

مجلة جامعة البعث

سلسلة علوم الهندسة المدنية والمعمارية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 43 . العدد 19

1442 هـ - 2021 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

رئيس هيئة التحرير

أ. د. ناصر سعد الدين

رئيس التحرير

أ. د. درغام سلوم

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث

بشرى مصطفى

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

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

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

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

. هاتف / فاكس : ++ 963 31 2138071

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

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

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

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

- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (الآداب - الاقتصاد - التربية - الحقوق - السياحة - التربية الموسيقية وجميع العلوم الإنسانية):
- عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

1. دفع رسم نشر (20000) ل.س عشرون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (50000) ل.س خمسون ألف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مننأ دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (3000) ل.س ثلاثة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
38-11	م.احمد الصالح	دراسة تغيرات معامل المرونة للخلطات الاسفلتية المعدلة بمزيج /بوليمر- كبريت/
62- 39	بشرى العكاري سليمان العامودي	دراسة خواص البيتون المنفذ بركام معاد تدويره
100-63	بشرى خليل د. هيثم شاهين	الإدارة البيئية لبلاستيك التعبئة والتغليف في المنشآت الخدمية والصناعية والتجمعات السكنية في مدينة طرطوس
128-101	م. بيان صمصام د. نعيمة عجيب	دراسة تأثير الشدات المطرية في تصميم شبكات الصرف الصحي المشتركة ضمن مدينة حماة

دراسة تغيرات معامل المرونة للخلطات الاسفلتية المعدلة بمزيج /بوليمر. كبريت/

م. احمد الصالح . كلية الهندسة المدنية . جامعة البعث بإشراف د.م أكرم سلامة

الملخص :

يعد معامل المرونة من أهم الخواص المميزة للمواد المستخدمة في بناء العناصر الهندسية والمجبول البيتوميني المستخدم في الرصف المرن بشكل خاص لأنه يعبر عن سلوك المادة في المرحلة المرنة وذلك بتحليل العلاقة بين الاجهاد والانفعال [1].

إن أحدث الطرق التصميمية الدقيقة لطبقات الرصف المرنة كطريقة نظرية المرونة أو طريقة العناصر المحدودة المعتمدة في تصميم طبقات الرصف المرن متعدد الطبقات تستند على إدخال قيمة معامل المرونة كأحد أهم الخصائص الهندسية لمواد طبقات الرصف ولاسيما طبقة الرصف البيتومينية .

أجرينا في بحثنا هذا تجارب مخبرية لتحديد معامل المرونة على عينات من خلطة بيتومينية مرجعية بدون إضافات ومن ثم لعينات من خلطات بيتومينية معدلة بالبوليمر البولي ايتيلين Polyethylene (PE) وعينات بيتومينية لخلطات بيتومينية معدلة بمزيج /بوليمر. كبريت/، وقد لاحظنا تحسن في قيمة معامل المرونة للخلطات المعدلة بـ (PE) بمقدار (35 %) والخلطات المعدلة بمزيج /بوليمر. كبريت/ بقيمة (40 %) ثم أجرينا على العينات تجارب مخبرية تحاكي تأثير كافة العوامل الاستثمارية و الجوية والمناخية على المواد خلال فترة التشغيل والاستثمار (Conditioning Test) ، ومن خلالها تم تحديد التغيرات على معامل المرونة ، وقد استنتجنا تحسناً في قيمة تغير معامل المرونة للعينات البيتومينية المعدلة بمزيج /بوليمر. كبريت/ فقد بلغت قيمته (98 %)، بينما للعينات البيتومينية معدلة بـ (PE) فقد كانت القيمة (82 %) وذلك بعد إجراء تجارب المحاكاة. مما أدى إلى تحسين أداء الرصف البيتوميني و التخلص من تشققات الرصف المتولدة من تأثير الإجهادات الحرارية والحمولات المتكررة. وتحسناً في مقاومته تحت تأثير الحمولات العالية والعوامل المناخية والحرارية وكافة ظروف الاستثمار .

الكلمات المفتاحية : . تعديل الخلطات الاسفلتية بالبوليمر . . إضافة S,PE للخلطات الاسفلتية . معامل المرونة للاسفلت .

Study of the change of elastic modulus of asphalt mixtures Modified With a Mixture / Polymer - Sulfur /

Abstract

The modulus of elasticity is one of the most important characteristics of the materials used in the construction of engineering elements and Asphalt used in flexible paving layers because it expresses the behavior of the material in the elastic phase by analyzing the relationship between stress and strain.

The latest accurate design methods for flexible pavement layers, such as the elastic theory method or the finite element method for designing multi-layer flexible pavement layers, depend on introducing the values of elasticity coefficients as one of the most important engineering properties of the paving layers materials, especially the bituminous paving layers. In our research, we determined the modulus of elasticity for samples of a reference bituminous mixture without additives, and then for samples of bituminous mixtures modified with Polyethylene (PE) and bituminous samples of bituminous mixtures modified with a mixture/polymer-sulfur/. We have observed an increase in the modulus of elasticity for mixtures modified with PE (35%) and mixtures modified with sulfur / polymer mixture / its value (40%).

Then we conducted on the samples experiments that simulate the effect of investment factors and weather and climatic influences on materials during the operating and investment period (Conditioning Test) to determine the changes on the modulus of elasticity. We concluded an improvement in the value of the change in the modulus of elasticity for the bituminous samples modified with a /sulfur-polymer/ mixture, which reached its value (98%), while for the bituminous samples modified with (PE), the value was (82%), after conducting simulation experiments. Which led to the improvement of the performance of the bituminous pavement by eliminating the cracks in the pavement generated by the effect of thermal stresses and repeated loads. It improves its resistance under the influence of high loads, climatic and thermal factors

Keywords: Modification of bitumen with polymer - Modification of bitumen with sulfur

1: المقدمة :

إن معامل المرونة بشكل عام عبارة عن معيار فيزيائي يعبر عن السلوك المرن للمادة عند تطبيق قوة خارجية عليها باتجاه معين وإن السوك المرن للمادة يعني تشوهها في المجال الذي لاتزال مرنة فيه وهو يعبر بشكل دقيق عن القوة الرابطة بين ذرات المادة وجزئياتها ويعبر عن العلاقة بين الإجهاد والانفعال (التشوه النسبي) للمادة ، لذلك فإن تحديد معامل المرونة وتغيراته لمادة ما يعبر بشكل دقيق عن مجمل التغيرات التي تطرأ عليها سواء عند تحسينها بإضافات أو تعريضها لظروف تحاكي الظروف الاستثمارية وفي هندسة النقل و المواصلات و خاصة في مجال تحسين خواص الرصف المرن استخدمت الخلطات الإسفلتية المعدلة بالإضافات في مجالات عديدة لمشاريع المواصلات ، ولأهداف متنوعة أهمها الحد من تشكل التشوهات و التشققات الناتجة عن الإجهادات الحرارية والحمولات الثقيلة المتكررة ، واكتساب القدرة العالية لمقاومة كافة الظروف المناخية من أمطار وصقيع وغيرها .

يجب أن يحقق المبول الاسفلتي مجموعة من المتطلبات الأساسية، من قدرة تحمل لكافة الحمولات المتوقع مرورها، وثبات ومقاومة جيدة للتشوهات الناتجة عند مرور الحمولات الكبيرة وفي درجات الحرارة المرتفعة، وتأمين سطح كتيتم يؤمن تصريف ملائم وجيد للمياه ، إضافة إلى ذلك الأمان والراحة لمرور المركبات . حيث غالبا ما تؤدي ظروف الإستثمار والعوامل المناخية إلى حدوث التشوهات وظهور التشققات وتشكل الحفر على سطح الرصف والذي يؤدي بدورها لإنقاص عمر الرصف وانخفاض مستوى الأمان، إضافة إلى التكلفة العالية للصيانة المتكررة. وبالتالي إنقاص عمر الرصف ونقص الأمان أيضاً ، إضافة إلى الكلفة المستمرة للصيانة المتكررة [2].

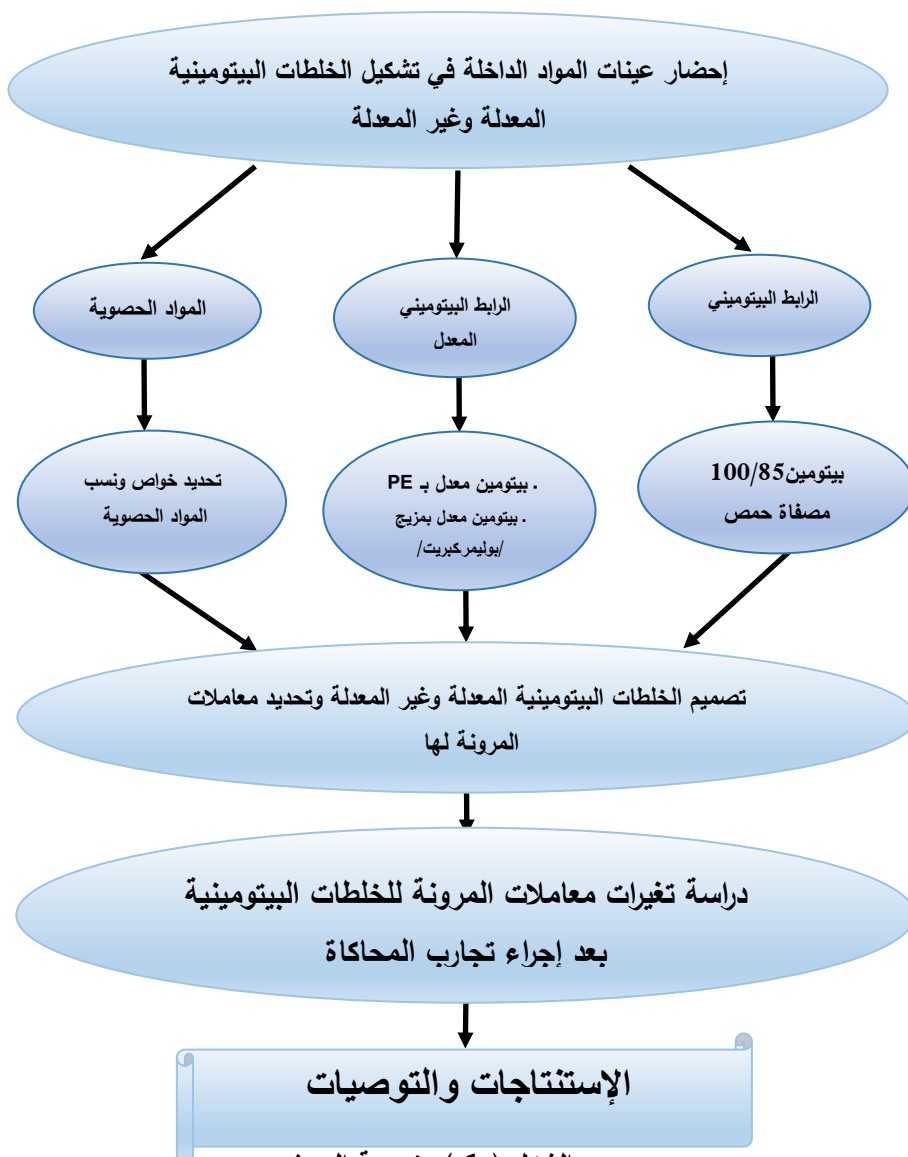
2 : هدف البحث :

يهدف بحثنا هذا إلى تحديد معامل المرونة لخلطات إسفلتية مرجعية باستخدام بيتومين دون إضافات، ومن ثم لخلطات باستخدام بيتومين معدل بإضافة مادة كيميائية محسنة Polyethylene (PE)، وكذلك لخلطات بيتومينية مشكلة من رابط بيتوميني معدل بمزيج /بوليمير-كبريت/، ودراسة التغيرات الحاصلة على معامل المرونة قبل وبعد إجراء

تجارب المحاكاة (Conditioning Test) للوقوف بشكل دقيق على تغيرات خواص الخلطات البيتومينية في ظروف التشغيل والاستثمار.

5 . منهجية البحث Research Methodology :

يوضح الشكل (1) المخطط النهجي للبحث والمواد المستخدمة في البحث :



الشكل (1) منهجية البحث

3 . الإضافات المحسنة للبيتومين:

مع تطور حركة المواصلات و زيادة الكثافة المرورية و الحمولات المحورية للمركبات ازدادت الحاجة إلى بناء طبقات رصف متينة تحد من حدوث التشوهات، لذلك توجه المختصون للبحث عن طرق جديدة لتحسين خواص الرابط البيتوميني، بحيث يتمتع بخواص التصاق وتماسك جيدة مع الحصويات، وديمومتها خلال مدة الإستثمار والخدمة، وأن تكون تغيراته مع الحرارة معدومة ضمن المجال الحراري الذي يستثمر فيه الرصف وأن تكون لزوجته منخفضة في درجات حرارة تصنيع ومد المجبول البيتوميني وأن تكون له قدرة جيدة لمقاومة التشوهات الدائمة وتحمل الإجهادات والعوامل المؤدية إلى الانهيار [3]، ومن أجل الحصول على رابط بخواص جيدة تم استخدام مجموعة من الإضافات كان الهدف منها تحسين الخواص الفيزيوكيميائية للبيتومين ومن هذه الوسائط: المطاط - الأمينات - التانين - الكلس - البوليميرات الكاوتشوك [4].

استخدمت الإضافات قديماً مع الخلطات الباردة المستعملة في الإنشاء على البارد، ولكن بدأت الأبحاث تتجه إلى دراسة تأثير الحرارة المرتفعة على كفاءة الإضافات، للتمكن من استخدامها مع الخلطات الساخنة، وعلى الرغم من أن بعض النتائج الأولية أشارت إلى تلف بعض هذه الإضافات بالحرارة، إلا أنه في ظروف معينة فإن هذه الإضافات تحسن المقاومة لمنع انهيار الرصف، بفعل العوامل المختلفة خلال فترة الخدمة الاستثمارية.

5 . 1 البيتومين المعدل بالكلس:

تم استخدام الكلس من أجل تحسين خواص البيتومين منذ زمن بعيد، حيث كان يستخدم مسحوق الأحجار الكلسية، وتشير الأبحاث إلى أن إضافة الكلس، تؤدي إلى الحد من التغيرات التي يتعرض لها البيتومين نتيجة التعب، ويعزز قوى الالتصاق بين البيتومين والحصويات، ويزيد من ممانعة انسلاخه نتيجة تأثير المياه، وبالتالي زيادة ديمومة الرصف [5].

2.5 البيتومين المعدل بالمطاط:

تمت تجربة انتاج خلطات معدلة بالمطاط لأول مرة في هولندا سنة 1929، وكان أول المنتجين والمستخدمين الولايات المتحدة الأمريكية عام 1947م بولاية أوهايو، حيث أضيف المطاط بنسبة (5-7.5)% وزناً من البيتومين، وانتشر مثل هذه الخلطات في باقي الولايات والمدن الأمريكية، وبينت التجارب التي أجريت في فيرجينيا عام 1950م تحسن بسيط في مقاومة الانزلاق، في طبقات الرصف الحديثة، إلا أن معامل الاحتكاك زاد زيادة ملحوظة بعد ستة أشهر من إنشاء الرصف، وقد دلت التجارب السابقة لمكتب الطرق العامة في الولايات المتحدة الأمريكية على بعض المزايا والعيوب لمثل هذه الخلطات، فعند إضافة المطاط إلى مزيج الحصى والبيتومين، ظهرت نتائج غير مرضية، أما خلط المطاط بالبيتومين أولاً فقد أدى إلى زيادة مرونة البيتومين، وقلة تأثره بدرجات الحرارة وانخفاض درجة قساوته مع زيادة عمر الرصف، وإلى زيادة ثبات المبول البيتوميني [6].

3.5 البيتومين المعدل بالبولميرات:

بدئ بتعديل البيتومين بالبولميرات في أوائل القرن الماضي، لتحسين خواص البيتومين، وقد تكون سائلة كاللاتكس أو مواد جزئية صغيرة لدنة بالحرارة، و تم تطوير العديد من المواد الصناعية البوليمرية التي نافست الكاونشوك الطبيعي، بعد الحرب العالمية الثانية، حيث أجريت محاولات عديدة لاستخدام نفايات المواد البوليمرية الصناعية، لتحسين خواص البيتومين، وفي ذلك الوقت كانت أسعار البيتومين رخيصة بينما كانت أسعار البولميرات مرتفعة، مما أدى إلى عدم تشجيع تعديل البيتومين بالمواد البوليمرية وفي عام 1973م ارتفعت أسعار البترول بالنسبة لأسعار البولميرات، مما أدى إلى العودة مجدداً لتعديل البيتومين بالبولميرات.

تم إجراء مجموعة من التجارب في فرنسا، كان الهدف منها تحديد سلوك البيتومين المعدل بالبولميرات [4]، وتبين بأن تحسن خواص البيتومين يتعلق بنوعه، و بنوع المواد البوليمرية المضافة وبكميتها حيث تعمل البولميرات التي تصلح لتعديل خواص البيتومين، لتشكيل

شبكة ضمن البيتومين تشبه شبكة التسليح في البيتون، وظهر بأن أنواع البيتومين المعدل بالبولميرات خواصاً أرقى من غير المعدل عند درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة على حد سواء، كما أن استخدام البيتومين المعدل بالبولميرات في الخلطة البيتومينية يكسب طبقات الرصف ثباتاً كافياً ضد التشوهات عند درجات الحرارة العالية، ومرونة كافية في درجات الحرارة المنخفضة وكذلك مدة استثمار طويلة [4]، وإن أي إضافة تعدل في الخواص الكيميائية للبيتومين تؤدي إلى تغير خواصه وقوامه وبنيته.

وفي حال عدم اتخاذ إجراءات معينة أثناء مزج البيتومين بالبولمير يمكن أن يأخذ المزيج (بيتومين - بولمير) أحد الأشكال التالية [4]:

الشكل الأول:

يكون المزيج في هذه الحالة غير متجانس، ولا يتم اتحاد مكونات البيتومين مع البولمير، حيث يبقى منفصلاً، وتعتبر هذه الحالة الأكثر مصادفة، ولا يرغب باستخدامها كرابط في إنشاء الطرق والمطارات.

الشكل الثاني:

المزيج متجانس بشكل كامل، وتتحد فيه جزيئات البيتومين مع البولميرات، حيث يقوم الزيت الموجود في البيتومين بحل البولمير وتوزيعه بشكل كامل، ومن ثم الاتحاد مع جزيئات البيتومين الأخرى، ويكون المزيج ثابتاً ظاهرياً، لكن التغيرات الناتجة بالمقارنة مع الخواص الأولية للبيتومين طفيفة، وتزداد لزوجته فقط، وهذه النتيجة غير مرغوبة في صناعة المجبول البيتوميني.

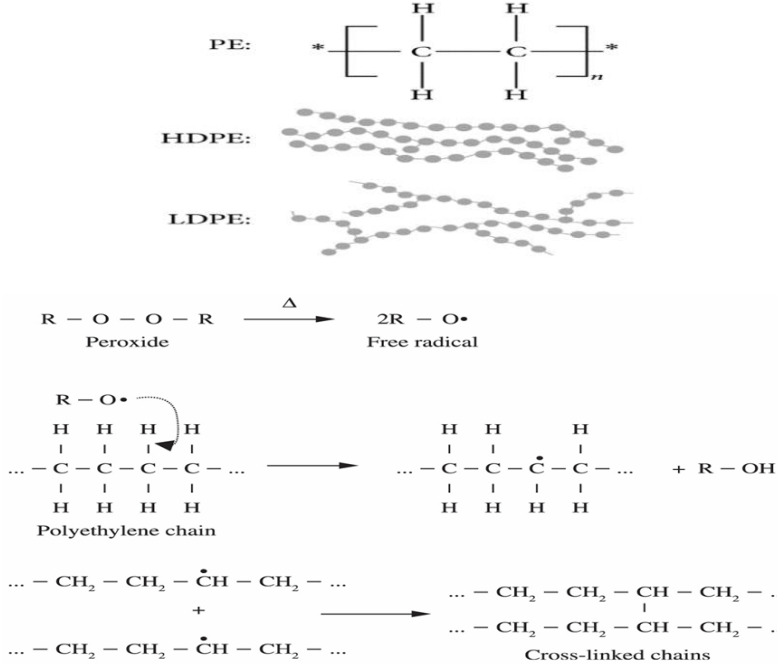
الشكل الثالث:

خواص البيتومين في هذه الحالة تتعدل بشكل فعلي ، والبولمير الموجود ينتفخ نتيجة امتصاص بعض الزيت الموجود في البيتومين. ومن أشهر أنواع هذه البولميرات، بولي إيثيلين (PE) ، وبولي بروبيلين (PP) ، وبولي سيترين ، (PS) ، و إيثيل فينيل الأسيتات (EVA) وغيرها .

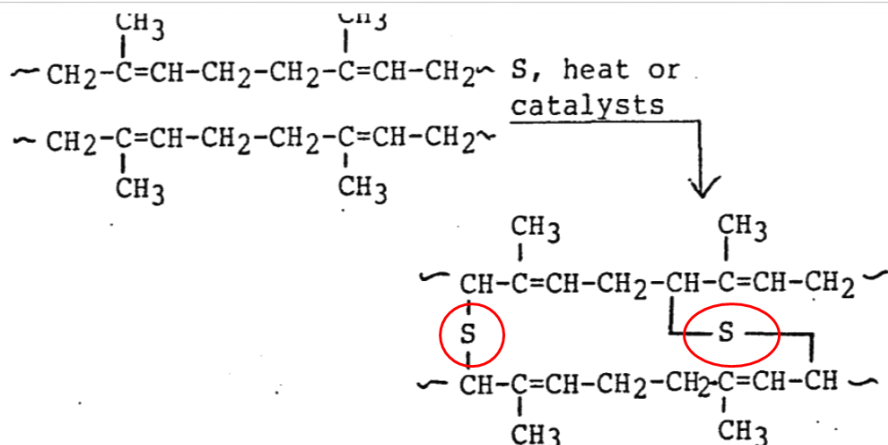
مع استخدام هذه البولميرات ذات البنية غير المشبعة لتعديل البيتومين تبين بأنها تتعرض للتلدن والتحلل نتيجة تعرضها للعوامل الحرارية (ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة) مما

يؤدي إلى تراجع تأثير هذه الإضافات عند وضع المشاريع في ظروف الاستثمار و يعاني البيتومين المعدل بالبوليمرات من عدم الاستقرار في البنية الهيكلية تحت تأثير العوامل المناخية و تكرار الحمولات وذلك بعد فترة قصيرة من تنفيذه ووضعه في الاستثمار ، مما لوحظ ظهور العديد من العيوب والتشققات التي أدخلت الباحثين في حيرة رغم الدقة في التصميم والتنفيذ ومن هنا انبثقت فكرة البحث عن إضافات مساعدة تحد وتمنع ظهور أي عيوب للتمكن من الاستفادة من فعالية البوليمرات المضافة ومن أهم هذه الإضافات هي الكبريت ، إن إضافة الكبريت يعمل على استقرار البنية الهيكلية للإسفلت المعدل بالبوليمرات والمحافظة على ثباتها تحت تأثير عوامل الاستثمار والشكل رقم (2) يوضح السلاسل الطولية الممتدة غير المترابطة في البولي ايثيلين.

الأسلوب الحالي هو إضافة المستوى المطلوب من البوليمر مع مادة متفاعلة تعزز تشابك جزيئات البوليمر حتى يتم الوفاء بخواص طبقات الرصف الإسفلتية المطلوبة، من أجل ذلك سنضيف مادة متفاعلة مع البوليمر وهي الكبريت والشكل رقم 2 يبين الروابط بين السلاسل بعد إضافة المادة المتفاعلة (الكبريت S) .



الشكل (1) السلاسل الطولية الممتدة غير المترابطة في البولي ايثيلين.



6. اعداد العينات :

6-1 اعداد عينات المواد الداخلة في تشكيل الخلطات البيتومينية غير المعدلة والمعدلة .

- . حصويات من مقالع حسياء المعدة لتزويد مجابل انتاج المجبول البيتوميني.
- . تم استخدام رابط بيتوميني (100/85) ناتج مصفاة حمص .
- . رابط بيتوميني معدل بوليمر بولي إيثيلين (PE) بنسبة 2% وزناً من الرابط حيث تم تحضيره مخبرياً^[8].
- . رابط بيتوميني معدل مزيج /بوليمر . كبريت (2%PE+2%S) وزناً من البيتومين تم تحضيره مخبرياً^[8].

6-2 التركيب الحبي للحصويات :

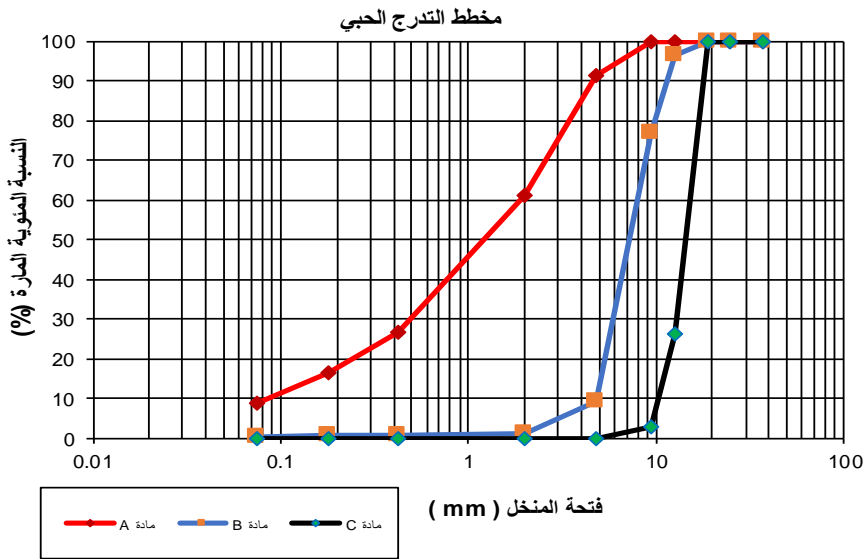
أجريت تجربة التحليل الحبي لثلاثة أنواع من الحصويات استخدمت في تركيب الخلطات الإسفلتية المعتمدة في البحث، تتراوح أبعادها وفق الآتي :

- . مادة A : (0-6 mm)
- . مادة B : (2-10 mm)
- . مادة C : (10 -19 mm)

وبين الجدول رقم (1) والشكل رقم (3) النتائج التي تم الحصول عليها بموجب التحليل الحبي .

جدول (1) نتائج تجربة التحليل الحبي للحصويات

النسبة المئوية المارة %			فتحة المنخل mm	
مادة C	مادة B	مادة A	مم	أنش
10-19 mm	2-10 mm	0-6 mm	37.5	1 1/2
100.00	100.00	100.00	25	1
100.00	100.00	100.00	19	3 / 4
26.48	96.51	100.00	12.5	1/2
2.93	76.77	100.00	9.5	3 / 8
0.17	9.36	91.24	4.75	رقم 4
0.14	1.24	61.42	2	رقم 10
0.07	0.76	26.71	0.425	رقم 40
0.04	0.71	16.60	0.18	رقم 80
0.00	0.47	9.10	0.075	رقم 200



الشكل (3) التدرج الحبي للحصويات المعتمدة في الخلطة البيتومينية

3-6 خواص المواد الحصوية المستخدمة في طبقة الإهترء الإسفلتية :

أجريت مجموعة من التجارب للتأكد من صلاحية المواد الحصوية للإستخدام في تشكيل الخلطة الإسفلتية لطبقة الإهترء مبيئة مع نتائجها في الجدول رقم (2) .

جدول رقم (2) تحديد صلاحية المواد الحصوية لتشكيل الخلطة الإسفلتية لطبقة اهترء

الحدود المسموحة	القيمة	الاختبار المجرى
35 % >	16.5	نسبة الفاقد بالاهترء %
45 % <	74	تحديد قيمة المكافئ الرملي %
-	2.711	الوزن النوعي الفعال لمزيج المواد الحصوية gr/cm^3

نلاحظ من الجدول رقم (1) والجدول رقم (2) أن المواد الحصوية صالحة للإستخدام في تشكيل خلطة إسفلتية لطبقة الإهترء وذلك وفقاً للشروط والمواصفات الفنية لوزارة المواصلات السورية .

تم اعتماد الطريقة الحسابية لتحديد نسب المواد الحصوية الداخلة في تصميم الخلطة الإسفلتية (طبقة الإهترء) وفقاً للشروط والمواصفات الفنية لوزارة المواصلات السورية، وفق التدرج رقم (1) و نبين فيما يلي نسب الخلط والتدرج الحبي التصميمي :

مادة A (0-6 mm) : بنسبة 50 %

مادة B (4-12 mm) : بنسبة 30 %

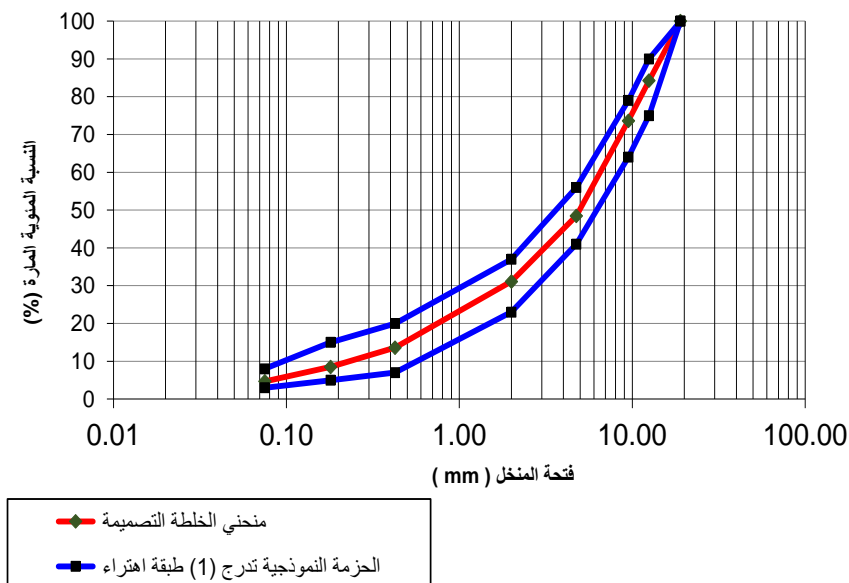
مادة C (10-19 mm) : بنسبة 20 %

ويوضح الجدول رقم (3) والشكل رقم (4) نسب الحصويات المستخدمة والتدرج الحبي للخلطة الاسفلتية التصميمية .

جدول (3) تحديد نسب المزج للتدرجات الحبية التصميمية للخلطة

الحزمة النموذجية (النسبة المئوية المارة) %		التدرج التصميمي (النسبة المئوية المارة) %	النسبة المئوية المارة			فتحة المنخل mm	
			50% A مادة	30 % B مادة	20 % C مادة	مم	أنش
100	100	100.00	50.00	30.00	20.00	19.00	3 / 4
90	75	84.25	50.00	28.95	5.30	12.50	1/2
79	64	73.62	50.00	23.03	0.59	9.50	3 / 8
56	41	48.46	45.62	2.81	0.03	4.75	رقم 4
37	23	31.11	30.71	0.37	0.03	2.00	رقم 10
20	7	13.60	13.35	0.23	0.01	0.43	رقم 40
15	5	8.52	8.30	0.21	0.01	0.18	رقم 80
8	3	4.69	4.55	0.14	0.00	0.075	رقم 200

مخطط التدرج الحبي



الشكل (4) التدرج الحبي لمواد الخلطة الإسفلتية التصميمية .

7 - تصميم الخلطة الإسفلتية (تحديد نسبة البيتومين الأصولية) :

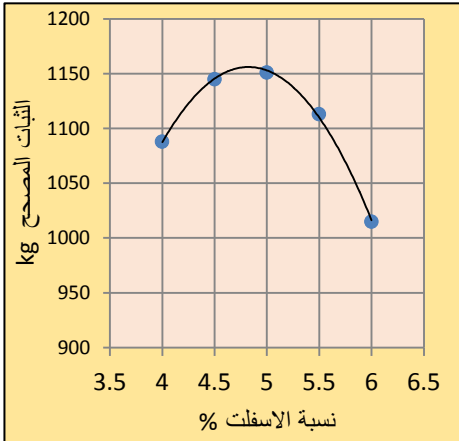
لتحديد نسبة البيتومين الأصولية في الخلطة الإسفلتية اعتمدنا طريقة مارشال وتعد من أكثر الطرق انتشاراً واستعمالاً في العالم ، وضع اسمها الباحث "BROSS MARSHAL" وقد طورتها المؤسسات العلمية التي تعمل في هذا المجال بعد الحرب العالمية الثانية ومن أهمها "AASHTO" ، وتعتمد طريقة مارشال على العمل المخبري في تحضير العينات وتتم وفق المراحل التالية :

1. اختيار المواد الحصوية .
2. اختيار التركيب الحبي المناسب .
3. تحديد نسب الحصويات .
4. تحديد الوزن النوعي للحصويات .
5. تحديد الوزن النوعي للبيتومين المستخدم .
6. تحضير العينات وتنفيذها .
7. تحديد خصائص العينات التجريبية .
8. تمثيل النتائج والمخططات بيانياً .
9. دراسة وتحليل نتائج مارشال .
10. تحديد نسبة البيتومين الأصولية وذلك وفقاً لـ (الثبات الأعظمي ، وكثافة العينات العظمى ، ونسبة الفراغات الهوائية عند القيمة 4%) . حيث تعتمد القيمة الوسطية للمؤشرات الثلاثة .

ويبين الجدول (4) والأشكال (5-6-7-8) نتائج اختبار مارشال المجراة على خمسة عشرة عينة تم تحضيرها بقوالب مارشال النظامية . وزعت بالتساوي بين مختلف نسب الرابط الإسفلتي .

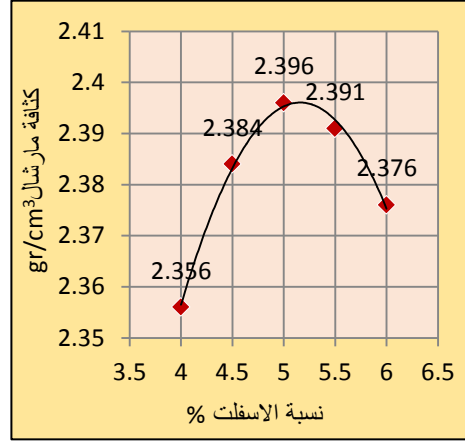
جدول (4) نتائج تجربة مارشال الوسطية للخلطة الإسفلتية التصميمية بدون تعديل.

السيلان mm	ثبات مارشال المصحح kg	النسبة المئوية للفراغات الهوائية %	النسبة المئوية للفراغات المليئة %	الكثافة الحجمية gr/cm ³	نسبة الرابط الأسفلتي %
2.79	1088	7.34	55.72	2.356	4
3.22	1145	5.50	65.89	2.384	4.5
3.62	1151	4.31	73.14	2.396	5
3.90	1113	3.75	77.35	2.391	5.5
4.35	1015	3.64	79.32	2.376	6



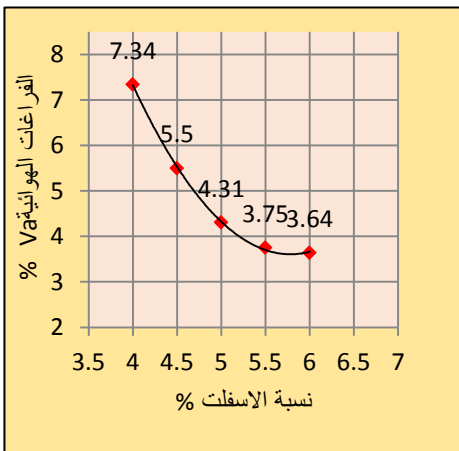
الشكل رقم (6) تغير الثبات بتغير نسبة

الإسفلت



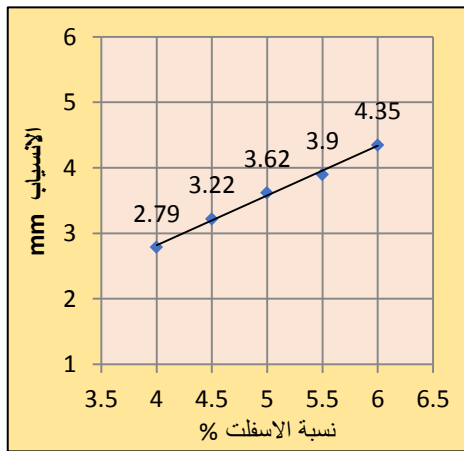
الشكل رقم (5) تغير الكثافة بتغير نسبة

الإسفلت



الشكل رقم (8) تغير الفراغات الهوائية

بتغير نسبة الأسفلت



الشكل رقم (7) تغير الإنسياب بتغير نسبة

الإسفلت

ومن الأشكال (5 و6 و7 و8) تبين بأن نسبة الإسفلت الأصولية التصميمية للخلطة الإسفلتية (طبقة الاهتراء) هي : (5.1 %) وتبين في الجدول (5) خصائص الخلطة الإسفلتية المعتمدة :

جدول (5) خواص الخلطة الاسفلتية التصميمية بدون إضافة

5.1	نسبة الإسفلت (%) Asphalt Content
1150	الثبات (Kg) Stability
3.64	الإنسياب (mm) Flow
4.2	نسبة الفراغات الهوائية (%) Air Voids
73.5	نسبة الفراغات المليئة بالبيتومين (%) VMB
16.10	نسبة الفراغات بين الحصىيات (%) VMA
2.396	وزن واحدة الحجم (t/m ³) Bluck Unit Weight

7-1 تصميم الخلطة الإسفلتية معدلة بإضافة بوليمر (PE) 2% :

تم تصميم خلطة بيتومينية باستخدام رابط بيتوميني معدل بإضافة بوليمر البولي إيثيلين (PE) بنسبة 2 % من وزناً من الرابط البيتوميني، وتم تحديد نسبة الاسفلت الأصولية وخواص الخلطة موضحة في الجدول رقم(6).

جدول (6) خواص الخلطة الاسفلتية المعدلة بالبوليمر (PE)

5.05	نسبة الإسفلت (%) Asphalt Content
1415	الثبات (Kg) Stability
3.82	الإتسياب (mm) Flow
4.14	نسبة الفراغات الهوائية (%) Air Voids
73.0	نسبة الفراغات المملئة بالبيتومين (%) VMB
15.95	نسبة الفراغات بين الحصىات (%) VMA
2.398	وزن واحدة الحجم (t/m ³) Bluck Unit Weight

7- 2 تصميم الخلطة الإسفلتية المعدلة بإضافة مزيج /بوليمر- كبريت/ :

تم تصميم خلطة بيتومينية باستخدام رابط بيتوميني معدل بإضافة مزيج /بوليمر- كبريت/ (2%PE + 2%S) وزناً من الرابط البيتوميني. وتم توضيح نسبة الإسفلت الأصولية وخواص الخلطة في الجدول رقم (7) .

جدول (7) خواص الخلطة الاسفلتية المعدلة بمزيج /بوليمر. كبريت/

5.03	نسبة الإسفلت (%) Asphalt Content
1523	الثبات (Kg) Stability
3.95	الإتسياب (mm) Flow
4.10	نسبة الفراغات الهوائية (%) Air Voids
72.96	نسبة الفراغات المملئة بالبيتومين (%) VMB
15.88	نسبة الفراغات بين الحصويات (%) VMA
2.397	وزن واحدة الحجم (t/m ³) Bluck Unit Weight

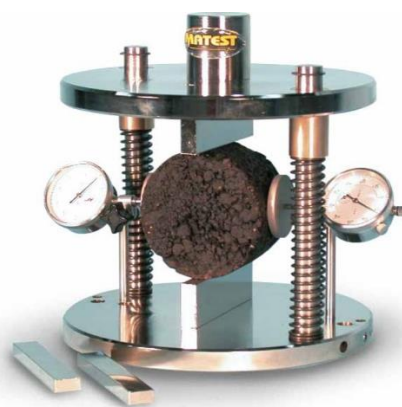
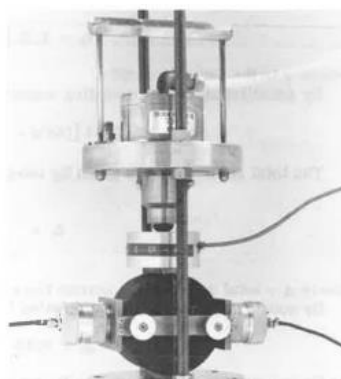
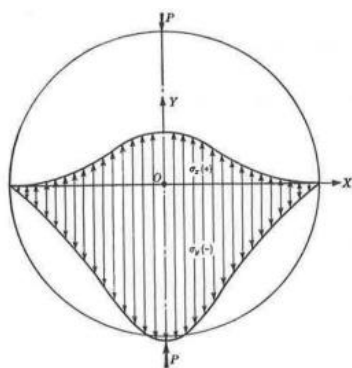


الشكل رقم (9) يوضح بعض العينات البيتومينة المشكلة

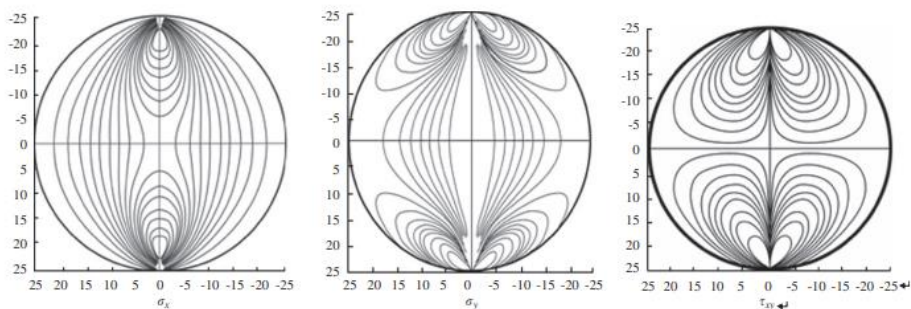
8. تحديد معامل المرونة للخلطات البيتومينية :

1.8 طريقة تحديد معامل المرونة:

تم تحديد معامل المرونة للعينات البيتومينية المشكلة باعتماد طريقة مارشال اعتماداً على الطريقة التي تنص على أنه يمكن تحديد معامل المرونة لعينات اسطوانية الشكل عند قياس التشوه الأفقي للعينات عند تحميلها على طول المولد ^[7] ، ويتم تسجيل القوة والتشوه الأفقي للعيينة في مرحلة المرونة كما هو موضح في الشكل رقم (10) والشكل رقم (11) حيث يبين الحالة الاجهادية للقوى ضمن العينة الاسطوانية وفق المحاور:



الشكل رقم (10) تحديد معامل المرونة للعينات البيتومينية الاسطوانية (مارشال)



الشكل رقم (11) الحالة الاجهادية للقوى ضمن العينة وفق المحاور

حيث تم تحديد معامل المرونة من العلاقة التالية [10] :

$$M_r = \frac{P(\nu+0.2732)}{\Delta.T} \dots (1)$$

حيث :

M_r : معامل المرونة.

P : القوة المطبقة.

ν : نسبة بواسون.

Δ : مقدار التشوه الأفقي للعينة الاسطوانية.

T : سماكة العينة المختبرة المختبرة.

نلاحظ من العلاقة رقم (1) أنه يتطلب لتحديد معامل المرونة إيجاد نسبة بواسون للعينات المختبرة وهي نسبة الإنفعال العرضي إلى الانفعال الطولي عندما يؤثر على العينة إجهاد ضمن حد المرونة ويعطى بالعلاقة التالية :

$$\nu = \frac{d\epsilon_y}{d\epsilon_x} \dots (2)$$

تم تحضير ثلاثين عينة من الخلطات البيتومينية المرجعية والمعدلة بوليمر /PE/ والمعدلة بمزيج /بوليمر . كبريت/ وتم تحديد نسبة بواسون للعينات وفق النتائج المدونة في الجدول رقم (8) والشكل رقم (12) :

جدول (8) تحديد نسبة بواسون للعينات الإسفلتية

نسبة بواسون الوسطية	نسبة بواسون	نوع الخلطة البيتومينية	رقم العينة
2.363	2.366	مرجعية بدون إضافات	1
	2.361		2
	2.363		3
	2.360		4
	2.365		5
	2.363		6
	2.361		7
	2.365		8
	2.364		9
	2.362		10
2.425	2.422	معدلة بوليمر /PE/	1
	2.431		2
	2.428		3
	2.424		4
	2.426		5
	2.423		6
	2.424		7
	2.426		8
	2.425		9
	2.423		10
2.434	2.439	معدلة بمزيج /بوليمر-كبريت/ /PE-S/	1
	2.432		2
	2.436		3
	2.433		4
	2.436		5
	2.429		6
	2.436		7
	2.438		8
	2.432		9
	2.432		10



الشكل رقم (12) تحديد معامل بواسون للعينات البيتومينية

2.8 تحديد معامل المرونة:

تم تحضير ثلاثين عينة إسفلتية من الخلطات البيتومينية المرجعية والمعدلة بوليمر /PE/ بنسبة 2 % من بوليمر البولي ايثيلين و المعدلة بمزيج /بوليمر . كبريت/ بنسبة (2%PE + 2%S) وزناً من الرابط البيتوميني ، وتم تحديد معامل المرونة للعينات بدرجة حرارة (25 C°) وفق ماتم ذكره في الفقرة 8-1 ، والجدول (9) يبين النتائج :

جدول (9) تحديد معامل المرونة للعينات الاسفلتية

معامل المرونة الوسطي Kg/cm ²	معامل المرونة Kg/cm ²	نسبة بواسون v	التشوه الأفقي Δ (cm)	السماكة الوسطية للعينة T (cm)	القوة P (Kg)	نوع الخلطة البيتومينية	رقم العينة
11341	10842	2.363	0.032	6.350	824	مرجعية بدون إضافات	1
	11632		0.026	6.410	747		2
	10687		0.035	6.320	885		3
	11549		0.034	6.450	968		4
	11637		0.034	6.250	934		5
	11925		0.029	6.750	887		6
	10896		0.032	6.350	842		7
	11782		0.034	6.320	974		8
	11478		0.030	6.400	824		9
	10985		0.038	6.340	992		10
15342	15421	2.425	0.036	6.390	1347	معدلة بوليمر /PE/	1
	14995		0.037	6.460	1347		2
	15488		0.035	6.390	1322		3
	15506		0.040	6.260	1478		4
	15112		0.036	6.280	1311		5
	15032		0.039	6.300	1398		6
	14578		0.042	6.380	1474		7
	15158		0.036	6.290	1307		8
	15987		0.039	6.210	1462		9
	16147		0.037	6.460	1471		10
15891	15114	2.434	0.039	6.300	1421	معدلة بمزيج /بوليمر- كبريت/ /PE-S/	1
	15987		0.039	6.280	1487		2
	16245		0.036	6.260	1398		3
	15874		0.037	6.550	1452		4
	15321		0.039	6.340	1421		5
	16074		0.040	6.380	1547		6
	15667		0.042	6.240	1563		7
	16541		0.039	6.570	1599		8
	16214		0.036	6.360	1422		9
	15874		0.039	6.350	1507		10



الشكل رقم (13) تحديد معامل المرونة للعينات البيتومينية

9. تجارب المحاكاة (Conditioning Test):

تهدف تجارب المحاكاة وفقاً لنظام AASHTO ولاسيما القسم R30 إلى تعريض عينات المجدول البيتوميني إلى شروط مخبرية منها الشروط الحرارية والغمر وفق عدد دورات ودرجات محددة لتحاكي الظروف المناخية والإستثمارية وتأثير التقادم والرطوبة وتعري الحصويات التي سيتعرض لها المجدول البيتوميني خلال فترة التشغيل والاستثمار وتحديد خواص المجدول البيتوميني قبل وبعد ، وحساب عامل التغير للوقوف على التغيرات التي ستطرأ على المجدول البيتوميني خلال فترة الاستثمار. قمنا في بحثنا بتحضير عدد من العينات وإخضاعها لأحد تجارب المحاكاة وفق AASHTO.238T والتي تتضمن أولاً تعريض العينات البيتومينية لدرجة حرارة (16°C -) لمدة 16 ساعة ومن ثم تعريضها لدرجة حرارة (60°C) لمدة 24 ساعة وأخيراً وضع العينات في درجة حرارة (25°C) لمدة ساعتين وبعدها تحديد معامل المرونة مباشرة.

تم تحضير ثلاثين عينة إسفلتية وفق مارشال من الخلطات البيتومينية المرجعية والمعدلة بوليمر PE/ بنسبة 2 % من بوليمر البولي إيثيلين و المعدلة بمزيج /بوليمر .كبريت/ بنسبة (2%PE + 2%S) وزناً من الرابط البيتوميني ، وتم إخضاعها لشروط تجربة المحاكاة AASHTO 238T و تم تحديد معامل المرونة للعينات ووضحت النتائج في الجدول رقم (10):

جدول (10) تحديد معامل المرونة للعينات الإسفلتية بعد اختبار AASHTO 238T

رقم العينة	نوع الخلطة البيتومينية	القوة P (Kg)	السماعة الوسطية للعينات T (cm)	التشوه الأفقي Δ (cm)	نسبة بواسون ν	معامل المرونة Kg/cm ²	معامل المرونة الوسطي Kg/cm ²
1	مرجعية بدون إضافات	614	6.440	0.030	2.363	8245	8490
2		597	6.530	0.027		8832	
3		714	6.430	0.035		8421	
4		625	6.420	0.032		8147	
5		678	6.510	0.032		8656	
6		720	6.470	0.037		7982	
7		733	6.440	0.036		8347	
8		647	6.500	0.030		8832	
9		687	6.410	0.032		8966	
10		711	6.460	0.034		8474	
1	معدلة بوليمر /PE/	1087	6.540	0.034	2.425	12811	12472
2		1131	6.420	0.037		12425	
3		1187	6.340	0.039		12614	
4		1081	6.570	0.034		12650	
5		1098	6.320	0.038		12185	
6		1194	6.340	0.040		12276	
7		1104	6.380	0.038		11957	
8		1208	6.280	0.041		12271	
9		1191	6.390	0.038		12996	
10		1131	6.220	0.038		12531	
1	معدلة بمزيج بوليمر- كبريت/PE-S/	1396	6.270	0.036	2.434	16214	15533
2		1475	6.550	0.039		15352	
3		1517	6.390	0.041		15246	
4		1452	6.450	0.037		15885	
5		1511	6.280	0.041		15554	
6		1467	6.300	0.041		14846	
7		1396	6.260	0.037		15822	
8		1369	6.420	0.037		15018	
9		1426	6.140	0.039		15645	
10		1518	6.370	0.040		15744	

10 . الاستنتاجات :

- لوحظ أن قيمة معامل المرونة للخلطات البيتومينية المعدلة بمزيج /بوليمر . كبريت / ($2\%PE+2\%S$) وزنا من البيتومين قد ازدادت بمقدار 40 % بالنسبة لمعامل المرونة للخلطات البيتومينية المرجعية .
- نلاحظ أن قيمة معامل المرونة للخلطات البيتومينية المعدلة بإضافة بوليمر PE ($2\%PE$) وزنا من البيتومين قد ارتفعت بمقدار 35 % بالنسبة لمعامل المرونة للخلطات البيتومينية المرجعية .
- لوحظ انخفاض في قيمة معامل المرونة للعينات المشكلة من الخلطات المرجعية بعد إجراء اختبار المحاكاة بقيمة 26 % .
- نلاحظ انخفاض قيمة معامل المرونة للعينات المشكلة من الخلطات البيتومينية المعدلة بإضافة بوليمر PE بعد إجراء اختبار المحاكاة بقيمة 18 % .
- نلاحظ أن قيمة التغير في معامل المرونة للعينات البيتومينية المشكلة من الخلطات المعدلة بمزيج /بوليمر . كبريت / بعد اختبار المحاكاة قد بلغت (2%) أي أن نسبة معامل المرونة قد بلغت 98 % من قيمته بعد إجراء تجربة المحاكاة فقد بلغت قيمته (15533 Kg/cm^2) بعد إجراء اختبار AASHTO 238T وكانت قيمته قبل إجراء اختبار المحاكاة (15891 Kg/cm^2). مما يدل على أن استخدام الكبريت كمادة متفاعلة تعزز تشابك جزيئات البوليمر مما أدى إلى الحفاظ على استقرار البنية الهيكلية للإسفلت المعدل بالبوليمرات والمحافظة على ثباتها تحت تأثير عوامل الاستئثار .
- نجد من خلال تصميم الخلطات البيتومينية باستخدام رابط بيتوميني معدل بمزيج /بوليمر . كبريت / تحسناً في قيمة معامل المرونة . وديمومة ومقاومة أكبر لمختلف التشوهات والعيوب مما يؤدي إلى زيادة الفترة الاستثمارية و تخفيف تكاليف الصيانة الدورية المكلفة .

11 - التوصيات والمقترحات :

. دعوة الوزارات المختصة في الدولة لإنشاء محطات خلط مركزية لإنتاج بيتومين معدل بـ /بوليمر . كبريت / وبنسب مثالية تتناسب والخلطات البيتومينية المراد إنتاجها في المجال .

12 . المراجع :

- 1- Bernard, D.M "The theory of stress and displacement in layered systems and application to the design of airport runway ", highway research board, 1993
- 2- Felice Giuliani.Effects of polymer modification on the resistant of asphalt binder ،2009
- 3- Bernared Brule.Polymer use in the road construction industry،2007
- 4- Sharp A-341.fundamental properties of asphalt.1993
- 5- Seriy N&Bill .Recyclabiti of Moisture Damaged Felexible Pavements،1993
- 6- Filippo Merusi.Kerosen resistance of binder binder modified with crumb rubber.2009
- 7- Schmidt, R.j, " A Practical Method for Measuring the Resiling Moduuls of Asphalt –Treated Mixes", highway research board, 1972
- 8- Study of Changes In Properties of Modified Bitumen With a Mixture / Polymer – Sulfur / , Scientific journal of ALBaath University, 2020

دراسة خواص البيتون المنفذ بركام معاد تدويره

طالبة دراسات عليا (دكتوراه) المهندسة: **بشرى درويش العكاري** - قسم الهندسة
الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث

باشراف الدكتور المهندس: **سليمان العامودي** أستاذ مساعد في قسم الهندسة
الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث

ملخص البحث:

يقدم هذا البحث دراسة خواص البيتون المصنع من ركام معاد تدويره، حيث أجريت الاختبارات على خلطات بيتونية بنسب استبدال 0% و 25% و 50% و 75% و 100% أوضحت النتائج أن مخطط (إجهاد تشوه) يبقى له نفس الشكل مع انخفاض في الذروة ويكون التشوه أكبر في الفرع الهابط عند الاستبدال، وأن المخطط التجريبي متوافق مع نموذج الكود الأوربي لمنحني (إجهاد تشوه). بين هذا البحث انخفاض مقاومة البيتون على الضغط بنسبة 11.1%، 7.48%، 15.84%، 18.88% وذلك عند الاستبدال بنسبة 25%، 50%، 75%، 100% للركام المعاد تدويره على الترتيب. وبالتالي من الممكن استخدام البيتون المنتج من ركام معاد تدويره في الخلطات البيتونية مع مراعاة الفرز والتدرج الحبي الصحيح ونسبة W/C و عيار الاسمنت وإضافة الملدن المناسب للحصول على قابلية تشغيل جيدة.

كلمات مفتاحية:

الركام المعاد تدويره، الركام الطبيعي، الخلطات البيتونية، الاستبدال، قابلية التشغيل

Study of properties of Recycled Aggregate Concrete

Abstract

Some properties of Recycled aggregate Concrete are studied and summarized, as a result of this research.

According to the study plan, concrete mix with replacement rates of 0%, 25%, 50%, 75%, 100% are tasted.

The results show that the Strain-Stress Curve stays the same with more strain in descending part of the curve, and the obtained curve due to the experiments is compatible with European Code (Euro-CEB).

According to this research, a decrease in the compressive strength of concrete with the rate of 11.1%, 7.48%, 15.84%, 18.88% When the replacement rates are 25%, 50%, 75%, 100% on sequence.

As result, Recycled Aggregate Concrete can be used in concrete mix with taking in consideration the correct gradient and sorting of aggregates, w/c ratio, the amount of cement and adding the appropriate plasticizer to get suitable workability.

Key words:

Recycled aggregate, natural aggregate, concrete mix, Replacement, workability

1- مقدمة البحث:

يعتبر البيتون من اهم مواد البناء لما له من ميزات إيجابية وخاصة كونه مادة بناء رخيصة ومحلية، إلا أن التوسع العمراني المتزايد في العالم يولد مشكلة كبيرة تتعلق بتأمين المواد الأولية اللازمة لتشييد هذه الأبنية وخاصة الحسويات التي تشكل الحجم الأكبر من هذه المواد.

ونظراً للظروف التي عاشتها بلدنا وتراكم أنقاض الأبنية زاد الاهتمام بالأبحاث المتعلقة بالبيتون المعاد تدويره نتيجة المتطلبات البيئية من جهة، وإمكانية الاستفادة من هذا الركام من جهة أخرى. الشكل (1)



الشكل (1) ركام الأبنية في بعض المناطق السورية

2- المشكلة العلمية ومبررات البحث:

يتطلب الوضع في سوريا العمل الجاد لإدارة الكم الكبير من الركام الذي نشأ خلال ظروف الحرب الأخيرة التي مرت بها معظم المناطق ونتج عنها تهديم عدد كبير من المباني.

وأفضل الطرق لعلاج هذا الوضع هو إعادة تدوير الركام، لذا يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير الركام المعاد تدويره كبديل جزئي أو كلي عن الركام الطبيعي على خواص البيتون المصنع بهذا الركام، بالإضافة إلى تحديد مخطط (إجهاد - تشوه) لكل نسبة استبدال للركام المعاد تدويره.

3- دراسة مرجعية:

- سوف نستعرض بعض ما توصلت إليه لدراسات المرجعية المتعلقة بالركام المعاد تدويره:
- أكد الباحث [1] عدم استخدام الركام الناعم المعاد تدويره بسبب امتصاصه العالي للماء، بينما أعطى الباحث [2] مجالاً للاستخدام بنسبة منخفضة تتراوح من 10-30% من وزن الرمل الكلي.
 - أكد الباحث [3] إمكانية استخدام الركام المعاد تدويره بنسبة 20% لجميع أعمال البناء حيث أجرى التجارب على 125 خلطة بنسب استبدال مختلفة للركام المعاد تدويره وأجرى التجارب لتحديد مقاومتها على الانعطاف ومعامل المرونة والامتصاص والتجمد والذوبان.
 - أجرى الباحث [4] دراسته على السلوك الميكانيكي والخواص المرنة باستخدام خلطات بنسبة استبدال 30% وباستخدام ملدن لزيادة قابلية التشغيل وباستخدام نسبة w/c بين 0.4-0.6 توصل إلى مقاومة مكعبية تصل إلى 320 mpa ولكن بمعامل مرونة أخفض بحوالي 16% من الخلطة بركام طبيعي.
 - توصل الباحث [5] إلى أنه عند استبدال الركام الطبيعي بالركام المعاد تدويره بنسبة 100% تتخفض مقاومة الضغط حتى 40% وينخفض معامل المرونة حوالي 45%.
 - أجرى الباحث [6] خلطات بيتونية بنسب استبدال 15%-30%-50% وتوصل إلى أن المقاومة تقل بزيادة نسبة الاستبدال للركام المعاد تدويره حيث وصلت إلى 25% -23% -26% في المقاومة على الضغط عن العينات المرجعية.
 - قام الباحث [7] بنقع الركام المعاد تدويره في الحموض الكيميائية كحمض كلور الماء وحمض الكبريت وحمض الفوسفور بتركيز 0.1 مول بهدف إزالة المونة الاسمنتية الملتصقة بالركام، وهذا أدى إلى تقليل نسبة الامتصاص بحوالي 7.27-12.17% وأعطى ترابطاً أقوى في المنطقة الانتقالية بين الركام والمونة الاسمنتية، وتوصل إلى أنه عند الاستبدال بنسب 5-30% تكون مواصفات

الخلطة أفضل من الخلطة بالركام الطبيعي حيث زاد عامل المرونة بمقدار 20% عند نسبة استبدال 30% من الركام المعاد تدويره المعالج بحمض كلور الماء، بالإضافة إلى أنها مجدية اقتصادياً حيث أكد أن تكلفة 10 طن لا تتجاوز 500 دولار.

- درس الباحث [8] أثر محتوى الاسمنت على مقاومة الضغط حيث استخدم خمس كميات مختلفة للإسمنت (450-400-350-300-250) kg/m³ وتوصل إلى أن الفرق بالمقاومة بين الخلطة بالركام الطبيعي والمدور يكون أقل عند استخدام كمية إسمنت أقل، فمن أجل محتوى 250 و 350 kg/m³ كانت المقاومة أقل بحوالي 80%، أما من أجل كمية إسمنت 300kg/m³ يصبح التغير بالمقاومة 5-20%، كما أن الجودة التي تم الحصول عليها مع كمية اسمنت أقل من 300kg/m³ ضعيفة، في حين استخدام إسمنت أعلى من ذلك أعطى مواصفات أفضل وجودة أفضل.

- درس الباحث [9] خلطات بيتونية بنسب استبدال مختلفة وأكد البحث أن استخدام نسبة 25% من الركام المعاد تدويره لا يؤدي إلى تغيير في الخصائص الميكانيكية، أما عند الاستبدال بنسب 50-100% فيجب أن تزداد كمية الاسمنت بنسبة 4-10% وتخفض نسبة w/c بنسبة 5-10% للحصول على نفس الخصائص للخلطة من الركام الطبيعي.

- استخدم الباحث [10] مواد بوزولانية طبيعية هي الطف البركاني في دراسته على نسب استبدال 0% و 50% و 75% و 100% أكد أن الخواص الميكانيكية تتخفض مع زيادة محتوى الركام المعاد تدويره لذا نصح باستخدام الركام المعاد تدويره في العناصر الغير حاملة، وأكد على انخفاض المقاومة بنسبة 10% عند الاستبدال 50% وبنسبة 15% عند الاستبدال بنسبة 75 و 100% بدون استخدام بوزولانا، أما مع إضافة البورزولانا فأعطى مقاومة قريبة جداً وأحياناً أعلى من مقاومة الخلطة النموذجية عند الاستبدال بنسبة 50%.

- اهتم العديد من الباحثين بإيجاد منحنى (إجهاد- تشوه) للركام المعاد تدويره ومنهم الباحث [5] حيث أجرى دراسة على نسب استبدال 30% و50% و70% و100%، وتوصل إلى أن مخطط (إجهاد- تشوه) لا يختلف بالشكل سوى أنه في الركام المعاد تدويره يكون ميلان المنحني بعد الوصول للإجهاد الأعظمي أخفض من الركام الطبيعي وأكثر انحداراً، أما التشوه الأعظمي فيزداد بزيادة نسبة الاستبدال للركام المعاد تدويره.
- واقترح الباحث [11] رفع قيمة التشوه النسبي المقابل للإجهاد الأعظمي للبيتون الطبيعي بمقدار 20% كما في الشكل (2):

Table 3
Compressive strengths of RAC

No.	Slump (mm)	Density (kg/m ³)	f_{cu} (MPa)	f_c (MPa)	f_c/f_{cu}
NC	42	2402	35.9	26.9	0.75
RC-30	33	2368	34.1	25.4	0.74
RC-50	41	2345	29.6	23.6	0.80
RC-70	40	2316	30.3	24.2	0.80
RC-100	44	2280	26.7	23.8	0.89

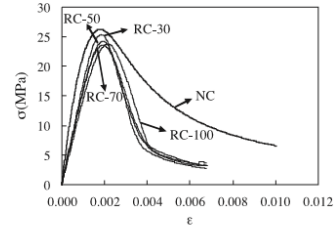


Fig. 3. Typical stress-strain curves of RAC.

الشكل (2) نتائج البحث [11]

4- هدف البحث:

دراسة خصائص البيتون المصنوع من الركام المعاد تدويره باستخدام خمس خلطات بيتونية يتم استبدال الركام المعاد تدويره بالركام الطبيعي وفق النسب 0% و25% و50% و75% و100%، ورسم مخطط (إجهاد- تشوه) للحالات السابقة، ومقارنته مع نماذج مخططات (إجهاد- تشوه).

5- مواد البحث وطرائقه:

5-1-الاسمنت:

استخدم الاسمنت البورتلاندي معمل طرطوس صنف N 32.5 عيار 400kg/m³ في جميع الخلطات البيتونية، وأجريت على الاسمنت تجريري المونة والعجينة الاسمنتية للمقارنة بين اسمنت معمل طرطوس ومعمل حماه وتم استخدام اسمنت معمل طرطوس في التجارب التي أجريت في كلية الهندسة المدنية مخبري البيتون ومواد البناء.

5-1-1: تجربة العجينة الاسمنتية:

استخدمنا اسمنت وماء بنسب مختلفة (0.2-0.3-0.4) (w/c) وقمنا بالصب في قوالب موشورية بأبعاد 4*4*16سم كما في الشكل (3)، وتم كسر العينات في مخبر مواد البناء حيث وضعت العينة على مسند بتباعد 10سم كما في الشكل (4)



الشكل (3) العينات المستخدمة



الشكل (4) العينة عند الكسر

وكانت نتائج الكسر بعمر 28 يوم لإسمنت طرطوس كما في الجدول (1):

الجدول (1) نتائج كسر عينات اسمنت معمل طرطوس

إجهاد (Mpa)	حمولة (N)	وزن العينة (gr)	w/c
2.15	13.79	46.7	0.2
6.245	39.97	53.72	0.3
6.9	44.18	53.31	0.4

أما اسمنت معمل حماه فكانت نتائج الكسر بعمر 28 يوم كما في الجدول (2):

الجدول (2) نتائج كسر عينات اسمنت حماه

إجهاد (Mpa)	حمولة (N)	وزن العينة (gr)	w/c
2.149	14.51	48.73	0.2
3.314	21.2	48.84	0.3
3.913	25.04	53.31	0.4

بالمقارنة بين نتائج الكسر تم اعتماد اسمنت معمل طرطوس في الخلطات البيتونية.

5-1-2: تجربة المونة الاسمنتية:

التجربة تتم باستخدام رمل خاص لكنه غير متوفر في المخبر لذا قمنا باتباع الخطوات التالية للحصول على رمل مناسب للتجربة:

استخدمنا رمل قرواني حيث قمنا بتجفيف 2 كغ ثم نخلنا الرمل على المنخل 0.15 وأخذنا المحجوز ثم قمنا بخلط الرمل مع الاسمنت والماء بالنسب 0.75 1 0.485 على الترتيب، ثم قمنا بصب عينات موشورية بأبعاد 4*4*16سم كما في الشكل (5)



الشكل (5) العينات المستخدمة للتجربة

وكانت نتائج الكسر على الانعطاف على عمر 28 يوم كما في الجدول (3):

الجدول (3) نتائج الكسر على الانعطاف للمونة الاسمنتية

العينه	الوزن gr	حمولة N	إجهاد N/mm ²
1	56.49	33.39	1.25
2	55.7	33.86	1.26
3	53.79	31.95	1.198

كما أجرينا على المونة السابقة تجربة قطر الانتشار وكان حوالي 18سم والهبوط 3.5 سم

كما في الشكل (6)





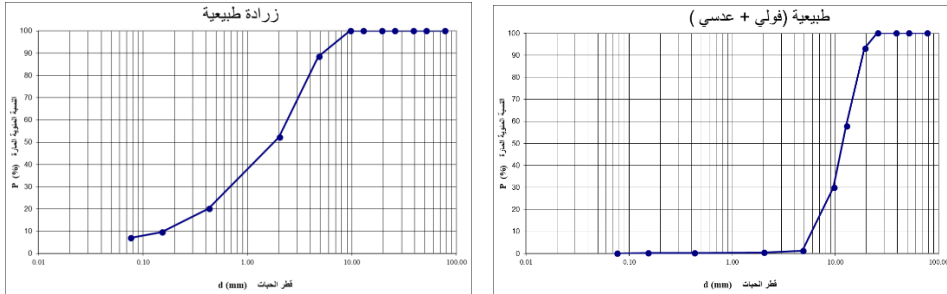
الشكل (6) تجربة ابرة قطر الانتشار

5-2 الملدن:

استخدم ملدن نوع Daracem SP6® عالي الأداء وهو سائل بني مصنع من مواد بوليميرية مسلفنة حسب المواصفة ASTM-C-494-Type A,F,D,G. أعطى قابلية تشغيل مناسبة للخلطات البيتونية حيث تمت إضافته مع الماء بنسبة 0.5% ، 1% ، 1.5% من وزن الاسمنت للخلطات التي نسبة الركام المعاد تدويره فيها 0% ، 25% ، 50% ، 75% ، 100% على الترتيب والهدف من ذلك الحصول على قابلية تشغيل مناسبة.

5-3 الركام الطبيعي:

استخدم ركام طبيعي من منطقة حسياء مؤلف من بحص فولي وبحص عدسي وزرادة و رمل، وتم إجراء تجارب التحليل الحبي اللازمة كما في الشكل (7):



الشكل (7) التحليل الحبي للركام الطبيعي

كما تم إجراء تجربة المكافئ الرملي للرمل المستخدم ونتج المكافئ الرملي بالتجربة: 71% ويعتبر الرمل نظيف وفق التصنيف [13].

5-4 الركام المعاد تدويره:

تم إحضار ركام أبنية مكسر من حرستا، ثم قمنا بفرز الركام يدوياً على المناخل الموجودة في مخبر البيتون في كلية الهندسة المدنية كما في الشكل (8). استخدمنا المناخل (25 و 16 و 9.5 و 4.75 و 1.18 mm اعتمدنا المكافئة التالية للأقطار من أجل الاستبدال:

25-16 mm يكافئ بحص فولي

16-9.5 mm يكافئ بحص عدسي

9.5-4.75 mm يكافئ زرادة خشنة

4.75-1.18 mm يكافئ زرادة ناعمة

ولم نستخدم النواعم المارة من 1.18 بسبب امتصاصها العالي للماء كما أوصت الدراسات المرجعية [1]





الشكل (8) الركام المعاد تدويره و طريقة فرزها على المناخل يدوياً

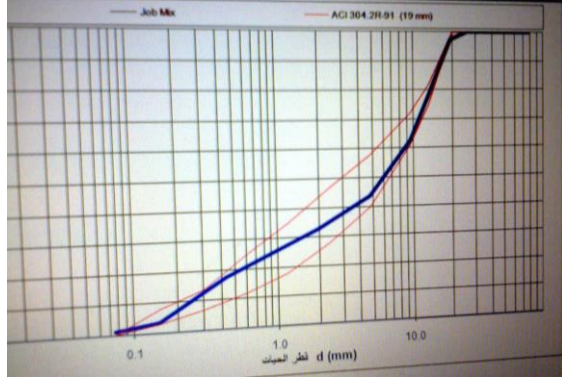
5-5 خواص الركام المعاد تدويره:

- 1- الوزن النوعي: أقل من الوزن النوعي للركام الطبيعي
- 2- الوزن الحجمي: أقل بحوالي 3-10% من الركام الطبيعي
- 3- الامتصاص: قدرة الركام المعاد تدويره 5.15% [14] أكبر بشكل واضح من قدرة الركام الطبيعي على الامتصاص 1.17% بسبب المونة القديمة الملتصقة على سطح الركام المعاد تدويره.
- 4- ناتج الاهتراء: إن مقاومة الركام المعاد تدويره للصدم أقل من الركام الطبيعي بسبب المونة القديمة الملتصقة والتي تتفتت بشكل أسهل وبالتالي تعطي فاقد أكبر.

1-6 الخلطات البيتونية:

تم تصميم الخلطة البيتونية التي تحقق شروط المواصفة ASTM C33 كما في الشكل (9). لكل 1m³ ذات عيار اسمنت 400kg/m³ وبنسبة W/c=0.5

	ماء	اسمنت	رمل	زرادة	بحص عدسي	بحص فولي
الأوزان Kg	200	400	183	653	564	470



الشكل (9) الخلطة البيتونية وهبوط مخروط أبرامز

تم صب عينات أسطوانية قطرها 15سم وارتفاعها 30سم مرجعية C0 وتم الرص على ثلاث طبقات باستخدام قضيب معدني، وكان هبوط مخروط أبرامز لها 11سم، ثم قمنا بالاستبدال وفق النسب 25%، 50%، 75%، 100% وتم صب 6 عينات أسطوانية لكل نسبة استبدال C25، C50، C75، C100، وكان هبوط مخروط أبرامز لها: 12سم، 8سم، 8سم، 11سم على الترتيب، ووضعت في حوض مائي مدة 27 يوم ثم أخرجت في اليوم 28 وأجريت التجارب عليها كما في الشكل (10).



الشكل (10) العينات الأسطوانية في الحوض المائي

قمنا بكتابة العينات للحصول على سطح مستو تماما ولكسرها حسب مواصفات ASTM C32 حيث استخدمنا زهر الكبريت مع فحم ورمل قرواني لإعداد طبقة الكبريت وفق الخلطة (3100 غ كبريت مع 1800 غ رمل مع 100 غ فحم) ثم يتم تنويها بدرجة حرارة عالية وتوضع الأسطوانة كما في الشكل (11)



الشكل (11) مراحل تسوية سطح الأسطوانات بالكبريت

2-6 منحنى (إجهاد-تشوه) للبيتون المنتج من ركام معاد تدويره:
في المخبر أجريت التجارب باستخدام الكومبريسومتر كما في الشكل (12)، وبالتزامن بين قراءة ساعة الكومبريسومتر والحمولة لجهاز الكسر تم أخذ القراءات ورسم مخطط (إجهاد-تشوه) للعينات.



الشكل (12) العينات الاسطوانية أثناء التجربة

ويظهر الشكل (13) انهيار بعض العينات الأسطوانية:



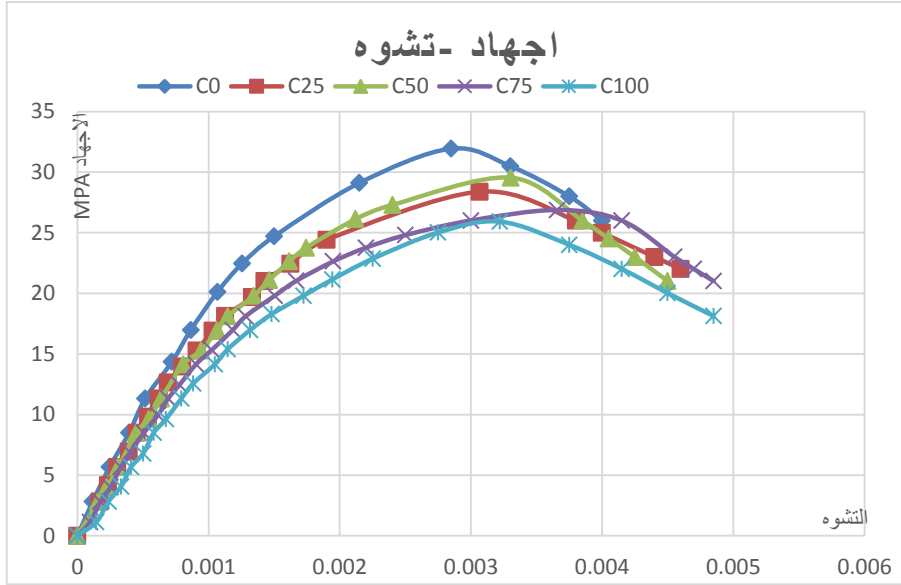
الشكل (13) شكل انهيار بعض العينات الأسطوانية

ويبين الجدول (4) وسطي المقاومة الأسطوانية على الضغط بعمر 28 يوم:

الجدول (4) وسطي المقاومات الأسطوانية

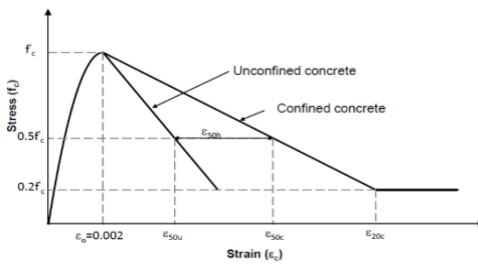
الخلطة	\bar{f}_c Mpa	انخفاض المقاومة %
C0	31.93	-
C25	28.39	11.1
C50	29.55	7.48
C75	26.88	15.84
C100	25.91	18.88

ويأخذ الوسطي للعينات الأسطوانية من كل نسبة استبدال للركام المدور، كانت النتائج كما في الشكل (14):



الشكل (14) مخطط اجهاد تشوه لنسب الاستبدال المختلفة

وبالمقارنة مع نماذج مخططات (إجهاد - تشوه):



Proposed stress-strain model for confined & unconfined concrete - Kent & Park (1971) model

KENT&PARK

$$f_c = f'_c [1 - Z(\epsilon_c - \epsilon_{co})] \quad \epsilon_{co} > \epsilon_c > \epsilon_{cu}$$

$$\epsilon_{50u} = \frac{3 + 0.29f'_c}{145f'_c - 1000} f'_c (MPa) \quad Z = \frac{0.5}{\epsilon_{50u} - \epsilon_{co}}$$

HOGNEDTAD

$$f_{c,1} = 0.85f'_c \left[2 \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{co}} - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{co}} \right)^2 \right] \quad 0 > \varepsilon_c > \varepsilon_{co}$$

$$f_{c,2} = 0.85f'_c \left[1 - 0.15 \left(\frac{\varepsilon_c - \varepsilon_{co}}{\varepsilon_{cu} - \varepsilon_{co}} \right) \right] \quad \varepsilon_{co} > \varepsilon_c > \varepsilon_{cu}$$

POPOVIC

$$\frac{f_c}{f'_c} = \frac{n \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{co}} \right)}{(n-1) + \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{co}} \right)^n}$$

$$n = 0.058 * f'_c (MPa) + 1.0$$

Euro- CEB

$$\sigma_c = f'_{cm} \left[\frac{k\eta - \eta^2}{1 + (k-2)\eta} \right]$$

CARREIR&ch
uA

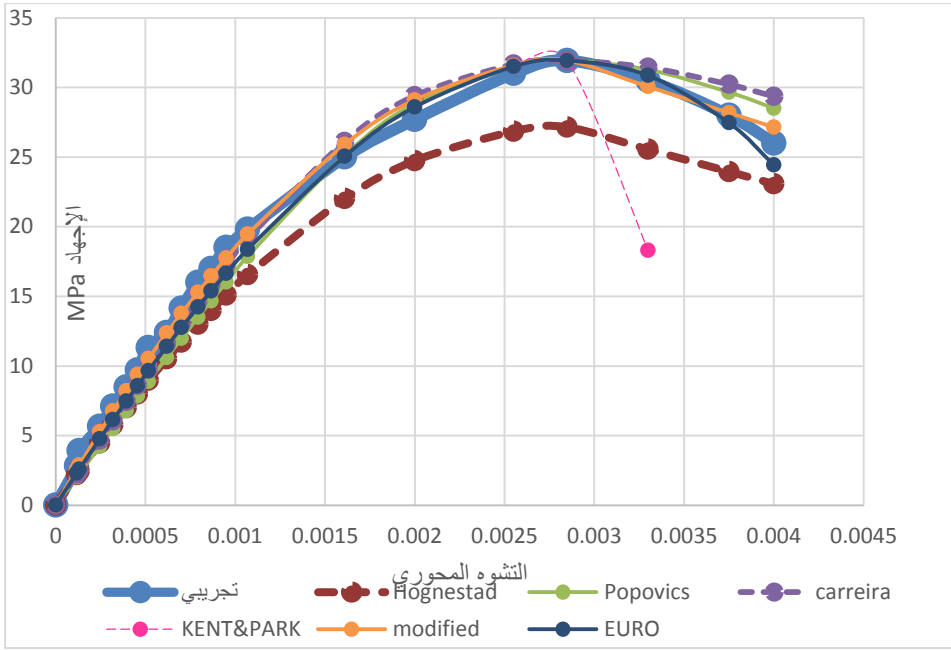
$$\frac{f_c}{f'_c} = \frac{R \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{co}} \right)}{(R-1) + \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{co}} \right)^R}$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_s}$$

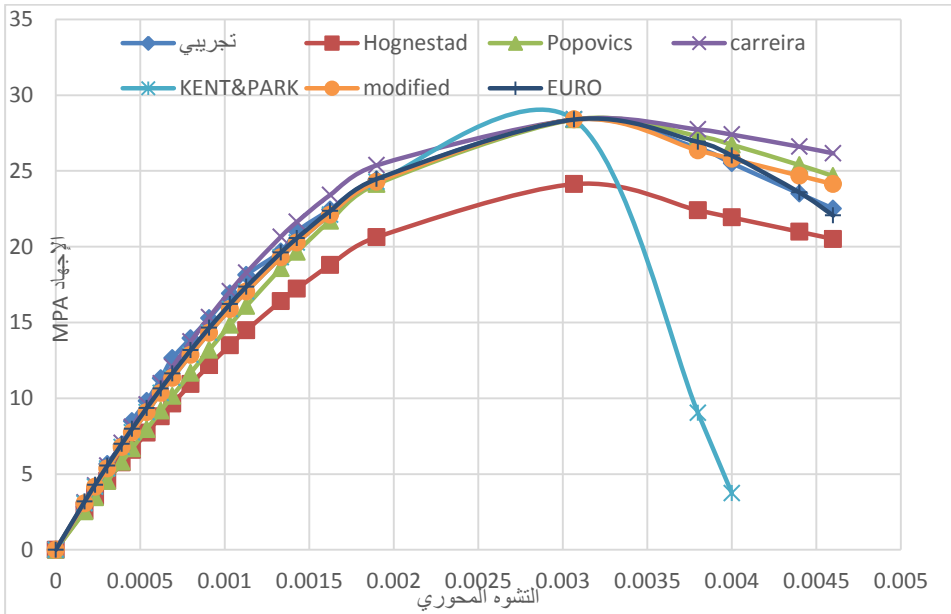
$$k = E_{cm} \frac{\varepsilon_{co}}{f_{cm}}$$

$$\eta = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{co}}$$

كانت النتائج كما في الأشكال (15) (16) (17) (18) (19) لنسب الاستبدال 0%، 25%، 50%، 75%، 100% على الترتيب:

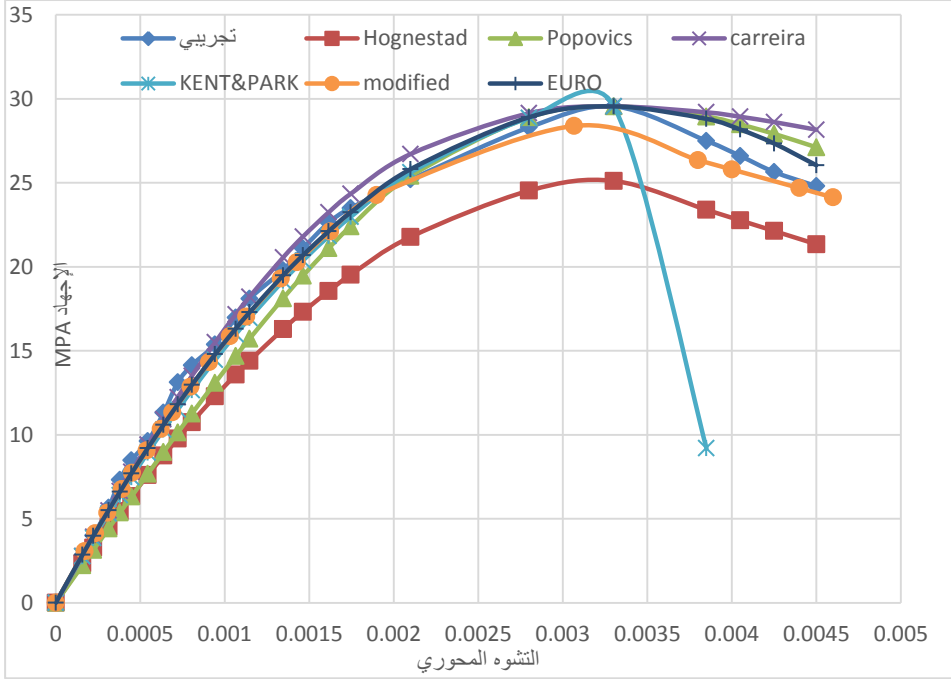


الشكل (15) مقارنة البيانات التجريبية مع نماذج مخططات (اجهاد-تشوه) لنسبة الاستبدال 0%

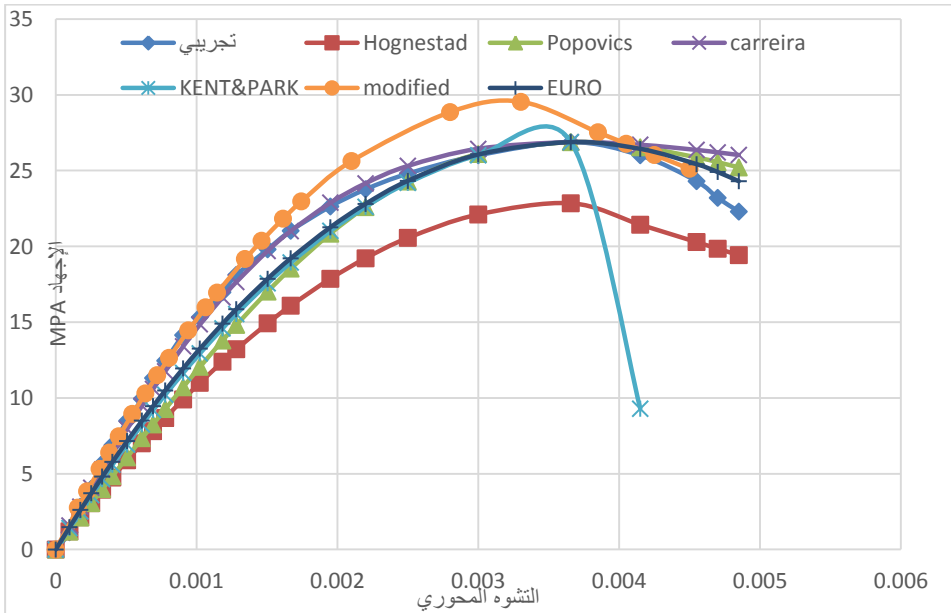


الشكل (16) مقارنة البيانات التجريبية مع نماذج مخططات (اجهاد-تشوه) لنسبة الاستبدال 25%

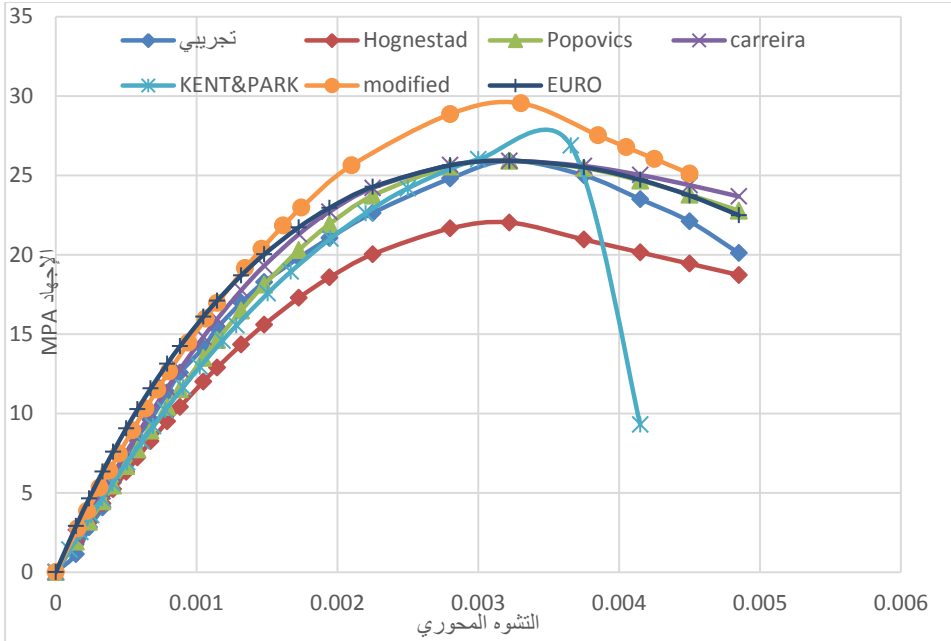
دراسة خواص البيتون المنفذ بركام معاد تدويره



الشكل (17) مقارنة البيانات التجريبية مع نماذج مخططات (إجهاد-تشوه) لنسبة الاستبدال 50%



الشكل (18) مقارنة البيانات التجريبية مع نماذج مخططات (إجهاد-تشوه) لنسبة الاستبدال 75%



الشكل (19) مقارنة البيانات التجريبية مع نماذج مخططات (إجهاد - تشوه) لنسبة الاستبدال 100%

نلاحظ من المخططات السابقة تقارب السلوك في الجزء الصاعد منها، وإن المخطط الأكثر ملائمة مع البيانات التجريبية هو الكود الأوربي EURO حيث نلاحظ تطابق في الجزء الصاعد أما الهابط يحتاج إلى تعديل للعلاقة للحصول على تقارب تام.

- 1- إن استخدام الركام المعاد تدويره يحتاج إلى فرز مناسب وتدرج حبي جيد لنضمن الاستبدال الصحيح وإضافة ملدن مناسب للحصول على قابلية تشغيل جيدة.
- 2- استخدام الركام المعاد تدويره أدى إلى انخفاض المقاومة على الضغط بالنسب (11.1%، 7.48%، 15.84%، 18.88%) على الترتيب لنسب الاستبدال 25%، 50%، 75%، 100% للركام المعاد تدويره.
- 3- تنخفض قابلية التشغيل عند استخدام الركام المعاد تدويره كلما ازدادت نسبة الاستبدال وذلك بثبات نسبة w/c لذا لا بد من استخدام ملدن مناسب لتحسين قابلية التشغيل.
- 4- إن انهيار البيتون المنتج من ركام معاد تدويره أكثر هشاشة مقارنة مع المنتج من البيتون الطبيعي.
- 5- إن مخطط (إجهاد - تشوه) للركام المعاد تدويره موافق لنموذج (إجهاد - تشوه) للكود الأوربي EURO-CEB وهذا يعطي فكرة كافية عن سلوك البيتون المنتج من ركام معاد تدويره.

المراجع

- [1]- Luis R. E, Brito D "Criteria for the use of fine recycled concrete aggregates in concrete production" Spain (2004)
- [2]- Tsoumani A. Barkola N. Matikas T "Recycle aggregate as structural material" university of Ioannina (2012)
- [3]- Dhir R. Paine K "Performes related approach to use of recycled aggregates" Waste &Resources Action Programme (2007)
- [4]- Corinaldesi V. " Structural concrete prepared with coarse recycled concrete aggregate"(2011)
- [5]- Xiao J. Zhang Ch. "Mechanical properties of recycled aggregate concrete under uniaxial loading " (2005)
- [6]- Akabri Y ,Arora N.K , Vakil M.D "Effects on recycled aggregate on concrete properties"(2011)
- [7]- Tam V.W ,Tam C.M "Removal of cement mortar remains from recycled aggregate using pre-soaking approaches"(2006)
- [8]- Kouaido D., "Influence of cement on recycled aggregates concrete " (2011)
- [9]- Etxeberria M., Baraa M "Influence of amount of recycled coarse aggregates and production process" (2007)
- [10]- Tamador M. Damascus university "Study of mechanical properaties of Recycled Aggregate Concrete"(2014)
- [11]- Gonzalez B. Carro L "Design of recycled concrete under ultimate limit state by normal stresses"(2009)
- [12]- الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة 2014
- [13]- Kou SH "Reuse recycled aggregate in structural concrete" Hong Kong (2005)

الإدارة البيئية لبلاستيك التعبئة والتغليف في المنشآت الخدمية والصناعية والتجمعات السكنية في مدينة طرطوس

طالبة الدراسات العليا: بشرى خليل كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين

اشراف الدكتور: هيثم شاهين

الملخص

يتضمن هذا البحث تقدير كمية نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية المتولدة عن المرافق الخدمية والسياحية والتجمعات السكانية في مدينة طرطوس والعمل على اقتراح نظام تحصيل خاص بهذه النفايات لزيادة نسبة الاسترداد وتنمية قطاع إعادة التدوير، وذلك بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية GIS.

تعتمد منهجية البحث على نمط الدراسة المسحية لتقدير الكميات في المرافق الخدمية والسياحية، وعلى نتائج الاستبيانات لمحاولة ربط عدد أفراد الأسرة والإنفاق الشهري للأسرة الواحدة بكمية نفايات التعبئة والتغليف المتولدة عنها، سيمكننا ذلك لاحقاً من حساب حجم الحاويات المستخدمة وبالتالي عددها، من ثم اختيار التوزيع الأمثل لهذه الحاويات واقتراح نظام التحصيل المناسب.

الكلمات المفتاحية: نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية، حاويات، نظم المعلومات الجغرافية.

Environmental management of plastic packaging in industrial and service facilities and residential communities in Tartous city

Abstract

This research includes estimating the amount of plastic packaging waste generated by service and tourist facilities and residential communities in Tartous city, and working on proposing a special collection system for this waste to increase the recovery rate and develop the recycling sector, based on GIS.

The research methodology depends on the survey study pattern to estimate the quantities in the service and tourism facilities, and on the results of the questionnaires to try to link the number of family members and the monthly expenditure one family to the amount of packaging waste generated by it in the residential communities. This will enable us later to calculate the volume of used containers and therefore their number. Then choose the optimal distribution of these containers and suggest the appropriate collection system.

Keywords: plastic packaging waste, containers, GIS.

1. المقدمة:

نشأت الحاجة إلى التعبئة والتغليف وتطويرها نتيجة بعد أماكن الإنتاج عن أماكن الاستهلاك، أي يجب نقل السلع المنتجة وتوزيعها. فأصبحت التعبئة والتغليف حلقة وصل بين الإنتاج والاستهلاك، وتتزايد أهمية هذا الارتباط في المجتمعات الحضرية. للتعبئة والتغليف البلاستيكي آثار إيجابية وأخرى سلبية على البيئة. الأثر الإيجابي هو أن تغليف السلع الاستهلاكية يسهل توزيعها، وبالتالي يجعل من الممكن الحصول على السلع التي لا يمكن الوصول إليها كما أنه مادة خفيفة الوزن وعملية يتمتع بالمرونة والمتانة وذات كلفة منخفضة، ويمثل تغليف المواد الغذائية أكثر من ثلثي جميع مواد التعبئة والتغليف في البلدان المتقدمة.

وتشمل الآثار السلبية استنفاد الموارد (النفط والغاز الطبيعي) فضلاً عن الأثر الضار للنفايات الناتجة عن قطاع التعبئة والتغليف البلاستيكي من حيث صعوبة التحلل والتفكك والآثار الضارة على الأحياء البرية والبحرية.

دور البلاستيك في التعبئة والتغليف كبير. تمثل المواد البلاستيكية 20% بالوزن من جميع مواد التغليف وتستخدم لتعبئة 53% من جميع السلع. تعتبر صناعة التعبئة والتغليف من المستخدمين الرئيسيين للبلاستيك؛ ومع ذلك، غالباً ما يمثل التغليف البلاستيكي 1% إلى 5% فقط من الوزن الإجمالي للمنتج [1].

يتم جمع وتحصيل النفايات في مدينة طرطوس دون الاعتماد على مبدأ الفرز من المصدر ويرحل القسم الأكبر من هذه النفايات إلى معمل وادي الهدة (المركز المتكامل لمعالجة النفايات الصلبة) الذي يقوم بفرز هذه النفايات وتحويل الجزء العضوي منها إلى سماد.

وسوف تتناول هذه الدراسة نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية المتولدة في مدينة طرطوس (المرافق الخدمية والتجمعات السكنية) من حيث كميتها التقديرية، وفرز الكميات لبيان نسبة كل صنف من أصناف البلاستيك من مجمل الكمية، كما تشمل الدراسة اقتراح نظام تحصيل خاص بهذه النفايات.

2. أبحاث وإحصائيات تناولت إدارة نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية:

_ الاتحاد الأوروبي: بلغت تطبيقات قطاع التعبئة والتغليف البلاستيكي النسبة الأكبر من مجمل الصناعات البلاستيكية وتمثل 39.6% من إجمالي الطلب على البلاستيك في العام 2015. [2].

_ لزيادة كفاءة الاسترداد اتبعت معظم دول الاتحاد الأوروبي نظام تحصيل يرتبط بالكثافة السكانية، حيث تم اعتماد الصناديق متعددة المقصورات في المناطق ذات السكن الأسري، في حين تم تخصيص حاويات منفصلة لنفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية أو استخدام الأكياس البلاستيكية الشفافة التي تترك بجانب صناديق النفايات البلدية في المناطق ذات الكثافة السكانية المرتفعة والتي تحوي عدد كبير من المباني [3].

_ فنلندا: تم اختيار ماكدونالدز لدراسة تعزيز وسائل استرداد نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية المتولدة عن صناعة الوجبات السريعة حيث بلغت القدرة الإجمالية لاستردادها 64% من الإجمالي السنوي لعام 2015 [4].

_ الهند: بينت دراسة أجراها مجلس مكافحة التلوث المركزي في الهند ومنظمة إدارة النفايات البلاستيكية على المطارات ومحطات القطار في دلهي حيث نسبة نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية 20_30% من مجمل النفايات المتولدة عنها مقارنة بنسبة 5_9% في النفايات البلدية بشكل عام. وتم اقتراح عدة حلول لتنظيم تحصيل نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية في المطارات ومحطات القطار [5].

_ ألمانيا: تم إدراج مسؤولية مواد التعبئة والتغليف في قانون التعبئة والتغليف في عام 1991. وقد تم تعديل هذا القانون عدة مرات في السنوات الأخيرة. وهو يتضمن أحكاما بشأن التزام المنتجين والموزعين باستعادة العبوات المستعملة. ومن أجل الوفاء بهذا الالتزام، يمكن أن يشارك تجار التجزئة في نظام لجمع وإعادة تدوير مواد التعبئة والتغليف. وفي عام 1993، أدخل في ألمانيا نظام مماثل للتجميع والتخلص. ونتيجة

لذلك، كان من الممكن تخفيض نسبة التعبئة والتغليف في النفايات البلدية بدرجة كبيرة [6].

3. أهمية البحث وأهدافه:

بما أن نظام تحصيل النفايات في المدينة لا يعتمد على الفرز من المصدر والذي يعد المرحلة الأهم في عملية إدارة النفايات الصلبة، وبما أن نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية تشكل نسبة لا بأس بها من مجمل النفايات البلاستيكية، ونظراً لأهمية مرحلة التحصيل كخطوة أساسية لضبط المراحل اللاحقة سواء إعادة الاستخدام أو إعادة التصنيع أو التخلص النهائي، كما أنها تشكل استثماراً مهماً على الصعيد الاقتصادي، لذلك سيقدم هذا البحث اقتراح نظام تحصيل خاص بنفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية.

4. طرائق البحث ومواده:

اعتمدت الدراسة على:

- بيئة عمل (Geographic information system (GIS).
- برنامج Arc Map.

5. أهمية نظم المعلومات الجغرافية في مجال إدارة النفايات الصلبة:

يساعد (GIS) الباحثين وأصحاب القرار في كل مراحل التخطيط لإدارة النفايات الصلبة بما في ذلك التنبؤ بكميات النفايات المتولدة ومعالجتها وتحديد مواقع التخلص منها وتحديد مسارات نقل النفايات والتحليل الاقتصادي وتساعد البرامج المطورة في بيئة (GIS) على تحليل ومقارنة بدائل جمع وإدارة المخلفات الصلبة من أجل اختيار الحل الأكثر اقتصادية بشكل متوافق مع القيود التشريعية والتقنية والاقتصادية.

نظراً لأن جمع النفايات هو العنصر الوظيفي الأكثر تكلفة بين جميع العناصر الوظيفية، فإن تحسين طرق الجمع سيوفر بالتأكيد مبلغاً كبيراً من المال، والتوزيع الأمثل للحاويات

الخاصة بهذا النوع من النفايات تزيد من كفاءة جمعها واستردادها بنسبة كبيرة إن لم يكن بشكل كامل بغية توجيهها للمعالجة الأمثل (التدوير، إعادة الاستخدام، إعادة التصنيع، استرداد الطاقة).

وتتركز معظم الدراسات حول إدارة النفايات الصلبة البلدية على تصميم نظام التحصيل، والتحليل القائم على نظم المعلومات الجغرافية لتحديد المسار الأمثل لجمع النفايات، والنقل واختيار موقع مدافن النفايات للتخلص منها وتحليل عدم اليقين في إدارة النفايات الصلبة.

بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية سنقوم باقتراح التوزيع الأمثل للحاويات الخاصة بنفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية في التجمعات السكنية وتحديد مساحة الخدمة لها، كما سنقوم باختيار المسار الأمثل لجمع هذه النفايات بالنسبة للمرافق الخدمية.

6. المرافق الخدمية والسياحية المستهدفة في الدراسة:

بغية تقدير كمية نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية في المرافق الخدمية والسياحية في مدينة طرطوس تم تقسيم هذه المرافق إلى:

- أماكن مفتوحة: وتشمل الكورنيش البحري والحدائق العامة.
- مرافق سياحية: وتشمل المطاعم والفنادق والمقاهي.
- مرافق خدمية: المدارس.

الغرض من هذا التقسيم تسهيل عملية جمع البيانات من أجل تقدير الكميات، كما أن لهذا التقسيم أهمية في تبيان اختلاف مكونات نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية وتبيان نسبة كل صنف من أصناف البلاستيك لما لذلك من أهمية في توجيهها إلى طريقة المعالجة المناسبة.

_ تبيين عند القيام بالدراسة المسحية أن نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية في الأماكن المفتوحة شملت خمسة أصناف من أصناف البلاستيك:

PS,PP,LDPT,HDPT,PET

_ أصناف نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية التي نتجت عن عمليات الفرز بعد حملات التحصيل والدراسة المسحية في المرافق السياحية موضحة في الجدول (1):

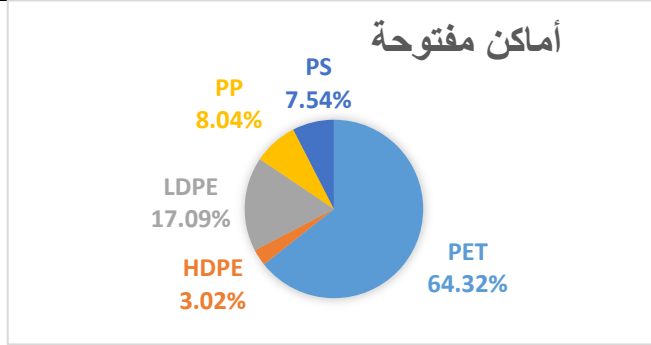
الجدول (1) أصناف بلاستيك التعبئة والتغليف في المرافق السياحية

المرفق السياحي	أصناف بلاستيك التعبئة
فندق	PS,PP,LDPT,HDPT,PET
مطعم وجبات سريعة	PS,PP,PET
مطعم	HDPT,PET
مقهى	PET

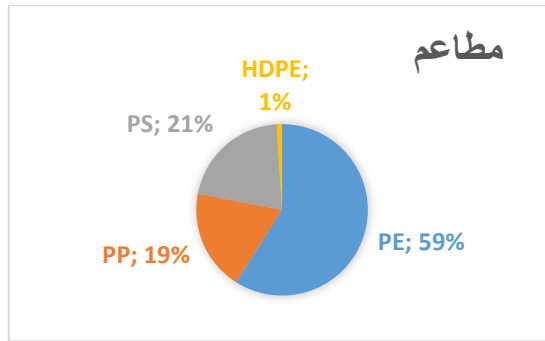
_ يتم جمع النفايات في المدارس والقائواها خارج سور المدرسة وتبين من خلال الدراسة المسحية أن النفايات الورقية تغلب على هذه النفايات بالإضافة إلى نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية حيث اقتصرت على صنفين من أصناف البلاستيك (LDPE_PP)، يرجع ذلك إلى منع بيع بعض أنواع المشروبات والأطعمة الجاهزة في المدارس.

7. تقدير كميات نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية و نتائج فرزها:

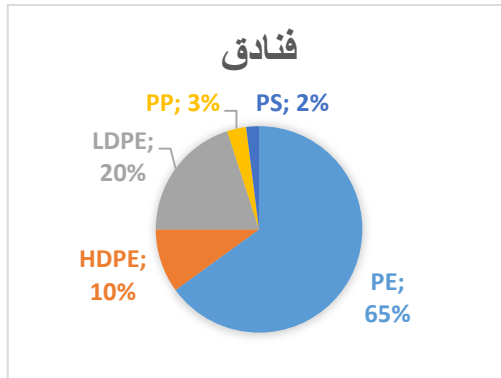
1_ تم تقدير كمية نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية من خلال الدراسة المسحية والقيام بحملات التحصيل وذلك في كل من الأماكن المفتوحة (الكورنيش البحري والحدائق) والمطاعم والفنادق والمدارس وفيما يلي بيان للنسب المئوية لأصناف بلاستيك التعبئة والتغليف نتيجة الفرز لهذه الكميات:



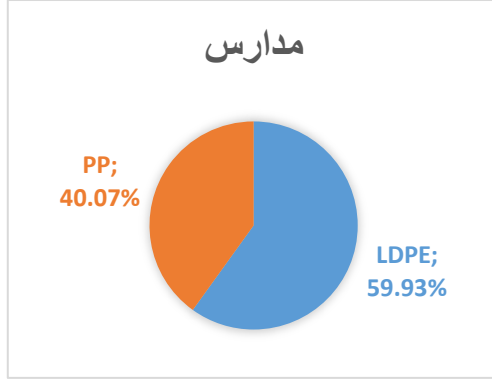
الشكل (1) النسبة المئوية لأصناف البلاستيك في الأماكن المفتوحة



الشكل (2) النسبة المئوية لأصناف البلاستيك في المطاعم



الشكل (3) النسبة المئوية لأصناف البلاستيك في الفنادق



الشكل (4) النسبة المئوية لأصناف البلاستيك في المدارس

2_ بالنسبة للتجمعات السكنية فقد تم اعتماد تجربة تحليل الانحدار الخطي المتعدد لإيجاد المعادلة التي تربط معدل الإنفاق الشهري ومتوسط عدد أفراد الأسرة بالكمية المتولدة عن الأسرة الواحدة من هذه النفايات. حيث تم توزيع استمارة الكترونية على عينة عشوائية مؤلفة من ثلاثين مفردة (أسرة) [7] تساعد على تقدير الكمية الشهرية لنفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية الناتجة لكل أسرة، وتمت متابعة عملية الفرز في المنزل عن طريق زيارات اسبوعية لأسرة مختارة عشوائياً لضمان سير التجربة بالشكل الصحيح، مع العلم أنه تم الإعلان عن التجربة عبر وسائل التواصل الاجتماعي وبمساعدة من فريق سلام يا طبيعة حيث تم النشر عبر الصفحة الرسمية للفريق. وكانت معادلة خط الانحدار المقدر بالشكل التالي:

$$\text{الكمية الشهرية (g)} = 296.3 + 39.1 * (\text{عدد أفراد الأسرة}) + 0.005 * (\text{الإنفاق الشهري})$$

3_ إجراء استبيان الغرض منه جمع البيانات حول عدد أفراد الأسرة ومعدل الإنفاق الشهري في الأحياء، كما تمت الاستفادة من الاستبيان في قياس مدى وعي الأفراد بضرورة فرز النفايات وخطر مادة البلاستيك من حيث الاستخدام لعدة مرات والاستخدام في حالتي التبريد والتسخين، وكذلك خطرها كنفايات على البيئة المحيطة. بالاعتماد على المعادلة ونتائج الاستبيان سيتم تقسيم الأحياء حسب المستوى المعيشي وحساب متوسط

عدد أفراد الأسرة ومتوسط الإنفاق الشهري للأسرة في كل حي وحساب الكمية الكلية الناتجة عن كل حي، وبالتالي للمدينة بالكامل.

4_ سنستخدم نظام الحاويات الثابتة (SCS) stationary container system حيث تجمع النفايات في حاويات ثابتة ثم تفرغ منها في سيارات خاصة مزودة بحاوية أو صندوق ثابت. تستخدم حاويات بسعة $0.75 m^3$ أو $0.55 m^3$ [8].

5_ حساب الوزن الحجمي لنفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية بشكل وسطي، حيث يبلغ الوزن الحجمي الوسطي لها بين $(27_37 lbs/yd^3)$ [9] سنستخدم الوزن الحجمي 30 lbs/yd^3 وبالتحويل إلى Kg/m^3 نحصل على الوزن الحجمي:

$$\frac{30 * 0.452}{0.9144^3} = 18kg/m^3$$

6_ يقدر عامل ضغط (Compact Ratio) النفايات البلاستيكية بين $10_5 / 10$ [10]، سيتم اعتماد قيمة لعامل الضغط $7 /$ لحساب عدد السيارات اللازمة.

8. النتائج والمناقشة:

8.1. التجمعات السكنية: بالاعتماد على تحليل نتائج الاستبيان تم حسب متوسط عدد أفراد الأسرة في كل حي ومعدل الإنفاق الشهري وباستخدام معادلة الانحدار تم حساب الكميات اليومية المتولدة عن كل حي مقدرة بال Kg.

تم اعتماد الحاويات ذات الحجم $0.75 m^3$ يبين الجدول (2) حساب حجم النفايات وعدد الحاويات اللازمة لكل حي من الأحياء علماً أن التحصيل سيكون مرتين أسبوعياً:

الجدول (2) حجم النفايات وعدد الحاويات اللازمة لكل حي من الأحياء

عدد الحاويات اللازمة	حجم النفايات المتراكمة المتولدة $m^3/3days$	حجم النفايات المتولدة m^3/day	الكمية اليومية $/kg/$	الحي
----------------------	---	---------------------------------	-----------------------	------

31	23.02	7.67	138	الملعب
22	16.52	5.51	99	المينا
17	12.72	4.24	76	الرابية
48	35.72	11.91	214	المحطة
31	23.20	7.73	139	الحمرات
25	18.71	6.24	112	الرمل
6	4.41	1.47	26	الكرامة
54	40.44	13.48	243	الغمقة

الحجم الكلي لنفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية المتراكم بعد ثلاثة أيام 174 $m^3/3day$ ، ولحساب عدد السيارات اللازمة. حيث يبلغ حجم صندوق السيارة $12 m^3$. سيتم اعتماد قيمة لعامل الضغط /7/ وبالتالي يكون عدد السيارات اللازمة:

$$N = \frac{174}{12 * 7} = 2$$

8.2. المدارس: تم حساب متوسط وزن نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية المتولدة عن الطالب الواحد يومياً في المدارس وكانت $3.2 g/student$ من أجل LDPE و $2.14g/student$ من أجل PP، وبناءً عليه تم حساب الكمية في كل مدرسة على حدى تبعاً لعدد الطلاب فيها [11]، فكانت الكمية اليومية المتولدة عن المدارس 162 Kg، حجمها $9m^3$ وبالتالي عدد الحاويات اللازمة مع الأخذ بعين الاعتبار أن التحصيل سيتم مرة واحدة أسبوعياً مع الإشارة إلى أن أيام الدوام الرسمية هي خمسة أيام وأن حجم الحاويات المعتمدة $0.75 m^3$. فيكون عدد الحاويات الكلي اللازم للمدارس 59 حاوية.

8.3. الأماكن المفتوحة: تم حساب أحجام نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية المتراكمة لمدة سبعة أيام حيث سيتم تحصيل هذه النفايات في الأماكن المفتوحة مرة واحدة أسبوعياً وبالتالي عدد الحاويات اللازمة وذلك عند اعتماد حجم الحاوية $0.75 m^3$ مبين في الجدول (3):

الجدول (3) حساب عدد الحاويات اللازم للأماكن المفتوحة

حديقة الطلّاع	حديقة الباسل	حديقة 6 تشرين	الكورنيش البحري	
10.31	23.44	22.405	46	Kg
0.6	1.3	1.2	2.6	m ³
4.0	9.1	8.7	17.9	m ³ /7days
5	12	12	24	n

سيتم تحصيل الأماكن المفتوحة مع المدارس حيث الكمية الأسبوعية الكلية $85m^3/7days$ على اعتبار أن عطلة المدارس يومي الجمعة والسبت سيتم التحصيل مرة أسبوعياً يوم الخميس.

$$N = \frac{85}{12 * 7} = 1$$

أي أن عدد السيارات اللازمة هو سيارة واحدة فقط.

8.4. المطاعم والفنادق:

عند إجراء الدراسة المسحية للمطاعم والمقاهي والفنادق تبين ما يلي:

1_ بعض الفنادق تعمل في موسم الذروة بنسبة امتلاء أقل من 25% وكون نفايات الفنادق يتم ترحيلها مباشرة إلى المكب أي لا يتم دمجها مع نفايات المدينة سيتم استثناء الفنادق التي تعمل بنسبة امتلاء منخفضة من مسار التحصيل.

2_ كمية النفايات اليومية الناتجة عن المقاهي في المدينة لا تتجاوز 27Kg لذلك سيتم استئناؤها من مسار التحصيل كونها كمية قليلة وتحصيلها يحتاج المرور على جميع هذه المقاهي مما سيزيد من زمن ومسافة التحصيل وبالتالي هدر للوقت والطاقة.

3_ تم اختيار المطاعم ذات الكمية اليومية المرتفعة وتضمينها في مسار التحصيل.

تم حساب أحجام نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية المتراكمة لمدة سبعة أيام حيث سيتم تحصيل هذه النفايات في المطاعم والفنادق المستهدفة مرة واحدة أسبوعياً وبالتالي عدد الحاويات اللازمة وذلك عند اعتماد حجم الحاوية $0.75 m^3$ مبين في الجدول (4):

الجدول (4) عدد الحاويات اللازمة في المطاعم المستهدفة

n_bin	$m^3/7days$	Kg/7days	Class	Name
2	1.2	21	مطعم 3/نجوم	بوسيدون
2	1.4	26	مطعم 3/نجوم	بيليكان
2	1.4	24	مطعم 3/نجوم	سوان
2	1.4	26	مطعم 3/نجوم	الخوaja
2	1.2	21	مطعم 3/نجوم	غالاكسي
2	1	17	مطعم 3/نجوم	تشيلو
9	5	99	مطعم نجمتين	دومينوز بيتزا
4	2	43	مطعم نجمتين	بيغ بايت
4	2	43	مطعم نجمتين	أبو علي
8	5	84	مطعم نجمتين	فروج أبو علي

حساب
الأسبوعية
المراد
في
والفنادق
في مسار
كانت
الكلية
عند
الكمية
الكلية
تحصيلها
المطاعم
المضمنة
التحصيل
الكمية
النتيجة

$82m^3/7days$ حجم صندوق السيارة $12 m^3$ ومعامل الضغط 7، وبالتالي يمكن حساب عدد السيارات اللازمة للتحصيل N:

$$N = \frac{82}{12 * 7} = 1$$

عدد السيارات اللازمة سيارة واحدة فقط.

8.5. توزيع وريديات التحصيل على السيارات المعتمدة في الدراسة:

إن عدد السيارات اللازمة لتحصيل نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية الناتجة عن التجمعات السكنية هو سيارتان سيتم توزيع الورديات عليهما وفق الجدول (5):

الجدول (5) توزيع وريديات التحصيل على السيارات المعتمدة في الدراسة

رقم السيارة	مدارس+أماكن مفتوحة	مطاعم+فنادق	تجمعات سكنية
1	وردية مسائية	الخميس	وردية صباحية
2	وردية مسائية	الخميس	وردية صباحية

8.6. المعطيات المكانية الخاصة بالخرائط:

تم اختيار صورة فضائية لمدينة طرطوس وإضافتها إلى arcmap بعد إسقاط الخريطة وفق نظام الإحداثيات الجغرافي WGS1984، ثم نقوم بإرجاع الخريطة وذلك بأن نأخذ أربعة نقاط في زوايا الخريطة وباستخدام Add control point ننسب هذه النقاط ونختار Input X,Y، لكل نقطة فتصبح الإحداثيات التي تمت إضافتها هي الإحداثيات المقروءة على أرض الواقع.

8.7. إنشاء قاعدة البيانات:

نقوم بإنشاء FileGeodatabase في Arc catalog وننشئ ضمنها Featuredataset ثم ننشئ ضمنها عدداً من ال Feature class كما هو مبين:

Street_1: وهي تمثل شوارع المدينة نوعها line وباستخدام شريط الأدوات Edetor نقوم برسم الشوارع وتحديد اتجاهاتها ونضمن Attribute table الحقول التالية:

Name: اسم الشارع حيث تم الحصول على معظم أسماء الشوارع الرئيسية والفرعية من مجلس مدينة طرطوس [12].

Shape_length: طول الشارع بالمتر يمكن حسابه باستخدام خيار calculate Geometry عند النقر بالزر الأيمن على الحق.

Class: وهو تصنيف الشارع حيث الأوتوستراد /1/ والشوارع الرئيسية /2/ والفرعية /3/ أما الدوار /4/.

Oneway: وهو حقل تحديد اتجاهات الشوارع:

في الشوارع المرسومة باتجاهها الحقيقي F.

في الشوارع المرسومة عكس اتجاهها الحقيقي T.

الشوارع ذات الاتجاهين لم تكتب أي معلومة وصفية في حقل oneway.

Speed: تم إدخال السرعات كما يلي: للأوتوستراد 90km/h، للشوارع الرئيسية 50km/h وللشوارع الفرعية 40 km/h وللدوار 30 km/h [13].

Travel_time: وهو حقل الزمن حيث يتم حسابه بإدخال معادلة الزمن $Travel = \frac{length}{speed}$ من خلال النقر بالزر الأيمن على الحقل واختيار

.Fieldcalcolate

الجدول (6) المعلومات الوصفية لطبقة الشوارع

الإدارة البيئية لبلاستيك التعبئة والتغليف في المنشآت الخدمية والصناعية والتجمعات السكنية في
مدينة طرطوس

OBJECTID *	Shape *	name	oneway	Shape_Length	speed	travle_time	class	length	speed_traf	time_traf
1165	Polyline	ALSheraa		63.208945	40	0.094813	3	0.063209	25	0.151701
1167	Polyline	ALSheraa		55.021114	40	0.082532	3	0.055021	25	0.132051
736	Polyline	Alsalhah1		90.956581	40	0.136435	3	0.090957	25	0.218296
570	Polyline	Alraabee	F	60.129948	40	0.090195	3	0.06013	25	0.144312
250	Polyline	Alraabee	F	856.73553	90	0.571157	1	0.856736	90	0.571157
572	Polyline	Alraabee	F	61.387147	40	0.092081	3	0.061387	25	0.147329
830	Polyline	Alraabee	F	591.598902	90	0.3944	1	0.5916	90	0.3944
10	Polyline	Alraabee	F	722.936431	90	0.481958	1	0.722936	90	0.481958
586	Polyline	Alraabee	F	715.723195	90	0.477149	1	0.715723	90	0.477149
1124	Polyline	AlMenshie		49.379193	40	0.074069	3	0.049379	25	0.11851
115	Polyline	AlMarfaa	F	496.482083	50	0.595778	2	0.496482	30	0.992964
116	Polyline	AlMarfaa	F	497.693363	50	0.597232	2	0.497693	30	0.995387
342	Polyline	AlKods		344.911421	40	0.517367	3	0.344911	25	0.827787
1111	Polyline	AlKods		44.966012	40	0.067449	3	0.044966	25	0.107918
152	Polyline	AlKods	F	238.784551	40	0.358147	3	0.238785	25	0.573035
151	Polyline	AlKods	F	182.321671	40	0.273483	3	0.182322	25	0.437572
686	Polyline	AlKods	F	54.795781	40	0.082194	3	0.054796	25	0.13151
98	Polyline	AlKaramah	F	418.093938	50	0.501713	2	0.418094	30	0.836188
956	Polyline	AlKaramah	F	47.710736	40	0.071586	3	0.047711	25	0.114506
795	Polyline	AlKaramah	F	46.555545	40	0.069833	3	0.046556	25	0.111733
796	Polyline	AlKaramah	F	47.324292	40	0.070986	3	0.047324	25	0.113578
940	Polyline	AlKaramah	F	161.333769	40	0.242001	3	0.161334	25	0.387201
355	Polyline	AlKaramah	F	435.220217	50	0.522264	2	0.43522	30	0.87044
1110	Polyline	AlKaramah	F	328.09262	40	0.489139	3	0.328093	25	0.782822
954	Polyline	AlKaramah	F	102.120159	40	0.15318	3	0.10212	25	0.245088
918	Polyline	AlKaramah	F	110.214665	40	0.165322	3	0.110215	25	0.264515
226	Polyline	AlKaramah	F	495.641008	50	0.594769	2	0.495641	30	0.991282
1215	Polyline	AlKaramah	F	89.952145	40	0.134928	3	0.089952	25	0.215885
1213	Polyline	AlKaramah	F	87.323678	40	0.130986	3	0.087324	25	0.209577

bin_loc1_2: وهي Feature class من نوع point لتحديد مواقع الحاويات التي سيتم تحصيلها ضمن مسار السيارة الأولى وتم توزيعها على أحياء الرابية والمحطة والملعب والمينا حسب عدد الحاويات التي تم حسابه في كل منها.

bin_loc2_3: وهي Feature class من نوع point لتحديد مواقع الحاويات التي سيتم تحصيلها ضمن مسار السيارة الثانية. وتم توزيعها على أحياء الحمراء والكرامة والرمل والغمقة حسب عدد الحاويات التي تم حسابه في كل منها.

schoools_openarea_4: وهي Feature class من نوع point لتحديد مواقع الحاويات التي سيتم تحصيلها ضمن مسار السيارة الأولى في الوردية المسائية من كل خميس الجدول (7):

الجدول (7) المعلومات الوصفية لطبقة المدارس والأماكن المفتوحة

OBJECTID*	SHAPE*	school_name
17	Point	حنان
18	Point	مصطفى خلوب
20	Point	رياض حجازمثنوية رياض حجاز
21	Point	الكرامة
22	Point	أبي فراس الحفظاني مسامي محمد
23	Point	بسام زنجور جيمبريو حنظل
24	Point	خليل خليفة ج 1 ح 1
25	Point	حظنين
26	Point	مراد عزيزولي عظمي محمد هلال
27	Point	أيمن يوسف-أحمد كامل محمد
28	Point	الغفراء
29	Point	حنيفة 6 تشرين
30	Point	حنيفة الباسل
31	Point	حنيفة الطالع
32	Point	الكورنيش البحري
33	Point	الكورنيش البحري
34	Point	الكورنيش البحري
35	Point	الكورنيش البحري
36	Point	الكورنيش البحري
37	Point	الكورنيش البحري
38	Point	الكورنيش البحري
39	Point	الكورنيش البحري
40	Point	الكورنيش البحري
41	Point	الكورنيش البحري
42	Point	الكورنيش البحري
43	Point	الكورنيش البحري
44	Point	الكورنيش البحري
45	Point	الكورنيش البحري
46	Point	الكورنيش البحري

5_hotels_rest: وهي Feature class من نوع point لتحديد مواقع الحاويات التي سيتم تحصيلها ضمن مسار السيارة الثانية في الوردية المسائية من كل خميس الجدول (8).

الجدول (8) المعلومات الوصفية لطبقة المطاعم والفنادق

OBJECTID*	SHAPE*	name
1	Point	شالوكي-بوسيدون
2	Point	سوان-بيليكان
3	Point	الخوارجا
4	Point	تشيلو
5	Point	دومينوز
6	Point	بيغ بايات
7	Point	فروج أبو علي
8	Point	أبو علي
9	Point	بورتو
10	Point	برج شاهين
11	Point	الصالح
12	Point	رويال

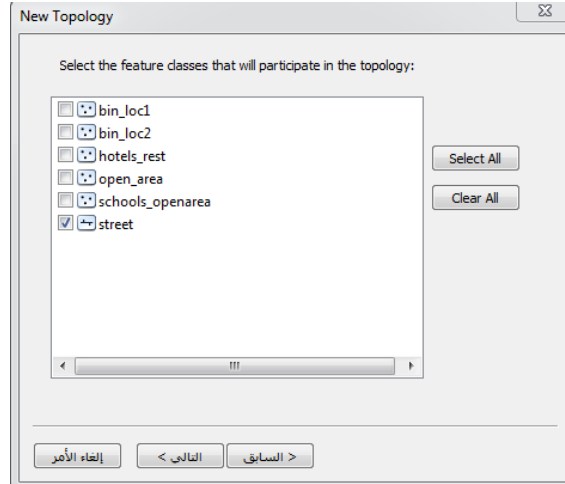
حيث تم تحديد مواقع معظم المدارس والمطاعم والفنادق بالاستعانة بنظام تحديد الموقع العالمي (GPS) أو بالاستدلال عليه على أرض الواقع.

8.8. تصحيح الأخطاء الهندسية Topology :

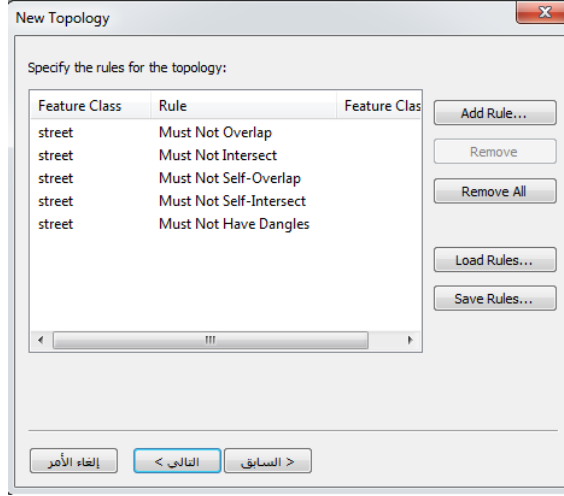
يهدف الطوبولوجي "التصحيح المكاني" لتعديل قواعد البيانات وتصحيح أخطائها الناتجة عن الرسم من خلال مجموعه منظمة من القوانين والقواعد، والهدف من هذا الإجراء إظهار الأخطاء في رسم الشوارع من حيث اتصالها مع بعضها وهو خطوة مهمة قبل بناء الشبكة.

بالضغط بالزر الأيمن على Feature dataset من New نختار Topology يظهر مربع حوار:

Next → Next → Street → Next → Next → Add Rule → Ok →
Next → Finish



الشكل (5) خطوة اختيار الطبقة المراد تصحيح أخطاء الرسم فيها

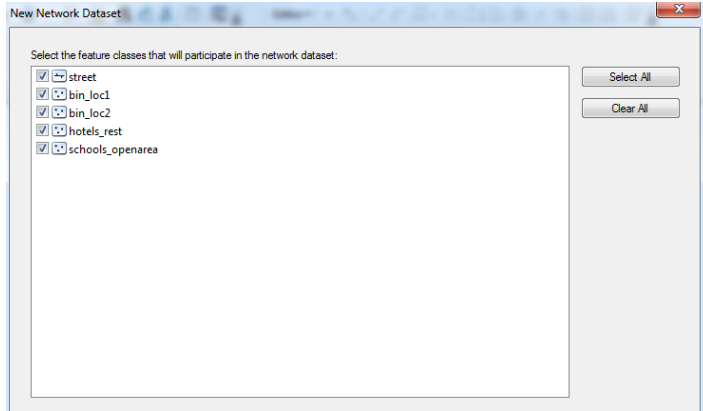


الشكل (6) خطوة اختيار القواعد التي سيتم التصحيح على أساسها

8.9. بناء الشبكة:

بالضغط بالزر الأيمن على Feature dataset من New نختار Network dataset:

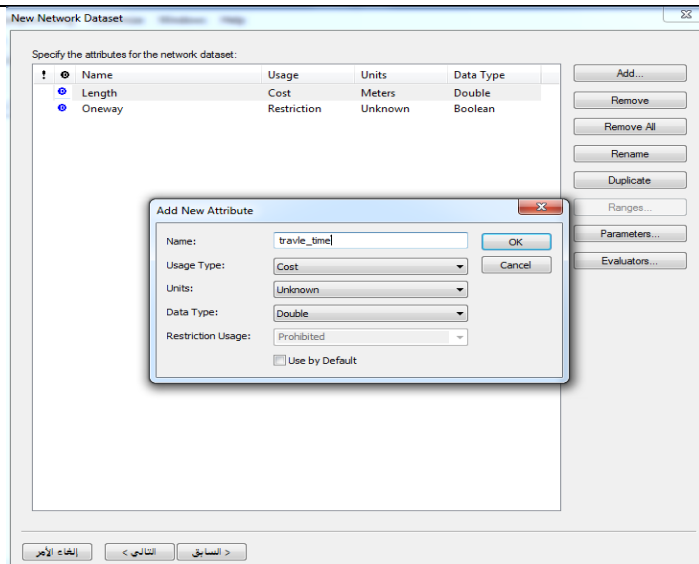
كيفية ربط الطبقات المشتركة في بناء الشبكة:



الشكل (7) خطوة ربط الطبقات المشتركة في بناء الشبكة

كيفية إدخال خاصية الوقت في بناء الشبكة:

الإدارة البينية لبلاستيك التعبئة والتغليف في المنشآت الخدمية والصناعية والتجمعات السكنية في مدينة طرطوس



الشكل (8) خطوة إدخال خاصية الوقت في بناء الشبكة

8.10. تحليل نطاق الخدمة (Service area):

يشمل المنطقة التي تضم جميع الشوارع التي يمكن الوصول إليها، لمعرفة نطاق الخدمة لكل الحاويات بحيث يحقق التغطية الأمثل للتجمعات السكنية.

تم توزيع الحاويات حسب عددها في كل حي بحيث يحقق توزيعها التغطية المناسبة حيث تمت إعادة التوزيع مع اختبار التغطية حتى الوصول إلى التوزيع المناسب مع الأخذ بعين الاعتبار:

1_ مناطق تركيز الأبنية السكنية.

2_ تقاطعات الشوارع.

3_ الحدائق والملعب والصالة الرياضية والمدارس والكورنيش البحري خارج مناطق الخدمة.

و لتحديد نطاق الخدمة الأمثل سيتم اختبار عدة مسافات سير باتجاه الحاوية حسب كمية نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية وعدد الحاويات الموزعة على كامل مساحة هذه الأحياء وبالتالي كثافة توزيعها:

_ في أحياء المحطة والرابية والملعب والمينا تم اختبار مسافات السير:

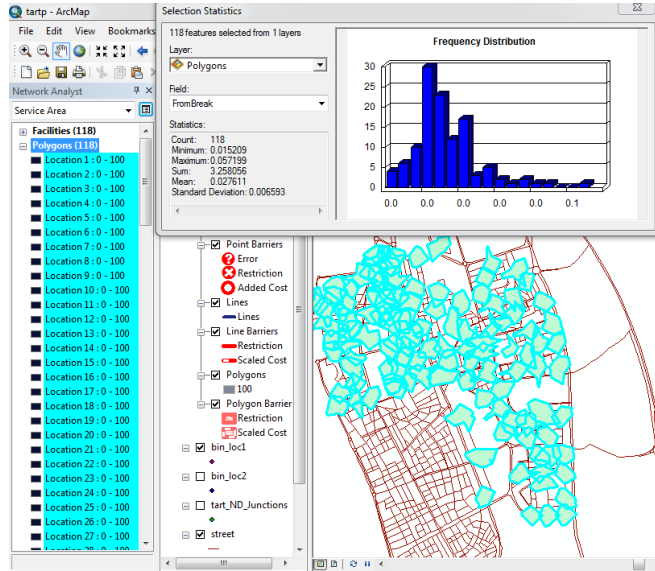
100 m _ 125 m _ 150 m

_ في أحياء الرمل والكرامة والحمرات والغمقة تم اختبار مسافات السير:

75 m _ 90 m _ 100 m

وسنورد فيما يلي نتائج تحليل الشبكة:

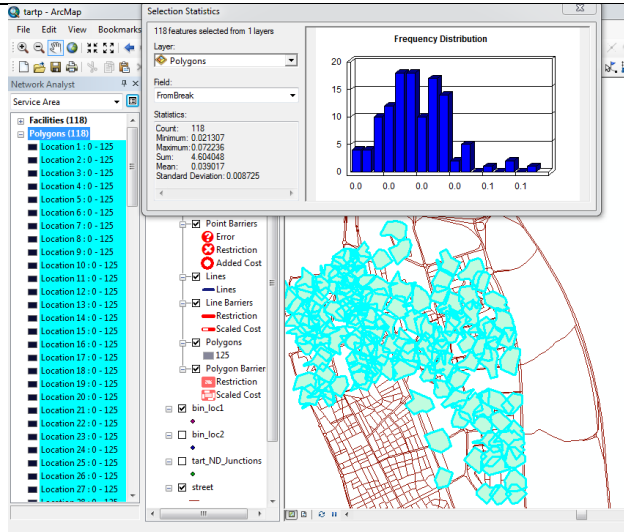
1 _ في أحياء المحطة والرابية والملعب والمينا: لاختبار مسافة السير 100 m باتجاه الحاوية تم إنشاء تحليل (New service area) وبعد تحميل مواقع الحاويات بالنقر بالزر الأيمن على Facilities في (Network Analysis Window) واختيار Load locations، من خصائص service area نختار مسافة السير (100 m) واتجاه السير (Towards facilities)، ثم نضغط، Solve فتكون مساحة التغطية لكامل الحاويات 3.25 Km^2 كما هو موضح بالشكل (9):



الشكل (9) اختبار مسافة السير 100 m باتجاه الحاوية

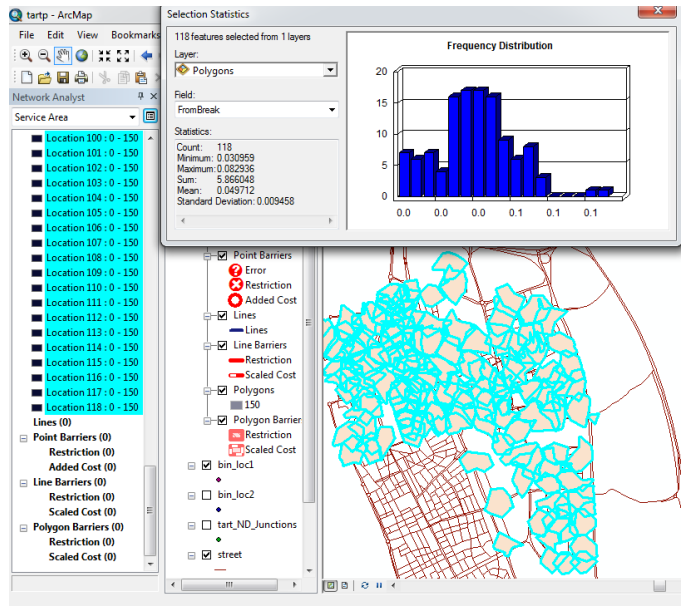
نكرر التحليل مع مسافة السير (125 m) وكانت مساحة التغطية 4.6 Km^2 الشكل (10):

الإدارة البيئية لبلاستيك التعبئة والتغليف في المنشآت الخدمية والصناعية والتجمعات السكنية في مدينة طرطوس

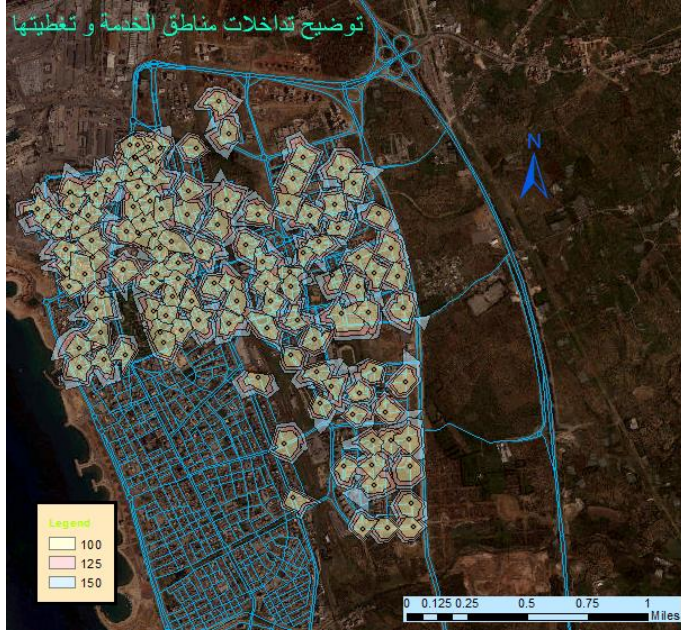


الشكل (10) اختبار مسافة السير 125 m باتجاه الحاوية

نكرر التحليل مع مسافة السير (150 m) وكانت مسافة التغطية 5.86 Km^2 الشكل(11):



الشكل (11) اختبار مسافة السير 150 m باتجاه الحاوية



الشكل (12) نطاقات الخدمة وتداخلاتها للتحليل الأول

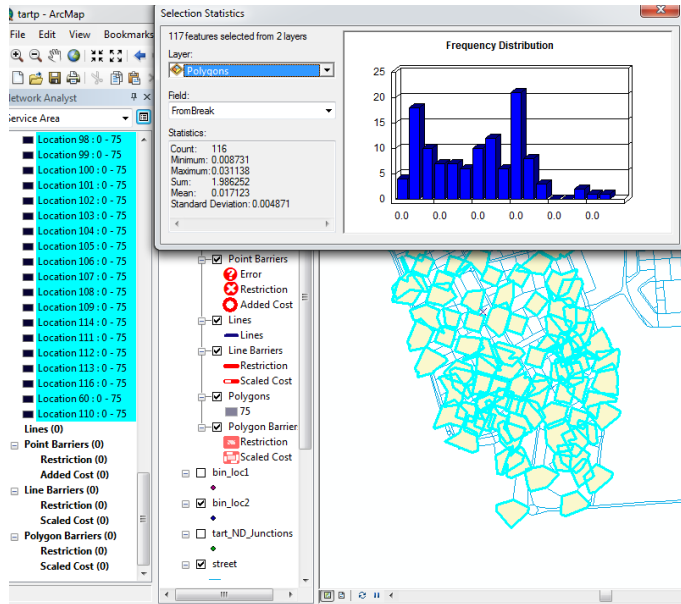
خلاصة نتائج التحليل:

- تم حساب المساحة التي تتضمن التجمعات السكنية في هذا التحليل فكانت. 4.3 Km²
 - مساحات التغطية حسب مسافة السير موضح في الجدول (9):
- الجدول (9) مساحة التغطية حسب مسافة السير للتحليل الأول

مسافة السير	مساحة التغطية
100 m	3.25 Km ²
125 m	4.6 Km ²
150 m	5.86 Km ²

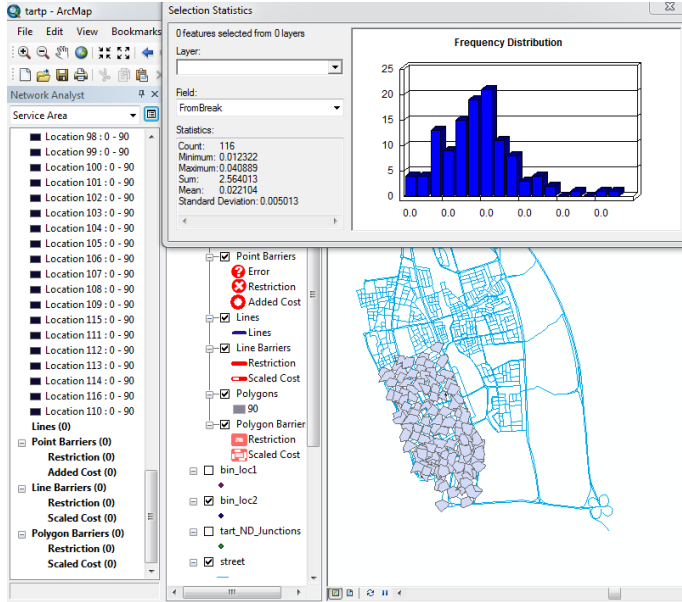
من الجدول نجد أن مسافة السير 125 m تحقق مساحة تغطية تقارب مساحة التجمعات السكنية كما أنها لا تعطي تداخلات كبيرة في نطاقات الخدمة، بالتالي نستنتج أن مسافة السير باتجاه هذه الحاويات في الأحياء المضمنة في التحليل لا تتجاوز 125 m.

2 _ في أحياء الرمل والكرامة والحمرات والغمقة تم اختبار مسافات السير: بتكرار التحليل السابق مع اختبار مسافات سير مختلفة سنحصل على النتائج التالية:
التحليل مع مسافة السير (75 m) وكانت مسافة التغطية 1.98 Km^2 الشكل (13):



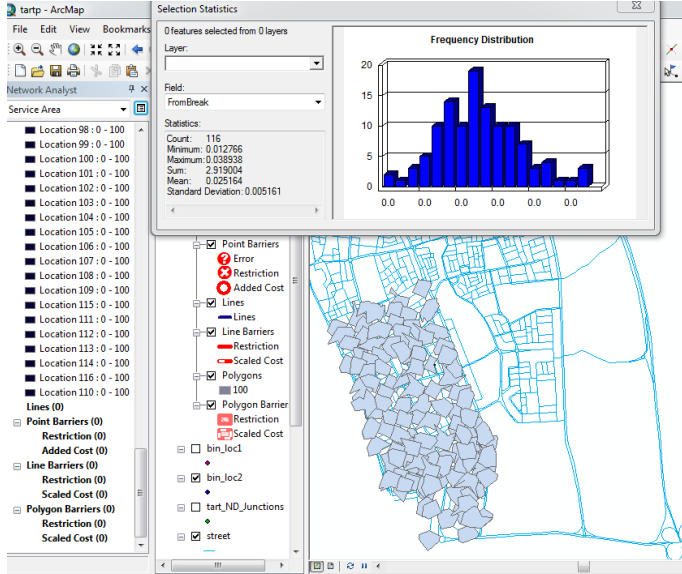
الشكل (13) اختبار مسافة السير 75 m باتجاه الحاوية

التحليل مع مسافة السير (90 m) وكانت مسافة التغطية 2.56 Km^2 الشكل (14):



الشكل (14) اختبار مسافة السير 90 m باتجاه الحاوية

التحليل مع مسافة السير (100 m) وكانت مسافة التغطية 2.91 Km^2 الشكل (15):



الشكل (15) اختبار مسافة السير 100 m باتجاه الحاوية



الشكل (16) نطاقات الخدمة وتداخلاتها للتحليل الثاني

خلاصة نتائج التحليل:

- تم حساب المساحة التي تتضمن التجمعات السكنية في هذا التحليل فكانت. 2.4 Km^2
- مساحات التغطية حسب مسافة السير موضح في الجدول (10):

الجدول (10) مساحة التغطية حسب مسافة السير للتحليل الثاني

مسافة السير	مساحة التغطية
75 m	1.98 Km^2
90 m	2.56 Km^2
100 m	2.91 Km^2

من الجدول نجد أن مسافة السير 90 m تحقق مساحة تغطية تقارب مساحة التجمعات السكنية كما أنها لا تعطي تداخلات كبيرة في نطاقات الخدمة، بالتالي نستنتج أن مسافة السير باتجاه هذه الحاويات في الأحياء المضمنة في التحليل لا تتجاوز 90 m.

8.11. تحديد المسار الأمثل لسيارات تحصيل نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية باستخدام ArcGIS:

سيتم تحديد المسار الأمثل لكل وردية على حدى وبالتالى تكون المسارات:

1_ سيارة /1/: تجمعات سكنية.

2_ سيارة /2/: تجمعات سكنية.

3_ سيارة /1/: مدارس + أماكن مفتوحة.

4_ سيارة /2/: مطاعم + فنادق.

و سنورد فيما يلي نتائج تحليل المسار الأمثل:

ستقوم السيارتان بتحصيل النفايات من الحاويات الموزعة في الأحياء والمرافق المستهدفة حيث نقطة انطلاق السيارة هي رجة السيارات في مديرية النظافة في حي الرابية ونقطة نهاية المسار تقع على أوتوستراد الربيع جنوب المدينة وسنورد فيما يلي المسارات الأربعة:

1_ السيارة /1/ تقوم بتحصيل نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية (PPW) من

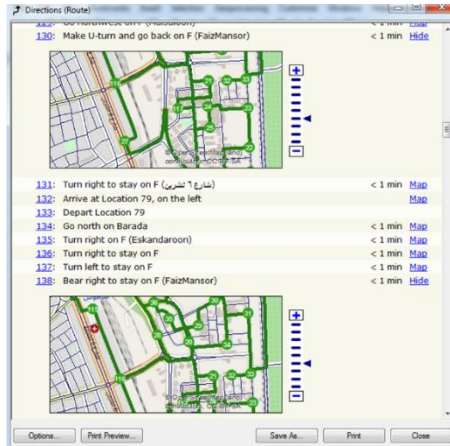
الحاويات الموزعة في الأحياء (الرابية _ المحطة _ الملعب _ المينا) وعددها

118 حاوية خلال وردية صباحية كل ثلاثة أيام الشكل (17).

الإدارة البيئية لبلاستيك التعبئة والتغليف في المنشآت الخدمية والصناعية والتجمعات السكنية في مدينة طرطوس



الشكل (17) مسار السيارة الأولى (تجمعات سكنية) وريدية صباحية



الشكل (18) اتجاهات مسار السيارة الأولى (تجمعات سكنية)

يوضح الجدول (11) طول المسار الكلي والزمن اللازم لقطع المسار (52.58 min)، علماً أن عدد التوقفات سيكون مساوٍ لعدد الحاويات وعند الأخذ بالإعتبار تفريغ الحاوية زمن تفريغ الحاوية (2 min) [14] سيكون الزمن اللازم لقطع المسار:

$$52.58 + 2 * 118 = 288 \text{ min}$$

أي أن الزمن الكلي للوردية تقريباً 5 hours:

الجدول (11) المعلومات الوصفية لمسار السيارة الأولى (تجمعات سكنية)

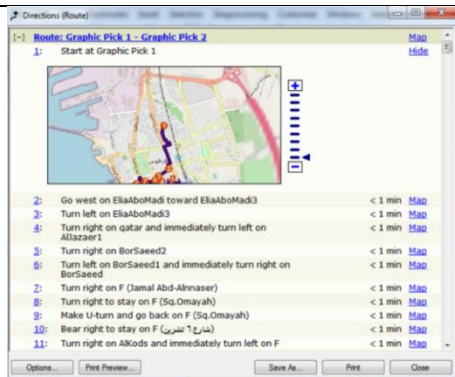
ObjectID	Shape	Name	FirstStopID	LastStopID	StopCount	Total_Length	Total_travel_time
1	Polyline M	Graphic Pick 1 - Graphic Pick 2	1	120	120	36780.068872	52.582638

2_ السيارة /2/ تقوم بتحصيل نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية (PPW) من الحاويات الموزعة في الأحياء (الحمرات _ الرمل _ الكرامة _ الغمقة) وعددها 116 حاوية خلال وردية صباحية كل ثلاثة أيام الشكل (19).



الشكل (19) مسار السيارة الثانية (تجمعات سكنية) وردية صباحية

الإدارة البيئية لبلاستيك التعبئة والتغليف في المنشآت الخدمية والصناعية والتجمعات السكنية في مدينة طرطوس



الشكل (20) اتجاهات مسار السيارة الثانية (تجمعات سكنية)

يوضح الجدول (12) طول المسار الكلي والزمن اللازم لقطع المسار (39.56 min)، علماً أن عدد التوقفات سيكون مساوٍ لعدد الحاويات وعند الأخذ بالإعتبار تفريغ الحاوية زمن تفريغ الحاوية (2 min) سيكون الزمن اللازم لقطع المسار:

$$39.6 + 2 * 116 = 271 \text{ min}$$

أي أن الزمن الكلي للوردية تقريباً 4.5 hours.

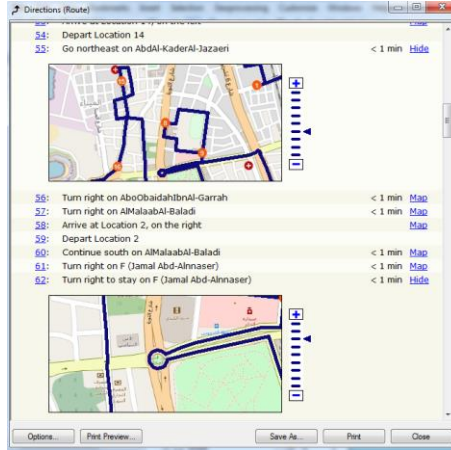
الجدول (12) المعلومات الوصفية لمسار السيارة الثانية (تجمعات سكنية)

ObjectID	Shape	Name	FirstStopID	LastStopID	StopCount	Total_Length	Total_travel_time
1	Polyline M	Graphic Pick 1 - Graphic Pick 2	1	118	118	28235.605991	39.655359

3_ السيارة /1/ تقوم بتحصيل نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية من الحاويات الموزعة في المدارس والأماكن المفتوحة وعددها 112 حاوية خلال وردية مسائية مرة أسبوعياً الشكل (21).



الشكل (21) مسار السيارة الأولى (أماكن مفتوحة ومدارس) وردية مسائية



الشكل (22) اتجاهات مسار السيارة الأولى (أماكن مفتوحة ومدارس)

يوضح الجدول (13) طول المسار الكلي والزمن اللازم لقطع المسار (34.08 min)،
 علماً أن عدد التوقفات سيكون مساوٍ لعدد الحاويات وعند الأخذ بالإعتبار تفريغ الحاوية
 زمن تفريغ الحاوية (2 min) سيكون الزمن اللازم لقطع المسار:

$$34.08 + 2 * 112 = 258 \text{ min}$$

أي أن الزمن الكلي للوردية تقريباً 4.5 hours

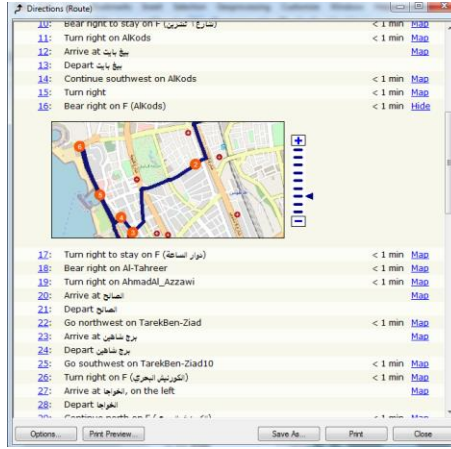
الجدول (13) المعلومات الوصفية لمسار السيارة الأولى (أماكن مفتوحة ومدارس)

ObjectID	Shape	Name	FirstStopID	LastStopID	StopCount	Total_Length	Total_travel_time
1	Polyline M	Graphic Pick 1 - Graphic Pick 2	1	52	52	24207.213763	34.081866

4_ السيارة /2/ تقوم بتحصيل نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية (PPW) من الحاويات الموزعة في المطاعم والفنادق وعددها 117 حاوية خلال وردية مسائية مرة أسبوعياً الشكل (23).



الشكل (23) مسار السيارة الثانية (مطاعم وفنادق) وردية مسائية



الشكل (24) اتجاهات مسار السيارة الثانية (مطاعم وفنادق)

يوضح الجدول (14) طول المسار الكلي والزمن اللازم لقطع المسار (13.9 min)، علماً أن عدد التوقفات سيكون مساوٍ لعدد الحاويات وعند الأخذ بالإعتبار تفريغ الحاوية زمن تفريغ الحاوية (2 min) سيكون الزمن اللازم لقطع المسار:

$$34.08 + 2 * 117 = 268 \text{ min}$$

أي أن الزمن الكلي للوردية تقريباً 4.5 hours.

الجدول (14) المعلومات الوصفية لمسار السيارة الثانية (فنادق ومطاعم)

ObjectID	Shape	Name	FirstStopID	LastStopID	StopCount	Total_Length	Total_travel_time
1	Polyline M	Graphic Pick 1 - Graphic Pick 2	1	52	52	24207.213763	34.081866

9. الاستنتاجات والتوصيات:

- يشكل كل من البولي إيثيلين (PET) والبولي إيثيلين عالي الكثافة (HDPE) والبولي إيثيلين منخفض الكثافة (LDPE) النسبة الأعلى من كميات نفايات التعبئة والتغليف في الأماكن التي تم فيها فرز هذه النفايات حسب التصنيف (أماكن مفتوحة _ مطاعم _ فنادق _ مقاهي _ مدارس) وهي أصناف يمكن إعادة تدويرها بسهولة وكفاءة.
- إن عدم استخدام نظام الترميز (SPI) على منتجات التغليف جعل من الصعب إجراء عملية الفرز حسب التصنيف في تجربة تحليل الانحدار التي أجريت على التجمعات

- السكنية، لذلك من الضروري تمييز هذه المنتجات باستخدام الرموز الخاصة بها لتسهيل عملية توجيهها إلى المعالجة المناسبة.
3. بلغت الكمية اليومية لنفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية المتولدة عن المرافق المستهدفة في الدراسة والتجمعات السكنية في مدينة طرطوس 1908 كغ.
4. نسبة كمية نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية المتولدة عن المدينة (الأحياء المدروسة) تشكل 22% من متوسط الكمية اليومية التي يتم فرزها في محطة الفرز والمتولدة عن المحافظة (مدينة وأرياف).
5. متوسط الكمية اليومية لنفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية المتولدة عن الفرد الواحد في مدينة طرطوس مقدرة بالغرام (7.8 g/p.day).
6. يسترد نظام التحصيل المقترح 1476 Kg/day من مجمل الكمية المتولدة عن المدينة وهي 1900 kg/day وبالتالي تبلغ نسبة الاسترداد 77%.
7. من أجل زيادة كفاءة عملية التحصيل وتحقيق نسبة استرداد عالية لنفايات التعبئة والتغليف وبالإضافة إلى نظام التحصيل المقترح، نقترح تخصيص حاويات لهذا النوع من النفايات في مختلف المؤسسات والمرافق الخدمية أو التوجيه بجمعها في أكياس ذات لون مخصص، كذلك من المفيد إنشاء محطات تحصيل بحاويات ذات أحجام مناسبة لاستيعاب الكميات الكبيرة في أوقات الذروة (فصل الصيف) وتخفيف العبء على السيارات التي تعمل على تحصيل هذه النفايات.
8. تقليل كمية نفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية: وذلك بتقليل تصنيع منتجات التغليف البلاستيكية خصوصاً الأكياس البلاستيكية، وفرض ضريبة على استخدامها وتحويل أموال هذه الضريبة إلى صندوق خاص بمعالجة النفايات البلاستيكية، كما يمكن لشبكات التسوق والمتاجر الكبرى أن تقوم تطوعياً بتقليص استعمال الأكياس بواسطة طلب دفع ثمنها أو تحديد عددها.
9. تحسين عملية التحصيل الخاصة بنفايات التعبئة والتغليف البلاستيكية: يتم ذلك بتطوير البنية التحتية وتطوير وتوسيع نطاق التكنولوجيات الجديدة التي تجعل استرداد المواد البلاستيكية أكثر سهولة، بالإضافة إلى تشجيع الاستثمارات الفردية وتقديم حوافز

للمستثمرين في هذا القطاع مدعومة بإقرار تشريعات تحظر إلقاء النفايات البلاستيكية في غير الأماكن المخصصة لها.

10. العمل على تفعيل وتطوير قطاع إعادة التدوير: حيث يعاني قطاع إعادة التدوير من عدة معوقات منها قلة الدعم المالي المقدم لها من قبل الدولة وارتفاع أسعار المخلفات البلاستيكية التي يتم جمعها محلياً لأسباب متعددة، كما أن انخفاض جودة المنتج مقارنة بالمنتج الأصلي حد من انتشار هذه الصناعة.

11. التوعية: من المهم جداً نشر حملات التوعية المجتمعية بالاستعانة بالمنظمات الأهلية المحلية وبوسائل الإعلام ووسائل التواصل الاجتماعي، الغرض منها التوعية بحجم الضرر البيئي الناتج عن تزايد النفايات البلاستيكية، كذلك التوجيه بضرورة الحذر عند استخدام التغليف والعبوات البلاستيكية مع المواد الغذائية سواء الساخنة أو المجمدة.

المراجع:

- [1] PONGRACZ, E. *The environmental impacts of packaging*, University of Oulu, Finland Department of Process and Environmental Engineering, Finland, 2017.
- [2] Plastic Europe (2016). Association of Plastic Manufacturers, the European Association of Plastics Recycling and Recovery Organisations. *Plastics – the Facts 2016 An analysis of European plastics production, demand and waste data*, EU, 2016.
- [3] Nordic Council of Ministers (2015). *Guidelines to increased collection of plastic packaging waste from households*. Denmark, 2015.
- [4] AARNIO, T.; HAMALAINEN, A. *Challenges in packaging waste management in the fast food industry*, Department of Energy and Environmental Technology; Lappeenranta University of Technology, Finland, 2006.
- [5] Cpcb (CENTRAL POLLUTION CONTROL BOARD). *Assesment of Plastic Waste And it's management at airports and realway stations in Delhi*, India, 2009.
- [6] NELLESA, B.; GRUNESA, J.; MORSCHECKA, G. *International Conference on Solid Waste Management, 5IconSWM 2015, Waste Management in Germany*, a University of Rostock, Department of Waste Management and Material Flow, Germany, 2015.
- [7] د. سعودي أحمد، تحليل الانحدار الخطي المتعدد، جامعة محمد بوضياف، الجزائر، 2020.
- [8] شاهين، هيثم. معالجة النفايات الصلبة، جامعة تشرين، 2014.
- [9] **Sorting Plastic Bottles for Recycling**. 2000. Canada. Environment Plastic Institute of Canada.
- [10] Tomra Compaction Product Catalog, <https://www.tomra.com>.
- [11] مديرية التربية، طرطوس، 2020.
- [12] مخطط مشروع تسمية وترقيم مدينة طرطوس، وزارة الإدارة المحلية، مجلس مدينة طرطوس.
- [13] فرع المرور، طرطوس.

[14] وزان، أحمد (2015). اختيار المسارات المثلى لجمع وترحيل المخلفات المعاشية من الحاويات الموزعة في مناطق مدينة اللاذقية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS). مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية. العدد (3)، (18).

دراسة تأثير الشدات المطرية في تصميم شبكات

الصرف الصحي المشتركة ضمن مدينة حماة

م. بيان صمصام*

المشرف العلمي: د. نعيمة عجيب**

ملخص البحث

تعتبر مرحلة تصميم شبكات الصرف الصحي من أهم مراحل مشاريع الصرف الصحي، حيث يتم في هذه المرحلة تحديد نوعية وحجم وتكلفة المشروع. وعند تصميم شبكات الصرف الصحي يجب القيام بالدراسات الفنية والاقتصادية والهيدروليكية بشكل دقيق، ومن أجل الوصول إلى التصميم المتكامل لشبكات الصرف الصحي المشتركة لا بد من حساب كميات مياه الأمطار وتحديد عناصر العاصفة المطرية (شدة العاصفة - زمن الهطول - زمن التكرار) بدقة إلى جانب التدفقات الأخرى الواردة إلى الشبكة، حيث تشكل الأمطار الغزيرة التي تهطل في وقت قصير الحمولة التصميمية لشبكات الصرف الصحي وذلك بسبب الأضرار الكارثية التي يمكن أن تسببها مثل هذه الأمطار في حال لم تؤخذ شدتها بالحسبان عند التصميم. بناءً على ذلك تمت دراسة العواصف المطرية في محطة حماة للأرصاد الجوية من خلال تحليل بيانات الهطولات المطرية الأعظمية خلال فترات زمنية (15، 30، 60، 180، 360، 720، 1440) دقيقة، واستنتاج علاقات للشدة المطرية بدلالة مدة العاصفة وزمن التكرار من خلال اختيار تابع التوزيع الاحتمالي المناسب لكل مدة، والعلاقات من الشكل $I = A/T^n$ لكلا المحطتين، حيث A ثابت تزداد قيمته بزيادة زمن التكرار و n ثابت يتعلق بالعوامل المناخية للمنطقة، وتم رسم منحنيات الشدة_المدة_التكرار في كل محطة.

بعد ذلك تمت دراسة تأثير الشدة المطرية وفق المعادلات المستنتجة في تصميم شبكات الصرف الصحي المشتركة، من خلال دراسة نموذج لشبكات صرف مشتركة منفذة في منطقة

معينة ضمن مدينة حماة وتبين أنه بزيادة الشدة المطرية تزداد التدفقات المطرية، التدفقات الكلية، السرعة الحسابية، القطر التصميمي ونسبة الامتلاء. وتبين أنّ بعض الوصلات في الشبكات المدروسة يمكن أن تتعرض للفيضان لعدم كفاية القطر التصميمي لاستيعاب التدفق الكلي الجديد بعد تطبيق معادلات الشدة التي تم التوصل إليها.

الكلمات المفتاحية: شبكات الصرف الصحي-العاصفة المطرية-شدة العاصفة- زمن الهطول
- زمن التكرار

*طالبة ماجستير-قسم الهندسة البيئية-كلية الهندسة المدنية-جامعة البعث-سورية.

**أستاذ مساعد في قسم الهندسة البيئية-كلية الهندسة المدنية-جامعة البعث-سورية.

Studying the Impact of Rainfall Intensity on the Design of Combined Sewer Networks in the Central Region

Eng. Bayan Samsam*

Dr. Naeima Ajib**

ABSTRACT

The design phase of sewage networks is considered one of the most important phases of sewage projects. At this stage, the quality, size and cost of the project are determined. When designing sewage networks, technical, economic and hydraulic studies must be carried out accurately, and in order to reach the integrated design of the joint sewage networks, it is necessary to calculate the quantities of rainwater and determine the elements of the rain storm (storm intensity – precipitation time – recurrence time) accurately along with other flows Incoming to the network, where the heavy rain that falls in a short time constitutes the design load of the sewage networks due to the catastrophic damage that such rain can cause if its intensity is not taken into account when designing. Accordingly, rainstorms were studied at Hama Meteorological Station by analyzing the maximum rainfall data during periods of (15, 30, 60, 180, 360, 720, 1440)

minutes, and deducing relationships of rain intensity in terms of storm duration and recurrence time through Choosing the appropriate probability distribution function for each period, and the relationships from the form $I=A/T^n$ for both stations, where A is a constant whose value increases with increasing repetition time and n is a constant related to the climatic factors of the region, and intensity_duration_recurrence curves were drawn at each station.

After that, the effect of rain intensity was studied according to the equations deduced in the design of joint sewage networks, by studying a model of shared drainage networks implemented in a specific area within the city of Hama. And it turns out that some links in the studied networks can be exposed to flooding due to insufficient design diameter to accommodate the new total flow after applying the intensity equations that were reached.

Key words: sewage networks – rainstorm – storm intensity – precipitation time – recurrence time

*** Master Student – Department of Environmental Engineering – Faculty of Civil Engineering – AL-Baath University – Syria.**

**** Assistant Professor in Department of Environmental Engineering – Faculty of Civil Engineering – AL-Baath University – Syria.**

مقدمة:

تكمن أهمية دراسة العواصف المطرية وأزمنة تكرارها وشدتها (منحنيات IDF) والتدفقات الأعظمية الناتجة عنها، في دراسة وتصميم منشآت مائية هامة كالعبارات والأنفاق والطرق والجسور وشبكات الصرف الصحي وغيرها، والتي لا يبدأ بإنشائها قبل الأخذ بعين الاعتبار كميات الأمطار الساقطة وشدتها، وعلى ذلك يعتمد المختصون بمثل هذه المشاريع في حساب سعة هذه المنشآت وسلامتها.

إحدى الطرق المستخدمة في حساب تصريف العاصفة المطرية هي الطريقة العقلانية (المنطقية) // (طريقة زمن التركيز) وتفترض الصيغة العقلية ما يلي:

1- يحدد الجريان الأعظمي التصميمي QR بالعلاقة التالية:

$$Q_R = 2.78 \times C \times I \times A \dots (1)$$

2- من أجل عواصف مطرية معينة ذات شدات مختلفة وتكرار محدد يكون الجريان الأعظمي موافقاً للعاصفة المطرية التي تكون مدتها تساوي زمن التركيز (TC) في المساحة المعنية بالدراسة.

وزمن التركيز هو الزمن اللازم لوصول أبعد قطرة مطر هائلة فوق المنطقة المدروسة إلى المقطع المصمم من المجرى والذي يصرف كامل المنطقة المرتبطة به، ولا يظهر مباشرة في معادلة الطريقة العقلانية.

ويعطى زمن التركيز بالعلاقة التالية:

$$T_C = t_1 + t_2 \dots (2)$$

$$T_C = (5 - 15) + \frac{\sum L}{60 \times v} \dots (3)$$

حيث:

$\sum L$: الطول التجميعي حتى الوصلة المدروسة للأنبوب (m).

v: سرعة جريان الماء ضمن الأنبوب (m/sec).

لا تصل كمية الأمطار الهائلة كلها إلى شبكة الصرف الصحي، فقسم منها يتبخر بعد الهطول وقسم ثاني يتسرب إلى التربة وقسم ثالث يتجمع في الحفر الموجودة على سطح

الأرض الطبيعية وقسم آخر يستهلك من النباتات. وعند حساب الجريان تؤخذ بعين الاعتبار هذه الضياعات من خلال معامل الجريان وهو عبارة عن النسبة بين كمية المياه الواصلة إلى المقطع المدروس إلى كمية المياه الهاطلة خلال فترة التركيز. وهو دائماً أقل من الواحد ويرمز له بـ **C**، يعتمد معامل الجريان على طبيعة السطوح (سقوف، طرق، حدائق، الخ)، انحدار الأرض وكمية الأمطار كما في الجدول (1):

الجدول (1): معامل الجريان السطحي كتابع لطبيعة السطح المستقبل لمياه الأمطار

C	طبيعة السطح
0.950	سطوح الأبنية والطرق المعبدة
0.600	بلاط أو جرف
0.450	رصيف حجري
0.400	طح حصوي غير موصول
0.300	بساتين حصوية-طرق للحدائق
0.200	سطوح ترابية
0.100	أعشاب

ومن أجل الحسابات السريعة يمكن اعتماد عامل جريان سطحي وسطي تبعاً لطبيعة البناء في المنطقة استناداً إلى الجدول (2).

الجدول (2): معامل الجريان السطحي بموجب التصنيف التخطيطي للمنطقة

معامل الجريان السطحي	الكثافة السكانية (شخص / هكتار)	التصنيف التخطيطي
0.7-0.9	350	كثيفة جداً
0.5-0.7	300	كثيفة
0.3-0.5	150	ضعيفة الكثافة
0.2-0.3	100	بناء متباعد
0.1-0.2	50	بناء ممتد جداً

0.05-0.2	-	حداائق -ملاعب
0.0-0.1	-	غابات

وعند وجود عدة أنواع من السطوح يتم حساب معامل الجريان الوسطي من العلاقة (4):

$$C_{mid} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \times F_i}{\sum_{i=1}^n F_i} \dots \dots \dots (4)$$

وتعد شدة هطول الأمطار بالـ (mm/hour) إحدى المعلمات اللازمة لحساب ذروة معدل الجريان لتصميم مجموعة متنوعة من هياكل إدارة مياه الأمطار، مثل مجاري العواصف ومدخل مياه الأمطار وهياكل احتجاز مياه الأمطار، باستخدام الطريقة العقلانية، بمجرد توفر قيم تكرار ومدة التصميم، يمكن تحديد شدة هطول الأمطار التصميمية إما من مخطط الشدة-المدة-التكرار (IDF) الخاص بالمنطقة أو من معادلة لموقع منطقة الصرف.

وتعتبر الشدة المطرية عاملاً هاماً ودقيقاً في تصميم شبكات الصرف الصحي، حيث قد يؤدي التقليل من عامل شدة هطول الأمطار إلى تلف شبكة الصرف والفيضانات، في حين أن المبالغة في تقدير معامل التصميم الهام هذا يمكن أن يؤثر بشكل كبير على الجانب الاقتصادي لشبكة الصرف الصحي مما يزيد من الكميات المطلوبة من غرف التفتيش وأحجام الأنابيب، وبالتالي تكاليف البناء.

أهمية البحث

الاستفادة من علاقات الشدة المطرية المستنتجة من بيانات الهطولات الأعظمية في محطات الأرصاد الجوية في تصميم شبكات الصرف الصحي ضمن مدينة حماة.

هدف البحث

يهدف البحث إلى:

- إيجاد علاقات لشدة العواصف المطرية بدلالة مدة العاصفة من أجل قيم مختلفة لأزمة التكرار في محطة حماة للأرصاد الجوية، بالاعتماد على تابع التوزيع الاحتمالي المناسب لسلاسل ارتفاع الهطول الأعظم خلال مدد مختلفة.

- دراسة تأثير تغير شدة العواصف المطرية بأزمنة تكرار مختلفة في تصميم شبكات الصرف الصحي المشتركة (التدفق - القطر - السرعة - نسبة الامتلاء) ضمن المنطقة المدروسة.

مواد وطرق البحث

تم استخدام البرنامج الاحصائي SMADA DISTRIBUTION 2 في تحديد التوزيع الاحتمالي المناسب للعواصف المطرية وتحديد قيم الشدات المطرية من أجل تكرارات مختلفة، ومن ثم تحديد منحنيات وعلاقات الشدة-المدة-التكرار للمحطة المدروسة.

الدراسات المرجعية:

تعتبر شدة العواصف المطرية الأعظمية حجر الأساس لتصميم وإدارة مشاريع الصرف الصحي وكثير غيرها. ولهذا السبب إن دراسة الشدة الأعظمية والتنبؤ بها ومحاكاتها على جميع المستويات في الزمان والمكان تشكل تحدياً كبيراً بالنسبة للمهندس البيئي والأخصائي الهيدرولوجي.

وقد أخذت هذه القيمة بعين الاعتبار منذ بداية دراسة العلوم الهيدرولوجية حيث أن تحديد العلاقة بين الشدة والمدة والتكرار (IDF: Intensity–Duration–frequency) يعود إلى بداية العام 1932 (بيرنارد، 1932) ومنذ ذلك الحين تم تطوير العديد من العلاقات لأجل مناطق متعددة من العالم سمحت هذه العلاقات للباحثين دراسة التوزيع الجغرافي لمعادلات (الشدة - المدة - التكرار) في العديد من البلدان المتطورة كما مكنت من رسم خرائط للشدات المطرية أو ارتفاع الهطول من أجل مدد وتكرارات مختلفة [1].

في سوريا:

أقامت (حسين وآخرون، 2019) بإيجاد علاقة تربط بين الشدة المطرية الأعظمية لأي مدة وتكرار مع الشدة المطرية المرجعية عن طريق إجراء دراسة إحصائية وتحليلية لبيانات الهطول المطري باستخدام برنامج Minitab وإمكانية الاستفادة من العلاقة التي تم الحصول عليها في حساب الشدة المطرية التصميمية للمنشآت المائية المراد إنشاؤها وحماية المنشآت القائمة، كما

يمكن استكمال البيانات المفقودة في المواقع المقيسة جزئياً، والمواقع غير المقيسة. حيث تم التوصل إلى العلاقات التالية للشدة المطرية في محطة طرطوس [2]:
من (1-24) ساعة:

$$I_d^T = \frac{24.79 + 11.01 \left[-\ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \right]}{d^{0.7664}} \quad (37)$$

من 15 دقيقة-1 ساعة:

$$I_d^T = \frac{24.79 + 11.01 \left[-\ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \right]}{d^{0.5408}} \quad (38)$$

حيث أن I_d^T هي الشدة المطرية مقدرة بالـ (mm/h) التابعة للمدة d المقدرة بالساعة والتكرار T بالسنة.

ب- أجرت الباحثة (الكوسا، 2020) دراسة للعواصف المطرية في سوريا في عدد من المحطات الموزعة على كامل نقاط الأراضي السورية حيث تم الحصول على بيانات مجدولة للهطولات الأعظمية خلال مدد (15، 30، 60، 180، 360، 720، 1440) دقيقة ل 17 محطة هي (حمص، حماة، صافيتا، الحسكة، دير الزور، سلمية، مطار دمشق الدولي، درعا، الرقة، اللاذقية، التتف، حلب، البوكمال، النبك، إدلب، تدمر، صلنفة)، وتم تحديد منحنيات وعلاقات الشدة-المدة-التكرار لكل محطة على حدى وذلك بعد تحديد التوزيع الاحتمالي المناسب، ومن ثم رسم منحنيات العلاقات بين الشدة والمدة ولتكرار في كل محطة من المحطات المدروسة وتبين من العلاقات المستنتجة لشدة العواصف المطرية في سوريا في المحطات المختلفة ومن أجل جميع التكرارات أنها من الشكل $i = a \cdot t^\alpha$ حيث أن قيمة العامل a تتزايد مع زيادة مدة التكرار من أجل محطة معينة. وتبين أن المحطات ذات الشدات الأعظمية هي محطة اللاذقية ثم صلنفة ثم صافيتا من أجل مختلف التكرارات، والمحطات ذات أدنى شدات للهطول هي محطة مطار دمشق الدولي، ومن أجل بعض المدد للعواصف محطة النبك [3].

ج- قام (سليمان، 2005) بإيجاد علاقات الشدة - المدة - التكرار للعواصف المطرية في محطة مطار المزة للأرصاد الجوية، وتم في هذه الدراسة تحديد التوزيعات الاحتمالية النظرية

الموافقة للعواصف المطرية في محطة مطار المزة، وخلافاً للتوقعات القاضية بإمكانية تطبيق توزيع غامبل الحدي باستثناء العاصفة المطرية التي مدتها 35 دقيقة، فإن أفضل توزيع موافق للعواصف المطرية ذات المدد (15، 20، 25، 30، 40، 120) دقيقة هو لوغاريتم التوزيع الطبيعي ثلاثي الوسيط ولوغاريتم التوزيع الطبيعي ثنائي الوسيط للعواصف المطرية ذات المدد (5، 45، 50، 105، 330، 850) دقيقة وتوزيع بيرسون ثلاثي النمط للعواصف المطرية ذات المدد (70، 75، 80، 110، 100، 180، 660) دقيقة وتوزيع لوغاريتم بيرسون ثلاثي النمط للعواصف ذات المدد (10، 60) دقيقة. واعتماداً على التوزيع المناسب تم تحديد شدة الهطول الموافقة للعواصف ذات المدد المعينة والتكرارات المختلفة ومن ثم تحديد علاقات الشدة المدة - التكرار في المحطة المدروسة [4].

د- للاستفادة من الغزارات التصميمية في تصميم شبكات الصرف الصحي والمطري أجريت دراسة للمهندس (جعفر، 2001) حيث قام بتحديد منحنيات الشدة المطرية من خلال تحليل أغزر مائة مطرة من العام 1986-1997 للمدد القصيرة من min (5-720) لمحطة اللاذقية ومحطة خرابو في دمشق باستخدام التوزيعات الاحتمالية المختلفة وأظهرت النتائج أن توزيع فايبول غامبل الأكثر ملائمة للبيانات وأن الغزارة المطرية التصميمية في مدينة اللاذقية تعادل من 3-5 أضعاف مثيلاتها في مدينة دمشق وهذا طبيعي لأن كل مدينة في منطقة مناخية مختلفة [5].

في الولايات المتحدة الأمريكية: أكدت دراسة (Kenward وآخرون، 2016) أن الزيادة في هطول الأمطار والأمطار الغزيرة في العقود الأخيرة تؤدي إلى حدوث فيضانات تؤثر على ملايين الأمريكيين كل عام، حيث توجد أنظمة الصرف المشتركة في حوالي 860 منطقة لذلك تعمل العديد من المدن على تحسين أنظمة الصرف الصحي، تشمل التحسينات الأنابيب الأكبر والأحدث، وزيادة القدرة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي، وحتى تحويل أنظمة الصرف الصحي المشتركة إلى أنظمة صرف صحي منفصلة. تكلف هذه التحسينات مئات الملايين ولكن يمكن أن تساعد في تعويض آثار هطول الأمطار الغزيرة ومع ذلك، لن يؤدي أي تحديث لنظام الصرف الصحي إلى منع جميع الفيضانات؛ حتى أنظمة الصرف الصحي الأكثر تقدماً ستظل تواجه خطر الأضرار الناجمة عن الأمطار الغزيرة [6].

يلاحظ مما سبق أنّ الدراسات المرجعية المذكورة أعلاه ركزت فقط على العلاقة بين عناصر العاصفة المطرية وهي (الشدة - المدة - التكرار)، بالإضافة إلى استنتاج علاقات للشدة المطرية بدلالة مدة العاصفة وزمن التكرار ولكن دون التطرق إلى دراسة تأثير أحد هذه العناصر بشكل مباشر في تصميم شبكات الصرف الصحي وإنما فقط تم التركيز على تأثير العواصف المطرية ذات الشدة العالية في إحداث مشاكل الفيضانات في شبكات الصرف الصحي.

النتائج والمناقشة:

1-دراسة وتحليل العواصف المطرية في محطة حماية للأرصاد الجوية:

تم الحصول من الجهات المختصة على بيانات بقيم ارتفاع الهطول الأعظمي في محطة حماية للأرصاد الجوية للمدد (15، 30، 60، 180، 360، 720، 1440) دقيقة خلال الفترة الزمنية الممتدة من عام 1966-1984، كما يبين الجدول (3):

الجدول (3): الهطولات الأعظمية بال(mm) خلال مدد زمنية مختلفة بال(min) في محطة حماية

لأرصاد الجوية

العام الهيدرولوجي	المدة الزمنية (min)						
	15	30	60	180	360	720	1440
1966-1967	7.30	8.80	10.40	16.10	20.70	23.90	23.50
1967-1968	9.10	10.20	11.00	14.00	22.90	29.70	20.10
1968-1969	4.50	5.90	8.40	14.70	22.60	29.00	29.10
1969-1970	9.80	15.20	20.00	26.20	28.50	29.90	29.90
1970-1971	7.20	9.10	11.40	16.50	30.00	53.00	17.30
1971-1972	9.70	12.00	14.10	14.90	18.70	20.40	31.20
1972-1973	3.10	4.40	5.90	11.20	16.50	23.90	25.40
1973-1974	7.40	8.70	13.90	15.20	16.60	18.50	24.70
1974-1975	5.80	9.70	15.90	30.90	17.50	44.10	45.30

دراسة تأثير الشدات المطرية في تصميم شبكات الصرف الصحي المشتركة ضمن مدينة حماة

1975-1976	4.00	5.80	6.50	9.20	12.60	19.20	21.70
1976-1977	6.10	5.70	7.80	18.20	19.80	49.10	48.10
1977-1978	3.20	4.90	7.80	15.60	24.60	33.60	28.90
1978-1979	5.20	5.50	7.90	16.80	22.40	34.30	24.30
1979-1980	8.80	9.50	10.00	16.40	21.70	24.90	32.40
1980-1981	9.20	12.30	15.20	24.80	31.90	24.90	33.40
1981-1982	6.80	7.70	10.90	13.60	17.40	19.40	40.50
1982-1983	5.70	6.80	10.00	14.00	16.70	20.40	36.80
1983-1984	5.80	9.70	7.80	15.60	27.10	29.20	29.20

وينقسم القيم الأعظمية لارتفاع الهطول على المدد الزمنية الموافقة نحصل على شدة الهطول

المطري بال(mm/h) من خلال المعادلة $I = \frac{h_D}{T}$ ، كما يبين الجدول (4):

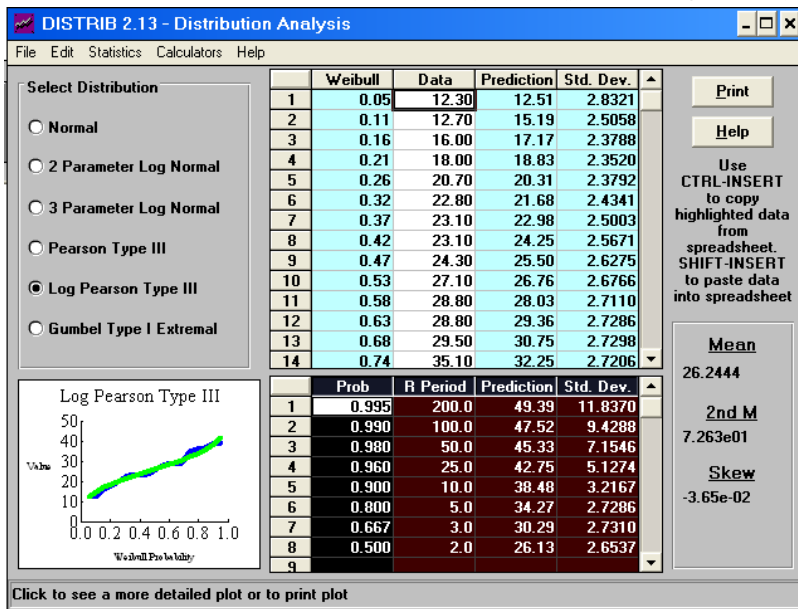
الجدول (4): شدات العواصف الأعظمية (mm/h) خلال مدد زمنية مختلفة في محطة حماة

العام الهيدرولوجي	المدة الزمنية (min)						
	15	30	60	180	360	720	1440
1966-1967	28.80	17.50	10.30	5.30	3.40	1.90	0.90
1967-1968	36.00	20.40	10.90	4.60	3.80	2.40	0.80
1968-1969	18.00	11.70	8.40	4.80	3.70	2.40	1.20
1969-1970	39.00	30.30	19.80	8.70	4.70	2.40	1.20
1970-1971	28.80	18.10	11.40	5.50	4.90	4.40	0.70
1971-1972	38.40	24.00	14.10	4.90	3.10	1.60	1.20
1972-1973	12.30	8.70	5.80	3.70	2.70	1.90	1.00
1973-1974	29.50	17.40	13.80	5.00	2.70	1.50	1.00
1974-1975	23.10	19.30	15.90	10.20	2.90	3.60	1.80
1975-1976	16.00	11.50	6.40	3.00	2.10	1.60	0.90
1976-1977	24.30	11.40	7.80	6.00	3.30	4.00	2.00
1977-1978	12.70	9.70	7.80	5.20	4.00	2.80	1.20
1978-1979	20.70	10.90	7.80	5.50	3.70	2.80	1.00
1979-1980	35.10	18.90	10.00	5.40	3.60	2.00	1.30
1980-1981	36.70	24.60	15.10	8.20	5.30	2.00	1.30
1981-1982	27.10	15.30	10.80	4.50	2.80	1.60	1.60

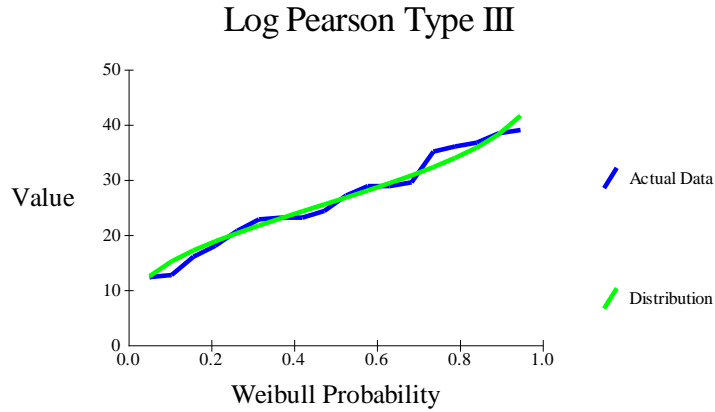
1982-1983	22.80	13.50	10.00	4.60	2.70	1.60	1.50
1983-1984	23.10	19.30	7.80	5.20	4.50	2.40	1.20

ويتشكل بذلك سبع سلاسل هيدرولوجية لقيم شدات الأمطار القصوى استناداً إلى شدات الهطول المحسوبة لكل مدة من المدد المذكورة أعلاه [5].

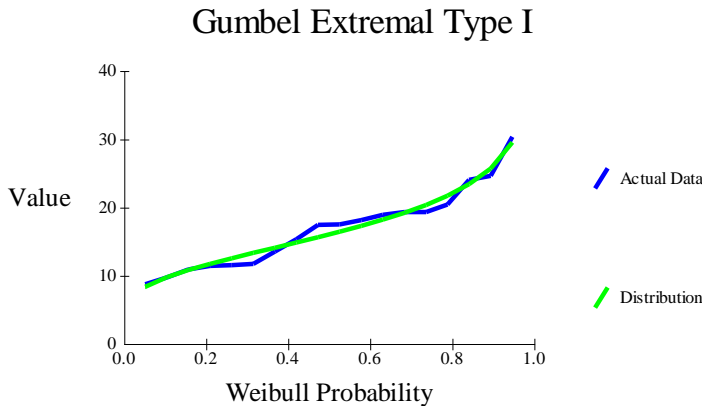
يتم بعدها إدخال قيم الشدة المطرية المحسوبة وفق الجدول (2) لكل مدة على حدى باستخدام برنامج SMADA DISTRIBUTION 2 وذلك في العمود المخصص للبيانات (Data)، ومن ثم يقوم البرنامج بشكل مباشر بحساب قيم الشدات المطرية المقابلة لأزمنة تكرار محددة وهي (2، 3، 5، 10، 25، 50، 100، 200) بالإضافة إلى إدراج التوزيعات الاحتمالية النظرية، وبالمقارنة بين تابعي التوزيع الاحتمالي التجريبي والنظري لاحتمال عدم التجاوز يتم اختيار التوزيع الاحتمالي المناسب للعواصف المطرية ذات المدة المحددة حيث تظهر هذه التوزيعات على شكل منحنيات ممثلة على محاور أفقية وشاقولية، يمثل المحور الشاقولي قيم الشدة المطرية التي تم حسابها من قبل البرنامج مقدرة بالـ (mm/h) والمحور الأفقي يمثل قيم الاحتمال المتوقع لهذه الشدة. ويوضح الشكل (1) واجهة البرنامج بعد إدخال قيم الشدة المتعلقة بالمدة (15 دقيقة) والتوزيع الاحتمالي النظري المناسب لهذه المدة:



الشكل (1): واجهة برنامج SMADA DISTRIBUTION 2 من أجل اختيار التوزيع الاحتمالي المناسب للعاصفة التي مدتها 15 دقيقة في محطة حمص للأرصاد الجوية واتباع الخطوات السابقة تم اختيار تابع التوزيع الاحتمالي المناسب لكل مدة كما يلي:
1- التوزيع الاحتمالي المناسب من أجل العواصف المطرية التي مدتها 15 دقيقة هو توزيع Log Pearson Type III كما في الشكل (2):

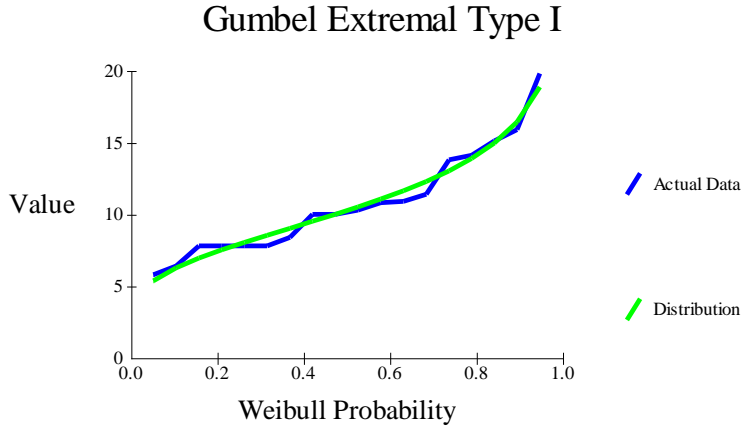


الشكل (2): التوزيع الاحتمالي المناسب للعاصفة التي مدتها (15 min) في محطة حماة
2- التوزيع الاحتمالي المناسب من أجل العواصف المطرية التي مدتها 30 دقيقة هو توزيع Gumble Extremal Type 1 كما في الشكل (3):



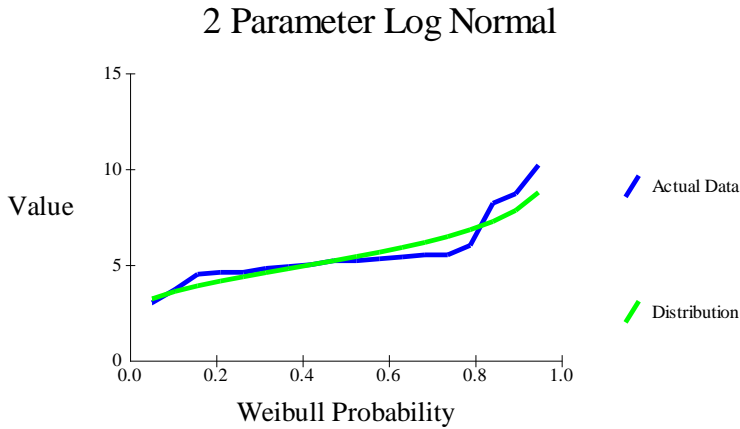
الشكل (3): التوزيع الاحتمالي المناسب للعاصفة التي مدتها (30 min) في محطة حماة

3- التوزيع الاحتمالي المناسب من أجل العواصف المطرية التي مدتها 60 دقيقة هو توزيع Gumble Extremal Type 1 كما في الشكل (4):



الشكل (4): التوزيع الاحتمالي المناسب للعاصفة التي مدتها (60 min) في محطة حماة

4- التوزيع الاحتمالي المناسب من أجل العواصف المطرية التي مدتها 180 دقيقة هو توزيع 2 Parameter Log Normal كما في الشكل (5):

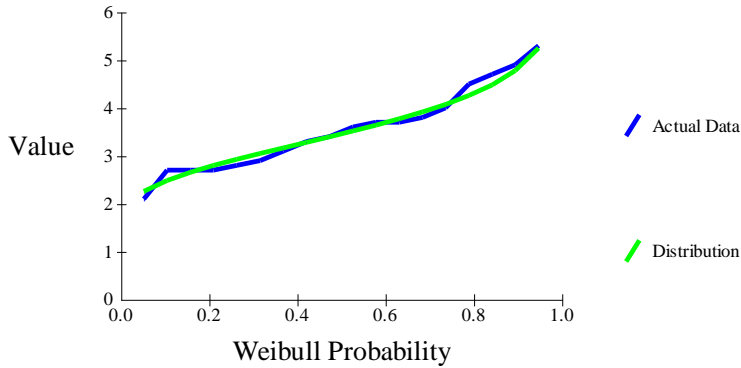


الشكل (5): التوزيع الاحتمالي المناسب للعاصفة التي مدتها (180 min) في

محطة حماة

5- التوزيع الاحتمالي المناسب من أجل العواصف المطرية التي مدتها 360 دقيقة هو توزيع Log Pearson Type III كما في الشكل (6):

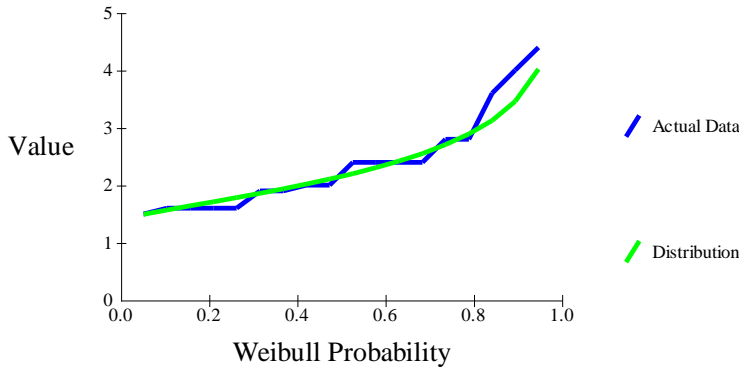
Log Pearson Type III



الشكل (6): التوزيع الاحتمالي المناسب للعاصفة التي مدتها (360 min) في محطة حماة

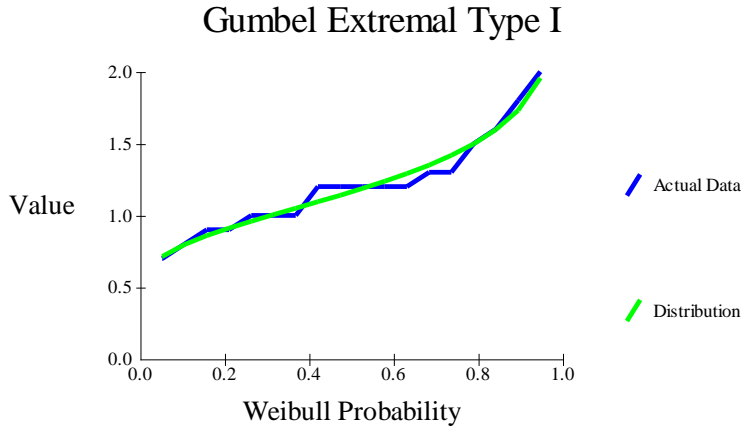
6- التوزيع الاحتمالي المناسب من أجل العواصف المطرية التي مدتها 720 دقيقة هو توزيع Pearson Type III كما في الشكل (7):

Pearson Type III



الشكل (7): التوزيع الاحتمالي المناسب للعاصفة التي مدتها (720 min) في محطة حماة

7- التوزيع الاحتمالي المناسب من أجل العواصف المطرية التي مدتها 1440 دقيقة هو توزيع Gumble Extremal Type 1 كما في الشكل (8):



الشكل (8): التوزيع الاحتمالي المناسب للعاصفة التي مدتها (1440 min) في محطة حماة

ويبين الجدول (5) التوزيع الاحتمالي المناسب للعواصف ذات المدد المختلفة في محطة حماة للأرصاء الجوية.

الجدول (5): التوزيع الاحتمالي المناسب للعواصف ذات المدد المختلفة في محطة حماة للأرصاء الجوية

التوزيع الاحتمالي المناسب	مدة العاصفة
Log Pearson Type III	15
Gumble Extremal Type 1	30
Gumble Extremal Type 1	60
2 Parameter Log Normal	180
Log Pearson Type III	360
Pearson Type III	720
Gumble Extremal Type 1	1440

إن اختيار تابع التوزيع الاحتمالي المناسب لسلاسل الشدات السنوية القصوى، يسمح بحساب الشدات المطرية من أجل احتمالات مختلفة أو قيم مختلفة لمدد التكرار. ويتضمن الجدول (6) نتائج حسابات شدة الهطول الأعظمية بالـ (mm/hr) من أجل قيم مختلفة لمدة التكرار.

الجدول(6): قيم الشدات المطرية بالـ(mm/h) من أجل تكرارات مختلفة في محطة حماة

المدة الزمنية (min)	التكرار P							
	2	3	5	10	25	50	100	200
15	26.13	30.29	34.27	38.48	42.75	45.33	47.52	49.39
30	15.99	18.84	21.99	25.96	30.98	34.71	38.40	42.08
60	10.26	12.07	14.08	16.61	19.81	22.18	24.54	26.88
180	5.31	6.07	6.89	7.90	9.14	10.04	10.92	11.8
360	3.46	3.87	4.30	4.81	5.43	5.86	6.28	6.69
720	2.15	2.51	2.93	3.5	4.24	4.81	5.38	5.95
1440	1.16	1.33	1.52	1.75	2.04	2.26	2.48	2.69

بعد ذلك تم تحديد العلاقة بين شدة العاصفة ومدتها والتي لها الشكل $I = A/t^n$ وذلك من

أجل أزمنة تكرار مختلفة لشدة العاصفة كما تم تحديد معامل الارتباط كما في الجدول (7):

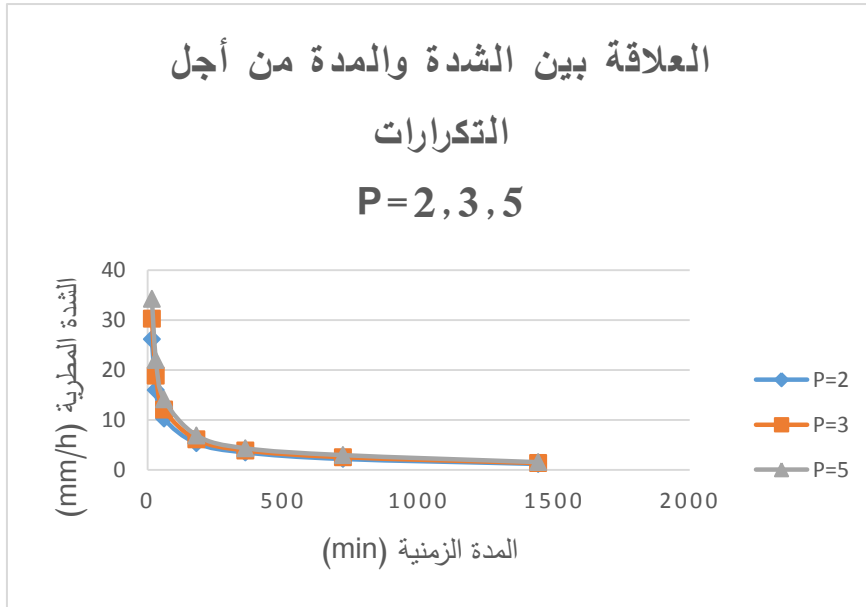
الجدول (7): علاقات الشدة المطرية مع المدة من أجل تكرارات مختلفة في محطة حماة للأرصاء

الجوية

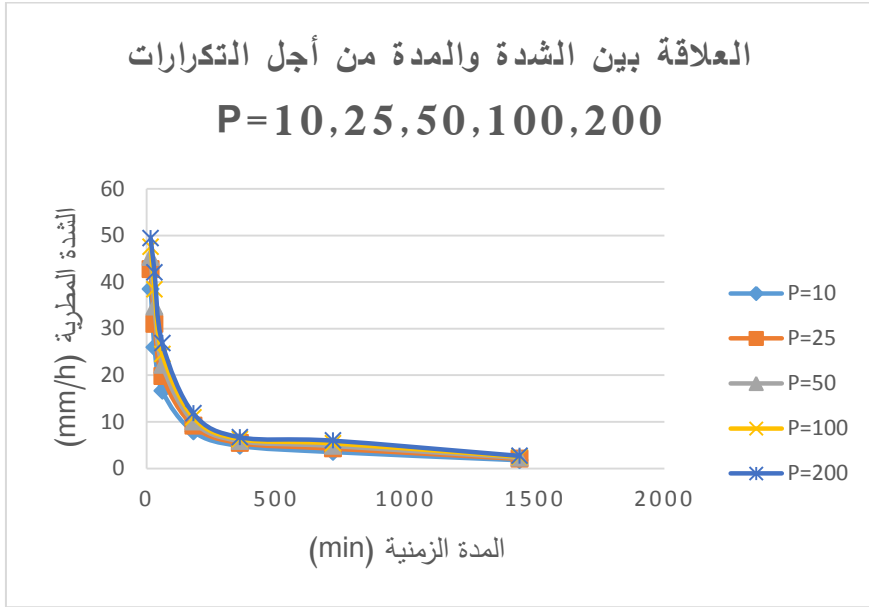
معامل الارتباط R^2	شدة العاصفة المطرية (mm/h)	التكرار P (Years)
0.9969	$I = 156.35 \times T^{-0.660}$	2
0.9974	$I = 185.34 \times T^{-0.665}$	3
0.9973	$I = 213.74 \times T^{-0.666}$	5
0.9958	$I = 245.16 \times T^{-0.665}$	10
0.9927	$I = 278.80 \times T^{-0.660}$	25

0.9895	$I = 299.75 \times T^{-0.655}$	50
0.9858	$I = 318.16 \times T^{-0.649}$	100
0.9816	$I = 335.20 \times T^{-0.644}$	200

نلاحظ أن معامل الارتباط R^2 ذو قيم عالية قريبة جداً من الواحد من أجل مختلف التكرارات، مما يدل على أنّ معادلات الشدة المطرية السابقة صحيحة ومقبولة. كما تبين الأشكال (9) و(10) المنحنيات التي تعبر عن العلاقة بين الشدة والمدة من أجل التكرارات (2-3-5-10-25-50-100-200) سنة.



الشكل (9): العلاقة بين الشدة والمدة من أجل التكرارات (P=2,3,5) في محطة حماة للأرصاد الجوية



الشكل (10): العلاقة بين الشدة والمدة من أجل التكرارات (P=2,3,5) في محطة حماية للأرصاد الجوية

2-دراسة تأثير شدة العواصف المطرية في تصميم شبكات الصرف الصحي المشتركة:

تناول الجانب العملي دراسة لمشروع شبكات صرف صحي مشتركة قيد التنفيذ في منطقة توسع كازو في مدينة حماة، تم تصميم الشبكات من خلال جداول خاصة وضعت من أجل الأنابيب البيتونية الدائرية عند قيمة لمعامل ماننغ $n=0.014$ تعتمد هذه الجداول على تحديد معامل التدفق K ومعامل السرعة W التي وضعها العالم باخمتيف [1] والتي تعطى بالعلاقات التالية:

$$K = Q / \sqrt{J} \dots (5)$$

$$v = W \times \sqrt{J} \dots (6)$$

فيما يخص التدفقات المطرية، فقد اعتمدت الطريقة العقلانية (Rational Method) في الحساب واعتمدت علاقة الشدة المطرية التي من الشكل التالي:

$$I = \frac{A}{T^n}$$

ويبين الجدول (8) قيم الثوابت التي اعتمدت في المشاريع المدروسة من أجل حساب الشدة المطرية.

الجدول (8): قيم الثوابت المتعلقة بحساب الشدة المطرية في مشروع شبكات الصرف الصحي المنفذ في مدينة حماة

ملاحظات	توسع كازو (حماة)	الثابت
	164.93	A
أخذت n في مشروع حماة كقيمة وسطية بين (0.28-0.495)	0.345	n
	1	P

تمت الدراسة من أجل قيمة تكرار تختلف عن القيمة التي تم اعتمادها في التصميم، حيث تم التصميم من أجل تكرار P=1 year في مشروع توزع كازو ولكن تم تطبيق علاقات الشدة المستنتجة من أجل التكرار P=2 years وهي المعادلة:

$$I = 156.35 \times T^{-0.660}$$

عند تغير قيمة الشدة المطرية I ستتغير قيمة كل من:

1. التدفق المطري Q_R
2. التدفق الكلي Q_{tot}
3. القطر الحسابي D
4. معامل التدفق K
5. معامل السرعة W
6. السرعة الحسابية v
7. نسبة الامتلاء h/d
8. ارتفاع الامتلاء h

بما أن المشروع المدروس منفذ تمت المحافظة على نفس القيمة للميل والقطر للوصلات المدروسة، وبتطبيق العلاقة السابقة المستنتجة للشدة المطرية تم التوصل إلى النتائج التالية:

(1) تتغير قيمة الشدة المطرية بتغير قيمة التكرار من أجل نفس المدة للعاصفة المطرية، وذلك بنسبة متزايدة مع تزايد قيمة زمن العاصفة (زمن التركيز).

(2) كانت الأقطار التصميمية كافية لاستيعاب التدفق الكلي الجديد من أجل $P=2$ years حيث ازدادت قيمة الشدة المطرية وكذلك قيم التدفق، السرعة ونسبة الامتلاء ولكن دون الحاجة إلى قيم أكبر للقطر باستثناء الوصلات التالية:

• الوصلة S55-S54 حيث لم يكفي القطر التصميمي $D=300$ وينصح باستخدام القطر الأكبر $D=400$

• الوصلة S54-S53 حيث لم يكفي القطر التصميمي $D=300$ وينصح باستخدام القطر الأكبر $D=400$

• الوصلة S37-S36 حيث لم يكفي القطر التصميمي $D=400$ وينصح باستخدام القطر الأكبر $D=500$

• الوصلة S36-S35 حيث لم يكفي القطر التصميمي $D=400$ وينصح باستخدام القطر الأكبر $D=500$

ويبين الجدول (9) قيم التدفقات، الشدة المطرية التصميمية والجديدة، القطر الحسابي، السرعة الجديدة وكذلك نسبة الامتلاء وارتفاع الامتلاء.

الجدول (9): قيم العناصر التصميمية في مشروع شبكات الصرف المشتركة في منطقة توسع كازو في حماة

الوصلة	QS	QF	TC	I	I'	QR	QR'	Qtot	Qtot'	ميل الوصلة	القطر الحسابي	v	v'	h/d	h
	l/s	l/s	min	mm/h	mm/h	l/s	l/s	l/s	l/s	mm/mm	mm	m/s	m/s	%	mm
S15-S14	0.58	0.06	10.61	26.28	32.90	5.14	6.44	5.78	7.08	0.04	300	1.150	1.218	13%	39
S14-S13	1.62	0.16	11.03	25.93	32.07	17.57	21.74	19.36	23.52	0.04	300	1.665	1.744	24%	72
S13-S7	2.55	0.26	11.40	25.64	31.38	29.82	36.51	32.63	39.32	0.04	300	1.945	2.03	31%	93
S17-S20	2.12	0.21	11.01	25.95	32.10	24.20	29.96	26.53	32.29	0.004	300	0.799	0.802	53%	159
S20-S21	2.74	0.27	11.97	25.21	30.38	31.86	38.42	34.87	41.43	0.004	300	0.854	0.875	63%	189
S5-S16	0.80	0.08	10.40	26.47	33.34	7.69	9.69	8.57	10.58	0.0464	300	1.37	1.460	16%	48
S16-S17	1.47	0.15	10.71	26.19	32.68	15.75	19.66	17.36	21.28	0.0464	300	1.707	1.805	22%	66
S17-S18	4.35	0.44	10.96	25.99	32.20	56.93	70.58	61.71	75.36	0.0464	300	2.449	2.451	42%	126
S18-S19	4.65	0.46	11.20	25.80	31.75	61.10	75.24	66.21	80.35	0.0464	300	2.502	2.492	43%	129
S12-S11	0.96	0.10	10.75	26.16	32.61	9.41	11.74	10.47	12.79	0.0135	300	0.948	0.993	23%	69
S11-S10	1.83	0.18	11.36	25.67	31.45	20.11	24.65	22.13	26.67	0.0135	300	1.181	1.211	34%	102
S10-S9	2.13	0.21	11.94	25.23	30.43	23.60	28.48	25.94	30.82	0.0135	300	1.232	1.243	36%	108
S9-S8	2.89	0.29	12.17	25.07	30.05	33.75	40.48	36.92	43.65	0.0642	300	2.382	2.501	29%	87
	2.89	0.29	12.17	25.07	30.05	33.75	40.48	36.92	43.65	0.0642	300	2.382	2.501	29%	87
S8-S7	5.12	0.51	12.36	24.94	29.75	66.20	79.03	71.84	84.66	0.0642	300	2.872	2.853	41%	123
S7-S6	5.37	0.54	12.66	24.73	29.27	69.45	82.26	75.36	88.17	0.0227	300	1.988	2.001	58%	174
S6-S5	5.65	0.56	12.97	24.52	28.81	73.12	85.96	79.33	92.18	0.0227	300	2.014	2.032	60%	180
S5-S4	9.74	0.97	13.27	24.33	28.38	137.42	160.40	148.13	171.11	0.023	400	2.366	2.425	54%	216
S4-S3	10.17	1.02	13.58	24.14	27.96	143.41	166.19	154.59	177.37	0.023	400	2.389	2.451	56%	224
S3-S2	10.42	1.04	13.87	23.96	27.57	146.55	168.69	158.01	180.15	0.023	400	2.401	2.461	56%	224
S2-S1	10.73	1.07	14.11	23.82	27.25	150.65	172.46	162.29	184.10	0.023	500	2.869	2.912	58%	290
S1-K1	40.80	4.08	14.34	23.69	26.97	701.71	799.29	908.43	1006.01	0.022	800	3.638	3.730	53%	424
S44-S43	1.18	0.12	10.63	26.27	32.86	12.10	15.15	13.40	16.45	0.01	300	0.919	0.952	28%	84
S43-S39	1.63	0.16	11.18	25.81	31.78	17.55	21.63	19.35	23.42	0.01	300	1.021	1.043	35%	105
S46-S45	1.88	0.19	10.68	26.23	32.76	21.15	26.44	23.22	28.51	0.016	300	1.274	1.304	33%	99
S45-S33	2.68	0.27	11.28	25.74	31.60	31.73	38.99	34.68	41.94	0.016	300	1.420	1.480	42%	126
S47-S26	1.89	0.19	10.64	26.26	32.83	21.38	26.76	23.47	28.84	0.018	300	1.334	1.366	33%	99
S50-S49	1.36	0.14	10.81	26.11	32.48	14.26	17.76	15.76	19.25	0.0085	300	0.910	0.931	32%	96
S49-S48	2.33	0.23	11.51	25.55	31.18	26.66	32.54	29.22	35.10	0.0085	300	1.079	1.136	45%	135
S48-S24	2.88	0.29	11.87	25.28	30.54	33.90	40.98	37.06	44.14	0.043	300	2.076	2.107	33%	99
S56-S55	0.46	0.05	10.81	26.11	32.49	3.81	4.74	4.31	5.25	0.01	300	0.655	0.689	16%	48
	1.09	0.11	10.81	26.11	32.49	10.94	13.62	12.67	15.71	0.01	300	1.360	1.358	59%	177
S55-S54	1.29	0.13	11.20	25.80	31.74	13.25	16.31	15.90	19.70	0.01	300	1.373	1.376	61%	183
	1.88	0.19	11.20	25.80	31.74	20.82	25.63	22.14	27.96	0.01	300	1.424			
S54-S53	1.97	0.20	11.57	25.51	31.06	21.74	26.49	23.16	27.91	0.01	300	1.428			
S53-S52	2.57	0.26	12.06	25.15	30.24	29.44	35.41	31.52	37.49	0.01	400	1.481	1.503	47%	188
S52-S51	3.29	0.33	12.53	24.82	29.48	39.06	46.42	41.94	49.30	0.01	400	1.532	1.548	50%	200
S51-S24	3.74	0.37	12.98	24.52	28.80	44.89	52.76	48.27	56.14	0.01	400	1.562	1.574	52%	208
S42-S41	0.71	0.07	10.77	26.15	32.58	6.54	8.16	7.33	8.94	0.018	300	0.937	0.951	18%	54
S41-S40	2.00	0.20	11.33	25.69	31.49	22.29	27.34	24.49	29.54	0.018	300	1.350	1.397	33%	99
S40-S39	2.66	0.27	11.97	25.21	30.37	30.81	37.14	33.73	40.07	0.0086	300	1.128	1.181	48%	144
S39-S38	4.50	0.45	12.78	24.65	29.09	56.26	66.44	61.21	71.39	0.0035	400	0.935	0.964	57%	228
S38-S37	5.64	0.56	13.60	24.12	27.92	71.72	83.07	77.92	89.27	0.0035	400	0.989	1.015	66%	264
S37-S36	6.53	0.65	14.39	23.66	26.90	83.62	95.14	90.80	102.32	0.0035	400	1.018			
S36-S35	6.96	0.70	15.12	23.26	26.04	88.72	99.38	96.38	107.04	0.0035	400	1.029			

ملاحظة: تم الإشارة بالرمز (') إلى القيم الجديدة.

نتائج البحث:

1- التوزيعات الاحتمالية لشدات العواصف المطرية التي تمت دراستها من أجل محطة حماة للأرصاد الجوية لاختيار الأنسب بينها حسب برنامج SMADA DISTRIBUTION هي:

Normal, 2 Parameter Log Normal, 3 Parameter Log Normal
Pearson Type III, Log Pearson Type III, Gumble Type I Extremal

2- إن دراسة التوزيعات الاحتمالية المناسبة للعواصف المطرية في المحطة المدروسة أظهرت أن التوزيع الاحتمالي المناسب الأكثر تكراراً هو Gumbel Type I Extremal وتوزيع Log Pearson Type III، ثم توزيع Pearson Type III يليها توزيع 2Parameter Log Normal, 3 Parameter Log Normal.

3- تم استنتاج علاقات لحساب الشدة المطرية في المحطة المدروسة من أجل تكرارات مختلفة وهي موضحة بالجدولين التاليين:

الجدول (10): علاقات الشدة المطرية مع المدة من أجل تكرارات مختلفة في محطة حماة للأرصاد الجوية

معامل الارتباط R^2	شدة العاصفة المطرية (mm/h)	التكرار P (Years)
0.9969	$I = 156.35 \times T^{-0.660}$	2
0.9974	$I = 185.34 \times T^{-0.665}$	3
0.9973	$I = 213.74 \times T^{-0.666}$	5
0.9958	$I = 245.16 \times T^{-0.665}$	10
0.9927	$I = 278.80 \times T^{-0.660}$	25
0.9895	$I = 299.75 \times T^{-0.655}$	50
0.9858	$I = 318.16 \times T^{-0.649}$	100
0.9816	$I = 335.20 \times T^{-0.644}$	200

- 4- الملاحظ من الجدول السابق أن العلاقات المستنتجة للشدة المطرية في المحطة المدروسة ومن أجل مختلف التكرارات كانت من الشكل: $I = A/T^n$.
- 5- تزداد قيمة المعامل A بازدياد قيمة التكرار من أجل محطة معينة، وإن أصغر قيمة له من أجل التكرار P=2 years وأكبر قيمة من أجل التكرار P=200 years.
- 6- تبلغ القيمة الصغرى للمعامل A القيمة 156.35 أما القيمة العظمى له كانت القيمة 335.2 في محطة حماة.
- 7- إن قيمة الثابت n تتغير في كل محطة ضمن مجال محدود، والقيمة الوسطية له من تساوي 0.658.
- 8- بزيادة الشدة المطرية تزداد قيمة كل من التدفق المطري والكلي، وبالتالي تزداد قيمة القطر الحسابي اللازم، سرعة الجريان وكذلك نسبة الامتلاء.
- 9- من الملاحظ نتيجة الدراسة التي تمت على الشبكات المدروسة في مدينة وحماة أن بعض الوصلات ممكن أن تتعرض إلى الفيضان نتيجة زيادة نسبة الامتلاء عن الحد المسموح وفق الأقطار المصممة.
- 10- لا يمكن أن تقف شدة العاصفة المطرية فقط خلف الفيضانات التي تحدث لشبكات الصرف الصحي، بل هناك مجموعة من الأسباب الأخرى التي تؤدي إلى ذلك:
- ✚ إهمال تنظيف البلايغ في وقتها المحدد -يجب تنظيفها مرة في السنة قبل قدوم أيلول- فالرمل المحمول مع مياه الصرف الذي ينتج عن الأعمال الطرقية ذات الحجم الكبير غالباً يترسب في أنابيب الشبكة مسبباً إغلاقها.
 - ✚ الموقع الخاطئ للبلايغ التي يقع بعضها في القسم المرتفع من الطريق، ولتدخل المياه إلى البالوعة يجب أن يمتلى الطرف المقابل أولاً ثم تُصرف المياه إليها.

المقترحات والتوصيات:

- 1- الاستفادة من علاقات حساب الشدة المطرية في محطة حماة للأرصاد الجوية في تحديد شدة العواصف المطرية في هذه المحطة والمناطق القريبة منها وذلك من أجل مختلف التكرارات والمدد الزمنية.
- 2- تعميم العلاقات المستنتجة للشدة المطرية في محطة حماة للأرصاد الجوية على المؤسسات المسؤولة عن دراسة وتصميم شبكات الصرف الصحي في سوريا.
- 3- إيلاء المزيد من الاهتمام لإعادة تأهيل شبكات الصرف الصحي الموجودة واستبدال الأنابيب غير الصالحة فيها، وإعداد برنامج صيانة دورية لاستيعاب الشدات المطرية المتزايدة.
- 4- طرح قواعد بيانات خاصة بالهطولات المطرية أمام طلاب العلم الذين من شأنهم تقديم الحلول الأنجح لمثل هذه الأمور، عن طريق الدراسات التي تتناول تحليل العواصف المطرية ومدى كفاءة شبكات الصرف في سورية والكثير مما يمكن الخوض به في هذا المجال.
- 5- زيادة عدد محطات الأرصاد الجوية المدروسة ضمن المنطقة الوسطى من أجل الأزمنة والتكرارات المختلفة للعواصف المطرية، من أجل الوصول إلى توزيع أكثر دقة لشدات الهطول.
- 6- القيام بمزيد من الدراسات والأبحاث المتعلقة بشدة العواصف المطرية في مختلف مناطق الجمهورية العربية السورية لما لها من تأثير كبير في تصميم ودراسة العديد من مشاريع الصرف الصحي وغيرها.

المراجع

المراجع العربية

[1] البسيوني، عمار؛ الحاج موسى، لمى؛ القصير، علا؛ وسليمان، بتول. (2018). فيضانات دمشق، سيول تجرف البشر والحجر. *مجلة الباحثون السوريون*، مأخوذ من موقع الانترنت:

<https://www.syr-res.com/article/16655.html>

[2] حسين، ديما حسن؛ حماد، منذر علي. (2019). العلاقة بين منحنيات الشدة المطرية الأعظمية في محطة طرطوس. *مجلة جامعة تشرين: العلوم الهندسية*، 41 (3)، 223-242.

[3] الكوسا، سوزان. (2020). *دراسة العواصف المطرية في سوريا*. رسالة ماجستير. كلية الهندسة المدنية، جامعة البعث.

[4] سليمان، أمين. (2005). *دراسة مقارنة لحساب شدة العواصف المطرية في محطة مطار المزة للأرصاد الجوية*. مجلة جامعة البعث: 27 (12).

[5] جعفر، رائد. (2001). *تحديد منحنيات الشدة المطرية بدلالة مخططات الهطول المطري لتصميم شبكات الصرف الصحي واستخدام التوزيعات الاحتمالية لحالات دراسة في المنطقة الساحلية والجنوبية*. رسالة ماجستير. كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين.

In English

[6] KENWARD, A; ZENES,N; BRONZAN,J; BRADY,J;& SHAH,K.(2016). OVERFLOW: CLIMATE CHANGE, HEAVY RAIN, AND SEWAGE. *Climate Central*, 2016.

[7] Nasrin, T., Sharma, A. K., & Muttill, N. (2017). Impact of short duration intense rainfall events on sanitary sewer network performance. *Water*, 9(3), 225.

[8] Pizarro, R., Valdés, R., García-Chevesich, P., Vallejos, C., Sangüesa, C., Morales, C., ... & Fuentes, R. (2012). Latitudinal analysis of rainfall intensity and mean annual precipitation in Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(2), 252-261.

[9] *Calculate the Rainfall Intensity of the Design Storm for use in the Rational Method.* (2009). Retrieved January 2, 2021, from <https://www.brighthubengineering.com/hydraulics-civil-engineering/58958-calculating-design-rainfall-intensity-for-use-in-the-rational-method>

[10] Bengtson, H. (2020). *Rational Method Hydrologic Calculations with Excel.* Retrieved from <https://www.cedengineering.com/userfiles/Rational%20Method%20Hydrologic%20Calculations%20with%20Excel-R1.pdf>