدام (0.5g/l) من بودرة الفحم المنشط ( المسحوق ) كما يبين الشكل (3-16).

الشكل (3-16) مسحوق من الفحم المنشط

تم استخدام هذا الفحم والذي سطحه النوعي ($483m^2/g$)على شكل سرير معلق ولمدة 5min فحصلنا على تخفيض كبير في الCOD والفينولات.

يتم تحضير الفحم المنشط عن طريق تفحيم الكربون النباتي في وعاء مغلق في وسط غازي مكون من ( $CO_2$. ، $Cl_2$ ، الهواء ، بخار الماء) ومن المواد الخام المستعملة لصناعة الفحم المنشط قصب السكر، قشور الرز، جوز الهند، نوى الزيتون والتمر وغيرها .

ويبين الجدول (3-6) نتائج تحليل COD,Phenols عند الجرعات المثلى للماء الأوكسجيني $H_2O_2$ ولشوارد الحديدي $Fe^{+2}$.

الجدول (3-6) نتائج تحليل العينات بعد الامتزاز على الفحم المنشط

| المؤشر | التركيز | الواحدة | كفاءة المعالجة |
|---|---|---|---|
| COD | 15 | PPm | 66.6% |
| Phenols | 0.002 | PPm | 99.8% |

نلاحظ انخفاض قيمة ال COD من 45PPm إلى 15PPm، وأيضاً انخفاض قيمة ال Phenols من 1.5PPm إلى0.002PPm وذلك بعد إجراء عملية الامتزاز على الفحم المنشط، وهذه القيم من المجال المحدد لمواصفات مياه صرف المصافي النفطية القياسية العالمية المسموح بطرحها في المصبات المائية، ويمكن أيضاً استخدامها في كل الحالات الممكنة لاستخدام المياه المعالجة(إعادة التدوير في المنشأة، ري المزروعات والأشجار).

## 4- النتائج ومناقشتها:

- بلغت أعلى نسبة تخفيض (COD % =86%) باستخدام (0.2g) من شوارد الحديدي و(4ml) ماء أوكسجيني لعينة من المياه الملوثة حجمها (100ml).
- بلغت أعلى نسبة تخفيض (Phenols %=83.5) باستخدام (1g) من شوارد الحديدي $Fe^{+2}$ و(4ml) ماء أوكسجيني لعينة من المياه الملوثة حجمها (100ml)، ولكن لوحِظ تقارب كبير في نسب تخفيض Phenols% عند جرعات متزايدة من شوارد الحديدي مما

يعني عدم جدوى من إضافة كميات فائضة من شوارد الحديدي والاكتفاء بأقل جرعة وهي (0.2g).

– لاحظنا أن زيادة المؤكسد والماء الأوكسجيني تعطي نتائج أفضل من زيادة الوسيط عند جرعة ثابتة للمؤكسد.

– أظهرت نتائج تطبيق آلية التخثير الكهربائي ومن ثم تطبيق تفاعل فنتون على المياه الملوثة أن تراكيز (COD=45PPm, Phenols=1.5PPm) ضمن الحدود المسموح بصرفها في الأنهار وذلك حسب المواصفة القياسية السورية، ولذلك يمكن الاستغناء عن المرحلة الأخيرة من مراحل المعالجة (الامتزاز على الفحم المنشط) والاكتفاء بتطبيق آلية التخثير الكهربائي والأكسدة المتقدمة باستخدام الماء الأوكسجيني وشوارد الحديدي.

– أظهرت نتائج الامتزاز على الفحم المنشط ( في المرحلة الأخيرة من مراحل المعالجة ) أن تراكيز (COD=15 PPm, Phenols=0.002 PPm) ضمن الحدود المسموح بصرفها في الأنهار وذلك حسب المواصفات القياسية العالمية والسورية.

– بحساب نسب تخفيض COD,Phenols للعينات الداخلة إلى التخثير الكهربائي والناتجة بعد الامتزاز على الفحم المنشط ، تبيّن أن نسبة تخفيض (COD=95.34%) ونسبة تخفيض (Phenols= 99.98%) وهذه النتائج مهمة جداً وواعدة في حال تم تطبيق هذه التقنيات الحديثة للمعالجة على مياه صرف المصافي النفطية.

## 5– الاستنتاجات والتوصيات:

– إجراء تحاليل دورية في مخابر مصفاة حمص لتحديد كمية وتركيز الملوثات الموجودة في مياه صرف المصفاة قبل طرحها في نهر العاصي.

– التطبيق العملي لمعالجة الملوثات في مياه صرف المصفاة بطريقة فينتون الكيميائي أو بإحدى الطرق الأخرى لتصبح نسبة الملوثات في مياه صرف المصفاة ضمن الحدود المسموح بها قبل أن تطرح في نهر العاصي نظراً لسميتها العالية وخطورتها على الحياة البيئية.

– الاســـتفادة من الطرق المطبقة لمعالجة الملوثات في محطات معالجة مياه صـــرف المصافي النفطية في الدول العربية والأجنبية لتطبيقها على مياه صرف مصفاة حمص أو غيرها.

– الاستفادة من هذا البحث والنتائج الموجودة فيه لتصـميم وحدة لمعالجة الفينولات ملحقة بمحطة معالجة مياه صـــرف مصـــفاة حمص وقبل أن تصـــب المياه في نهر العاصـــي للمساهمة في الحفاظ على السلامة البيئية.

**المراجع الأجنبية:**

1-Original article, (2016), Evaluation of the solar photo-fenton process to treat the petroleum waste water by response surface methodology(RSM).volume 75 article number(333).

2-Dr. Dheeaa Aldeen Atallah, Puganeshwary, H.B,(2017) Degradation of total organic carbon (TOC) and chemical oxygen Demand (COD) in petroleum waste water by solar photo_fenton process.Global Nest Journal.

3- D.Bhagawn, Saritha Poodari, Shankaraiah Golla,(2014) Treatment of the petroleum refinery waste water using combined electro chemical methods.Pages 3387-3394.

4-Ali Reza. Amur Shbanloo, Yousef Poureshgh(2015) Degradation of phenol in Aqueous solations using Electro_fenton process.Research Journal of Environment Sciences volume 9, Pages 3387-3394.

5-Dhorgham Ibrahim, Mohan Lathalakshmi,(2013), An alternative treatment process for upgrade of petroleum refinery waste water using Electrocoagulation.Springer Link volume 10, Pages 421-430.

6-saudi Aramco project Development waste water Treatment facilities Jeddah refinery and marine area,December 2007

**المراجع العربية**

7_ م. عبد الكريم درويش: معالجة المياه، دار المعرفة، حمص.

8_ د. فداء عم علي : تلوث المياه بالمركبات النفطية وطرق كشفها ، جامعة دمشق، كلية الصيدلة.

9_ أ. سعاد بنت سعيد البكري: تلوث المياه بالفينولات ، المؤتمر الدولي السادس للكيمياء الصناعية في مملكة البحرين ، جامعة السلطان قابوس– سلطنة عُمان.

10_م. رشيد الخولي: معالجة المياه الملوثة الحاوية على المشتقات النفطية، بحث منشور موقع هندسة نت، 2010.

11_ د. محمد سبيع مراد: الكيمياء العضوية، الجزء الأول ، منشورات جامعة البعث ، 1990.

12_ د.م. محمد وجيه عيسى : معالجة المياه ، جامعة البعث – كلية الهندسة الكيميائية والبترولية 2014 – 2013 .

13_ د.م. نوفا جمعة: معالجة مياه صرف معاصر الزيتون بالأكسدة الكيميائية المتقدمة، جامعة البعث

# المقارنة بين التصميم اللدن القائم على الأداء والتصميم المتبع في الكودات للجمل الثنائية من البيتون المسلح (إطارات–جدران قص)

* د. علي تريكية
** د. قصي نداف
***م. حسان عيسى

**الملخص:**

من المعلوم بأن الضرر الزلزالي لا يمكن تجنبه، ولكن يمكن التقليل منه باتباع إرشادات التصميم الزلزالي. ومن جهة أخرى، غالباً ما يقود التصميم الزلزالي وفق الطرق المعتمدة بالكودات حالياً والقائمة على التصميم المرن إلى أنماط انهيار غير مرغوبة، لذلك من المنطق أن يتم البحث عن طرق تصميم تحقق أداء أفضل ونمط انهيار مرغوب بما يلبي معايير التصميم الزلزلي. يهدف البحث للمقارنة بين سلوك الجمل الثنائية من البيتون المسلح (إطارات–جدران قص) باستخدام كل من طريقة التصميم التقليدية المتبعة في الكودات وطريقة التصميم اللدن القائم على الأداء من خلال رصد بارامترات الاستجابة في المنشأ وفق طريقة التصميم المتبعة، وذلك بإجراء دراسة تحليلية تطبيقية على ثلاثة نماذج من الجمل الثنائية بـ 10 و15 و20 طابق مصممة وفق كل من طريقة الكود وطريقة التصميم اللدن القائم على الأداء.

تمت مناقشة النتائج بعد دراسة الانتقالات الكلية والاستجابة وميكانيزمات الانهيار الحاصلة وتغير أبعاد المقاطع التصميمية في نوعي التصميم.

**كلمات مفتاحية:** الجمل الثنائية، التصميم اللدن القائم على الأداء، ميكانيزم الانهيار.

* أستاذ مساعد في قسم الهندسة الإنشائية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين اللاذقية، سورية.
** مدرس في قسم الهندسة الإنشائية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين اللاذقية، سورية.
*** طالب دراسات عليا (دكتوراه) في قسم الهندسة الانشائية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين، سورية.

# Comparison between Performance-Based Plastic Design and the Design Followed in Codes for RC Dual Systems (Frames - Shear Walls)

**DR. Ali Turikieh ***
**DR. Kussai Naddaf ****
**Eng. Hassan Issa*****

## Abstract

It is known that seismic damage cannot be avoided, but can be minimized by following seismic design guidelines. On the other hand, seismic design according to the methods currently approved in codes and based on elastic design often leads to undesirable collapse patterns, so it is logical to search for design methods that achieve better performance and a desirable collapse pattern that meets seismic design standards. The research aims to compare the behavior of RC dual systems (frames - shear walls) using both the traditional design method followed in the codes and the performance-based plastic design method by monitoring the response parameters in the structure according to the followed design method, by conducting an applied analytical study on Three models of dual systems with 10, 15 and 20 stories are designed according to both the code method and the performance-based plastic design method. The results were discussed after studying the total displacements, response, collapse mechanisms, and changing the dimensions of the design sections in the two types of design.

**Keywords**: Dual system, Performance-Based Plastic Design, collapse mechanisms.

* Associate Professor in Department of Structural Engineering, Faculty of Civil

*Associate Professor in Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** Lecturer in Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

*** Postgraduate Student- Department of Structural Engineering- Faculty of Civil Engineering- Tishreen University- Lattakia- Syria.

**-مقدمة البحث:**

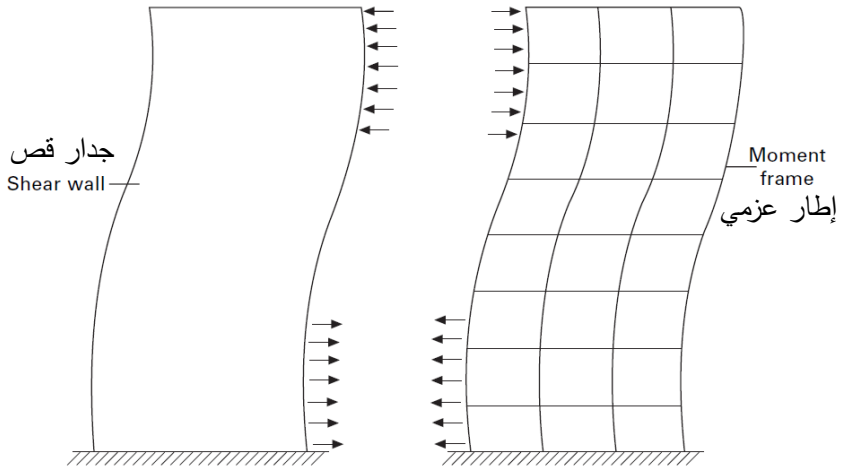
من الملاحظ أن المنشآت المصممة وفق كودات التصميم الحالية يتوقع لها أن تخضع لتشوهات لامرنة كبيرة خلال الأحداث الزلزالية الرئيسية، حيث تعتمد إجراءات التصميم المعتمدة عموماً في هذه الكودات على السلوك المرن، وتفترض بأن المنشأ سيسلك سلوكاً مرناً ومن ثم تخفض تلك الاستجابة بمعامل تعديل الاستجابة R وذلك لاحتساب السلوك اللامرن بطريقة غير مباشرة [1]. لقد بينت التجارب القاسية في الماضي أن هذه المنشآت ليس بالضرورة أن تتبع ميكانيزم الخضوع المرغوب حتى أنها يمكن أن تنهار، وقادت هذه التجارب الباحثين لتطوير طرق تصميمية بمستويات موثوقة من الأداء والأمان والاقتصاد على حد سواء. ومن أجل تحقيق هذه الغاية ينبغي أن تؤخذ بعين الاعتبار وبشكل أولي ضمن طريقة التصميم بارامترات تصميمية مثل القوة الجانبية ومقاومة العناصر وميكانيزم الخضوع المرغوب والانتقال الجانبي.. إلخ.

تعتبر طريقة التصميم اللدن القائم على الأداء [PBPD] واحدة من الطرق التي تأخذ بالاعتبار السلوك اللامرن للمنشأ وقد قام بتطويرها Gole وآخرون [1]. تم اشتقاق هذه الطريقة بشكل أساسي اعتماداً على نتائج التحليلات الستاتيكية والديناميكية التي أجراها الباحثون على الإطارات المصممة بهذه الطريقة باستخدام سجلات زلزالية تقليدية والتي أظهرت مستوى مقبولاً من الأداء الزلزالي [2].

إن تطبيق طريقة PBPD سابقة الذكر كطريقة تصميم حديثة أكسبها أهمية ليتم تعميمها على أنواع عديدة من المنشآت، وطالما أن المنشآت البيتونية ذات الجمل الثنائية تمتلك مزايا كل من الإطارات المقاومة للعزوم SMRF وجدران القص Shear Wall، فإن ميكانيزم الخضوع المرغوب خلال الحدث الزلزالي يعتمد على طريقة التصميم المتبعة. قامت طريقة PBPD التقليدية بإعادة حل مشكلة حدوث ميكانيزم خضوع غير مرغوب به باختيار ميكانيزم خضوع محدد مسبقاً. ومن الجدير بالذكر أن معامل تعديل الطاقة $\gamma$ المستخدم في طريقة PBPD يعتمد على الطلب على المطاوعة $\mu$ وعامل خفض المقاومة $R_\mu$ والذي بدوره متعلق بالحمل الزلزالي المدخل.

**تعرف الجملة الثنائية [3]** Dual System بأنها جملة إنشائية مركبة تقاوم الأحمال الجانبية بأداء متزامن لعناصر إنشائية مختلفة النوع، وتنقلها إلى القواعد. وينبغي في هذا النوع من الجمل تحقيق المتطلبات الآتية:

1. تتم مقاومة أحمال الجاذبية بشكل رئيسي من قبل العناصر الإطارية.
2. تتم مقاومة الأحمال الجانبية بالعمل المشترك لجدران القص أو الإطارات المربطة من جهة مع الإطارات العزمية من جهة أخرى، بحيث تتحمل الإطارات العزمية ما لا يقل عن 25% من الأحمال الجانبية الزلزالية ما يعني امتلاك الجوائز والأعمدة ما يكفي من المقاومة لتحمل تلك الأحمال.




**الشكل 1: التفاعل بين الإطار وجدار القص [3].**

يمكن أن يكون الإطار المقاوم للعزوم من البيتون المسلح أو الفولاذ لكن الإطارات البيتونية المتوسطة Intermediate Frames لا يسمح باستخدامها في المناطق الزلزالية 3 و4 [4] [5].

أما الجملة التفاعلية (Interactive) فهي نفس الجملة الثنائية المعرفة سابقاً إلا أنه لا يشترط فيها تصميم الإطارات المقاومة للعزم لتحمل 25% من القوى الزلزالية وإنما تصمم لتحمل نسبة من القوى الزلزالية وفقاً لقساوتها [6].

**الجملة الثنائية من البيتون المسلح (إطارات–جدران قص) وميكانيزم الانهيار المرغوب:**

تعد الجملة الثنائية من البيتون المسلح (إطارات–جدران قص) واحدة من الجمل الإنشائية التي تتميز بأداء زلزالي يجمع تقريباً بين مزايا الإطارات المقاومة للعزوم Moment Resisting Frame (MRF) وجدران القص Shear Wall (SW) في المطاوعة العالية high ductility والصلابة الجانبية الكبيرة high lateral stiffness على الترتيب. في نمط الانهيار المرغوب في مثل هذا النوع من الجمل الإنشائية تلعب الجوائز في كافة الطوابق وجدار القص والأعمدة في الطابق الأرضي الدور الرئيسي في تبديد طاقة الزلزال كعناصر محكومة بالخضوع تتشكل فيها مفاصل لدنة وبذلك تتحكم بأداء المنشأ عند مقاومة الأحمال الزلزالية، بينما تبقى الأعمدة وجدران القص في بقية الطوابق عدا الأرضي مرنة أي غير محكومة بالخضوع. وباختلاف الأبعاد الهندسية للعناصر المؤلفة للجملة الثنائية يختلف نمط الخضوع من قصي إلى انعطافي.

– قام الباحثان Mwafy وElrashai [7] بإجراء دراسة لتقييم صلاحية وفعالية التحليل الدفعي التقليدي بمقارنته مع التحليل الديناميكي لعدة نماذج من الأبنية من البيتون المسلح مكونة من جمل إطارية منتظمة وغير منتظمة وجمل مختلطة (إطارات وجدران قص) معرضة لمجموعة كبيرة من تسجيلات الهزات الأرضية وقد استخدم في التحليل الدفعي ثلاثة أشكال للحمولات الجانبية: الحمولة الموزعة بانتظام لتعبر عن توزع الكتلة الشاقولي في الطوابق، والحمولة الكودية المثلثية لتعبر عن شكل نمط الاهتزاز المسيطر عادة في المجال المرن، والحمولة المجمعة SRSS للأنماط الثلاثة الأولى وذلك للأخذ بالاعتبار تأثير الأنماط العليا. توصل البحث الى أن التحليل الدفعي التقليدي مناسب أكثر للمباني القليلة والمتوسطة الارتفاع أكثر من المباني العالية وأن أشكال الحمولات الثابتة المستخدمة للتعبير عن مشاركة الأنماط العليا SRSS غير كافية في المجال اللدن. وأوصى البحث لتجاوز هذه المشكلة، بضرورة استخدام أكثر من شكل واحد للحمولة الجانبية في التحليل لضمان الإحاطة بالاستجابات الحاصلة بشكل مقبول.

– طور الباحثون Hajirasouliha, Asadi, Pilakoutas [5] طريقة عملية للتصميم المعتمد على الأداء للحصول على تصميم أكثر كفاءة من خلال إعادة تعيين مقاطع العناصر

الإنشائية تبعاً لأداء للعناصر القوية والضعيفة لتشكل حالة من التشوه الموزع بانتظام، وطبق ذلك على جمل ثنائية مؤلفة من 15 و10 طوابق، وبعد التصميم تم تعريضها لتسارعات زلزالية حقيقة ليتبين أنها أبدت نقصاً في الضرر العام بمقدار 30% مقارنة بتلك المصممة وفق الكودات الحالية حيث تم توزيع الضرر الطابقي والمقارنة بين IBC2009 [8] وحالة التصميم المثالية المعتمدة للحالات، وتم التعبير عن مؤشر الضرر Damage Index بالتشققات وتشكل المفصل اللدن واستعماله كميكانزيم لتبديد الطاقة الزلزالية.

– قدمت ( R.Z. Taha) [9] دراسة لتقييم منشآت قائمة متعددة الطوابق على الزلازل في الساحل السوري وإعادة تأهيلها حيث تم استخدام التحليل الستاتيكي اللاخطي لتقييم سلوك منشآت بيتونية مسلحة قائمة ومعرفة الأداء المحتمل لهذه المنشآت ثم مقارنته مع الطلب الزلزالي المتوقع عند مستوى أداء محدد من خلال مقارنة عدة متحولات للاستجابة وتبين من الدراسة ان معظم المفاصل تتشكل في الجوائز مع بعض المفاصل في الأعمدة ولكن مع أضرار متدرجة ضمن مستويات الأداء، وهو الأداء المفضل في الأبنية والذي يتوافق مع نظرية العمود القوي والجائز الضعيف.

– قام الباحث (**Devi, G. N.**) [4] بالاختبار التجريبي لجملة ثنائية من البيتون المسلح بثلاثة مجازات مؤلفة من خمسة طوابق وبمقياس تصغير حتى الربع. خضعت الجملة إلى حمولة جانبية وتم رصد أدائها اعتماداً على استطاعة مقاومة الحمولة، والصلابة، والمطاوعة واستطاعة تبديد الطاقة. غطت الدراسة كافة مراحل التحميل من المرحلة المرنة الأولية حتى مرحلة الانهيار الحدية وتم الحصول على النتائج التحليلية من برنامج العناصر المنتهية ANSYS من أجل حمل تدريجي ومن برنامج SAP2000 اللاخطي من أجل تحليل Push-Over.

– قام الباحثان (**J. Ou وBai, J.**) [10] بتطوير طريقة التصميم اللدن القائم على الأداء Performance-Based Plastic Design (PBPD) من أجل الجملة الثنائية للإطارات البيتونية المسلحة المقاومة للعزوم مع تربيط مقيد على التحنيب (RC-BRBF). وتم حساب القص القاعدي بناءً على معادلة توازن الطاقة التي تأخذ بالحسبان استطاعة تبديد الطاقة المقدرة وفق نموذج Large Takeda. تم اتباع طريقة التصميم اللدن لاشتقاق القوى الداخلية

للمقاطع، وتم تحقيق المنهجية المقترحة من خلال منشآت إطارية بيتونية مؤلفة من 5 و10 طوابق مع جملة تربيط بشكل Chevron. تم إنشاء النماذج العددية وتحقيقها لرصد الأداء الزلزالي من خلال التحليل الستاتيكي اللاخطي Pushover والتحليل بالسجلات الزمنية باستخدام الحركات الأرضية الموصى بها من قبل FEMA P695. أظهرت نتائج التحليل أن كلا البناءين يمكنه إنجاز مستوى الأداء المطلوب في كل من منحنيات الاستطاعة Capacity Curves وميكانيزم الخضوع Yield Mechanism وتوزيع الإزاحة الطابقية النسبية Story Drift Ratio Distribution والإزاحة المتبقية Residual Drift والمطاوعة الأعظمية Maximum Ductility والطلب التراكمي للمطاوعة Cumulative Ductility Demands.

ستقدم هذه المقالة مقارنة سلوك الجمل الثنائية من البيتون المسلح (إطارات–جدران قص) باستخدام كل من طريقة التصميم التقليدية المتبعة في الكودات وطريقة التصميم اللدن القائم على الأداء من خلال رصد بارامترات الاستجابة في المنشأ وفق طريقة التصميم المتبعة.

## طريقة التصميم الستاتيكية المعتمدة وفقاً للكود العربي السوري [6]:

### 1. تحديد قوة القص القاعدي التصميمية:

تحسب من المعادلة (1):

$$V = \frac{C_v I}{RT} W \qquad (1)$$

حيث: $I$: عامل أهمية المنشأ، و$W$ : مجموع الأحمال الميتة و25% من الأحمال الحية في حال المستودعات، و$C_v$: معامل زلزالي يأخذ بالاعتبار زلزالية المنطقة وشروط تربة الموقع ويحدد من الجدول (1)، و$R$: معامل تعديل الاستجابة يأخذ بالاعتبار السلوك اللامرن للجملة الإنشائية، و$T$: دور اهتزاز المنشأ الأساسي مقدراً بالثانية، ويمكن تقديره باستخدام العلاقة التقريبية (2):

$$T = C_t (h_n)^{0.75} \qquad (2)$$

حيث: $h_n$: ارتفاع المنشأ من القاعدة حتى أعلى منسوب فيه مقدراً بالمتر، و $C_t$ : معامل يأخذ القيمة $0.0853$ للإطارات الفولاذية المقاومة للعزوم و $0.0731$ للإطارات الخرسانية المسلحة المقاومة للعزوم وللإطارات المربّطة لا مركزياً و $0.0488$ للأبنية الأخرى كافة.

يجب ألا تزيد قوة القص القاعدي المحسوبة وفق العلاقة (1) عن قوة القص القاعدي المحسوبة وفق العلاقة (3) كما يجب ألا تقل عن القوة المحسوبة وفق العلاقة (4):

$$V = \frac{2.5C_a I}{R} W \qquad (3)$$

$$V = 0.11 C_a I W \qquad (4)$$

كما يجب ألا تقل قوة القص القاعدي المحسوبة وفق العلاقة (1) عن القوة المحسوبة وفق العلاقة (5) في المناطق ذات الشدة الزلزالية العالية (المنطقة الرابعة):

$$V = \frac{0.8 Z N_v I}{R} W \qquad (5)$$

حيث $C_a$: معامل زلزالي يأخذ بالاعتبار زلزالية المنطقة وشروط تربة الموقع ويحدد من الجدول (2)، و $N_v$: معامل القرب من المصدر الزلزالي ويعتمد على درجة القرب من صدع نشط.

**الجدول 1: قيم المعامل الزلزالي $C_a$ [6].**

| نموذج المقطع الشاقولي للتربة | معامل المنطقة الزلزالية (Z) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Z=0.075 | Z=0.15 | Z=0.2 | Z=0.25 | Z=0.3 | Z=0.4 |
| SA | 0.06 | 0.12 | 0.16 | 0.20 | 0.24 | 0.32Na |
| SB | 0.08 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.3 | 0.40Na |
| SC | 0.09 | 0.18 | 0.24 | 0.29 | 0.33 | 0.40Na |
| SD | 0.12 | 0.22 | 0.28 | 0.32 | 0.36 | 0.44Na |
| SE | 0.19 | 0.30 | 0.34 | 0.35 | 0.36 | 0.36Na |
| SF | أنظر الملحوظة (1) | | | | | |

**الجدول 2: قيم المعامل الزلزالي $C_v$ [6].**

| نموذج المقطع الشاقولي للتربة | معامل المنطقة الزلزالية (Z) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Z=0.075 | Z=0.15 | Z=0.2 | Z=0.25 | Z=0.3 | Z=0.4 |
| SA | 0.06 | 0.12 | 0.16 | 0.20 | 0.24 | 0.32Na |
| SB | 0.08 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.40Na |
| SC | 0.13 | 0.25 | 0.32 | 0.38 | 0.45 | 0.56Na |
| SD | 0.18 | 0.32 | 0.40 | 0.47 | 0.54 | 0.64Na |
| SE | 0.26 | 0.50 | 0.64 | 0.74 | 0.84 | 0.96Na |
| SF | أنظر الملحوظة (1) | | | | | |

الملحوظة (1): لتحديد المعاملات الزلزالية للتربة ذات المقطع الجانبي من النوع SF يجب إجراء تحريات ودراسات جيوتكنيكية وحقلية وإجراء التحليل الديناميكي لاستجابة الموقع.

حيث: Z معامل زلزالية المنطقة: ويمثل زلزالية المنطقة التي يقع فيها المنشأ ويساوي القيمة العظمى لتسارع حركة الأرض الناتج عن الزلزال في المنطقة المدروسة PGA مقسوماً على تسارع الجاذبية الأرضية، وS نموذج المقطع الشاقولي للتربة.

## 2. توزيع قوة القص القاعدي V على الطوابق:

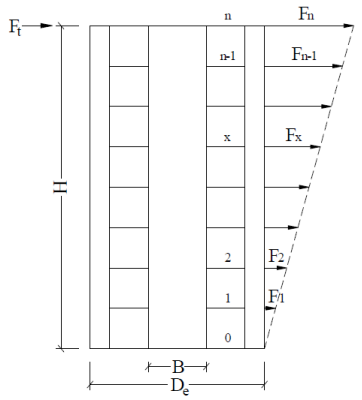
يتم توزيع القوة الزلزالية الكلية على ارتفاع المنشأ كما يوضح الشكل (2) وفق العلاقات (6) و(7) و(8) وذلك في حال عدم توفر إجراء أكثر دقة:

$$V = F_t + \sum_{i=1}^{n} F_i \qquad (6)$$

$$F_t = 0.07TV \leq 0.25V \qquad (7)$$

$$F_x = \frac{(V - F_t)W_x h_x}{\sum_{i=1}^{n} W_i h_i} \qquad (8)$$

حيث: $F_t$: القوة المركزة عند القمة بالإضافة إلى $F_n$ ويجب ألا تتجاوز قيمة $F_t$ المعتمدة 0.25V ويمكن أخذها مساوية للصفر عندما يكون دور الاهتزاز أقل أو يساوي 0.7 sec، أما الجزء المتبقي من قوة القص فيتم توزيعه على كامل ارتفاع المنشأ بما فيها المنسوب n وفق العلاقة (8).




**الشكل 2 توزع القوى الزلزالية التصميمية F المطبقة في الطوابق [6].**

## طريقة التصميم اللدن القائم على الأداء Performance- Based Plastic Design Method:

### 1. أهداف الأداء:

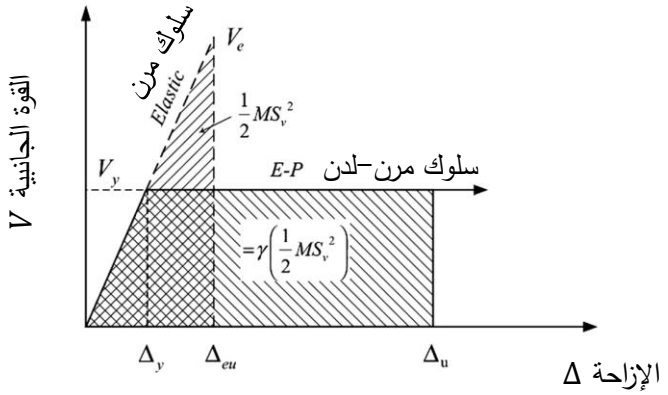
إن الخطوة الأولى في طريقة PBPD هي اختيار الإزاحة المستهدفة (Target Drift) وميكانيزم الخضوع (Yield Mechanism) كأهداف أداء رئيسية. إن ميكانيزم الخضوع المرغوب من أجل الجمل الثنائية من البيتون المسلح (إطارات–جدران قص) هو خضوع أو تشكل مفاصل لدنة في قواعد الأعمدة وجدران القص في الطابق السفلي أولاً عند اتصالها مع القاعدة ويتبعها في بقية الطوابق تشكل مفاصل لدنة انعطافية في الجوائز مع بقاء الأعمدة والجدران سليمة. وبعد اختيار الآلية المناسبة لتطور المفاصل اللدنة يمكن اختيار الانتقال الهدف المتمثل بالدوران أو الانتقال عند الانهيار $\theta_u$ والانتقال عند الخضوع $\theta_y$ حسب مستوى الخطر الزلزالي حيث اقترح Goel [11] أن يكون الانتقال الهدف $\theta_u =$ 2% من أجل هزة أرضية باحتمال تجاوز 10% خلال 50 عام، وأن يكون الانزياح عند الخضوع $\theta_y = 0.5\%$ وذلك من أجل جملة إطارية معدنية بسلوك مرن لدن وحلقة هيستيرية كاملة. أما من أجل منشآت من البيتون المسلح والتي تتميز بحلقة هيستيرية غير مكتملة يمكننا استخدام العامل $C_2 = 1.2$ المعتمد في حساب الانتقال الهدف وفق ATC-40 [12] حيث يمثل هذا العامل أثر الحلقة الهيستيرية غير المكتملة وتناقص

الصلابة والمقاومة على الانتقال الأعظمي وبالتالي يعمل على تعديل قيمة الانتقال الأعظمي المستهدف وبالتالي نعتمد $\theta_u^* = \theta_u / C_2$ كانتقال هدف من أجل الجمل البيتونية.

## 2. حساب قوة القص القاعدي V:

يحسب القص القاعدي بطريقة التصميم اللدن القائم على الأداء عبر مساواة الطاقة المطلوبة لدفع المنشأ بشكل تدريجي إلى الانتقال المستهدف مع الطاقة المطلوبة لجملة مرنة لدنة بدرجة واحدة للحرية لإنجاز نفس الانتقال؛ الشكل (3). تعبر المعادلة (9) عن معادلة العمل–الطاقة:

$$E_e + E_p = \gamma\left(\frac{1}{2}MS_v^2\right) = \frac{1}{2}\gamma M\left(\frac{T}{2\pi}S_a g\right)^2 \qquad (9)$$

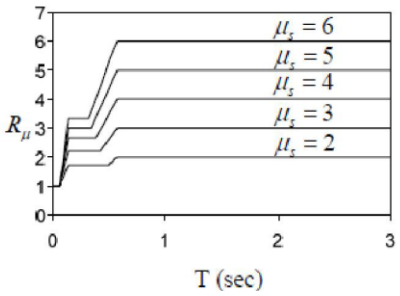



**الشكل 3 الاستجابة المعدلة إنشائياً ومبدأ توازن الطاقة [1].**

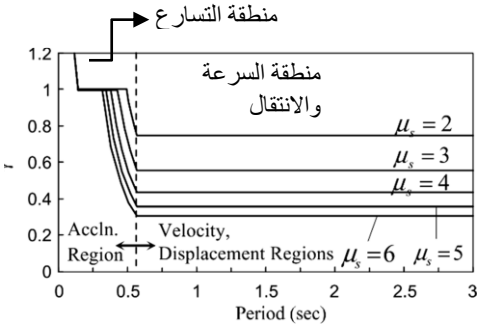
حيث: $E_e$ و $E_p$ مركبتا الطاقة المرنة واللدنة المطلوبة لدفع المنشأ إلى الانتقال الهدف على الترتيب، و $M$ كتلة المنشأ، و $S_v$ السرعة الزائفة و $S_a$ التسارع الزائف التصميمي، و $T$ دور الاهتزاز الأساسي للمنشأ، و $g$ تسارع الجاذبية الأرضية، و $\gamma$ عامل تعديل الطاقة الذي يعتمد على كل من الطلب على المطاوعة $\mu$ وعامل خفض المطاوعة $R_\mu$ ويحسب بالعلاقة (10):

$$\gamma = \frac{2\mu_s - 1}{R_\mu^2} \qquad (10)$$

يمكن تحديد $\mu$ و $R_\mu$ لتبسيط الحسابات باعتماد الطيف اللامرن المثالي المقدم من قبل Newmark و Hall من أجل جملة مرنة لدنة بدرجة حرية واحدة EP-SDOF [13]، الشكل (4)، ويمكن تحديد $\gamma$ من العلاقة السابقة وفقاً لمخططات Lee و Goel والتي تعتبر صحيحة لمنشأ متعدد درجات الحرية، الشكل (5).




**الشكل 4 العلاقة بين T و $\mu$ و $R_\mu$ وفق Newmark و Hall [13]**




**الشكل 5 العلاقة بين T و $\mu$ و $\gamma$ وفق Lee و Goel [1]**

يمكن إعادة كتابة المعادلة (9) وفق المعادلة (11):

$$\frac{1}{2} = \left(\frac{W}{g}\right) \times \left(\frac{T}{2\pi} \times \frac{V_y}{W} g\right)^2 + V_y \left(\sum_{i=1}^{N} \lambda_i h_i\right) \theta_p = \frac{1}{2} \gamma \left(\frac{W}{g}\right) \times \left(\frac{T}{2\pi} S_a g\right)^2 \quad (11)$$

حيث: $\theta_p = \theta_u - \theta_y$ تشير إلى المركبة اللدنة من الانتقال النسبي المستهدف، و $\theta_y$ تشير إلى الإزاحة النسبية عند الخضوع، و $W$ الوزن الزلزالي الكلي للمنشأ، و $V_y$ القص القاعدي عند الخضوع، و $\lambda_i$ نسبة توزيع القوة الجانبية، و $h_i$ ارتفاع الطابق. وعليه يمكن الحصول على القص القاعدي المطلوب من المعادلة (12) حيث $\alpha$ معامل لا بعدي:

$$\frac{V_y}{W} = \frac{-\alpha + \sqrt{\alpha^2 + 4\gamma S_a^2}}{2} \quad (12)$$

$$;\alpha = \left[\left(\sum_{i=1}^{N} \lambda_i h_i\right) \times \frac{\theta_p 8\pi^2}{T^2 g}\right] \quad (13)$$

حيث: $F_i = \lambda_i V_y$ (14) و $\beta_i = \frac{V_i}{V_n}$ (15)

حيث: $V_i$ و $V_n$ هما القص الطابقي للطابق رقم $i$ والطابق العلوي على الترتيب و $n$ تشير إلى عدد الطوابق الكلي، و $\lambda_i$ معامل توزيع القوة الجانبية، و $\beta_i$ معامل توزيع القص للطابق رقم $i$. وبعد الحصول على قيمة $V_y$ يمكن حساب القوة الجانبية المطبقة على كل طابق باستخدام المعادلة (16) المتضمنة تأثيرات P-$\Delta$؛ ففي عملية الدفع الجانبي التدريجي للمنشأ حتى الإزاحة المستهدفة ستساهم أحمال الجاذبية بالضرر الحاصل للمنشأ طالما أن المنشأ سينخفض قليلاً نتيجة الإزاحة الجانبية، وقد اقترح Bai وآخرون [14] تضمين تأثيرات P-$\Delta$ من خلال التعبير عن القوى الجانبية التصميمية بالعلاقة:

$$F_i^* = F_i + F_{iP-\Delta} = \lambda_i * V_y + \theta_u * W_i \qquad (16)$$

يعرف **الطلب على المطاوعة Ductility Demand $\mu$** بأنه النسبة بين انتقال الذروة أو الانتقال الأعظمي Maximum or Peak Displacement والموافق للانتقال الهدف للمنشأ Target Displacement إلى انتقال الخضوع Yield Displacement. إضافة لذلك يعرف **عامل تخفيض المطاوعة Ductility Reduction Factor $R_\mu$** بأنه النسبة بين القص القاعدي المرن والقص القاعدي عند الخضوع، أو يمكن تعريفه بأنه القص القاعدي في النموذج المرن مقسوماً على القص القاعدي في النموذج اللامرن في مستوى شدة زلزالية يحقق عندها المنشأ الضرر المرغوب Desired Damage. وبالاعتماد على قيمة دور الاهتزاز الأساسي للمنشأ يمكن تحديد قيمة مطاوعة المنشأ المتمثلة بالعامل $R_\mu$ من الجدول (3):

**الجدول 3: قيم عامل تخفيض المطاوعة $R_\mu$ بدلالة دور المنشأ [1].**

| مجال الدور (Period Range) | عامل خفض المطاوعة |
|---|---|
| $0 \le T < \frac{T_1}{10}$ | $R_\mu = 1$ |
| $\frac{T_1}{10} \le T < \frac{T_1}{4}$ | $R_\mu = \sqrt{2\mu-1}\left(\frac{T_1}{4T}\right)^{2.513\log(\frac{1}{\sqrt{2\mu-1}})}$ |
| $\frac{T_1}{4} \le T < T_1'$ | $R_\mu = \sqrt{2\mu-1}$ |
| $T_1' \le T < T_1$ | $R_\mu = \frac{T\mu}{T_1}$ |
| $T_1 \le T$ | $R_\mu = \mu$ |

$T_1 = 0.57\ sec\ , T_1' = T_1\frac{\sqrt{2\mu-1}}{\mu}\ sec$

### 3. توزيع قوة القص القاعدي V على الطوابق:

أعطى الباحثان Goel وChao [11] عام 2006 علاقات لتوزيع قوة القص القاعدية V على الطوابق بحيث تأخذ بالحسبان أثر الأنماط العليا للاهتزاز مما يعطي قوى قص طابقية أكثر منطقية إضافة إلى التوزيع المنتظم للانزياح الطابقي على كامل ارتفاع المنشأ، يتم حساب القوة الجانبية المؤثرة على كل منسوب طابق بالمعادلة (14) حيث يحسب $\lambda_i$ معامل توزيع القوة الجانبية وفق المعادلة (17):

$$\lambda_i = (\beta_i - \beta_{i+1})\left(\frac{W_n h_n}{\sum_{i=1}^{n} W_i h_i}\right)^{0.5T^{-0.2}} \qquad (17)$$

حيث: $W_i$ الوزن المركز في منسوب الطابق رقم $i$، و $h_i$ ارتفاع منسوب الطابق رقم $i$ عن القاعدة، و $n$ تشير إلى عدد الطوابق الكلي، و $\lambda_i$ معامل توزيع القوة الجانبية، و $\beta_i$ معامل توزيع القص للطابق رقم $i$ والذي يحسب وفق المعادلة (18):

$$\beta_i = \frac{V_i}{V_n} = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} W_i h_i}{W_n h_n}\right)^{0.75T^{-0.2}} \qquad (18)$$

حيث: $V_i$ و $V_n$ هما القص الطابقي للطابق رقم $i$ والطابق العلوي على الترتيب.

وبوضع $\beta_{n+1} = 0$ تكون حصة الطابق الأخير من القص القاعدي عندما $i = n$:

$$F_n = \lambda_n V_y = \left(\frac{W_n h_n}{\sum_{i=1}^{n} W_i h_i}\right)^{0.75T^{-0.2}} V_y \qquad (19)$$

حيث: $\beta_n = 1$ وعليه يمكن حساب القوة الجانبية المؤثرة على كل منسوب طابق وفق العلاقة (20) بعد تعويض العلاقة (17) و(19) في العلاقة (14):

$$F_i = \lambda_i V_y = (\beta_i - \beta_{i+1})F_n \qquad ; i = n, \beta_{n+1} = 0 \qquad (20)$$

**-هدف البحث:**

يهدف البحث للمقارنة بين سلوك الجمل الثنائية من البيتون المسلح (إطارات-جدران قص) باستخدام كل من طريقة التصميم التقليدية المتبعة في الكودات وطريقة التصميم اللدن القائم على الأداء من خلال رصد بارامترات الاستجابة في المنشأ وفق طريقة التصميم المتبعة.

**-مواد وطرق البحث:**

يعتمد البحث المنهج النظري التحليلي، حيث سيتم تقديم الدراسة المرجعية وبعد الاطلاع على الأبحاث السابقة المتصلة بموضوع الدراسة، وتم اختيار ثلاثة نماذج لجمل ثنائية من البيتون المسلح (إطارات-جدران قص)، النموذج الأول مكون من 10 طوابق وارتفاع طابقي متماثل 3 m، والنموذج الثاني مكون من 15 طابق وارتفاع طابقي متماثل 3m، والنموذج الثالث مكون من 20 طابق وارتفاع طابقي متماثل 3m، أجري التحليل باستعمال برنامج CSI ETABS 2016 ، وتم إجراء التصميم لهذه النماذج بطريقتين؛ أولاً باستخدام طريقة التصميم التقليدية المتبعة في الكود وثانياً باستخدام طريقة التصميم اللدن القائم على الأداء. ومن ثم تم تقييم ومقارنة سلوك كل من النماذج الثلاثة المصممة بالطريقتين سابقتي الذكر من خلال مقارنة أبعاد مقاطع العناصر الإنشائية وتحديد قيم الانتقالات الجانبية الأعظمية وميكانيزم الخضوع ومقارنتها في طريقتي التصميم المتبعتين، وذلك باستخدام إجراء التحليل الستاتيكي اللاخطي Pushover.

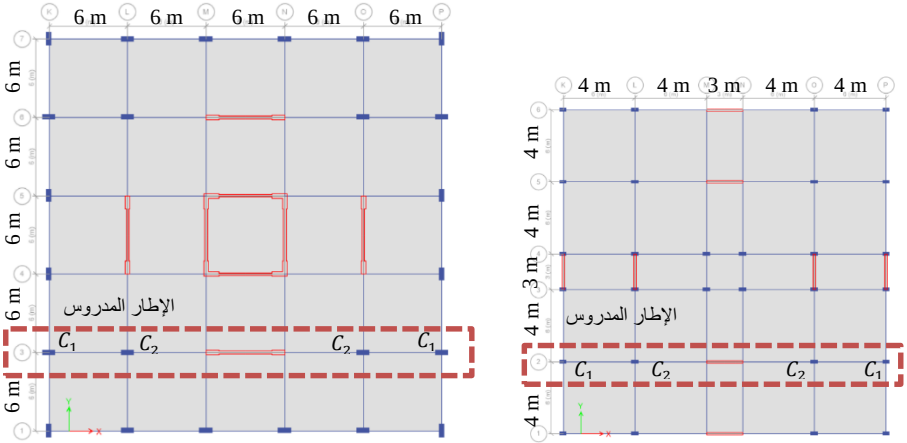
**دراسة تطبيقية لنماذج الجمل الثنائية الثلاثة:**

يتألف كل من النماذج الثلاثة من خمسة مجازات حيث أن النموذج الأول بارتفاع (10طوابق) وبارتفاع طابقي متماثل 3m، النموذج الثاني بارتفاع (15 طابق) وبارتفاع طابقي متماثل 3m، النموذج الثالث بارتفاع (20 طابق) وبارتفاع طابقي متماثل 3m. تم تصميم كل من النماذج الثلاثة بطريقتين؛ الأولى طريقة التصميم التقليدية المتبعة في الكود والثانية باستخدام طريقة التصميم اللدن القائم على الأداء. ومن ثم تم تقييم نتائج التصميم باستعمال برنامج CSI ETABS 2016 حيث تمت نمذجة الأعمدة والجيزان كعناصر خطية line element ونمذجة جدران القص كعناصر سطحية element shell ونمذجة الأساسات كعناصر موثوقة، ومن ثم أجري تحليل إنشائي ستاتيكي لا خطي للنماذج المذكورة، للحصول على رؤية كاملة لتوصيف الحالة وسلوك كل ومنها ومقارنة هذا السلوك لكل من طريقتي التصميم المتبعتين.

**مواصفات النماذج:**

نموذج المقطع الشاقولي للتربة ($S_D$) وقدرة تحمل التربة $3kg/cm^2$، تقع النماذج الثلاثة في المنطقة الزلزالية 2C حيث التسارع الارضي 0.25g، عامل أهمية المبنى I = 1، يوضح الشكل (6) المساقط الأفقية للطابق المتكرر للنماذج المختارة والإطار المدروس في كل منها مع توضيح الأبعاد بين المحاور، وتم اعتماد المواصفات التالية لمواد البناء.

. $Fyw=2400\ kg/cm^2$، $Fy = 4000\ kg/cm^2$،$f'c = 250\ kg/cm^2$




b a

**الشكل 6: المسقط الأفقي للنماذج: a: بـ 10 طوابق b: بـ 15 و20 طابق؛ [عمل الباحث].**

**نمذجة المنشأ:**

تمت النمذجة والتصميم الأولي للمنشأ وفق الكود التصميمي باستخدام برنامج ETABS من أجل المعطيات الزلزالية للموقع وتم الحصول على المقاطع التصميمية للعناصر.

**الجدول 4: بارامترات وقيم التصميم وفق الكود من أجل الإطار بـ 10 طوابق.**

| 10 STORY CODE DESIGN | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الطابق | الأعمدة | | | | القص جدار | | | | القص جدار في المخفي العمود | | | |
| | رقم العمود | الأبعاد(cm) | الطول التسليح | العرض التسليح | الطول (cm) | السماكة (cm) | المنطقة تسليح شاقولي | المنطقة تسليح أفقي | الطول (cm) | العرض (cm) | الطول التسليح | العرض التسليح |
| 1-4 | C1 | 45*100 | 20T20 mm | 4T8/10-15 | 300 | 30 | 7T14/m | 6T12/m | 60 | 30 | 14T14 mm | 3T8/10-15 |
| | C2 | 50*100 | 24T20 mm | 4T8/10-15 | | | | | | | | |
| 5-7 | C1 | 40*80 | 20T16 mm | 3T8/10-15 | 300 | 25 | 7T12/m | 6T12/m | 60 | 25 | 12T14 mm | 2T8/10-15 |
| | C2 | 40*80 | 20T16 mm | 3T8/10-15 | | | | | | | | |
| 8-10 | C1 | 30*70 | 14T14 mm | 2T8/10-15 | 300 | 20 | 7T12/m | 6T12/m | 60 | 20 | 8T14 mm | 2T8/10-15 |
| | C2 | 30*70 | 14T14 mm | 2T8/10-15 | | | | | | | | |

توضح الجداول (4) و(5) و(6) أبعاد المقاطع العرضية لكل من الأعمدة والجدران مع التسليح المطلوب لكل منها (التسليح الطولي والتسليح العرضي) وفق الطريقة الستاتيكية المكافئة الموضحة أعلاه والمعتمدة في الكود العربي السوري لتصميم وتحقيق المنشآت البيتونية على الزلازل.

**الجدول 5: بارامترات وقيم التصميم وفق الكود من أجل الإطار بـ 15 طابق.**

| 15 STORY CODE DESIGN | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الطابق | الأعمدة | | | | القص جدار | | | | القص جدار في المخفي العمود | | | |
| | رقم العمود | الأبعاد(cm) | التسليح الطولي | التسليح العرضي | الطول (cm) | السماكة (cm) | المنطقة شاقولي | المنطقة أفقي | الطول (cm) | العرض (cm) | التسليح الطولي | التسليح العرضي |
| 1-3 | C1 | 50*100 | 24T18 mm | 5T8/10-15 | 600 | 40 | 7T16/m | 6T12/m | 120 | 40 | 24T20 mm | 6T8/10-15 |
| | C2 | 55*130 | 28T25 mm | 5T8/10-15 | | | | | | | | |
| 4-6 | C1 | 45*100 | 22T18 mm | 5T8/10-15 | 600 | 35 | 7T14/m | 6T12/m | 120 | 35 | 24T18 mm | 6T8/10-15 |
| | C2 | 50*120 | 28T20 mm | 5T8/10-15 | | | | | | | | |
| 7-9 | C1 | 40*100 | 20T16 mm | 5T8/10-15 | 600 | 30 | 7T14/m | 6T12/m | 120 | 30 | 22T16 mm | 5T8/10-15 |
| | C2 | 40*120 | 24T20 mm | 5T8/10-15 | | | | | | | | |
| 10-12 | C1 | 40*80 | 18T16 mm | 5T8/10-15 | 600 | 25 | 7T12/m | 6T12/m | 120 | 25 | 22T14 mm | 5T8/10-15 |
| | C2 | 40*100 | 20T16 mm | 5T8/10-15 | | | | | | | | |
| 13-15 | C1 | 40*60 | 16T16 mm | 5T8/10-15 | 600 | 20 | 7T10/m | 6T12/m | 120 | 20 | 18T14 mm | 4T8/10-15 |
| | C2 | 40*80 | 18T16 mm | 5T8/10-15 | | | | | | | | |

**الجدول 6: بارامترات وقيم التصميم وفق الكود من أجل الإطار بـ 20 طابق.**

| 20 STORY CODE DESIGN | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الطابق | الأعمدة | | | | القص جدار | | | | القص جدار في المخفي العمود | | | |
| | رقم العمود | الأبعاد(cm) | التسليح الطولي | التسليح العرضي | الطول (cm) | السماكة (cm) | المنطقة شاقولي | المنطقة أفقي | الطول (cm) | العرض (cm) | التسليح الطولي | التسليح العرضي |
| 1-4 | C1 | 60*120 | 32T20 mm | 5T8/10-15 | 600 | 45 | 7T16/m | 6T12/m | 120 | 45 | 30T20 mm | 6T8/10-15 |
| | C2 | 60*140 | 38T25 mm | 5T8/10-15 | | | | | | | | |
| 5-8 | C1 | 55*100 | 24T20 mm | 5T8/10-15 | 600 | 40 | 7T16/m | 6T12/m | 120 | 40 | 24T20 mm | 6T8/10-15 |
| | C2 | 55*120 | 32T20 mm | 5T8/10-15 | | | | | | | | |
| 9-12 | C1 | 45*100 | 24T16 mm | 5T8/10-15 | 600 | 35 | 7T14/m | 6T12/m | 120 | 35 | 24T18 mm | 6T8/10-15 |
| | C2 | 45*120 | 30T20 mm | 5T8/10-15 | | | | | | | | |
| 13-16 | C1 | 40*80 | 16T16 mm | 5T8/10-15 | 600 | 30 | 7T14/m | 6T12/m | 120 | 30 | 22T16 mm | 5T8/10-15 |
| | C2 | 40*100 | 26T16 mm | 5T8/10-15 | | | | | | | | |
| 17-20 | C1 | 30*80 | 12T16 mm | 5T8/10-15 | 600 | 25 | 7T12/m | 6T12/m | 120 | 25 | 22T14 mm | 5T8/10-15 |
| | C2 | 40*80 | 24T16 mm | 5T8/10-15 | | | | | | | | |

تم إجراء تحليل PBPD باستخدام حسابات يدوية وفق منهجية الطريقة الموضحة بالمعادلات من (9) إلى (20) على النماذج الثلاثة السابقة، وتبين الجداول (7) و(8) و(9) حساب وتوزيع الحمل الجانبي على ارتفاع الإطار بـ 10 –15 –20 طابق على الترتيب وفق طريقة PBPD.

## الجدول 7: بارامترات وقيم التصميم من أجل الإطار بـ 10 طوابق وفق طريقة PBPD.

| 10 Stories | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Vi (ton) | $F_i *= Fi + F_{iP-\Delta}$ قوة القص الطابقي (kN) | $F_{iP-\Delta} = \theta u * Wi$ إدخال تأثير P-delta (kN) | $Fi = \lambda i * Vy$ STORY FORCE (kN) | $\lambda i * hi$ | $\lambda i$ | $\beta i - \beta(i+1)$ | $\beta i$ | ΣWi*hi (kN.m) | Wi*hi (kN.m) | (wi) (kN/m) | (Wi) (kN) | hi (m) | story (i) |
| 336.1 | 336.1 | 35.6 | 300.5 | 8.07 | 0.27 | 1.00 | 1.00 | 53460 | 53460 | 66 | 1782 | 30 | 10 |
| 563.9 | 227.8 | 35.6 | 192.1 | 4.64 | 0.17 | 0.64 | 1.64 | 101574 | 48114 | 66 | 1782 | 27 | 9 |
| 752.6 | 188.7 | 35.6 | 153.1 | 3.29 | 0.14 | 0.51 | 2.15 | 144342 | 42768 | 66 | 1782 | 24 | 8 |
| 913.7 | 161.1 | 35.6 | 125.4 | 2.36 | 0.11 | 0.42 | 2.57 | 181764 | 37422 | 66 | 1782 | 21 | 7 |
| 1052.1 | 138.5 | 35.6 | 102.8 | 1.66 | 0.09 | 0.34 | 2.91 | 213840 | 32076 | 66 | 1782 | 18 | 6 |
| 1170.7 | 118.6 | 35.6 | 83.0 | 1.11 | 0.07 | 0.28 | 3.18 | 240570 | 26730 | 66 | 1782 | 15 | 5 |
| 1271.2 | 100.5 | 35.6 | 64.9 | 0.70 | 0.06 | 0.22 | 3.40 | 261954 | 21384 | 66 | 1782 | 12 | 4 |
| 1354.7 | 83.5 | 35.6 | 47.8 | 0.39 | 0.04 | 0.16 | 3.56 | 277992 | 16038 | 66 | 1782 | 9 | 3 |
| 1421.9 | 67.2 | 35.6 | 31.5 | 0.17 | 0.03 | 0.10 | 3.66 | 288684 | 10692 | 66 | 1782 | 6 | 2 |
| 1473.2 | 51.3 | 35.6 | 15.7 | 0.04 | 0.01 | 0.05 | 3.72 | 294030 | 5346 | 66 | 1782 | 3 | 1 |
| | 1473.2 | | | 22.43 | 1.00 | 3.72 | 27.79 | | | | 17820 | | Σ |

## الجدول 8: بارامترات وقيم التصميم من أجل الإطار بـ 15 طابق وفق طريقة PBPD.

| 15 Stories | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Vi (ton) | $F_i *= Fi + F_{iP-\Delta}$ قوة القص الطابقي (kN) | $F_{iP-\Delta} = \theta u * Wi$ إدخال تأثير P-delta (kN) | $Fi = \lambda i * Vy$ STORY FORCE (kN) | $\lambda i * hi$ | $\lambda i$ | $\beta i - \beta(i+1)$ | $\beta i$ | ΣWi*hi (kN.m) | Wi*hi (kN.m) | (wi) (kN/m) | (Wi) (kN) | hi (m) | story (i) |
| 481.7 | 481.7 | 39.6 | 442.1 | 9.80 | 0.22 | 1.00 | 1.00 | 89100 | 89100 | 66 | 1980 | 45 | 15 |
| 796.0 | 314.3 | 39.6 | 274.7 | 5.68 | 0.14 | 0.62 | 1.62 | 172260 | 83160 | 66 | 1980 | 42 | 14 |
| 1059.2 | 263.2 | 39.6 | 223.6 | 4.30 | 0.11 | 0.51 | 2.13 | 249480 | 77220 | 66 | 1980 | 39 | 13 |
| 1289.0 | 229.8 | 39.6 | 190.2 | 3.37 | 0.09 | 0.43 | 2.56 | 320760 | 71280 | 66 | 1980 | 36 | 12 |
| 1493.2 | 204.2 | 39.6 | 164.6 | 2.68 | 0.08 | 0.37 | 2.93 | 386100 | 65340 | 66 | 1980 | 33 | 11 |
| 1676.1 | 182.9 | 39.6 | 143.3 | 2.12 | 0.07 | 0.32 | 3.25 | 445500 | 59400 | 66 | 1980 | 30 | 10 |
| 1840.3 | 164.2 | 39.6 | 124.6 | 1.66 | 0.06 | 0.28 | 3.54 | 498960 | 53460 | 66 | 1980 | 27 | 9 |
| 1987.7 | 147.4 | 39.6 | 107.8 | 1.27 | 0.05 | 0.24 | 3.78 | 546480 | 47520 | 66 | 1980 | 24 | 8 |
| 2119.6 | 131.9 | 39.6 | 92.3 | 0.95 | 0.05 | 0.21 | 3.99 | 588060 | 41580 | 66 | 1980 | 21 | 7 |
| 2236.9 | 117.3 | 39.6 | 77.7 | 0.69 | 0.04 | 0.18 | 4.16 | 623700 | 35640 | 66 | 1980 | 18 | 6 |
| 2340.4 | 103.5 | 39.6 | 63.9 | 0.47 | 0.03 | 0.14 | 4.31 | 653400 | 29700 | 66 | 1980 | 15 | 5 |
| 2430.5 | 90.1 | 39.6 | 50.5 | 0.30 | 0.02 | 0.11 | 4.42 | 677160 | 23760 | 66 | 1980 | 12 | 4 |
| 2507.7 | 77.2 | 39.6 | 37.6 | 0.17 | 0.02 | 0.09 | 4.51 | 694980 | 17820 | 66 | 1980 | 9 | 3 |
| 2572.2 | 64.5 | 39.6 | 24.9 | 0.07 | 0.01 | 0.06 | 4.56 | 706860 | 11880 | 66 | 1980 | 6 | 2 |
| 2624.2 | 52.0 | 39.6 | 12.4 | 0.02 | 0.01 | 0.03 | 4.59 | 712800 | 5940 | 66 | 1980 | 3 | 1 |
| | 2624.2 | | | 33.55 | 1.00 | 4.59 | 51.35 | | | | 29700 | | Σ |

## الجدول 9: بارامترات وقيم التصميم من أجل الإطار بـ 20 طابق وفق طريقة PBPD.

| 20 Stories | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Vi (ton) | $F_i *= Fi + F_{iP-\Delta}$ قوة القص الطابقي (kN) | $F_{iP-\Delta} = \theta u * Wi$ إدخال تأثير P-delta (kN) | $Fi = \lambda i * Vy$ STORY FORCE (kN) | $\lambda i * hi$ | $\lambda i$ | $\beta i - \beta(i+1)$ | $\beta i$ | ΣWi*hi (kN.m) | Wi*hi (kN.m) | (wi) (kN/m) | (Wi) (kN) | hi (m) | story (i) |
| 710.0 | 710.0 | 39.6 | 670.4 | 11.73 | 0.20 | 1.00 | 1.00 | 118800 | 118800 | 66 | 1980 | 60 | 20 |
| 1144.9 | 434.9 | 39.6 | 395.3 | 6.57 | 0.12 | 0.59 | 1.59 | 231660 | 112860 | 66 | 1980 | 57 | 19 |
| 1505.7 | 360.8 | 39.6 | 321.2 | 5.06 | 0.09 | 0.48 | 2.07 | 338580 | 106920 | 66 | 1980 | 54 | 18 |
| 1820.7 | 315.1 | 39.6 | 275.5 | 4.10 | 0.08 | 0.41 | 2.48 | 439560 | 100980 | 66 | 1980 | 51 | 17 |
| 2102.2 | 281.5 | 39.6 | 241.9 | 3.39 | 0.07 | 0.36 | 2.84 | 534600 | 95040 | 66 | 1980 | 48 | 16 |
| 2356.9 | 254.6 | 39.6 | 215.0 | 2.82 | 0.06 | 0.32 | 3.16 | 623700 | 89100 | 66 | 1980 | 45 | 15 |
| 2588.8 | 232.0 | 39.6 | 192.4 | 2.36 | 0.06 | 0.29 | 3.45 | 706860 | 83160 | 66 | 1980 | 42 | 14 |
| 2800.9 | 212.1 | 39.6 | 172.5 | 1.96 | 0.05 | 0.26 | 3.71 | 784080 | 77220 | 66 | 1980 | 39 | 13 |
| 2995.2 | 194.3 | 39.6 | 154.7 | 1.62 | 0.05 | 0.23 | 3.94 | 855360 | 71280 | 66 | 1980 | 36 | 12 |
| 3173.1 | 177.9 | 39.6 | 138.3 | 1.33 | 0.04 | 0.21 | 4.14 | 920700 | 65340 | 66 | 1980 | 33 | 11 |
| 3335.9 | 162.8 | 39.6 | 123.2 | 1.08 | 0.04 | 0.18 | 4.33 | 980100 | 59400 | 66 | 1980 | 30 | 10 |
| 3484.4 | 148.5 | 39.6 | 108.9 | 0.86 | 0.03 | 0.16 | 4.49 | 1033560 | 53460 | 66 | 1980 | 27 | 9 |
| 3619.4 | 135.0 | 39.6 | 95.4 | 0.67 | 0.03 | 0.14 | 4.63 | 1081080 | 47520 | 66 | 1980 | 24 | 8 |
| 3741.4 | 122.0 | 39.6 | 82.4 | 0.50 | 0.02 | 0.12 | 4.75 | 1122660 | 41580 | 66 | 1980 | 21 | 7 |
| 3850.8 | 109.5 | 39.6 | 69.9 | 0.37 | 0.02 | 0.10 | 4.86 | 1158300 | 35640 | 66 | 1980 | 18 | 6 |
| 3948.2 | 97.3 | 39.6 | 57.7 | 0.25 | 0.02 | 0.09 | 4.94 | 1188000 | 29700 | 66 | 1980 | 15 | 5 |
| 4033.7 | 85.5 | 39.6 | 45.9 | 0.16 | 0.01 | 0.07 | 5.01 | 1211760 | 23760 | 66 | 1980 | 12 | 4 |
| 4107.5 | 73.8 | 39.6 | 34.2 | 0.09 | 0.01 | 0.05 | 5.06 | 1229580 | 17820 | 66 | 1980 | 9 | 3 |
| 4169.8 | 62.3 | 39.6 | 22.7 | 0.04 | 0.01 | 0.03 | 5.10 | 1241460 | 11880 | 66 | 1980 | 6 | 2 |
| 4220.8 | 50.9 | 39.6 | 11.3 | 0.01 | 0.00 | 0.02 | 5.11 | 1247400 | 5940 | 66 | 1980 | 3 | 1 |
| | 4220.8 | | | 44.97 | 1.00 | 5.11 | 76.66 | | | | 39600 | | Σ |

حيث: $h_i$: ارتفاع الطابق i عن منسوب قاعدة البناء، $W_i$: وزن الطابق i، $\beta_i$: معامل توزيع القص للطابق رقم $i$، $\lambda_i$: معامل توزيع القوة الجانبية للطابق رقم $i$، $F_i$: حصة الطابق رقم $i$ من القوة الجانبية، $V_i$: القص في الطابق رقم $i$.

$$V_i = \sum_i^n F_i \qquad (21)$$

ومن ثم تم تصميم العناصر الإنشائية للإطارات الثلاثة اعتماداً على القوى التصميمية الناتجة عن تراكب الحمولات الجانبية $F_i$ المحسوبة وفق الجداول (7) و(8) و(9) مع الأحمال الشاقولية المؤثرة على المنشأ وفق حصة الإطار المدروس والتي بلغت من أجل حالتي التصميم المعتمدتين $11\ kN/m^2$ للحمولات الميتة الموزعة على مساحة الطابق متضمنة الوزن الذاتي للعناصر و$3\ kN/m^2$ للحمولات الحية الموزعة على مساحة الطابق. توضح الجداول (10) و(11) و(12) أبعاد المقاطع العرضية لكل من الأعمدة والجدران مع التسليح المطلوب لكل منها (التسليح الطولي والتسليح العرضي) وفق طريقة التصميم اللدن القائم على الأداء [PBPD].

**الجدول 10: بارامترات وقيم التصميم وفق طريقة PPBD من أجل الإطار بـ 10 طوابق.**

| 10 STORY PBPD DESIGN | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الطابق | الأعمدة | | | | القص جدار | | | | القص جدار في المخفي العمود | | | |
| | رقم العمود | الأبعاد(cm) | الطولي السليح | العرض السليح | الطول (cm) | السماكة (cm) | المنطقة شاقولي | المنطقة أفقي | الطول (cm) | العرض (cm) | الطولي السليح | العرض السليح |
| 1-4 | C1 | 40*80 | 18T18 mm | 4T8/10-15 | 300 | 25 | 7T14/m | 6T12/m | 60 | 25 | 12T14 mm | 3T8/10-15 |
| | C2 | 40*100 | 18T18 mm | 4T8/10-15 | | | | | | | | |
| 5-7 | C1 | 30*80 | 16T14 mm | 3T8/10-15 | 300 | 25 | 7T12/m | 6T12/m | 60 | 25 | 10T14 mm | 2T8/10-15 |
| | C2 | 30*100 | 16T16 mm | 3T8/10-15 | | | | | | | | |
| 8-10 | C1 | 30*70 | 16T14 mm | 2T8/10-15 | 300 | 20 | 7T12/m | 6T12/m | 60 | 20 | 8T14 mm | 2T8/10-15 |
| | C2 | 30*70 | 16T14 mm | 2T8/10-15 | | | | | | | | |

**الجدول 11: بارامترات وقيم التصميم وفق طريقة PPBD من أجل الإطار بـ 15 طابق.**

| 15 STORY PBPD DESIGN | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الطابق | الأعمدة | | | | القص جدار | | | | القص جدار في المخفي العمود | | | |
| | رقم العمود | الأبعاد(cm) | الطولي السليح | العرض السليح | الطول (cm) | السماكة (cm) | المنطقة شاقولي | المنطقة أفقي | الطول (cm) | العرض (cm) | الطولي السليح | العرض السليح |
| 1-3 | C1 | 45*100 | 24T18 mm | 5T8/10-15 | 600 | 30 | 7T16/m | 6T14/m | 120 | 30 | 22T16 mm | 5T8/10-15 |
| | C2 | 50*120 | 26T20 mm | 5T8/10-15 | | | | | | | | |
| 4-6 | C1 | 40*100 | 22T18 mm | 5T8/10-15 | 600 | 30 | 7T14/m | 6T12/m | 120 | 30 | 22T16 mm | 5T8/10-15 |
| | C2 | 45*120 | 26T20 mm | 5T8/10-15 | | | | | | | | |
| 7-9 | C1 | 35*100 | 20T16 mm | 5T8/10-15 | 600 | 25 | 7T12/m | 6T12/m | 120 | 25 | 22T14 mm | 5T8/10-15 |
| | C2 | 35*120 | 24T18 mm | 5T8/10-15 | | | | | | | | |
| 10-12 | C1 | 30*80 | 18T16 mm | 5T8/10-15 | 600 | 25 | 7T12/m | 6T12/m | 120 | 25 | 22T14 mm | 5T8/10-15 |
| | C2 | 35*100 | 22T16 mm | 5T8/10-15 | | | | | | | | |
| 13-15 | C1 | 30*70 | 16T16 mm | 5T8/10-15 | 600 | 20 | 7T10/m | 6T12/m | 120 | 20 | 18T14 mm | 4T8/10-15 |
| | C2 | 35*80 | 20T16 mm | 5T8/10-15 | | | | | | | | |

**الجدول 12: بارامترات وقيم التصميم وفق طريقة PPBD من أجل الإطار بـ 20 طابق.**

| 20 STORY PBPD DESIGN | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الطابق | الأعمدة | | | | القص جدار | | | | القص جداري المخفي العمود | | | |
| | رقم العمود | الأبعاد(cm) | الطولي السليح | العرضي السليح | الطول (cm) | السماكة (cm) | المنطقة السليح | | الطول (cm) | العرض (cm) | الطولي السليح | العرضي السليح |
| | | | | | | | شاقولي | أفقي | | | | |
| 1-4 | C1 | 60*100 | 30T20 mm | 5T8/10-15 | 600 | 40 | 7T16/m | 6T12/m | 120 | 40 | 24T20 mm | 6T8/10-15 |
| | C2 | 55*130 | 30T25 mm | 5T8/10-15 | | | | | | | | |
| 5-8 | C1 | 50*100 | 24T20 mm | 5T8/10-15 | 600 | 35 | 7T14/m | 6T12/m | 120 | 35 | 24T18 mm | 6T8/10-15 |
| | C2 | 50*120 | 32T20 mm | 5T8/10-15 | | | | | | | | |
| 9-12 | C1 | 45*100 | 24T16 mm | 5T8/10-15 | 600 | 30 | 7T14/m | 6T12/m | 120 | 30 | 22T16 mm | 5T8/10-15 |
| | C2 | 45*120 | 30T20 mm | 5T8/10-15 | | | | | | | | |
| 13-16 | C1 | 40*80 | 16T16 mm | 5T8/10-15 | 600 | 25 | 7T12/m | 6T12/m | 120 | 25 | 22T14 mm | 5T8/10-15 |
| | C2 | 40*100 | 26T16 mm | 5T8/10-15 | | | | | | | | |
| 17-20 | C1 | 30*80 | 12T16 mm | 5T8/10-15 | 600 | 20 | 7T10/m | 6T12/m | 120 | 20 | 18T14 mm | 4T8/10-15 |
| | C2 | 40*80 | 24T16 mm | 5T8/10-15 | | | | | | | | |

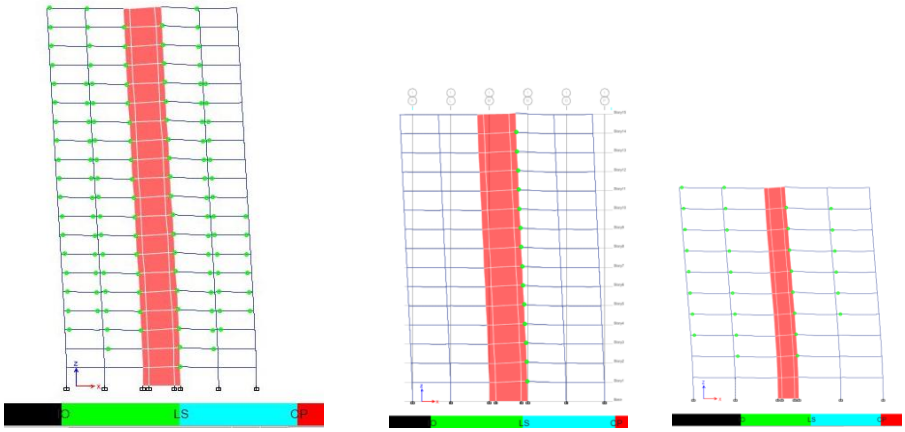
**-النتائج ومناقشتها:**

تم تصميم ثلاثة إطارات بجمل ثنائية بيتونية (إطارات-جدار قص) مؤلفة من 10 و15 و20 طابق وفق كود التصميم الزلزالي بشكل أولي، ومن ثم تم تصميم هذه الإطارات وفق طريقة التصميم اللدن القائم على الأداء PBPD المقترحة. وكانت أدوار الاهتزاز الأساسية للإطارات الثلاثة 1.095 و1.118 و1.549 ثانية على الترتيب. وبعد ذلك تم رصد سلوك هذين النوعين من الإطارات تحت تأثير التحليل الستاتيكي اللاخطي Pushover والمبين فيما يأتي.

وبما أن كل من الإطارات السابقة المعتمدة على الكود لم تحقق معيار القبول acceptance criteria (نمط انهيار غير مرغوب)، ومن الجدير بالذكر أن الإطارات المصممة وفق طريقة PBPD أفضل من تلك المصممة وفق طريقة الكود، كما أظهرت نتائج التقييم لطريقة PBPD مستوىً مقبولاً من الأداء الزلزالي.

تم إجراء التحليل الستاتيكي اللاخطي باستخدام برنامج العناصر المنتهية ETABS 2016 على الإطارات الثلاثة المصممة وفق طريقة PBPD وطريقة الكود. فيما يلي نعرض النتائج التي تتضمن مكان تشكل المفصل اللدن Location of Plastic Hinges وميكانيزم الانهيار الحاصل، والإزاحة الطابقية الكلية عند نقطة الأداء ومقارنة أبعاد المقاطع للعناصر الإنشائية في كلا نوعي الإطارات.

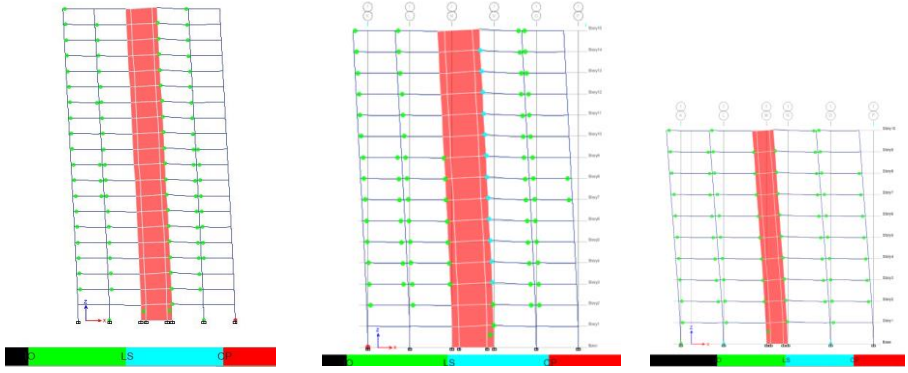
يبين الشكل (7) ميكانيزم الانهيار الموافق للإطارات المؤلفة من 10 15 و20 طابقاً والمصممة وفق طريقة الكود اعتماداً على نتائج تحليل التحليل الستاتيكي اللاخطي Pushover.



Code 20 طابق Code 15 طابق Code 10طوابق

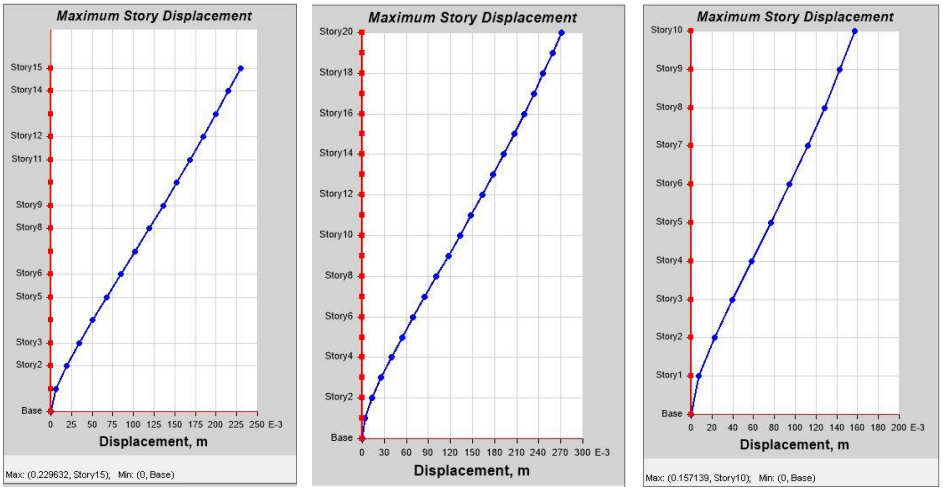
**الشكل 7: ميكانيزم الانهيار في الإطارات المصممة وفق الكود؛ [عمل الباحث].**

ويبين الشكل (8) ميكانيزم الانهيار الموافق للإطارات المؤلفة من 10 15 و20 طابقاً والمصممة وفق طريقة PPBD اعتماداً على نتائج تحليل التحليل الستاتيكي اللاخطي Pushover.



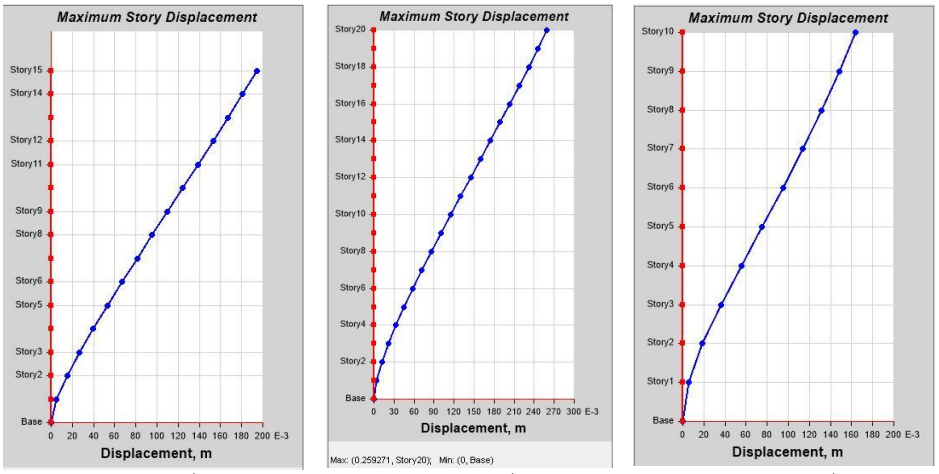
PPBD 20طابق PPBD 15 طابق PPBD 10طوابق

**الشكل 8: ميكانيزم الانهيار في الإطارات المصممة وفق PPBD؛ [عمل الباحث].**




Code طابق 20 Code طابق 15 Code طوابق10

**الشكل 9: الانتقال الطابقي الكلي عند السقف عند نقطة الأداء وفق الكود؛ [عمل الباحث].**

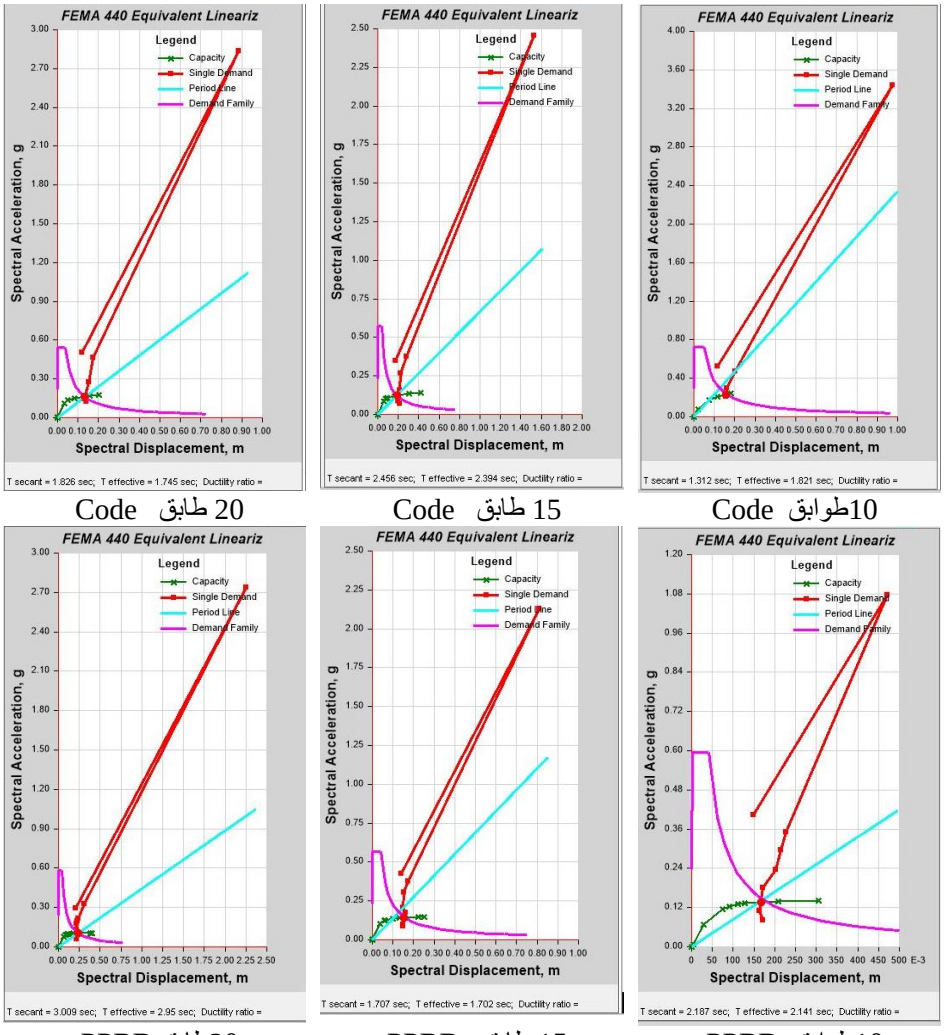



PPBD طابق20 PPBD طابق 15 PPBD طوابق10

**الشكل 10: الانتقال الطابقي الكلي عند السقف عند نقطة الأداء للإطارات وفق PPBD؛ [عمل الباحث].**

نلاحظ عدم حصول ميكانيزم الانهيار المرغوب في الإطارات بـ 10 و15 و20 طابق والمصممة وفق الكود كما يوضح الشكل (7) حيث لم تتلدن مقاطع الأعمدة والجدران في الطابق الأرضي عند الاتصال مع القاعدة، بينما يوضح الشكل (8) تشكل نمط انهيار

مرغوب في الإطارات بـ 10 و15 و20 طابق والمصممة وفق طريقة PPBD من خلال تشكل مفاصل لدنة في أطراف الجوائز في كافة الطوابق وفي كل من جدار القص والأعمدة في الطابق الأرضي عند الاتصال مع القاعدة كعناصر محكومة بالخضوع بينما تبقى الأعمدة وجدران القص في بقية الطوابق عدا الأرضي خالية من تشكل المفاصل اللدنة وتكون غير محكومة بالخضوع.




Code 20 طابق Code 15 طابق Code 10طوابق

PPBD 20طابق PPBD 15 طابق PPBD 10طوابق

**الشكل 11: منحني الاستطاعة Pushover للإطارات بنوعيها؛ [عمل الباحث].**

يبين الشكل (9) نتائج الانتقال الطابقي الكلي عند السقف عند نقطة الأداء للإطارات المؤلفة من 10 15 و20 طابقاً والمصممة وفق طريقة الكود اعتماداً على نتائج تحليل التحليل الستاتيكي اللاخطي Pushover. وبلغت قيمة الانتقال الكلي في الإطارات بـ 10 و15 و20 طابق والمصممة وفق الكود 17mm و23mm و27mm على الترتيب.

وبلغت قيمة الانتقال الكلي في الإطارات بـ 10 و15 و20 طابق والمصممة وفق طريقة PPBD 15mm و19mm و25mm على الترتيب، الشكل (10)، وهي أخفض من الإطارات المصممة وفق الكود. ويوضح الشكل (11) منحني الاستطاعة الموافق لكل إطار من النماذج السابقة ويمكن ملاحظة تحسن المطاوعة في الإطارات المصممة بطريقة PPBD مقارنة بتلك المصممة وفق الكود.

**الاستنتاجات والتوصيات:**

1- انخفاض قيمة انتقال السقف الأخير الكلي عند نقطة الأداء في الإطارات المصممة بطريقة PPBD عن تلك المصممة وفق الكود بنسبة تتراوح من (14%-11%).
2- تحسن المطاوعة في الإطارات المصممة بطريقة PPBD عن تلك المصممة وفق الكود من خلال الحصول على انتقال حدي أكبر يوضحه منحني الاستطاعة من تحليل Pushover.
3- تعطي طريقة التصميم اللدن القائم على الأداء ميكانيزم الانهيار المرغوب في الجمل الثنائية والمتمثل بتشكل مفاصل لدنة في الأعمدة والجدران عند اتصالها مع القاعدة فقط وتشكل مفاصل لدنة في الجوائز في مختلف الطوابق.
4- انخفاض أبعاد مقاطع العناصر الإنشائية في الإطارات المصممة بطريقة PPBD عن تلك المصممة وفق الكود بنسبة تصل إلى (20%) وبالتالي انخفاض الوزن الكلي للمنشأ.
5- إن استخدام طريقة التصميم اللدن القائم على الأداء ساهم في الحصول على استجابة أمثل للجمل الثنائية من البيتون المسلح (إطارات – جدران قص) وبمقاطع

تصميمية أخفض من طريقة التصميم وفق الكود لذلك نوصي باعتمادها كطريقة تصميم.

6- نوصي بمتابعة البحث في طريقة التصميم اللدن القائم على الأداء في الجمل الثنائية المؤلفة من إطارات مربطة مركزياً ولا مركزياً بأشكال مختلفة.

## المراجع:

.1 Goel, S.C., et al., *Performance- based plastic design (PBPD) method for earthquake- resistant structures: an overview.* The structural design of tall and special buildings, 2010. **19**(1- 2): p. 115-137.

.2 Qiu, C., et al., *Robustness of performance-based plastic design method for SMABFs.* International Journal of Steel Structures, 2019. **19**: p. 787-805.

.3 Kaveh, A. and P. Zakian, *Optimal seismic design of reinforced concrete shear wall-frame structures.* KSCE Journal of Civil Engineering, 2014. **18**: p. 2181-219.0

.4 Devi, G.N., *Behaviour of Reinforced Concrete Dual Structural System: Strength, Deformation Characteristics, and Failure Mechanism.* International Journal of Engineering and Technology, 2013. **5**(1): p. 14.

.5 Hajirasouliha, I., P. Asadi, and K. Pilakoutas, *An efficient performance- based seismic design method for reinforced concrete frames.* Earthquake engineering & structural dynamics, 2012. **41**(4): p. 663-679.

.6 Syndicate, S.E., *Appendix No. (2) Of The Syrian Arab Code: Design and Realization Of Earthquake-Resistant Buildings and Structures*. 2020: Damascus.

.7 Mwafy, A. and A.S. Elnashai, *Static pushover versus dynamic collapse analysis of RC buildings.* Engineering structures, 2001. **23**(5): p. 407-424.

.8 IBC– 2009, I.B.C. 1997.

.9 Taha, R., *A Case Study to Evaluate Performance of Multistory Existing Buildings Located At Syrian Coast To Seismic Effect and Rehabilitation*. 2013, Tishreen University: Faculty of Civil Engineering.

.10 Bai, J. and J. Ou, *Earthquake-resistant design of buckling-restrained braced RC moment frames using performance-based plastic design method.* Engineering structures, 2016. **107**: p. 66-79.

.11 Chao, S.-H. and S.C. Goel, *ASEISMIC DESIGN METHOD FOR STEEL CONCENTRIC BRACED FRAMES FOR ENHANCED PERFORMANCE*. 2006.

.12 ATC-40, *Seismic Evaluation and Retrofit of Reinforced Concrete Buildings*. 1996, Applied Technology Council.

.13 Newmark, N.M. and W.J. Hall, *Earthquake spectra and design.* Engineering monographs on earthquake criteria, 1982.

.14 Bai, J., et al., *Seismic optimization design for uniform damage of reinforced concrete moment-resisting frames using consecutive modal pushover analysis.* Advances in Structural Engineering, 2016. **19**(8): p. 1313-1327.

# سلوك الجوائز البيتونية المسلحة بشكل هجين بقضبان فولاذية وأخرى من الألياف الزجاجية (GFRP)– دراسة تجريبية

**الدكتور: أحمد محمود ميهوب***

**الدكتورة: ميرفت حسن حشمه****

**□ الملخص□**

استخدمت في هذا البحث قضبان فولاذية وأخرى من الألياف الزجاجية (GFRP) في تسليح ستة جوائز بيتونية، وعلى الرغم من أن الاختلاف بين هذين النوعين من القضبان من ناحية المقاومة على الشد ومعامل المرونة والاختلاف بالوزن وقابلية الصدأ والتمايز في التماسك مع البيتون جعلت سلوك هذه الجوائز يختلف عن الجوائز المسلحة فقط إما بقضبان فولاذية أو زجاجية. في هذا البحث تم التحقق تجريبياً من سلوك مجموعتين من الجوائز في كل منها ثلاثة جوائز بيتونية مسلحة بشكل هجين بقضبان فولاذية وزجاجية وبنسب مختلفة، وذلك تحت تأثير حمولات متزايدة وصولاً الى الانهيار. حيث حددنا لكل مجموعة قدرة التحمل القصوى، والسهوم في مرحلتي ما قبل التشقق وما بعد التشقق، ونمط الانهيار وانتشار التشققات، وتزايد التشوهات في كل من قضبان التسليح والبيتون المضغوط مع تزايد الحمولات. وتم التوصل الى مجموعة من الاستنتاجات والتوصيات.

**الكلمات المفتاحية:** جوائز بيتونية مسلحة، السهم، قضبان من الالياف البوليميرية الزجاجية (GFRP)، قضبان فولاذية، تسليح هجين، قدرة التحمل، التشققات.

* مدرس – قسم علوم البناء والتنفيذ – كلية الهندسة المعمارية – جامعة طرطوس – طرطوس – سورية.

** مدرس – قسم الهندسة الإنشائية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

# Behavior of concrete beams hybridly reinforced with steel bars and fiberglass bars (GFRP) - an experimental study.

**Ahmad Mahmoud Mihoub** [*]
**Mervat Hasan Heshmah** [**]

## □ ABSTRACT □

In this research, steel bars and fiberglass bars (GFRP) were used to reinforce six concrete beams. Although the difference between these two types of bars in terms of tensile strength, modulus of elasticity, difference in weight, susceptibility to rust, and differentiation in bonding with concrete made the behavior of these beams differ. For trophies armed only, either with steel or glass bars.

The behavior of two sets of beams, each with three concrete beams reinforced hybridly with steel and glass bars in different proportions, was experimentally verified under the influence of increasing loads until they collapse. We determined for each group the maximum bearing capacity, deflections in the pre-cracking and post-cracking stages, the pattern of collapse and crack propagation, and the increasing deformations in both the reinforcement bars and the compressed concrete with increasing loads. A set of conclusions and recommendations were reached.

**Keywords**: Reinforced concrete beams, deflection, GFRP bars, steel bars, hybrid reinforcement, bearing capacity, cracks.

[*] **Assistant Professor, department of Construction and Implementation Sciences, faculty of Architecture, Tartous University, Tartous, Syria.**
[**] **Assistant Professor, department of structural engineering, faculty of civil engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

**مقدمة:**

إن الفكرة الاساسية لاستخدام التسليح الهجين ( فولاذ +زجاج) في تسليح الجوائز البيتونية المسلحة هي الاستفادة القصوى من ميزات كل من المادتين المختلفتين في الكثير من الخصائص، فالقضبان الزجاجية لها معامل مرونة منخفض وقدرة شد عالية [1]، وغير مقاومة للحريق [6]، وسلوكها خطي الى لحظة الانهيار. ويتعلق تماسكها مع البيتون بشكل سطح القضبان، بينما القضبان الفولاذية ذات معامل مرونة مرتفع وقدرة شد أقل ولها اجهاد خضوع وتماسكها مع البيتون جيد بفضل وجود الحلزنة على سطحها. وقد كثرت الدراسات المتعلقة بسلوك العناصر البيتونية المسلحة بشكل هجين (فولاذ +FRP) في الآونة الأخيرة، وقد تبين أن القضبان الفولاذية تساهم في زيادة القدرة على الانحناء في الجوائز المسلحة بشكل هجين [7]، كما بينت بعض الدراسات أن السهم وعرض الشق يكون أصغر في العناصر المسلحة بشكل هجين عما هو عليه في العناصر المسلحة بالـ FRP لوحده [9]. وفي بحث أخر [4] تبين أن التسليح الهجين للجوائز أدى الى تحسين السلوك الإنعطافي للجوائز من ناحية السهم والتشوه والتشققات مقارنة مع الجوائز المسلحة بالـ GFRP فقط. وفي بحث أخر[3] تمت مقارنة سلوك الجوائز البيتونية المسلحة بالفولاذ مع سلوك الجوائز المسلحة بشكل هجين (فولاذ +FRP ) ليخلص الى نتيجة أنه يمكن زيادة مرونة الجوائز المسلحة بشكل هجين اذا كانت نسبة التسليح بالـ FRP الى نسبة التسليح الفولاذي صغيرة أي $\frac{A_f}{A_s}$ . وبينت الدراسات السابقة أيضاً أنه مع زيادة نسبة التسليح الهجين $\frac{A_f}{A_s}$ فإن تحديد ليونة الجوائز سيكون أكثر تعقيداً لان موضوع خضوع الفولاذ فيها غير واضح [8] . وعلى الرغم من أن العديد من الباحثين السابقين قد قاموا بالتحقيق في العديد من سمات انعطاف الجوائز الهجينة التسليح، الا أن بعض ميزات أداء هذه العتبات لا تزال غير واضحة[8]. وتشمل قضبان البوليمر المقواة بالألياف المتاحة تجارياً قضبان من (الألياف الزجاجية – GFRPأو الألياف الكربونية CFRP – أو الألياف الأراميدية AFRP – أو الألياف البازلتية BFRP ) وتبدي هذه القضبان خواص ميكانيكية مختلفة تبعاً لعامل مرونتها، وتنتج الصناعات الحديثة سطوح مختلفة لهذه القضبان، لناحية زيادة التماسك بينها وبين البيتون، وهناك حاجة إلى الكثير من الابحاث لدراستها في المستقبل.

في العقود الأخيرة تم إجراء الكثير من الأبحاث التجريبية لدراسة سلوك الجوائز البيتونية المسلحة بقضبان FRP فقط وقد بينت أن هذه الجوائز تحقق سهوماً كبيرة وعرض الشقوق فيها أكبر مقارنة بمثيلاتها المسلحة بقضبان فولاذية فقط [5]. و يُنسب هذا إلى معامل المرونة المنخفض لهذه القضبان كما هو موثق في إرشادات الكود ACI 440.1R-12 لتصميم العناصر الخرسانية المسلحة بقضبان FRP [2] .

تم تنفيذ العمل البحثي الحالي للتحقيق تجريبياً في سلوك الجوائز الخرسانية المسلحة بشكل هجين بقضبان (فولاذية + زجاجية) والعاملة على الانعطاف تحت تأثير التحميل الستاتيكي المتزايد، وتم رصد قدرة التحميل القصوى، والسهم لكل خطوة تحميل، وتطور عرض الشق في مجموعتين من الجوائز في كل منها ثلاث عينات متماثلة من الجوائز وقد اختلفت فيها نسبة التسليح بالـ FRP الى نسبة التسليح الفولاذي $\frac{A_f}{A_s}$، وتم فحص الاستجابة الكلية لهذه الجوائز ووضعت مقارنات للنتائج التجريبية المقاسة، وتم عرضها والتعليق عليها في هذه الدراسة.

**أهمية البحث وأهدافه:**

تتميز القضبان الزجاجية بقدرة عالية على الشد وانخفاض في معامل المرونة مقارنة مع القضبان الفولاذية كما أن هناك اختلاف من ناحية التماسك مع البيتون ما يجعل سلوك العناصر المسلحة بشكل هجين (بقضبان زجاجية وأخرى فولاذية) سلوكاً مختلفاً عن نظيراتها المسلحة بالفولاذ لوحده أو الزجاج لوحده، وهنا تكمن أهمية هذا البحث في تسليط الضوء على سلوك الجوائز البيتونية المسلحة بشكل هجين (بقضبان زجاجية وأخرى فولاذية)، من خلال رصد قدرة تحملها وآلية انهيارها وانتشار التشققات فيها وقيم السهوم فيها والتشوهات النسبية في قضبان التسليح والبيتون المضغوط وصولاً الى لحظة الانهيار.

**طرائق البحث ومواده:**

استخدمنا الطريقة التجريبية في دراسة سلوك مجموعتين من الجوائز في كل منها ثلاثة جوائز بيتونية مسلحة بقضبان من الألياف الزجاجية والفولاذية وهي متماثلة من حيث الابعاد الهندسية وتختلف من حيث نسب التسليح ونوعه (فالمجموعة الاولى مسلحة بقضيب زجاجي قطر 12 ملم مع قضيبين فولاذيين قطر 12 ملم، والمجموعة الثانية مسلحة بقضيب

فولاذي زجاجي قطر 12 ملم مع قضيبين زجاجيين قطر 12 ملم)، وفي الجوائز المختبرة أخذت القيم الوسطية لقيم السهوم ولقيم قدرات التحمل وعدد التشققات وعرضها وقيم التشوهات النسبية في قضبان الـ GFRP والقضبان الفولاذية والبيتون المضغوط، وقد توصلنا الى استنتاجات وتوصيات عرضت في نهاية هذا البحث.

**1. العمل التجريبي:**

تم تنفيذ المشروع التجريبي للتحقيق في سلوك مجموعتين من الجوائز البيتونية المعرضة للانحناء والمسلحة بشكل هجين بقضبان GFRP وقضبان فولاذية تحت تأثير التحميل الستاتيكي المتزايد وتمت مراقبة سلوك هذه الجوائز من بداية التحميل وصولاً الى لحظة الانهيار، حيث قمنا بتحضير هذه الجوائز واختبارها في مخابر جامعة روستوف الحكومية للهندسة المدنية في روسيا الاتحادية خلال العام الدراسي 2012.

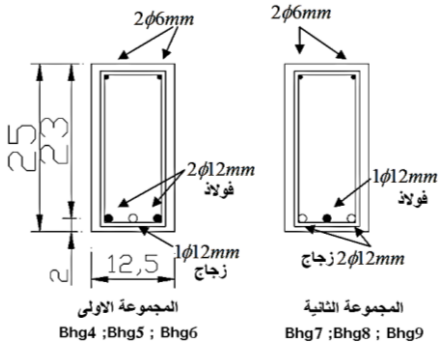
**1.1. توصيف العينات المختبرة:**

تم صب مجموعتين من الجوائز البيتونية المسلحة بشكل هجين في كل منها ثلاثة جوائز متماثلة من ناحية الأبعاد والتسليح السفلي عبارة عن 3 قضبان قطر 12 ملم وهي كما يلي: (المجموعة الاولى (Bhg6 ; Bhg5; Bhg4) مسلحة بقضيب زجاجي قطر 12 ملم مع قضيبين فولاذيين قطر 12 ملم، والمجموعة الثانية ( Bhg9 ; Bhg8; Bhg7 ) مسلحة بقضيبين زجاجيين قطر 12 ملم مع قضيب فولاذي قطر 12 ملم. واختبرت تجريبيا تحت تأثير حمولتين مركزتين (نظام تحميل في أربع نقاط four–point loading ). حيث B للدلالة على الجائز Beam، و g للدلالة على التسليح بالزجاج Glass، و h للدلالة على التسليح الهجين hybrid.

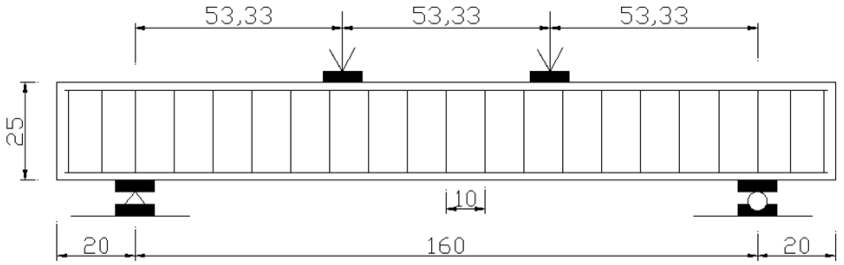
ويبين الشكل (2) الأبعاد الهندسية للمقطع العرضي بينما يبين الشكل (2) المقطع الطولي لهذه الجوائز وتفاصيل التسليح المختلفة. حيث يبلغ طول كل من الجوائز 2 m ، ونسبة العرض إلى الارتفاع mm b / h = 250/125 ، والعمق الفعال mm d = 230 ، وتم تسليح منطقة الضغط بقضبان فولاذية بقطر 6 mm عدد 2، وتم تسليح الجوائز على القص بأساور فولاذية قطر 6 mm وتباعد يساوي 100 mm .

**2.1. خصائص المواد:**

استخدمت في صناعة قضبان GFRP تقنية pultrusion للألياف الزجاجية، وهي من إنتاج مصنع القضبان الزجاجية GFRP في مدينة بيرم الروسية وتتمتع بالمواصفات التالية: ألياف زجاجية مستمرة ذات مقاومة على الشد تساوي 1200 MPa، ومعامل المرونة يساوي 35 GPa. تم تشبيع هذه الألياف باللاصق البوليميري لإنتاج القضبان، ويميز قضبان GFRP المستخدمة سطح خارجي مكون من الياف ملفوفة على القضبان بشكل حلزوني لزيادة التماسك مع البيتون كما مبين في الشكل (3)، أما للتسليح الفولاذي فقد استخدمت قضبان فولاذية محلزنة بقطر 12 ملم وذات مقاومة على الشد تساوي 700 MPa واجهاد خضوعها يساوي 622 MPa، وفي الشكل (3) نبين مقارنة لنوعي قضبان التسليح الزجاجية GFRP والفولاذية المستخدمة في بحثنا هذا.




**الشكل (2): الأبعاد الهندسية وشكل التسليح الطولي والعرضي للجوائز المختبرة (الأبعاد بـ سم).**




**الشكل (2): الأبعاد الهندسية وشكل التسليح الطولي والعرضي للجوائز المختبرة (الأبعاد بـ سم).**

**الشكل (3): مقارنة بين القضبان الزجاجيةGFRP والقضبان الفولاذية المستخدمة في البحث.**

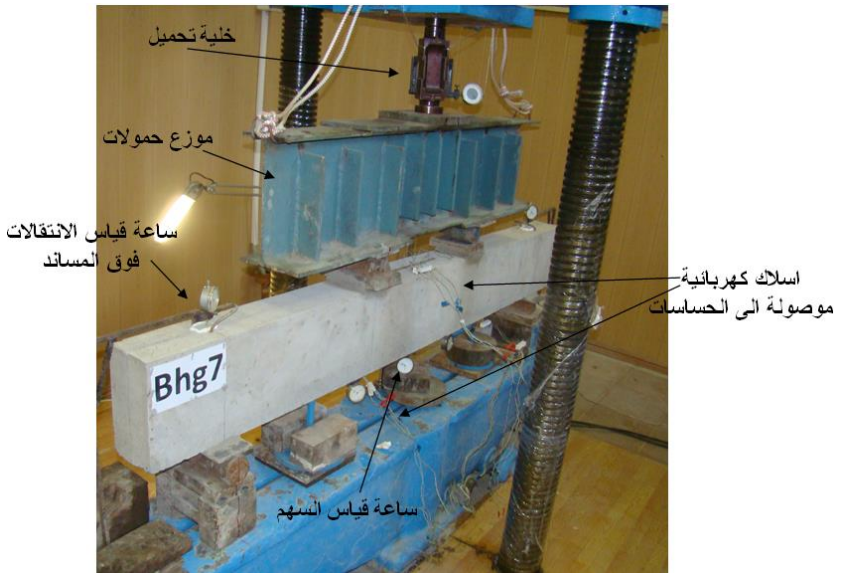
**الشكل (4): شكل هياكل التسليح للجوائز البيتونية المسلحة بشكل هجين (بثلاثة قضبان 2 زجاجية GFRP و 1 فولاذي) أو(بثلاثة قضبان 1 زجاجي GFRP و 2 فولاذية) وهي بوضعيه مقلوبة.**

تم اختبار المكعبات البيتونية مقاس (150*150*150) mm تحت ضغط مركزي في يوم اختبار الجوائز. والبيتون المستخدم ذو مقاومة عالية نسبياً، حيث بلغ متوسط مقاومة الضغط للمكعبات البيتونية (30 Mpa لجوائز المجموعة الاولى و29.8 Mpa لجوائز المجموعة الثانية)، وذلك لتجنب الانهيار المبكر لمنطقة الضغط البيتوني، وأبعاد البحص المستخدم في الخلطة الخرسانية كانت ضمن المجال (10–25 mm)، وكانت النسب الوزنية لمواد الخلطة البيتونية المحضرة لـ 1 $m^3$ كما يلي: اسمنت بورتلاندي 450 كغ، وبحص 1270 كغ، ورمل كوارتزي 460 كغ ووزن الماء 207 كغ ونسبة الماء الى الاسمنت تساوي 0.46.

### 3.1. التحضير للاختبار والتجهيزات المستخدمة:

تم استخدام الجهاز المبين في الشكل (5) لاختبار الجوائز على الانعطاف تحت تأثير حمولتين مركزتين، واستندت الجوائز بشكل بسيط عند اطرافها، وتم تطبيق الحمل في نقطتين بمسافة 533.3 cm فيما بينهما، وطول مجال القص يساوي أيضاً 533.3 cm

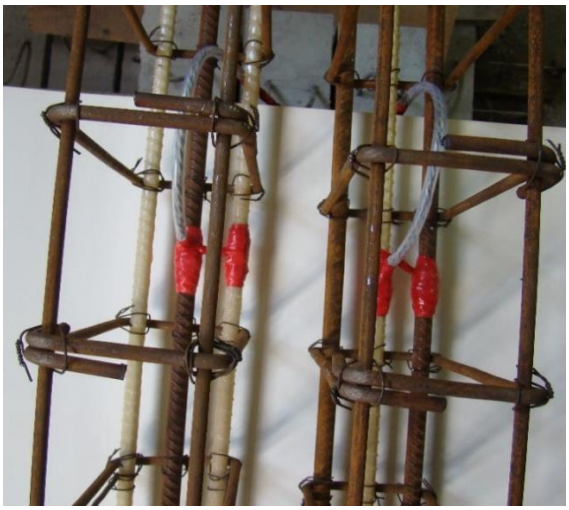
. ولجهاز الاختبار طرف ثابت سفلي صلب، وطرف علوي متحرك بشكل شاقولي، وزاد الحمل باستمرار وبجرعات قليلة، حيث تم التحميل في المرحلة الأولى بثلاث دفعات تحميل كلٌ منها 4KN تلا ذلك التحميل بدفعات 8KN وبعد ذلك بدفعات 16KN إلى مستوى تحميل يساوي 80% من الحمولة القصوى، بعد ذلك تم التحميل بدفعات 8KN حتى حصول انهيار الجوائز.




**الشكل (5): جهاز اختبار العينات على الانحناء مبين عليه توضع الجائز البيتوني المختبر وموزع الحمولة وخلية التحميل ومختلف ساعات قياس الانتقالات وأماكن توضع حساسات التشوه وجهاز قياس التشوهات.**

تم تسجيل قيم الحمل المطبق بواسطة خلية تحميل وضعت بين الجائز البيتوني وموزع الحمولة، وهو عبارة عن جائز فولاذي عالي الصلابة كما موضح في الشكل (5)، تم قياس السهوم باستخدام خمسة أجهزة ساعية لقياس السهوم وهي بدقة 0.005 mm. حيث وضع واحد منها في منتصف الجائز وعلى وجهه السفلي، واثنان وضعا تحت نقطة تطبيق القوة وعلى الوجه السفلي، واثنان عند المساند وعلى الوجه العلوي للجائز وبهذه الطريقة تم حساب السهوم الصافية بدقة. حيث تم تسجيل قياسات الحمل والسهم المقابل بشكل مستمر أثناء الاختبارات التي تم إجراؤها حتى انهيار الجوائز. ولقياس التشوهات الحاصلة في قضبان GFRP المشدودة والبيتون المضغوط على الجهة العلوية وفي منتصف الجائز، تم لصق حساسات تشوه على القضبان الزجاجية بعد تنظيفها وازالة الألياف الملفوفة عن السطح في

منتصف المجاز وتم عزلها جيداً ووصلها بالأسلاك الكهربائية المناسبة لحمايتها أثناء عملية الصب كما مبين بالشكلين (6) و (7)، وكذلك الامر تم لصق حساسات تشوه على الوجه البيتوني العلوي للجائز وفي منتصف المجاز لقياس التشوهات الحاصلة في البيتون المضغوط أثناء عملية الاختبار ووصلت الأسلاك جميعها الى جهاز قياس التشوهات كما مبين في الشكل (8)، ويبين الشكل (9) الأدوات والمواد المستخدمة لتوصيل ولصق وعزل الحساسات بعد لصقها على قضبان GFRP والبيتون المضغوط.



**الشكل (6): هيكل التسليح للجوائز البيتونية المسلحة بشكل هجين، مبين علية مكان لصق حساسات تشوه على القضبان الزجاجية GFRP والفولاذية وكيفية عزل الحساسات حتى لا تتضرر أثناء عملية الصب.**

**الشكل (7): شكل القضبان الزجاجية GFRP والفولاذية مبين عليها كيفية لصق حساسات التشوه.**

**الشكل (8): جهاز قياس التشوهات النسبية في كل من قضبان الزجاجية GFRP والفولاذية والبيتون المضغوط.**

**الشكل (9): الأدوات والمواد المستخدمة لتوصيل ولصق وعزل الحساسات بعد لصقها على القضبان الزجاجية GFRP والفولاذية والبيتون المضغوط.**

## 2 . النتائج والمناقشة:

استغرق اختبار الجائز الواحد حوالي 3 ساعة، وبعد كل مرحلة تحميل أخذت جميع القراءات المتعلقة بقيم السهم وعرض التشققات وقيم التشوهات النسبية في القضبان والبيتون المضغوط وحددت التشققات ليتم معالجة النتائج لاحقاً.

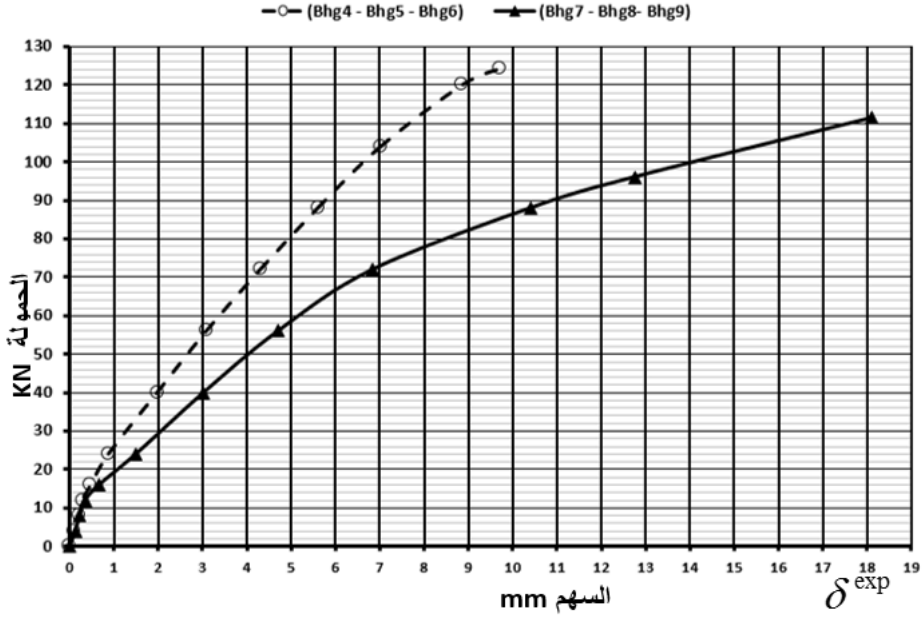
### 2 . 1. النتائج المتعلقة بالسهم:

يعرض الشكل (10) مقارنة لمنحنيات (حمولة . سهم) لجوائز المجموعة الاولى Bhg4 ; Bhg5 ; Bhg6، وجوائز المجموعة الثانية Bhg7 ; Bhg8 ; Bhg9 ، حيث قيس السهم في منتصف المجاز من بداية التحميل وصولاً الى لحظة الانهيار للجوائز. ومنها يتبين أن المنحنيات كانت خطية في الجزء الأول ومن الحمولة 0 KN وحتى (مستوى التحميل 14 KN) وبعد أن بدأت الجوائز بالتشقق نلاحظ وجود اختلاف واضح بين منحني المجموعة الاولى منحني المجموعة الثانية وصولاً الى لحظة الانهيار، وكان منحني المجموعة الاولى أعلى من منحني المجموعة الثانية. ويبين الجدول(1) مقارنة قيم السهوم الاعظمية في وسط المجاز لجوائز المجموعة الاولى والثانية، وكان السهم الأعظمي لجوائز المجموعة الأولى

عند الحمل 124.27 KN مساوياً(9.73mm) أي حوالي 53.8 % من قيمة السهم الاعظمي لجوائز المجموعة الثانية عند الحمل 111.35 KN والذي بلغ (18.1mm)، ويبين الجدول (2) قيم السهم المقاسة في مختلف مراحل التحميل وكذلك القيم الوسطية للمجموعة الاولى والثانية.

**الجدول (1): مقارنة قيم السهوم الأعظمية في وسط المجاز لمجموعتي الجوائز المختبرة.**

| اسم المجموعة | أسم الجوائز | القيمة الوسطية للسهم الأعظمي في وسط المجاز ($\delta_{\max}^{\exp}$ mm) | الحمولة الأعظمية KN |
|---|---|---|---|
| المجموعة الاولى | Bhg4 ;Bhg5 ; Bhg6 | 9.73 | 124.27 |
| المجموعة الثانية | Bhg7 ;Bhg8 ; Bhg9 | 18.1 | 111.35 |




**الشكل (10): مقارنة بين منحنيات (حمولة – سهم) لجوائز المجموعة الاولى Bhg4 ;Bhg5 ; Bhg6، وجوائز المجموعة الثانية Bhg7 ;Bhg8 ; Bhg9.**

**الجدول (2): مقارنة قيم السهوم المقاسة في وسط المجاز لجوائز المجموعتين الاولى والثانية.**

| الحمولة KN | القيمة الوسطية للسهم في جوائز المجموعة الاولى Bhg4 ;Bhg5 ; Bhg6 mm | القيمة الوسطية للسهم في جوائز المجموعة الثانية Bhg7 ;Bhg8 ; Bhg9 mm |
|---|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0.13 | 0.1 | 4 |
| 0.23 | 0.21 | 8 |
| 0.35 | 0.29 | 12 |
| 0.67 | 0.48 | 16 |
| 1.5 | 0.88 | 24 |
| 3.03 | 1.98 | 40 |
| 4.71 | 3.09 | 56 |
| 6.85 | 4.31 | 72 |
| 10.42 | 5.61 | 88 |
| 12.76 | | 96 |
| | 7.03 | 104 |
| 18.1 | | 111.3 |
| | 8.87 | 120 |
| | 9.73 | 124.2 |

ولتحليل النتائج المتعلقة بالسهوم أخت بالحسبان الحدود القصوى المسموحة للسهوم وسط المجاز وهي تساوي $\delta = (\frac{1}{200}) l_0$ حسب بعض النورمات ومنها النورم الروسي [10]، وهذه القيمة تساوي 8 ملم في جوائزنا، حيث $l_0$ = طول مجاز الجائز ويساوي 160 سم. وعند مقارنة الحمولات المسببة لهذه القيمة على منحنيات (حمولة – سهم) المبينة في الشكل (10) نلاحظ في جوائز المجموعة الاولى أن السهم الحدي المسموح يصل إلى هذه القيمة عند الحمولة (113 KN) وهي تساوي تقريباً91 % من حمولة الانهيار، وفي جوائز المجموعة الثانية يصل السهم الحدي المسموح إلى هذه القيمة عند الحمولة (78 KN) وهي تساوي تقريباً 62.7 % من حمولة الانهيار.

**2 . 2. مقاومة الجوائز على الانعطاف:**

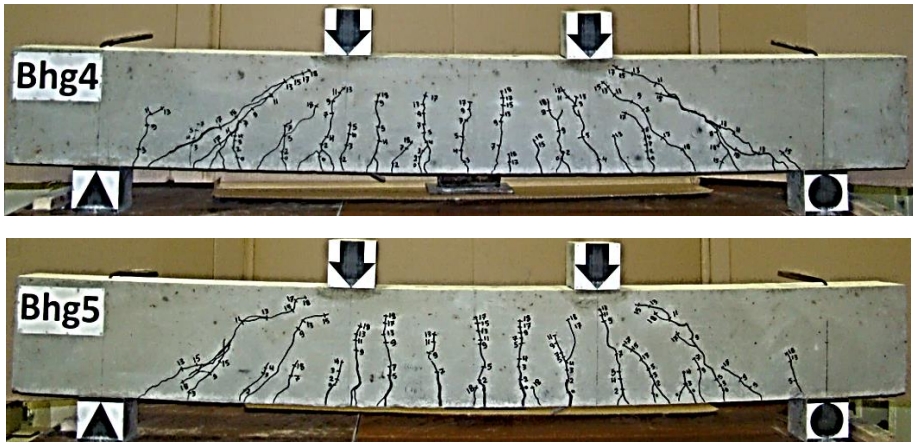
يبين الجدول (3) قدرات التحمل القصوى للجوائز البيتونية المسلحة المختبرة لجوائز المجموعة الاولى Bhg6 ; Bhg5; Bhg4 وجوائز المجموعة الثانية ; Bhg8; Bhg7 Bhg9 حيث بلغت القيمة الوسطية لقدرة التحمل 114.5 KN وكان شكل الانهيار في جوائز المجموعة الاولى على شكل تطاول في قضبان التسليح وفي جوائز المجموعة الثانية على شكل تطاول في قضبان التسليح وتحطم البيتون المضغوط، وكانت قدرة التحمل لجوائز المجموعة الأول تساوي(124.27 KN) وهي أكبر بمقدار 11.6 % من قدرة تحمل جوائز المجموعة الثانية حيث بلغت قدرة تحملها(111.35 KN).

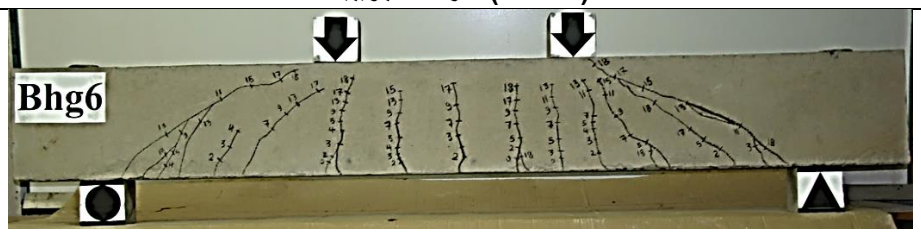
الجدول (3): مقارنة قدرات تحمل الأعظمية للجوائز المختبرة وأشكال انهيارها.

| اسم المجموعة | أسم الجوائز | قدرة التحمل القصوى $N_{\max}^{\exp}$ (KN) | شكل الانهيار في الجوائز |
|---|---|---|---|
| المجموعة الاولى | Bhg4 ;Bhg5 ; Bhg6 | 124.27 | تطاول قضبان التسليح الطولية |
| المجموعة الثانية | Bhg7 ;Bhg8 ; Bhg9 | 111.35 | تحطم البيتون المضغوط وتطاول قضبان التسليح الطولية |

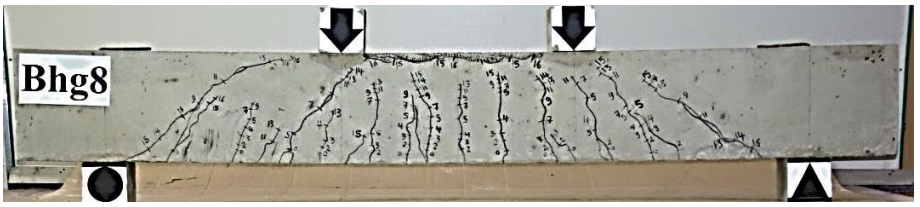
## 2 . 3. مقارنة شكل التشققات وانتشارها وعرضها في الجوائز المختبرة للمجموعتين:

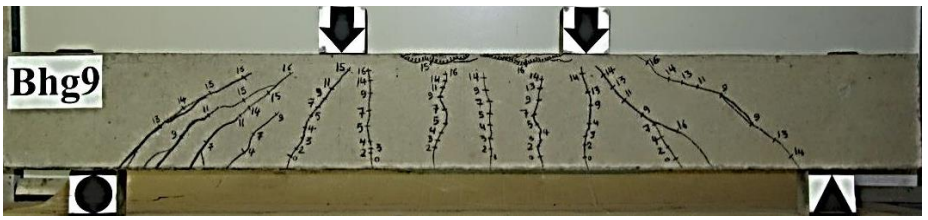
يبين الشكل (11) صور لجوائز المجموعة الأولى المختبرة Bhg6 ; Bhg5; Bhg4 وتظهر عليها أشكال التشققات وانتشارها، ونلاحظ أن عدد الشقوق في النصف السفلي لارتفاع الجوائز كبيراً مقارنة مع باقي ارتفاعها، ويتشعب الشق عند مستوى قضبان التسليح الزجاجية GFRP والفولاذية الى فرعين على شكل (٨) وصولاً الى اسفل الجائز وهذا ناتج عن التطاول الحاصل في قضبان التسليح، وعند رصد منطقة الانعطاف الصافي بطول 53.3 سم تبين أن متوسط عدد الشقوق يساوي 6 شقاً. وأغلبها يمتد من أسفل الجوائز الى ارتفاع يساوي تقريباً ثلاثة أرباع ارتفاع الجوائز المختبرة.






**الشكل (11): أشكال التشققات وانتشارها في جوائز المجموعة الاولى المختبرة Bhg6 ; Bhg5; Bhg4 .**

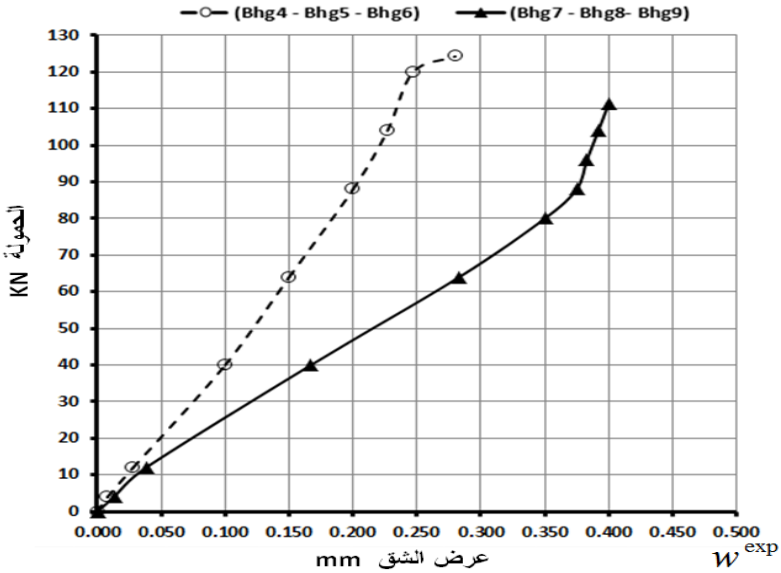



**الشكل (11): أشكال التشققات وانتشارها في المجموعة الثانية المختبرة Bhg9 ; Bhg8; Bhg7 .**

ويبين الشكل (11) صور لجوائز المجموعة الثانية المختبرة Bhg9 ; Bhg8; Bhg7 وتظهر عليها أشكال التشققات وانتشارها، ونلاحظ أن ارتفاع الشقوق يصل تقريباً الى أعلى ارتفاع الجوائز، ويتشعب الشق عند مستوى قضبان التسليح الزجاجية GFRP والفولاذية الى فرعين على شكل (٨) وصولاً الى اسفل الجائز وهذا ناتج عن التطاول الحاصل في قضبان التسليح، وعند رصد منطقة الانعطاف الصافي بطول 53.3 سم تبين أن متوسط عدد الشقوق يساوي 7 شقاً. ويبين الشكل (12) منحنيي (حمولة–عرض الشق) عند مستوى قضبان التسلح (وسط المجاز) وقد اخذت القيم الوسطية في جوائز المجموعتين الاولى (Bhg4;Bhg5; Bhg6) والثانية (Bhg7 ;Bhg8 ; Bhg9). ونلاحظ أن منحني المجموعة الاولى أعلى من منحني المجموعة الثانية، وبالتالي كلما زاد عدد القضبان

الزجاجية في المقطع يزداد عرض الشق، ونلاحظ في منحني المجموعة الثانية توقف أو تباطؤ في اتساع الشقوق وذلك بسبب تشكل الشقوق المائلة و إتساعها على حساب الشقوق الشاقولية وبسبب تشكل شقوق ثانوية جديدة وصولاً الى لحظة الانهيار. وبلغ عرض الشق الاعظمي في جوائز المجموعة الاولى 0.28 mm، بينما وبلغ عرض الشق الاعظمي في جوائز المجموعة الثانية 0.4 mm، أي بزيادة تساوي 43% عن جوائز المجموعة الاولى.



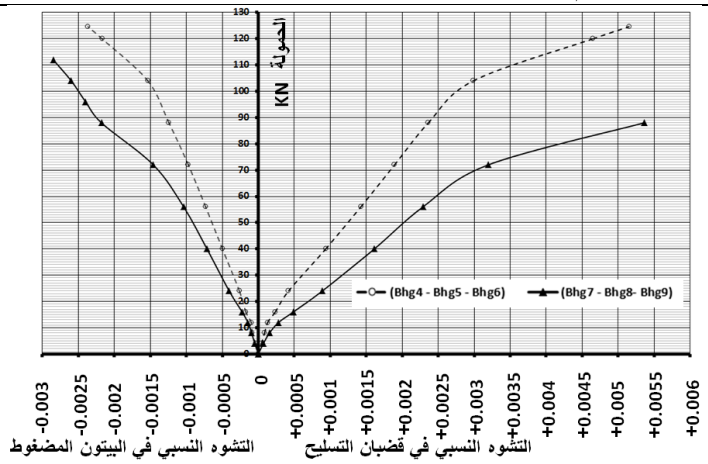

**الشكل (12): مقارنة بين منحنيات (حمولة – عرض الشق) عند مستوى قضبان التسلح وسط المجاز لجوائز المجموعة الاولى** Bhg6 ; Bhg5; Bhg4، **وجوائز المجموعة الثانية** Bhg9 ; Bhg8; Bhg7.

## 2 . 4. مقارنة قيم التشوه الحاصلة في البيتون المضغوط وقضبان تسليح الجوائز المختبرة:

سبق وأن ذكرنا أنه في منتصف الجائز وعلى السطح البيتوني العلوي لصقت حساسات تشوه خارجية وكذلك حساسات تشوه داخلية على قضبان التسليح الزجاجية والفولاذية، ووصلت جميعها إلى محطة قياس التشوهات، التي سجلت قيم التشوهات النسبية الحاصلة بعد كل دفعة تحميل، ومن الجدول(5) يتبين أن البيتون المضغوط لم يتحطم في جوائز المجموعة الاولى وأن قيمة التشوه النسبي فيه بلغت(0.00237)، في حين أن التشوه النسبي في القضبان الزجاجية GFRP والفولاذية بلغ القيمة (0.00515)، ومن نفس الجدول يتبين أن البيتون المضغوط تحطم في جوائز المجموعة الثانية بعد أن تجاوزت قيمة التشوه النسبي القيمة (0.00285)، في حين أن التشوه النسبي في القضبان الزجاجية GFRP والفولاذية بلغ القيمة (0.00536) ومن ثم توقفت الحساسات عن العمل نتيجة انسلاخها عن القضبان وذلك عند حمولة تساوي 88 KN. وتظهر على الشكل (13) مقارنة لمنحنيات (حمولة – تشوه نسبي) في قضبان التسليح و(حمولة – تشوه نسبي) في البيتون المضغوط للجوائز المختبرة، ومنها نستنتج أن التشوهات النسبية الحاصلة في القضبان تكون أكبر من التشوهات النسبية الحاصلة في البيتون عند نفس الحمولة، وأن منحنيات المجموعة الأولى أعلى من منحنيات المجموعة الثانية.

**الجدول (5): مقارنة قيم التشوهات الحدية في البيتون المضغوط وقضبان تسليح الجوائز المختبرة.**

| اسم المجموعة | أسم الجوائز | قدرة التحمل القصوى ( $N_{\max}^{\exp}$ KN) | متوسط قيمة التشوه النسبي الحدية لحظة الانهيار | |
|---|---|---|---|---|
| | | | في قضبان التسليح عند منتصف المجاز | في البيتون المضغوط عند منتصف المجاز |
| المجموعة الاولى | Bhg4 ;Bhg5 ; Bhg6 | 124.27 | +0.00515 | - 0.00237 |
| المجموعة الثانية | Bhg7 ;Bhg8 ; Bhg9 | 111.35 | +0.00536 (وعندها خرجت الحساسات عن الخدمة عند الحمل 88KN) | - 0.00285 |




**الشكل (13): مقارنة بين منحنيات (حمولة – تشوه نسبي) عند مستوى قضبان التسلح وسط المجاز، و(حمولة – تشوه نسبي) في البيتون المضغوط وسط المجاز لجوائز المجموعة الاولى Bhg4; Bhg5 ; Bhg6، وجوائز المجموعة الثانية Bhg7; Bhg8 ; Bhg9 وقد اخذت القيم الوسطية في الجوائز الثلاثة المختبرة.**

**3 . الاستنتاجات والتوصيات:**

يمكن اقتراح استخدام القضبان الزجاجية GFRP مع القضبان الفولاذية للتسليح الهجين للجوائز البيتونية، حيث يمكن الاستفادة من ميزات القضبان GFRP من ناجية مقاومتها للصدأ وأنها ذات قوة عالية على الشد وغير قابلة للمغنطة وخفيفة الوزن، حيث ينصح بوضعها ضمن المقطع في الأطراف، غير أن الجوائز المسلحة بشكل هجين وبنسبة كبيرة للقضبان الزجاج تصبح أكثر تقوساً وكذلك يزداد عرض التشققات فيها.

وعند إجراء مطالعة لقيم التحمل الاعظمية وقيم السهوم وشكل التشققات وانتشارها في الجوائز المختبرة والمسلحة بشكل هجين بقضبان زجاجية GFRP وأخرى فولاذية استخلصنا النتائج التالية:

1- تظهر منحنيات (حمولة . سهم) أن السهم يزداد بازدياد نسبة القضبان الزجاجية في المقطع المسلح بشكل هجين.

2- وصلت الجوائز المسلحة بشكل هجين (المجموعة الاولى) الى الحد الأقصى للسهم المسموح حسب الكود الروسي عند حمولة تساوي 91% من قدرة تحملها، بينما وصلت الجوائز المسلحة بشكل هجين (المجموعة الثانية) الى الحد الأقصى للسهم المسموح عند حمولة تساوي 62.7% من قدرة تحملها.

**3**- بلغت قدرة التحمل الاعظمية في الجوائز المسلحة بشكل هجين (المجموعة الاولى) القيمة 124.27 KN وهي أكبر بمقدار 11.6 % من قدرة تحمل المجموعة الاولى، وكان شكل الانهيار فيها على شكل تطاول في قضبان التسليح، بينما بلغت قدرة التحمل الاعظمية في الجوائز المسلحة بشكل هجين (المجموعة الثانية) القيمة 111.35 KN وكان شكل الانهيار فيها على شكل تطاول في قضبان التسليح وتحطم البيتون المضغوط.

4- يزداد عدد التشققات في الجوائز المسلحة بشكل هجين بقضبان زجاجية GFRP وفولاذية مع ازدياد نسبة القضبان الزجاجية.

5- في الجوائز المسلحة بشكل هجين (المجموعة الاولى) بلغ عرض الشق الاعظمي القيمة 0.28 mm، بينما بلغ عرض الشق الاعظمي في جوائز (المجموعة الثانية) القيمة 0.4 mm، أي بزيادة تساوي 43%عن جوائز المجموعة الاولى.

6- في الجوائز المسلحة بشكل هجين (المجموعة الاولى) بلغت التشوهات النسبية في القضبان القيمة 0.00515، بينما بلغت التشوهات النسبية في بيتونها المضغوط القيمة 0.00237 ، وفي الجوائز المسلحة بشكل هجين (المجموعة الثانية) بلغت التشوهات النسبية في القضبان القيمة 0.00535 بعدها خرجت الحساسات عن الخدمة، وبلغت التشوهات النسبية في بيتونها المضغوط القيمة 0.00285 ، وكانت التشوهات في القضبان أكبر من التشوهات في البيتون عند نفس الحمولة في جوائز المجموعتين المختبرتين.

7- تزداد التشوهات النسبية مع ازدياد نسبة القضبان الزجاجية في المقطع المسلح بشكل هجين (زجاج + فولاذ).

**المراجع:**

[1]- Aiello, M. A.; Ombres, L. 2002. structural performances of concrete beams with hybrid ( fiber-reinforced polymer- steel) reinforcements. **J. Compos. Constr**.,6,133-140.

[2]- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, ACI. 2012, Guide for the design and construction of structural concrete reinforced with FRP bars. **ACI 440.1R-12**, Detroit. U.S.A.

[3]- Bui, I. V. H.; Stitmannaithum, B. ; Ueda, T. 2018. Ductility of concrete beams reinforced with both fiber- reinforced polymer and steel tension bars. **Journal of advanced concrete technology**.16, 531-548

[4]- El Refai, A.; Abed, F.; Al-Rahmani, A. 2015. Structural performances and serviceability of concrete beams reinforced with hybrid (GFRP and steel) bars. **Constr. Build. Mater.** 96,518-529.

[5]- LEUNG, H. Y.; BALENDRAN, R. V.2003. Flexural behavior of concrete beams internally reinforced with GFRP rods and steel rebars. **J. Struct. Surv**., VOL. 21. № 4, 146–157. U.S.A.

[6]- Nadjai, A.; Talamona, D.; Ali, F. 2005. fire performances of concrete beams with FRP Bars. **Proc, of Int. Symp. On Bond behavior of FRP in Structures**,.,401-410. Hong Kong.

[7]- Qu, W.; Zhang, X.; Huang, H. 2009. Flexural behavior of concrete beams reinforced with hybrid (GFRP and steel) bars. **J. compos. Constr**.13,350-359.

[8]- Rendy, T.; Zaidir, Z. ; Devitasari, I. 2022. Ductility Estimation of Concrete forced with Hybrid FRP-Steel Bars. **Journal of department of civil engineering faculty**, **Andalas university**, Indonesia.

[9]- Yinghao, L.; Yong, Y. 2013. Arrangement of hybrid rebars on flexural behavior of HSC beams. **Compos. Part B**. 45,22-31.

[10]- СП 52-101. 2003, *Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры*. **ООО "Аналитих**". СТ.161. Москва.

# إدارة مياه الري في منطقة سهل الغاب

**م. كنان الاحمد: طالب دكتوراه – كلية الهندسة المدنية - جامعة حمص**

**د.م.مازن سلوم: أستاذ مساعد - كلية الهندسة المدنية - جامعة حمص**

**د.م.محمود السباعي: أستاذ مساعد - كلية الهندسة المدنية - جامعة حمص**

**الملخص**

يهدف البحث الى وضع نموذج لإدارة المياه في مشروع ري سهل الغاب من سد محردة الى بوابات القرقور بإجمالي مساحة مروية/87955/ هكتار من الأراضي الزراعية .تقع منطقة الدراسة في محافظة حماة ضمن حوض العاصي الأوسط ،وتعد بحيرة سد محردة على نهر العاصي والابار والينابيع الموجودة في المنطقة مصادر التغذية المائية لهذه الأراضي. وتأتي أهمية هذا البحث من دراسة سيناريوهات مستقبلية لإدارة هذه الموارد المائية ، وبالاعتماد على البيانات (المناخية والهيدرولوجية والزراعية المتاحة) تم بناء نموذج باستخدام برنامج تقييم وتخطيط المياه WEAP21 مع برنامج MABIA لإدارة مياه الري. تم دراسة عدة سيناريوهات مستقبلية (حتى العام 2030) لتقدم تصور أفضل للإدارة المائية في منطقة الدراسة ودعم أصحاب القرار بمعرفة التأثير الاقتصادي لتطبيق أي سيناريو وتأثيره على الواقع المائي.

أظهر البحث أنه بزيادة كفاءة الري الى (80.82%) أدى الى تقليل العجز المائي الى ما يقارب /20/ مليون متر مكعب ، حيث تم استعمال هذه المياه الفائضة في دراسة سيناريو زيادة المساحات المروية ، وتبين أنه بالإمكان زيادة المساحات المروية بمقدار /353/ هكتار وهذا بدوره أدى الى زيادة بمقدار /68/ مليار ليرة سورية على الواردات المالية في السيناريو المرجعي ، وبدراسة سيناريو دورة الجفاف أدى انخفاض الهطول المطري بنسبة (30%) لحدوث عجز مائي اضافي وانخفاض في الإنتاج الزراعي والعائد المالي.

**الكلمات المفتاحية:** إدارة الموارد المائية ، نهر العاصي، إدارة مياه الري ، ويب –مابيا.

# Irrigation Water Management in the Ghab Plain Area

**Eng. Kinan Alahmad:** Postgraduate Student, Dept. of Water Resources Management and Engineering, Faculty of Civil Engineering, Homs University
**Dr. Mazen Saloom,** Dept. of Water Resources Management and Engineering, Faculty of Civil Engineering, Homs University
**Dr. Mahmoud Al-Sibai,** Dept. of Water Resources Management and Engineering, Faculty of Civil Engineering, Homs University

## Abstract

This research aims to develop a comprehensive model for the management of water resources in the Ghab Plain irrigation project, extending from the Mahardah Dam to the Qarqur gates, covering an irrigated area of 87,955 hectares of agricultural land. The study area is located in the Hama Governorate within the middle basin of the Orontes River. The primary water sources for this region include the Mahardah Dam reservoir on the Orontes River, along with local wells and natural springs.The importance of this research stems from studying future scenarios for the sustainable management of water resources. Using available climatic, hydrological, and agricultural data, a robust model was constructed with the WEAP21 (Water Evaluation and Planning) software, integrated with the MABIA module for precise irrigation water management.Several prospective scenarios were evaluated up to the year 2030 to provide an advanced framework for water resource management in the study area. These scenarios aim to equip decision-makers with insights into the economic implications of implementing various strategies and their potential impacts on water availability.The findings revealed that enhancing irrigation efficiency resulted in a significant reduction of the water deficit by approximately 20 million cubic meters. This conserved water was then utilized in a scenario assessing the expansion of irrigated land, demonstrating the feasibility of increasing the irrigated area 353 hectares. This expansion, led to increase in financial revenues by 68 Syrian pounds compared with the baseline scenario. Conversely, under a drought scenario where rainfall decreased by 30%,

additional water shortages and subsequent declines in agricultural yield and economic returns were observed.

**Keywords:** Water resources management, Orontes River, irrigation management, WEAP-MABIA model.

## 1- المقدمة:

إن زيادة الطلب على المياه في العديد من أحواض العالم ستقود إلى استنزاف جائر لمصادر المياه المحدودة، وبالتالي حدوث عجز مائي على الرغم من التأييد الكبير لمبادئ الإدارة المتكاملة للمياه حيث إنَ أحد أهم أسباب العجز المائي هو عدم الربط بين الموارد المائية المتاحة في بلد معين مع الاحتياج المائي الرئيسي والمستقبلي للمياه.

تعد المياه العنصر الرئيس في عملية التنمية الاقتصادية والاجتماعية، فبدون الماء لا تتوافر إمكانية التوسع في ري المساحات الزراعية، وتحقيق الأمن الغذائي . وقد هدفت الخطط المتعاقبة في سورية، وفي ضوء معدلات التزايد السكاني المرتفعة وارتفاع وتيرة التنمية الاجتماعية والاقتصادية، إلى استثمار الموارد المائية المتاحة لتلبية الاحتياجات المتنامية في شتى الأغراض.

ومن هنا تبرز أهمية اعتماد النمذجة الرياضية في دراسة التوازن المائي وفق سيناريوهات معينة بما تتمتع هذه النماذج بالمرونة وبسهولة الاستخدام من حيث تحديث البارامترات المستخدمة في المعايرة، وتحديث البيانات والمدخلات وضمان دقة النتائج.

## 2- مبررات البحث:

تتمثل في الحاجة الملحة لتحسين إدارة الموارد المائية المتاحة لضمان استدامتها، وذلك لتحقيق التوازن بين العرض والطلب المتزايد على المياه في ظل التحديات المناخية والاقتصادية من خلال استخدام نظم دعم اتخاذ القرار .يسعى البحث إلى تطوير استراتيجيات فعالة لإدارة المياه بطريقة تضمن تلبية الاحتياجات المتزايدة للقطاعات

المختلفة ما أمكن خاصة في ظل ظروف العجز المائي ، هذا التوجه يسهم بشكل مباشر في تعزيز الأمن المائي، والذي يُعتبر أساسًا لتحقيق الأمن الغذائي والاستقرار الاجتماعي في المنطقة حيث يرتبط هذان الجانبان بشكل وثيق بكفاءة إدارة الموارد المائية.

**3- هدف البحث:**

في ظل التحديات المتزايدة لتلبية الطلب المتنامي على المياه في قطاع الزراعة، لا سيما خلال فترات الجفاف، ومع توقع ازدياد اتساع الفجوة بين العرض والطلب على المياه في المستقبل، تبرز الحاجة الماسة إلى تبني استراتيجية شاملة لإدارة قطاع المياه بفعالية وكفاءة لضمان التزويد المائي.

يركز البحث الحالي على تطوير نموذج رياضي لإدارة الموارد المائية المتاحة في منطقة الدراسة، من خلال صياغة سيناريوهات متعددة تسهم في تحسين إدارة هذه الموارد ، وتعتمد هذه السيناريوهات على تحليل احتياجات التزويد بالمياه ومتطلبات المواقع.

كما تسعى الدراسة إلى معرفة الحلول الممكنة لتلبية الاحتياجات المائية من الموارد المتاحة، باستخدام برنامج WEAP21 من خلال الربط بين الموارد المائية المتاحة وبين الطلب الحالي والمستقبلي.

**4- طرائق البحث والمنهجية:**

ظهر خلال العقد الماضي عدة طرق متكاملة لتطوير ادارة المياه ربطت مصادر المياه مباشرة بالاحتياج وبنوعية المياه والحفاظ على الأنظمة البيئية السائدة ، ومن هذه الطرق أنظمة دعم اتخاذ القرار و منها برنامج تقييم وتخطيط المياه (WEAP21)، يعتمد نظام WEAP21 بشكل أساسي على حساب الموازنة المائية وبالتالي فهو قابل للتطبيق على الأنظمة البلدية والزراعية وعلى الاحواض الفرعية المفردة أو احواض الأنهار ويمكن لنظام WEAP21 ان يغطي عدد كبير من القضايا مثل تحليل الاحتياجات القطاعية واولويات التوزيع وعمليات محاكاة الجريانات السطحية والمياه الجوفية . وبالمقابل يستخدم برنامج MABIA الملحق ببرنامج WEAP21 المنهجية المتبعة في نشرة منظمة

(FAO 56) [3] لجدولة الري، حيث تقسم قيمة معامل المحصول Kc إلى معامل محصول "أساسي" Kcb ، ومكون منفصل Ke يمثل التبخر من سطح التربة[1]. يمثل معامل المحصول الأساسي ظروف النتح الفعلية عندما يكون سطح التربة جافًا ولكن توجد رطوبة كافية في منطقة الجذر لدعم النتح الكامل ، وبهذه الطريقة تعد MABIA تحسنا على برنامجCROPWAT التي تستخدم قيمة Kc واحدة.[1]

**5- الدراسات المرجعية :**

- استخدم (ANDAH) برنامج WEAP21 لتقييم آثار تغير المناخ على موارد المياه والبيئة في غانا ، حيث تم تقويم سيناريوهين: أولهما يدرس التغيرات في ظل زيادة معدل النمو السكاني، حيث يتوقع أن يتضاعف عدد السكان بحلول عام2020 عما كان عليه في عام 1990(السيناريو المرجعي)، بينما يطرح السيناريو الثاني استراتيجيات التكيف[2] مع التغيرات بناءً على الحلول المحلية (من خلال السدود الموجودة في المنطقة) .

- تواجه العديد من المناطق في نيجيريا تحديات في تأمين المياه العذبة وادارتها بسبب معدلات النمو غير المنضبطة والممارسات الزراعية غير المناسبة وإزالة الغابات و تغير المناخ ، وهذه الأسباب أدت لتدهور أراضيها مما جعل مخططي ومديري المياه يبحثون عن وسائل افضل لإدارة المياه بالاستعانة ببرامج جديدة لإدارة المياه، يعد تخصيص الموارد المائية المحدودة والتخطيط للاستخدام المستدام للمياه من القضايا ذات الاهتمام المتزايد لذلك تم الاستعانة ببرنامج WEAP21 لوضع نموذج لإدارة المياه في المنطقة وخاصة أن امدادات المياه الجوفية غير مستغلة بشكل كبير بالرغم من كثرتها وعلما أن احواض المياه السطحية تتلقى جزءاً ضئيلاً من مياه الامطار مما يجعل هذه البلاد من المناطق الأكثر سخونة وجفافا في العالم .

وتم دراسة سيناريوهات عدة:

1. سيناريو ازدياد عدد السكان بمعدل نمو سكاني (7%).
2. سيناريو دراسة التباين الطبيعي من حيث تغير التدفق والهطول وغيره.

إن مواجهة هذه التحديات المتزايدة لتأمين المياه في ظل ازدياد عدد السكان والتغير المناخي سيكون صعباً مالم يتم بناء سد هيدروليكي على نهر النيجر[5] ، والذي سيساعد على ضبط مستويات المياه على النهر وتخزينها بالإضافة للهطولات المطرية .

– تمت الاستعانة ببرنامج WEAP21 (برنامج تقييم وتخطيط المياه) كأداة لإدارة المياه في منطقة طولكرم في فلسطين لمعرفة قدرة الموارد المائية على تلبية الطلب على المياه ، والهدف من استخدامه في منطقة الدراسة لدعم أصحاب القرار بأخذ تصور مستقبلي لواقع المياه والتكاليف والعائد المادي مع مراعاة مختلف قيود الموارد المائية والاولويات.

وبنتيجة للاستبيان الميداني لأصحاب المصلحة بشأن قضايا إدارة المياه والتحليل الإحصائي للعوامل تم تحديد عوامل رئيسية عدة لتحسين إدارة المياه في منطقة طولكرم عن طريق برنامج WEAP21 :

1. إدارة الجوانب الزراعية عن طريق دراسة تأثير التقنيات الزراعية الحديثة على إدارة المياه والإنتاج الزراعي ، وتحسين إدارة الأرضي الزراعية من خلال ممارسات افضل لإدارة المياه .
2. الجوانب والاعتبارات المادية والسياسية : حيث يقوم البرنامج بدراسة تأثير الحصة المائية المفروضة من قبل الاحتلال الإسرائيلي والتي تجعل موارد المياه محدودة في فلسطين وتحد من التنمية الاقتصادية للفلسطينيين وتوسعة مساحة الأراضي الزراعية ، مما سيتعين على الفلسطينيين البحث عن موارد مائية إضافية جديدة (تقليدية او غير تقليدية) لتلبية احتياجاتهم المائية في المستقبل .
3. القضايا المؤسساتية: يجب التنسيق مع المزارعين – كأحد أصحاب المصلحة في القطاع – ومختلف صناع القرار واتخاذ إجراءات تساعد على تلبية الاحتياجات المائية كمعالجة المياه العادمة وإعادة استخدامها ، في حال توفر مياه الصرف

الصحي المعالجة سيتم زيادة مساحة الأراضي [4] المزروعة واستخدام المياه المعالجة بالإضافة إلى المياه العذبة المتوفرة.

–تم تقييم الوضع الراهن والمستقبلي للموارد المائية في حوض الساحل بمحافظة اللاذقية والتنبؤ بالتحديات المحتملة ووضع استراتيجيات فعالة لمواجهتها باستخدام برنامج WEAP21حيث تم تحليل عدة سيناريوهات لتحسين كفاءة استخدام المياه. أبرزها أن تخفيض ضياعات المياه من 40% إلى 15% يرفع حصة الفرد إلى 109 L/day بحلول عام 2040 بزيادة قدرها 25% عن السيناريو المرجعي. كما أن استخدام التدفقات القصوى لأنابيب مياه الشرب يزيد هذه الحصة إلى 140 L/day محققًا زيادة بنسبة 60%، أما إنشاء محطة تصفية على سد 16 تشرين بطاقة إنتاجية 1 م³/ثانية فيمكن أن يؤدي إلى وصول حصة الفرد إلى 130 L/day أي بزيادة 50% [9].

– كما تم استخدام برنامج WEAP21 لنمذجة العلاقة بين الموارد المائية والطلب المستقبلي عليها في منطقة تشمل أجزاء من محافظتي اللاذقية وطرطوس مع مراعاة تزايد عدد السكان وارتفاع الحاجة إلى المياه، كشفت الدراسة عن عجز في تأمين مياه الري خلال السنوات الجافة وفاقد في شبكات مياه الشرب بلغ 70.62% في اللاذقية و52.47% في طرطوس ما يعادل 102.814 مليون م³ سنويًا. اقترح البحث ربط بين السدود لتخزين فائض مياه نبع السن في سد 16 تشرين، الذي يمتلك السعة الأكبر لتحقيق عدالة التوزيع وتأمين مياه الري بنسبة تصل إلى 80% خلال سنتي جفاف شديد و100% خلال 10 سنوات جفاف بمتوسط غزارة 7 م³/ثا. كما أظهرت مناقشة سيناريوهات تخفيض ضياع المياه إلى 20% وزيادة حصة الفرد إلى 110 L/day إمكانية تحقيق الأمن المائي لمياه الشرب. [10]

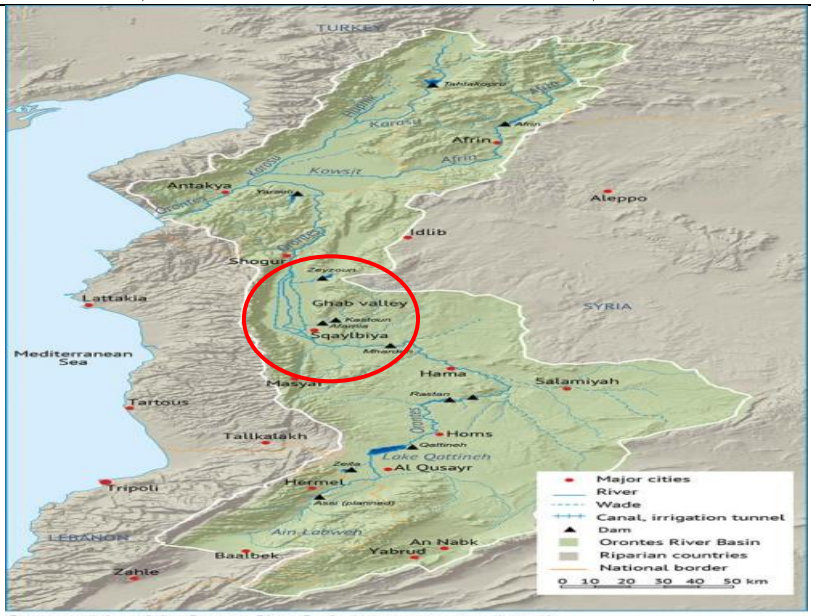
–تم دراسة حوضي العاصي الأعلى والأوسط في محافظة حمصوهما من الموارد المائية الهامة في سوريا، وتوضح جلياً تأثير الاستهلاك غير المستدام وزيادة الطلب على المياه نتيجة التوسع الزراعي العشوائي والنمو السكاني والاقتصادي فضلاً عن ارتفاع معدلات

التلوث مما ينذر بأزمة مائية محتملة خلال العقد القادم. استخدمت الدراسة تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (RS) لتوصيف الحوض، وتم اعداد نموذجًا تنبؤيًا باستخدام برنامج WEAP لتقدير الواردات المائية المستقبلية حتى عام 2050. تطرقت الدراسة إلى استراتيجيات مستقبلية تضمنت تحسين كفاءة استخدام المياه. أظهرت النتائج أن تطبيق هذه الاستراتيجيات يمكن أن يسهم في تحقيق التنمية المستدامة وضمان الأمن المائي في ظل التغيرات المناخية.[ 11]

-عند دراسة حوض نهر مرقية شمال مدينة طرطوس والذي يشكل جزءًا من حوض الساحل الشرقي للبحر المتوسط بمساحة 303 كم² لتحليل مصادر المياه فيه واحتياجاته باستخدام برنامج WEAP21 وضعت ثلاثة سيناريوهات لعام 2030، وهي: انخفاض معدل النمو السكاني، وزيادة مساحة الأراضي الزراعية المروية، وارتفاع معدل النمو السكاني. أظهرت النتائج أن الاحتياجات المائية تنخفض عند انخفاض النمو السكاني بمقدار 1.6 مليون م³، بينما تزداد بمقدار 5.82 مليون م³ عند ارتفاع النمو السكاني، وبمقدار 3.33 مليون م³ عند زيادة المساحات المروية.[ 12]

**6- منطقة البحث:**

تقع منطقة الدراسة ضمن اراضي حوض العاصي الأوسط في الشمال الغربي للجمهورية العربية السورية و يحد المنطقة من الشمال محافظة ادلب ومن الجنوب مدينة محردة وفي الجزء الغربي السفوح الشرقية للجبال الساحلية اما الشرق جبل الزاوية والذي يحتوي على المساحات الكبرى للأراضي الزراعية في المنطقة الوسطى ويعد نهر العاصي المصدر المائي الرئيسي للمنطقة الوسطى وهو نهر دائم الجريان[6] ويوضح الشكل (1) موقع منطقة الدراسة.



Source: e-Atlas of the Orontes River Basin (www.water-security.org).

**الشكل (1) : خريطة منطقة الدراسة (منطقة وجود المشروع سهل الغاب)**

## 7-الية توزيع المياه في منطقة المشروع :

المصدر الأساسي للمياه سد محردة الذي يقع على نهر العاصي بالإضافة الى الينابيع والابار الشرقية والغربية والمسامك في المنطقة.

وبمتابعه مجرى نهر العاصي نجد عدة قنوات ري رئيسية على مجرى نهر العاصي بين سد محردة وبوابات القرقور تقوم بسحب المياه منه.

ويبين الجدول(1) التدفق التصميمي ومساحة الاراضي التي تروى من كل قناة[7] .

**الجدول(1): الاقنية الرئيسية مع التدفق التصميمي ومساحة الاراضي التي تروى من كل قناة في منطقة الدراسة (حسب التقارير الصادرة من مديرية الري والصرف في المؤسسة العامة لادارة وتنظيم استثمار الغاب 1998) [7]**

| اسم القناة | التدفق التصميمي (متر مكعب/ثانية) | المساحة المروية (هكتار) |
|---|---|---|
| PN | 4.4 | 8800 |
| PS | 6.78 | 14840 |
| G1 | 5.09 | 9325 |
| G2 | 14.72 | 19780 |
| G3 | 23.377 | 35210 |

ويوضح الجدول (2) قيمة التزويد المائي من خلال خطوط جر المياه ويظهر الشكل (2) النموذج التخطيطي للأقنية والية التوزيع.

**الجدول (2):الحجوم المائية المارة في الاقنية وسطيا باتجاه مواقع الطلب المائي بواحدة ($Mm^3$)[7]**

| | |
|---|---|
| حجم المياه المستجرة من القناة G3 الى الأراضي الواقعة في زمامها | 63.9 |
| حجم المياه المستجرة من القناة G2 الى الأراضي الواقعة في زمامها | 23.5 |
| حجم المياه المستجرة من القناة G1 الى الأراضي الواقعة في زمامها | 25 |
| حجم المياه المستجرة من القناة PN الى الأراضي الواقعة في زمامها | 14.5 |
| حجم المياه المستجرة من القناة PS الى الأراضي الواقعة في زمامها | 22.3 |
| حجم المياه من السدة المائية على مجرى نهر العاصي باتجاه أراضي القناة G1 | 1.1 |
| حجم المياه من السدة المائية على مجرى نهر العاصي باتجاه أراضي القناة G2 | 1.1 |
| حجم المياه المستجرة من المياه الجوفية باتجاه أراضي القناة G3 | 16.9 |
| حجم المياه المستجرة من المياه الجوفية باتجاه أراضي القناة G2 | 20 |

| | |
|---|---|
| حجم المياه المستجرة من المياه الجوفية باتجاه أراضي القناة PN | 7 |
| حجم المياه المستجرة من المياه الجوفية باتجاه أراضي القناة PS | 11 |
| حجم المياه المستجرة من المياه الجوفية باتجاه أراضي القناة G1 | 14 |

كما يوضح الجدول (3) تدفقات نهر العاصي الوسطية خلال اشهر السنة [7].

**الجدول (3): تدفقات نهر العاصي بواحدة m3 /sec :**

| الشهر | Oct | Nov | Dec | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| التصريف m3 /sec | 4.7 | 5.15 | 5.64 | 6.66 | 19.11 | 13.12 | 10.14 | 5.48 | 6.23 | 8.08 | 6.6 | 4.95 |

## 8- خطوات الحساب في برنامج MABIA:

- حساب التبخر–نتح مرجعي ( Reference Evapotranspiration (ETref):

يعرف التبخر– نتح مرجعي بأنه التبخر نتح لمساحة كبيرة لعشب اخضر منتظم ارتفاعه (12 cm) ينمو جيدا ويغطي سطح الأرض.

ولحساب التبخر– نتح المرجعي هناك خيارين في البرنامج :

أ– ادخال يدوي

ب–الحساب باستخدام معادلة Penman-Monteith. حيث يتم ادخال متطلبات هذه المعادلة.

- سعة احتفاظ التربة بالماء:

يتطلب برنامج MABIA توفير بيانات دقيقة حول السعة الحقلية ونقطة الذبول لكل أرض زراعية. ونظرًا لأن القياس المباشر لقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء بما في ذلك مستويات التشبع والسعة الحقلية ونقطة الذبول قد يكون مكلفًا ويستغرق وقتًا طويلاً ، تم تطوير أدوات لمعالجة البيانات المدخلة لتقدير سعة احتفاظ التربة بالماء. ومن بين هذه الأدوات تُستخدم دالة SoilProfiles لتقدير متوسط سعة التربة على الاحتفاظ بالماء بالإضافة إلى تحديد حدود التشبع، والسعة الحقلية، ونقطة الذبول.

تستند هذه الدالة إلى بيانات مأخوذة من عينات متعددة ومن أعماق مختلفة للتربة لتوفير تقديرات أكثر دقة. إلى جانب ذلك، يتوفر في البرنامج طرق إضافية لتقدير سعة احتفاظ التربة بالماء، حيث يمكن اختيار السعة الحقلية ونقطة الذبول مباشرة، أو تحديد نوع التربة المناسب باستخدام مكتبة التربة المدمجة في MABIA.

- معامل المحصول الأساسي (Kcb)

يستخدم برنامج MABIA طريقة "Kc" المزدوجة ، كما هو موصوف في ورقة الري والصرف (FAO 56) ، حيث تنقسم قيمة Kc إلى معامل محصول "اساسي" Kcb ، ومكون منفصل Ke تمثل التبخر من سطح التربة.

يمثل معامل المحاصيل الاساسي ظروف التبخر– نتح الفعلية عندما يكون سطح التربة جافًا ولكن توجد رطوبة كافية في منطقة الجذر لدعم النتح الكامل.

- معامل التبخر من سطح التربة (Ke):

عندما تكون الطبقة السطحية للتربة رطبة ، بعد المطر أو الري ، تكون Ke عند حد أقصى وعندما تكون طبقة سطح التربة جافة ، تكون Ke صغيرة ويمكن أن تقترب من الصفر.

- الموازنة المائية لمنطقة الجذور :

يتطلب تقدير Ke موازنة يومية للمياه لقسم من طبقة التربة السطحية المكشوفة والرطبة.

معادلة الموازنة المائية اليومية تعطى بالمعادلة (1) :

$$D_{e.i} = D_{e.i-1} - (P_i - RO_i) - \frac{I_i}{F_w} + \frac{E_i}{F_{ew}} + T_{e,i} + DP_{e.i} \ldots (1)$$

حيث أن :

$D_{e.i}$ : عمق الاستنزاف التراكمي في نهاية اليوم i (mm)

$D_{e.i-1}$ : عمق الاستنزاف التراكمي في نهاية اليوم i-1 (mm)

$P_i$ : الهطول المطري على سطح التربة في اليوم i.

$RO_i$ : الجريان السطحي الناتج عن المطر على سطح التربة في اليوم i.

$I_i$ : عمق مياه الري التي ترشح من سطح التربة في اليوم i .

$E_i$ : التبخر في اليوم i .

$T_{e,i}$ : النتح من النبات في اليوم i .

$DP_{e.i}$ : التسرب العميق في اليوم i اذا تجاوز محتوى الماء في التربة حد السعة الحقلية.

- احتياجات الري :

الهدف الرئيسي من الري هو استخدام المياه في الفترة المناسبة وبالكمية المناسبة من خلال حساب الموازنة المائية في التربة في منطقة الجذر على أساس يومي ، لتجنب الإجهاد المائي للمحاصيل ، يجب استخدام الري قبل أو في الوقت الذي يتم فيه استنفاد مياه التربة المتوفرة بسهولة .

- توقيت الري

عندما لا يكون هطول الأمطار كافيًا لتعويض المياه المفقودة بسبب التبخر والنتح، يصبح الري ضروريًا لضمان نمو المحاصيل بشكل صحي. الهدف الأساسي من الري هو توفير المياه بدقة من حيث التوقيت والكمية من خلال حساب توازن المياه في منطقة الجذور بشكل يومي، ويمكن تحديد موعد وكميات الري المستقبلية بشكل أكثر دقة لتفادي الإجهاد المائي للمحاصيل، ويجب أن يتم الري عند اقتراب استنفاد المياه المتاحة في التربة.

يُعرَّف جدول الري بتحديد الأيام وكميات المياه اللازمة لكل مرحلة من مراحل نمو المحصول خاصةً خلال الفترات الحساسة مثل الإزهار وتكوين الثمار .

تتوفر تقنيات متعددة لتحديد أوقات وكميات الري بدقة، مما يساعد على تحسين كفاءة استخدام المياه وضمان إنتاجية المحاصيل.

- الإنتاج ومفهوم استجابة لنقص المياه

الماء ضروري لإنتاج المحاصيل ويجب استخدام المياه المتاحة بشكل أفضل لإنتاج المحاصيل بكفاءة وإنتاجية عالية. وهذا يتطلب فهماً صحيحاً لتأثير هطول الأمطار أو الري على نمو المحاصيل وإنتاجيتها في ظل ظروف نمو مختلفة.

**9- بناء النموذج في برنامج (WEAP21 , MABIA) :**

تم في البداية وضع النموذج الاعتباري لمنطقة الدراسة وادخال مكونات المشروع لسنة الأساس والتي تضمنت تمثيل كامل لمنطقة الدراسة. يصنف مناخ منطقة المشروع بمناخ متوسطي متصف بشتاء بارد وماطر وصيف حار وجاف مع فصلين انتقاليين يتصفان باعتدالهما وعدم استقرار الطقس فيهما.[ 8]

تظهر البيانات الواردة في الجدول (4) تغير متوسط درجة حرارة الهواء في منطقة الدراسة.[ 8]

**الجدول (4): تغير درجة حرارة الهواء في منطقة الدراسة :**

| المحطة | المتوسط السنوي لدرجة حرارة الهواء | المتوسط السنوي لأدنى درجة حرارة | المتوسط السنوي لأعظم درجة حرارة |
|---|---|---|---|
| الجيد | 17.7 | 10.7 | 24.3 |
| الكريم | 17.8 | 10.6 | 24.1 |
| حواش الغاب | 18.1 | 12 | 23.9 |
| حورات عمورين | 18 | 11.1 | 24.6 |
| عين الكروم | 18.4 | 12.8 | 23 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| محردة | 18 | 11.7 | 24.7 |

وتؤدي الرطوبة النسبية دوراً عند حساب الاحتياجات المائية حيث يوضح الجدول (5) قيم الرطوبة النسبية للهواء لمحطات سهل الغاب [8]

**الجدول (5): تغير الرطوبة النسبية للهواء في منطقة الدراسة**

| المحطة | المتوسط السنوي للرطوبة النسبية% | التغير الشهري% | |
|---|---|---|---|
| | | أدنى متوسط شهري | أعلى متوسط شهري |
| الجيد | 65 | 46 | 85 |
| الكريم | 62 | 42 | 84 |
| حواش الغاب | 63 | 44 | 83 |
| حورات عمورين | 60 | 40 | 82 |
| عين الكروم | 62 | 42 | 82 |
| محردة | 60 | 42 | 83 |

وتعد الامطار من أهم العوامل المناخية التي تؤثر على الاحتياجات المائية للمحصول ويعرض الجدول (6) قيم الهطول المطري بمنطقة الدراسة.

**الجدول (6): المتوسط السنوي للهطولات المطرية باحتمال 75%**

| المحطة | المتوسط السنوي للهطولات المطرية باحتمال 75% (mm) |
|---|---|
| الجيد | 517.4 |

| | |
|---|---|
| الكريم | 529.4 |
| حواش الغاب | 379.6 |
| حورات عمورين | 379.6 |
| عين الكروم | 999.2 |
| محردة | 299 |

ولا يعتمد نمو المحصول فقط على الهطول المطري فقط بل على عوامل مناخية أخرى مثل فترة السطوع الشمسي حيث نجد من الجدول (7) قيمة المتوسط لساعات السطوع الشمسي.[8]

**الجدول (7): تغير ساعات السطوع الشمسي (hour/day) في منطقة الدراسة**

| المحطة | المتوسط السنوي لعدد ساعات السطوع | التغير الشهري | |
|---|---|---|---|
| | | أدنى متوسط | اعلى متوسط |
| الجيد | 7.6 | 2.7 | 11.9 |
| الكريم | 7.6 | 2.9 | 12.1 |
| عين الكروم | 7.1 | 2.5 | 11.5 |

نتيجةً لضعف الميل العام لسطح الرقعة الزراعية ، الذي يأتي بعد الانحدار الشديد لجوانب الحوض ، وانعكاس ذلك على مسار الجريان العام و نقل وترسيب مواد التربة، تكون في الحوض الزراعي التدرّج التالي للتربة :

-تربة رسوبية حُطامية قوامها خشن ومادتها غير متجانسة ، نشأت بفعل عوامل الحت والترسيب السريع عند أقدام المصدر الصخري الأم القريب . تنتشر هذه التربة على

الشريط الطرفي للمساحة الزراعية من الحوض وتملأ نهايات الأودية والمسيلات المائية بالمواد السيلية.

-تربة رسوبية مارلية ، مادتها الغضارية حمراء منشأها بركاني محلي. تنتشر هذه التربة لتغطي معظم المساحة الواقعة على ارتفاع طبوغرافي بين 200 و 300 م.

-تربة رسوبية غضارية- رملية ناعمة قليلة الغمر رمادية المظهر تنتشر على محيط الجزء المحوري من الحوض والمادة الرملية ( Silt ) منشأها كلسي قليل الدلمتة من المرتفعات المحيطة بالحوض .

-تربة رسوبية لحقية مغمورة غضارية داكنة ( عضوية ) تشكل مصاطب مجرى العاصي في الأجزاء المحورية من الحوض الزراعي .

يفسر لنا هذا التدرج في قوام التربة من الأطراف باتجاه الأجزاء المركزية سبب الحاجة إلى عدد ريات أكثر في الأجزاء الطرفية والمواقع التلالية الناهضة من أراضي طار العلا والعشارنة بالمقارنة مع أراضي الأجزاء المحورية من الغاب. [6]

تتوفر في المنطقة الكثير من المحاصيل الزراعية وحسب الخطة الزراعية فإن الانتاج الجيد في منطقة الدراسة من المحاصيل الزراعية التالية (قمح-شوندر سكري-بقوليات-شعير-بطاطا ). [7]

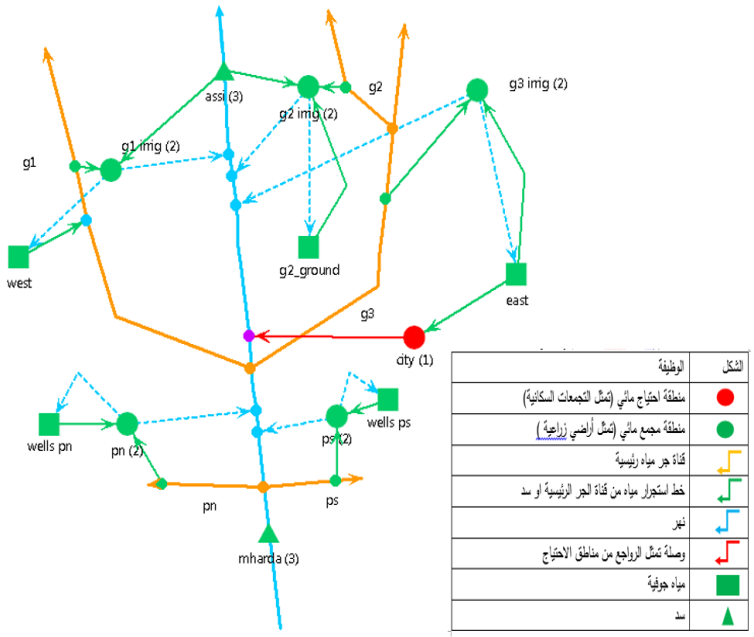
وبالنسبة لكميات مياه الري تم وضع التركيب المحصولي للمساحات المزروعة وأنواع المحاصيل التي سوف تزرع والدورة الزراعية المقترحة وقد تم ادخال هذا التركيب المحصولي للأراضي المروية بالتوزيع الموضح بالجدول(8):

**الجدول (8): التركيب المحصولي للأراضي المروية**

| المحصول | المساحة % |
|---|---|
| قمح | 60 |
| شعير | 20 |
| فول | 10 |
| بطاطا | 5 |

| | |
|---|---|
| الشوندر السكري | 5 |
| مجموع مساحة المحاصيل | 100 |

ويوضح الشكل (2) التمثيل التخطيطي للمشروع في واجهة الرسم




**الشكل (2) : المخطط العام لمنطقة الدراسة ضمن نظام WEAP**

نجد من الشكل (2) أن نهر العاصي يعبر منطقة الدراسة من الجنوب باتجاه الشمال والممثل بالعنصر التخطيطي ( ) وبتتبع مسار النهر نجد عليه سد محردة الممثل بالعنصر التخطيطي ( ) و نجد عدة قنوات ري رئيسية على مجرى نهر العاصي بين سد محردة وبوابات القرقور تقوم بسحب المياه منه تأتي أولا قنوات الري الرئيسية ps و pn والممثلة بالعنصر التخطيطي ( ) والتي تروي الأراضي الزراعية في زمامها بمساحات تقدر ب (14840 ، 8800) هكتار أراضي زراعية على التوالي والمتمثلة

بالعنصر ( ) أما العنصر التخطيطي ( ) فيمثل خط استجرار مياه من قناة الجر الرئيسية وبالإضافة للمياه السطحية يتم ري هذه المساحات من المياه الجوفية المتمثلة بالعنصر ( ) بواسطة قنوات جر المياه ،ومن منطقة العشارنة الى بوابات القرقور نجد عدة قنوات ري رئيسية ونبدأ بالقناة (G1) والتي تمتد على طول الجزء الغربي لسهل الغاب والمتمثلة بالعنصر التخطيطي ( ) والتي تروي الأراضي الزراعية في زمامها بمساحات تقدر ب (9325) هكتار أراضي زراعية والى الشرق نجد القناة (G3) والتي تروي الأراضي الزراعية في زمامها بمساحات تقدر ب (35210) هكتار أراضي زراعية ويتفرع من هذه القناة وفي وسط سهل الغاب القناة (G2) والتي تروي الأراضي الزراعية في زمامها بمساحات تقدر ب (19780) هكتار أراضي زراعية ويتم ري الأراضي السالفة الذكر بالمياه الجوفية ونهر العاصي وأيضا يتم تزويد أراضي اقنية G1 , G2 بالمياه عن طريق السدة المائية على نهر العاصي بالقرب من بوابات القرقور والممثلة بالرمز ( ) .كما تم مراعاة تأمين مياه الشرب للتجمعات السكانية والممثلة بالعنصر التخطيطي ( )من عقدة المياه الجوفية ( east) ليتم تصريف رواجع التجمعات السكانية الى نهر العاصي عن طريق العنصر الرسومي ( ) .

**10-السيناريوهات :**

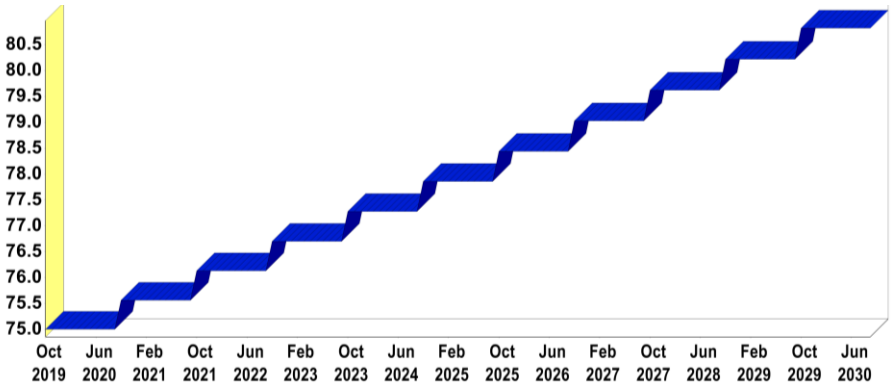
هي وصف لمجموعة من الأحداث المستقبلية الممكنة على أساس شروط أو مواصفات أولية والمسارات التي يمكن أن تؤدي إلى ذلك ، كما يعتبر بناء السيناريوهات من الأدوات الهامة لفحص تأثير الخطط الاستثمارية المختلفة على واقع المشروع الحالي من الناحية الاقتصادية والمائية ويتيح كل من برنامج (MABIA,WEAP21) أدوات متطورة لبناء وتشغيل السيناريوهات والمقارنة بينها ، يقدم برنامج WEAP21 تقييما للمشاكل المائية الخاصة في نظام شامل ومتكامل بين الاحتياج والتزويد وبين نوعية المياه وكميتها وبين اهداف التطوير الاقتصادي والقيود البيئية .

**10-1- السيناريو المرجعي :**

يمثل استمرار بيانات سنة الأساس ( دون أي تغيير او تدخل خارجي) نحو المستقبل ويمثل سيناريو لمقارنة التغييرات التي تحصل على السيناريوهات الأخرى .

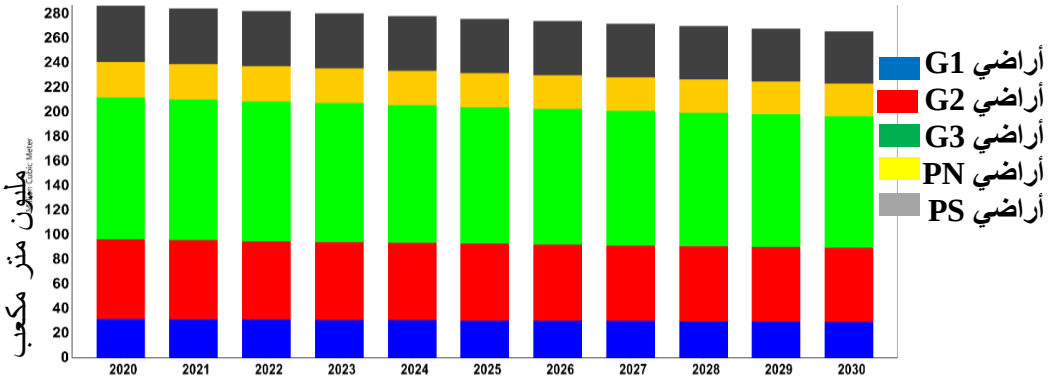
**10-2- سيناريو زيادة كفاءة الري :**

تم بهذا السيناريو زيادة كفاءة شبكة الري حيث تم زيادة الكفاءة الحالية (وهي 75%) بمعدل سنوي (0.75%) ليصل في عام 2030 لقيمة (80.82%) كما هو موضح بالشكل(3) .



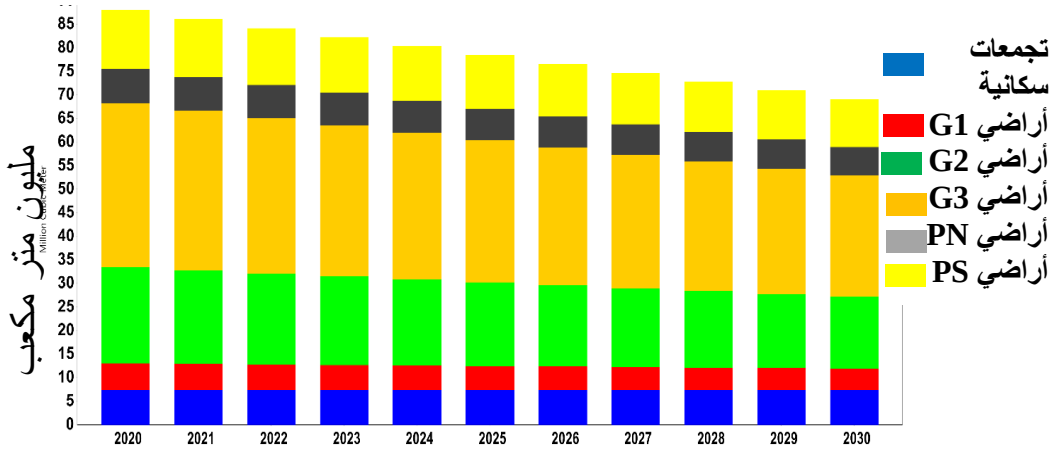

**الشكل(3) : مقدار الزيادة السنوية في الكفاءة**

ويظهر الشكل (4) مقدار الانخفاض في متطلبات المياه لمواقع الطلب.




**الشكل (4) : الانخفاض في متطلبات التزويد نحو الأراضي الزراعية نتيجة تطبيق سيناريو زيادة كفاءة الري**

بناء على المعطيات السابقة وعلى مايبينه الشكل (5) الذي يظهر مقدار انخفاض العجز المائي بعد تطبيق سيناريو زيادة كفاءة الري ،بلغت قيمة العجز في بداية الدراسة /88/ مليون متر مكعب وفي السنة الأخيرة /69.1/ مليون متر مكعب.




**الشكل (5) : العجز المائي بعد تطبيق سيناريو زيادة كفاءة الري (بواحدة مليون متر مكعب) .**

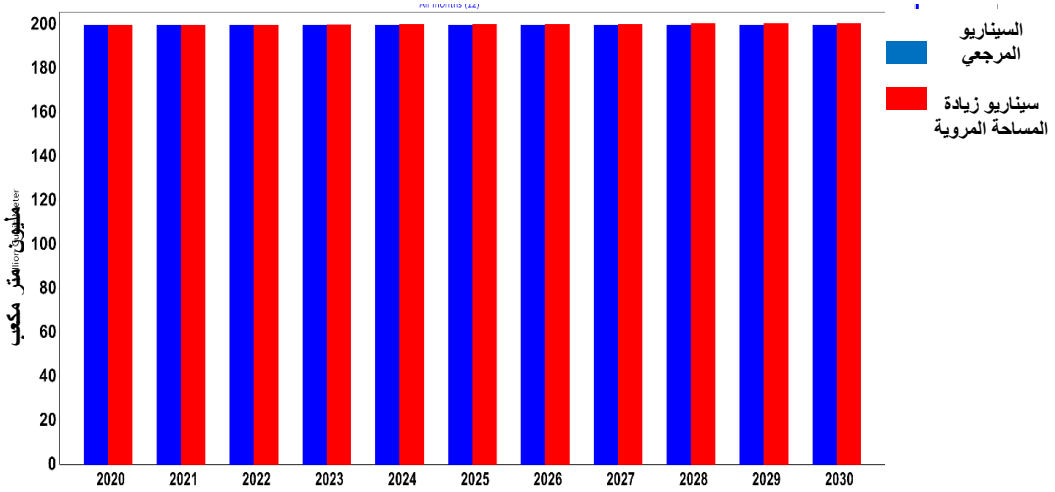
## 10-3- سيناريو زيادة المساحات المروية:

تم في هذا السيناريو زيادة المساحات المروية تدريجيا لنستفيد من المياه التي تم توفيرها في سيناريو زيادة كفاءة الري (السيناريو السابق) لتصل قيمة الزيادة في المساحة بنهاية الدراسة لنحو /353/ هكتار من مجمل المساحات المروية وتمت دراسة هذا السيناريو كسيناريو موروث (سيناريو يقوم بأخذ جميع البيانات من السيناريو الاب وهو سيناريو زيادة كفاءة الري، ماعدا البيانات التي سنقوم بتعديلها في السيناريو المدروس أي السيناريو الابن وهو سيناريو زيادة المساحات المروية) من سيناريو زيادة كفاءة الري ويزودنا الجدول (9) بالمساحة والنسبة المئوية للتزايد .

**الجدول (9) : النسبة المئوية السنوية لتزايد المساحة الاراضي الزراعية**

| المنطقة | المساحة في بداية الدراسة | المساحة في نهاية الدراسة | النسبة المئوية السنوية للتزايد |
|---|---|---|---|
| الأراضي في زمام القناة G3 | أراضي مساحتها 35210هكتار | أراضي مساحتها 35563 هكتار | %0.1 |

وعليه بلغت قيمة الاحتياج المائي الصافي كما هو مبين بالشكل (6) للأراضي الزراعية في السنة الأولى /199.7/ مليون متر مكعب وفي السنة الأخيرة بلغت الكمية /200.5/ مليون متر مكعب ، تم تغطية هذه الزيادة على الطلب من المياه الفائضة من سيناريو زيادة كفاءة الري.




**الشكل (6): التغير في الاحتياج الصافي للأراضي الزراعية بنتيجة زيادة المساحة المروية (بواحدة مليون متر مكعب )**

كما نجد ان الإنتاج الكلي للأراضي الزراعية من كل المحاصيل في بداية الدراسة (463.6) الف طن وفي نهاية الدراسة بلغ (476.7) الف طن أي اعطى زيادة بنحو(13.1) الف طن ويبين الجدول (10) قيمة الزيادة في الإنتاج .

**الجدول (10) : الإنتاج لجميع الأراضي الزراعية بنتيجة تطبيق سيناريو زيادة المساحات المروية ( بواحدة الف طن)**

| السنوات | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| المجموع الكلي | 463.6 | 465 | 466.5 | 467.9 | 467.7 | 469.4 | 470.8 |
| السنوات | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | | | |
| المجموع الكلي | 472.3 | 473.8 | 475.2 | 476.7 | | | |

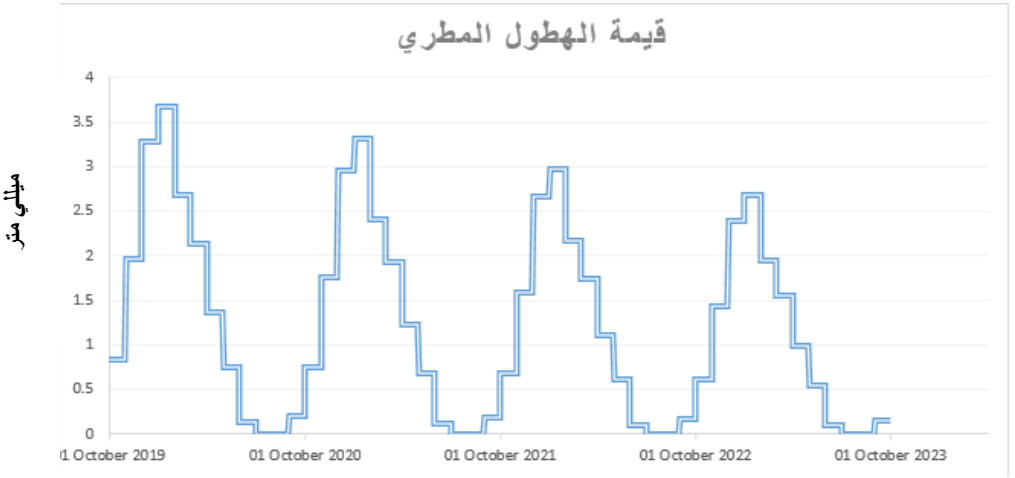
ومن الجدول(11) الذي يبين مقدار الزيادة في المردود المالي نجد بتطبيق هذا السيناريو أن المردود الاقتصادي في بداية الدراسة عام 2020 (1931) مليار ليرة سورية وفي نهاية الدراسة 2030 بلغت .(1999) مليار ليرة سورية أي حصلنا على زيادة في المردود المالي بمقدار (68) مليار ليرة سورية (باعتماد نشرة أسعار2024) الصادرة عن وزارة التجارة الداخلية وحماية المستهلك.

**الجدول (11) : المردود المالي للأراضي الزراعية من كل محصول (بواحدة مليار ليرة سورية)**

| السنوات | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| المجموع الكلي | 1931.7 | 1939 | 1946.4 | 1953.8 | 1952.6 | 1961.2 | 1968.8 |
| السنوات | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | | | |
| المجموع الكلي | 1976.4 | 1984 | 1991.7 | 1999.2 | | | |

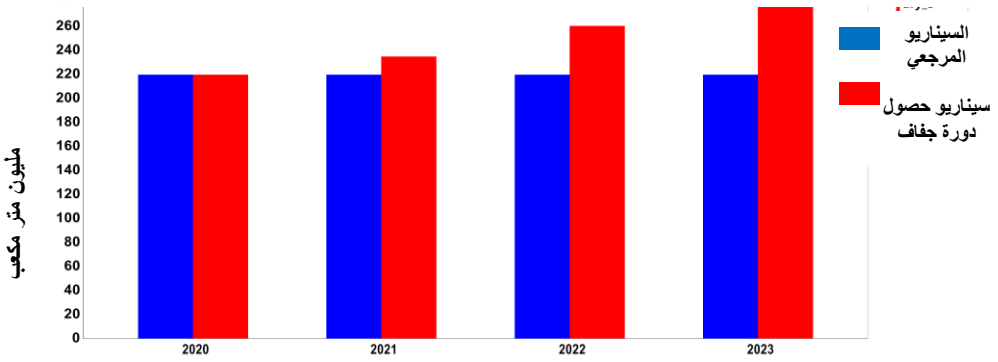
## 10-4- سيناريو التغير مناخي:

قمنا بهذا السيناريو بدراسة تأثير تتالي ثلاث سنوات جافة حيث يقل الهطول المطري بشكل تدريجي بنحو ( 10 بالمئة) لكل سنة وذلك كاختبار افتراضي لتأثير دورة جفاف ويوضح الشكل (7) قيمة الهطول المطري بتطبيق هذا السيناريو.



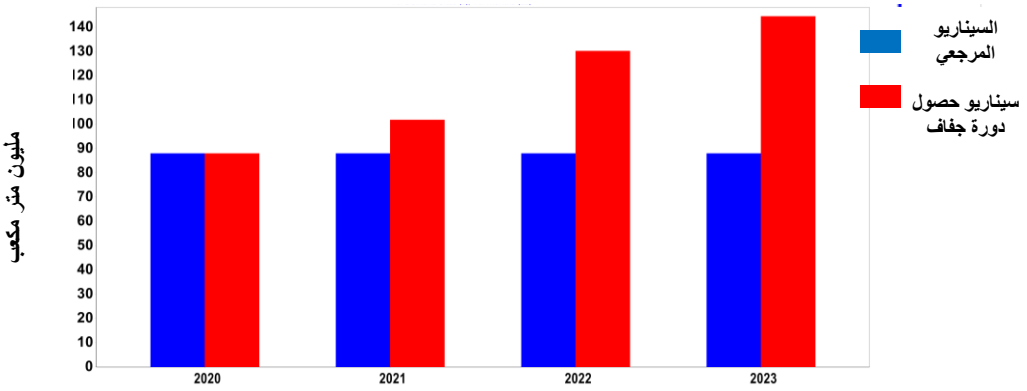

**الشكل (7): الهطول المطري اليومي في السنوات الجافة**

نلاحظ من الشكل (8) ارتفاع قيمة الاحتياج المائي نتيجة انخفاض الهطول المطري لتصبح (276.4) مليون متر مكعب في السنة الاخيرة من سنوات الجفاف بينما كانت في السنوات العادية (219.7) مليون متر مكعب ، إن الفرق بمتطلبات المياه بين السنة المتوسطة والسنة الجافة (56.7 مليون متر مكعب) تمثل مساهمة 30% من الهطول المطري في تلبية احتياجات النبات والتي كانت تؤمنها الهطولات المطرية الفعالة قبل حدوث الجفاف .




**الشكل (8) : مقارنة الاحتياج المائي الصافي بين السيناريو المرجعي وانخفاض الهطول المطري بواحدة (مليون مترمكعب)**

كما أن حجم المياه المارة في خطوط النقل ازدادت عن السنة المرجعية لتصل في السنة الأخيرة من سنوات الجفاف لـ (26.5) مليون متر مكعب وذلك لتغطية الزيادة في متطلبات الري بسبب انخفاض الهطول المطري ولكن هذه الزيادة غير كافية لتغطية متطلبات التزويد الكلية فيحدث نتيجة ذلك زيادة في العجز المائي مقداره (56) مليون متر مكعب سنويا الشكل (9) الذي يبين الزيادة في العجز المائي.




**الشكل (9): مقارنة بين السيناريو المرجعي والسنة الجافة من حيث العجز في تلبية الاحتياج المائي بنتيجة حصول دورة جفاف بشكل سنوي**

بتطبيق هذا السيناريو نجد أن المحاصيل قد تأثرت بنتيجة انخفاض الهطول المطري ونقص الامدادات المائية لتغطية العجز المائي الناتج عن انخفاض الهطول المطري وبالتالي حدوث اجهاد مائي لهذه المحاصيل .

ويوضح الجدول (12) مقدار تراجع الانتاج الزراعي في حال حصول هذا السيناريو.

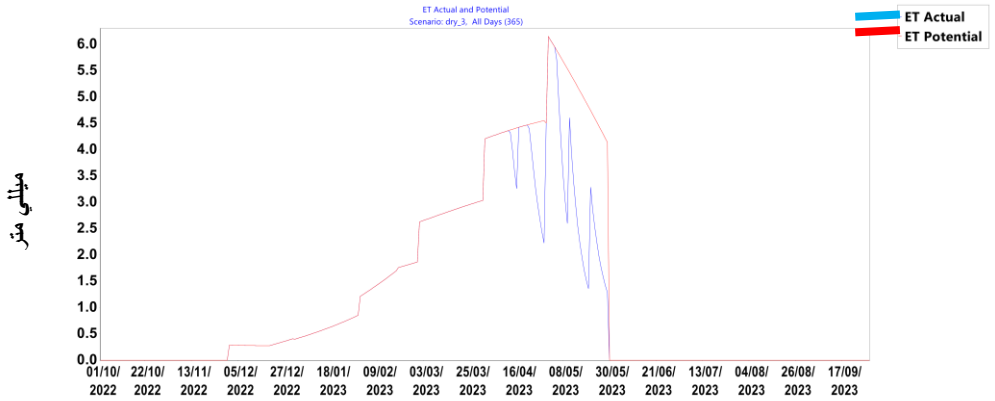
**الجدول (12) : النقص في انتاج الأراضي الزراعية بواحدة (الف طن) في حال حصول سنة جافة ووجود عجز مائي نتيجة عدم كفاية التزويد المائي لتغطية النقصان في الهطول المطري**

| انتاج الأراضي الزراعية في السنة الجافة لكافة المحاصيل المزروعة | انتاج الأراضي الزراعية في السنوات متوسطة الهطول لكافة المحاصيل المزروعة |
|---|---|
| 416.9 | 463.6 |

كما يبين الجدول (13) قيمة الخسارة في المردود المالي في حال انخفاض الهطول المطري بنحو 30% .

**الجدول (13): النقص في العائد المالي من الأراضي الزراعية بواحدة (مليار ليرة سورية) في حال حصول سنة جافة ووجود عجز مائي نتيجة عدم كفاية التزويد المائي لتغطية النقصان في الهطول المطري**

| العائد المالي (مليار ليرة سورية) من الأراضي الزراعية في السنة الجافة | العائد المالي (مليار ليرة سورية) من الأراضي الزراعية في السنوات المتوسطة |
|---|---|
| 1691 | 1931 |




**الشكل (10) : قيم ETpotential و ETactual لمحصول القمح في السنة الجافة**

يبين الشكل (10) قيم ETactual و ETpotential حيث يظهر العجز المائي لاحد المحاصيل (القمح) نتيجة عدم وصول قيمة ETactual الى قيمة ETpotential هذا النقص المائي في كل المحاصيل سواء في القمح وغيرها من المحاصيل المزروعة انعكس سلبا على الإنتاج وبالتالي على المردود المالي.

**تاثير نقص المياه على إنتاجية المحصول :**

من المعروف أن الماء ضروري لإنتاج المحاصيل ويجب استعمال المياه المتاحة بكفاءة عالية للحصول على إنتاجية عالية للمحاصيل ، وهذا يتطلب فهما صحيحا لتأثير الامطار و/ او الري على نمو المحاصيل وإنتاجيتها تحت ظروف النمو المختلفة .

يؤثر الاجهاد المائي على قيم التبخر – نتح للمحاصيل وبالتالي على الإنتاجية . يمكن تحديد العلاقة بين انتاجية المحاصيل وامدادات المياه عند تقدير احتياج النبات الكلي من المياه والمياه المقدمة فعليا من جهة والإنتاج الاعظمي والفعلي من جهة أخرى . يتم تحديد تأثر الانتاج بإمدادات المياه عن طريق عامل استجابة الإنتاجية والذي يرتبط بنسبة انخفاض الإنتاجية و نسبة العجز في تأمين احتياجات التبخر – نتح للنبات.

قد يحدث في الظروف الحقلية عجز في المياه بشكل مستمر خلال مرحلة النمو الكلية للمحصول أو بشكل مجزأ خلال أي مرحلة من مراحل النمو والذي يمكن ملاحظته في نسبة التبخر–نتح الفعلية للمحصول الى نسبة التبخر –نتح الكموني.

يؤثر عامل استجابة الإنتاج لعجز المياه (Ky) في الإنتاج بنتيجة حدوث عجز مائي وتعطى بالعلاقة (2):

$$(1-\frac{Y_a}{Y_m}) = k_y(1-\frac{ET_a}{ET_C}).....(2)$$

Ya: الإنتاج الفعلي (المقابل لقيمة ETa) (kg/ha)

Ym: الإنتاج الاعظمي النظري (المقابل لقيمة ETc) (kg/ha)

ETa : التبخر – نتح الفعلي للمحصول

ETc : التبخر – نتح الكموني للمحصول

Ky : عامل استجابة المحصول للاجهاد المائي ويقوم البرنامج بحسابها من مكتبة المحاصيل داخل برنامج MABIA حسب نوع المحصول .

وللحصول على الإنتاج الفعلي من المحاصيل Ya تحسب من العلاقة (3) :

$$Y_a = Y_m(1-k_y(1-\frac{ET_a}{ET_C}).....(3)$$

**11- النتائج :**

1. تم تخفيض العجز المائي بما يقارب /20/ مليون متر مكعب من المياه بنهاية الدراسة بعد تحسين كفاءة الري من (75%) الى (80.82%).
2. بالاستفادة من كمية المياه الفائضة عن سيناريو تحسين كفاءة الري واعتبار سيناريو زيادة المساحة سيناريو موروث عنه ، تم دراسة إمكانية زراعة نحو /353/ هكتار أراضي غير مزروعة وتم تأمين كامل متطلبات الأراضي الزراعية الجديدة من المياه التي تم توفيرها من السيناريو السابق ، كما أعطت زيادة في العائد الاقتصادي بنحو (68) مليار ليرة سورية
3. بدراسة سيناريو تتالي ثلاث سنوات جافة يتبين ان الانخفاض في المردود المالي بنحو (240) مليار ليرة سورية من العائدات المالية في السنة المتوسطة.

**12-التوصيات :**

1. اعتماد أسس الإدارة المتكاملة للموارد المائيّة لضمان الاستثمار الأمثل للموارد المائيّة في منطقة المشروع.
2. انشاء خزانات مياه في المنطقة المدروسة لتجميع مياه الأمطار ليصار استخدامها لاحقا.

**13- المراجع:**

**المواقع الالكترونية:**

WWW.WEAP21.ORG-1

**المراجع الأجنبية :**

2-ANDAH, W.; GIESEN, N.; BINEY, C.2003. Water, climate, and environment in the Volta basin. Contribution to the project ADAPT, 41.

3-Richard G. ALLEN , Luis S. PEREIRA, Dirk RAES, Martin SMITH, FAO Irrigation and Drainage Paper , No. 56, Rome, Italy.2006

4-Haddad,m 2007. Applicability Of Weap As Water Management Decision Support System Tool on localized area of watershed scales: Tulkarem District In Palestine as case study, Eleventh International Water Technology Conference,Sharm Alshikh

5-Dan Dicko Dankoulodo, Application of Water Evaluation and Planning (WEAP): A Model to Assess Future Water Demands in the Niger River (In Niger Republic) University of Maradi, Niger,2011

**المراجع العربية:**

6-مشروع اغروبوليس 2007. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي.

7- مديرية الري والصرف،المؤسسة العامة لادارة وتنظيم استثمار الغاب ، وزارة الزراعة، 1998.

8-الشركة العامة للدراسات المائية،مشروع تحديث دراسة حوض العاصي ،مرحلة ثانية ،2016.

9-يسوف، باسل ،2016 – استخدام نظم دعم القرار في دراسة الوضع الحالي والمستقبلي للموارد المائية في حوض الساحل محافظة اللاذقية – رسالة ماجستير بالهندسة المدنية ،قسم هندسة وإدارة الموارد المائية ،جامعة حمص.

10-عبدالله ، مي، 2016 – إدارة الموارد المائية حوض السن – رسالة ماجستير بالهندسة المدنية ،قسم هندسة وإدارة الموارد المائية ،جامعة حمص.

11-ياغي ، خزام ،2019 – نمذجة ورصد الموارد المائية لتنمية حوضي العاصي الأعلى والأوسط في سورية – المجلة السورية للبحوث الزراعية .

12-حايك،عمار،عيسى،2017 -الإدارة المتكاملة للموارد المائية في حوض نير مرقية باستخدام برنامجWEAP -مجلة جامعة اللاذقية للبحوث والدراسات العلمية ،مجلد39 ،العدد 5.