Research the Possibility of Improving the Performance of Bituminous Mixtures Using Nylon Waste Bags

Dr. Rana Darweesh Ahmad*
Maissam Kuossa**

(Received 10 / 9 / 2018. Accepted 21 / 7 / 2019)

□ ABSTRACT □

This research discussed the possibility of using waste plastic bags used as part of polymers to investigate their potential contribution to improving the properties of bituminous mixtures.

The objectives of the study were to determine the effect of the addition of different percentages of the residues of the crushed nylon bags to the properties of the bituminous mixtures and to compare them with the characteristics of the traditional bituminous mixtures, Nylon bag waste was added in the form of grinded pieces ranging from (1-0.25) cm. The Marshall method for the design of bituminous mixtures was used to determine the optimum bitumen content as well as to test the properties of the bituminous mixture added to the nylon waste. Marshall's sample results showed that the optimum bitumen content was 5.5% of the bituminous mixture. The addition of five percent of bag waste was tested on the properties of bituminous mixtures (4-6-8-10-12)% Of the optimum bitumen content. The results indicated that nylon bag waste could be used as a propellant for the properties of bituminous mixtures as part of the sustainable management of plastic waste. The addition of bag waste by 8.67% of the bitumen weight gave greater stability to modified mixtures compared to conventional mixtures. In addition to lower density, air blanks and higher flow than the traditional mixture.

Keywords: Waste plastic bags, Low density polyethylene, Dry method, Modification of bituminous mixture.

* **Associate Professor – Department of Transportation Engineering- Faculty of Civil Engineering University – Tishreen – Lattakia – Syria.**

** **Postgraduate student (Master)- Engineering Department of Transportation - Faculty of Civil Engineering University – Tishreen – Lattakia – Syria-** Maissamkuossa@gmail.com

البحث في إمكانية تحسين أداء الخلائط البيتومينية باستخدام نفايات أكياس النايلون

الدكتورة رناء درويش أحمد*

ميسم كوسى**

(تاريخ الإيداع 10 / 9 / 2018. قُبِل للنشر في 21/ 7 / 2019)

□ ملخّص □

ناقش هذا البحث إمكانية استخدام نفايات أكياس النايلون (البلاستيكية) المستعملة باعتبارها جزء من البولميرات للتحقق من احتمالات إسهامها في تحسين خصائص الخلائط البيتومينية.

شملت أهداف الدراسة تحديد تأثير إضافة نسب مختلفة من نفايات أكياس النايلون المقطعة على خصائص الخلائط البيتومينية، ومقارنتها مع خصائص الخلائط البيتومينية التقليدية، إلى جانب تحديد النسبة المثلى لإضافة هذه النفايات، حيث تم إضافة نفايات أكياس النايلون على شكل قطع مطحونة تتراوح أبعادها بين (0.25–1) cm، واستخدمت طريقة مارشال لتصميم الخلائط البيتومينية، وذلك لتحديد محتوى البيتومين الأمثل، وكذلك لاختبار خصائص الخليط البيتومينى المضاف إليه نفايات النايلون. أظهرت نتائج الإختبار أن محتوى البيتومين الأمثل هو 5.5% من وزن الخليط البيتومينى، وعند إضافة خمس نسب من نفايات الأكياس على خصائص الخلائط البيتومينية وهي (4–6–8–10–12)% من وزن محتوى البيتومين الأمثل، بينت نتائج الدراسات إلى أنه يمكن استخدام نفايات أكياس النايلون كمحسنات لخواص الخلائط البيتومينية كجزء من الإدارة المستدامة للنفايات البلاستيكية، وأن إضافة نفايات الأكياس بنسبة 8.67% من وزن البيتومين أعطى ثبات أكبر للخلائط المعدلة مقارنةً مع الخلائط التقليدية، بالإضافة لكثافة أقل ونسبة فراغات هوائية وانسياب أعلى من الخليط التقليدي.

الكلمات المفتاحية : نفايات أكياس النايلون، بولي إيتلين منخفض الكثافة، الطريقة الجافة، تعديل الخلائط البيتومينية.

* **أستاذ مساعد – قسم هندسة النقل والمواصلات – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.**

** **طالبة دراسات عليا (ماجستير) – قسم هندسة النقل والمواصلات – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.**

Maissamkuossa@gmail.com

مقدمة:

تشكل الطرق العصب الرئيسي لشبكة النقل والمواصلات، ويأخذ الرصف المرن المرتبة الأولى في الرصف الطرقي محلياً نظراً لسهولة إنشائه وصيانته و توفر مواده الأولية مقارنةً مع الرصف الصلب.

تشكل مواد بناء الطرق العنصر الأهم في عملية التنفيذ، لكن هذه المواد قد لا تكون بمواصفات فنية جيدة وخاصةً في منطقة الإنشاء، لذلك جرت العادة في حال عدم توفرها في منطقة المشروع، استجرارها من أماكن بعيدة، وهذا بدوره قد يعقد عملية التنفيذ من حيث زيادة الكلفة من جهة وإطالة المدة من جهة أخرى. المشاكل المتعلقة بالحصول على هذه المواد متعددة، لكن يمكن التقليل منها عن طريق البحث عن بدائل للمواد العالية الجودة من خلال تحسين مواصفات المواد المتوفرة، والتي لا تحقق المواصفات الفنية المطلوبة جزئياً أو كلياً. لذلك تركزت الأبحاث منذ منتصف القرن الماضي على تحسين خصائص التربة والحصويات الضعيفة أو التفتيش عن وسائل أكثر تقنية من حيث التنفيذ والإنشاء الحقلي.

زاد اهتمام الباحثين في الوقت الحاضر باستخدام النفايات بأنواعها المتعددة لتثبيت وتقوية الترب الضعيفة أو لتحسين خصائص الحصويات الضعيفة المستخدمة، وبشكل خاص النفايات البلاستيكية بسبب توفرها بكميات كبيرة كمخلفات صناعية أو منزلية، ولرخص تكاليف تجميعها واهتمام الهيئات البلدية والمحلية بالتخلص من الأضرار التي تولدها هذه المواد على البيئة والحياة البرية، جرت أبحاث متعددة استخدمت فيها هذه النفايات في تحسين الخلائط البيتومينية، ففي الهند [1] يوجد حوالي 2100 mil من الطرق التي تم إنشائها باستخدام النفايات البلاستيكية المضافة إلى الخلطة البيتومينية، نصفها في ولاية نادو (Nado) الجنوبية وعدد منها في مدن تشيناي (Chennai) ومومباي (Mumbai)، وكذلك في نيوزيلندا (New Zealand) تم رصف نصف محطة إطفاء المطار بالخلائط البيتومينية المعدلة بالنفايات البلاستيكية حيث تم وضع ما يقارب 250 ton باستخدام 3100 حاوية من البلاستيك بسعة 4 L. [2]

نحن في بحثنا هذا سوف نتناول فقط إضافة نفايات أكياس النايلون للخلطة البيتومينية[3] ، ومعرفة التغيرات الناتجة ومدى جدوى العملية، وذلك بسبب الصعوبات التي تواجهنا في عملية تذويب النفايات البلاستيكية والأبخرة والغازات السامة المنطلقة، وكذلك بسبب الإمكانيات المحدودة المتوفرة في مخبر الطرق والمواصلات في كلية الهندسة المدنية.

أهمية البحث وأهدافه:

تعاني الخلائط البيتومينية التقليدية من قلة ديمومتها وكثرة عيوبها بالإضافة إلى قصر عمرها التصميمي، كما أن الإضافات إليها ماتزال قليلة التجربة في بلدنا، وبسبب قلة الموارد المتاحة والكلفة المرتفعة للمواد المضافة الجيدة، من هنا ظهرت الدوافع والحاجة لاكتشاف بدائل أخرى. توجه النظر بشكل خاص لمواد النفايات بكافة أشكالها مثل نفايات المعامل (الكمخة) ،اطارات السيارات[4]، النفايات البلاستيكية .....الخ.

يعتبر البلاستيك من ضمن أخطر عشرين منتج أثناء عملية التصنيع بسبب المواد الكيميائية الداخلة في تركيبه، فهي مواد غير قابلة للتحليل العضوي، وإذا بقيت هذه المواد فوق التربة فإن ذلك يؤثر على التوازن الميكروبي لها، ويعيق عملية التغذية للنباتات، وفي حال دفنها داخلها فهي تشكل حاجز يفصل التربة إلى قسمين، جزء علوي تنحصر فيه مياه

الأمطار ولا تتسرب بشكل كلي أو جزئي إلى الآبار الجوفية، وجزء سفلي لا يحصل على المياه ولا على المخصبات اللازمة. وتشكل هذه النفايات ما بين(60 – 80) % من النفايات الموجودة في قعر الأنهار والبحار، ونلجأ أحيانا إلى عملية الحرق من أجل التخلص منها، لكن الغازات المنطلقة تؤدي إلى تفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري، تلوث الهواء، توقف الرياح الموسمية .....الخ. وتعطي مواد سامة تعتبر من المسببات الرئيسية لأمراض السرطان[5]. أما بالنسبة لأكياس النايلون فتكمن خطورتها الأساسية بخفة وزنها وشكلها الذي يسمح لها بالانتقال بسهولة عن الطريق الرياح والسيول إلى أبعد الأماكن على اليابسة والبحار وحتى المحيطات، وهذا يمكن أن يؤثر على عملية التلقيح عند النباتات.

إن الهدف الأساسي من هذا البحث هو دراسة إمكانية إعادة استخدام نفايات أكياس النايلون لتعديل خصائص مزيج البيتومين، بالإضافة لدراسة تأثير نسب الإضافات المختلفة من النفايات على الخلطة البيتومينية ، ومقارنة خصائص الخلطة الناتجة مع الخلطة التقليدية، وبالتالي العثور على منتج مفيد من الخلائط البيتومينية يمثل جزء من الحل للمشاكل البيئية الناتجة عن التخلص من النفايات بالإضافة الى أن استخدام هذا المنتج يعطي جدوى إقتصادية أكبر.

طرائق البحث ومواده:

قمنا بتحديد خواص كل من المواد الداخلة بتشكيل الخلطة البيتومينية، واستخدمت عدة أجهزة من أجل ذلك مثل جهاز قياس قيم الاستطالة للبيتومين، وجهاز تحيد درجة الغرز، بالإضافة لجهاز قياس درجة التميع المتواجدة في مخبر المواصلات في كلية الهندسة المدنية، كما استعنا بجهاز مارشال الموجود في مخبر الطرق والجسور في مدينة اللاذقية. أما بالنسبة للحصويات فقد استخدمنا المناخل النظامية المتوفرة في مخبر المواصلات وجهاز لوس انجلوس، ومواد البحث الأساسية فكانت عبارة عن بيتومين (60–70) كعينة من البيتومين المستخدم في مؤسسة الإنشاءات العسكرية. تم إحضار المواد الحصوية من مقلع رسيون في محافظة اللاذقية، ونفايات أكياس النايلون الشائعة المستخدمة بكثرة لنقل المواد، بالإضافة لذلك قمنا بدراسة التغيرات الناتجة عن إضافة هذه النفايات على خصائص البيتومين بمفرده، ومن ثم على الخلطة البيتومينية ككل[3]، كما في بحث مشابه في باكستان [6]حيث تم إضافة نفايات أكياس النايلون لبيتومين (100– 80) ودراسة التغيرات الحاصلة على خصائص البيتومين مع تغير نسب الإضافات، وأظهرت النتائج انخفاض في قيم الغرز مع زيادة نفايات أكياس النايلون المضافة إلى أن تم الوصول لمرحلة لا تستطيع الإبرة فيها سوى ملامسة السطح (نسبة 14% من نفايات الأكياس)، أما بالنسبة لنقطة التميع فلاحظوا ارتفاع قيمها مع زيادة نسبة نفايات الأكياس المضافة، وكذلك درجة الوميض والاشتعال سلكت السلوك نفسه بالارتفاع مع زيادة نسبة نفايات الأكياس المضافة. وببحث آخر مشابه في جامعة بنغالو في الهند[7] قاموا بدراسة التغيرات الحاصلة على البيتومين مع إضافة نسب متغيرة من نفايات أكياس النايلون ومن ثم على الخلطة البيتومينية الإجمالية، حيث أظهرت نتائج التجارب أن إضافة نفايات أكياس النايلون للبيتومين تؤدي لزيادة نقطة التميع وتقلل من قيم الغرز والاستطالة وتزيد من درجة حرارة نقطة الوميض وكذلك الاشتعال بالإضافة لزيادة قيم الاستقرار لمارشال.

القسم العملي:

- تحضير عينات المواد الداخلة في تشكيل الخلائط البيتومينية المعدلة وغير المعدلة بنفايات أكياس النايلون:

- تم إحضار عينات بيتومين (60-70) من مؤسسة الانشاءات العسكرية بحيث تكون ممثلة بشكل صحيح للبيتومين المنتج في سورية.
- تم إحضار حصويات من إحدى مجابل الانشاءات العسكرية العاملة في محافظة اللاذقية.
- تم الحصول على نفايات أكياس النايلون وهي من الأنواع المستخدمة بكثرة في نقل وحمل المواد الاستهلاكية العادية.

❖ إجراء التجارب التوصيفية للمواد الداخلة في تشكيل الخلائط البيتومينية المعدلة وغير المعدلة (بيتومين – حصويات – نفايات الأكياس).

- **تحديد خواص البيتومين الأولية:**

يبين الجدول التالي نتائج التجارب التوصيفية للبيتومين غير المعدل.

الجدول(1) نتائج التجارب التوصيفية للبيتومين

الغرز : (Penetration Test)25°mm*0.1	62.54
الاستطالة أو الممطولية: (Ductility Test)	150 cm
نقطة التميع : (Softing Point Test)	52c°
النقص في الوزن :(Loss On Heating)	0.6gr
نقطة الوميض والاشتعال:(Flash and Fire Point test)	307c° -302c°
الوزن النوعي للبيتومين(Specific weight)	1.01 gr/cm^3

من الجدول (1) نجد أن خواص البيتومين تتطابق مع دفتر الشروط والمواصفات القياسية السورية لبناء الطرق [8]

- **تحديد خواص الحصويات المستخدمة في تصميم الخلائط البيتومينية الأولية والمعدلة:**

تم إحضار المواد الحصوية المستخدمة في الخلطة البيتومينية من مقلع رسيون في محافظة اللاذقية، ونبين فيما يأتي نتائج الإختبارات التوصيفية لها:

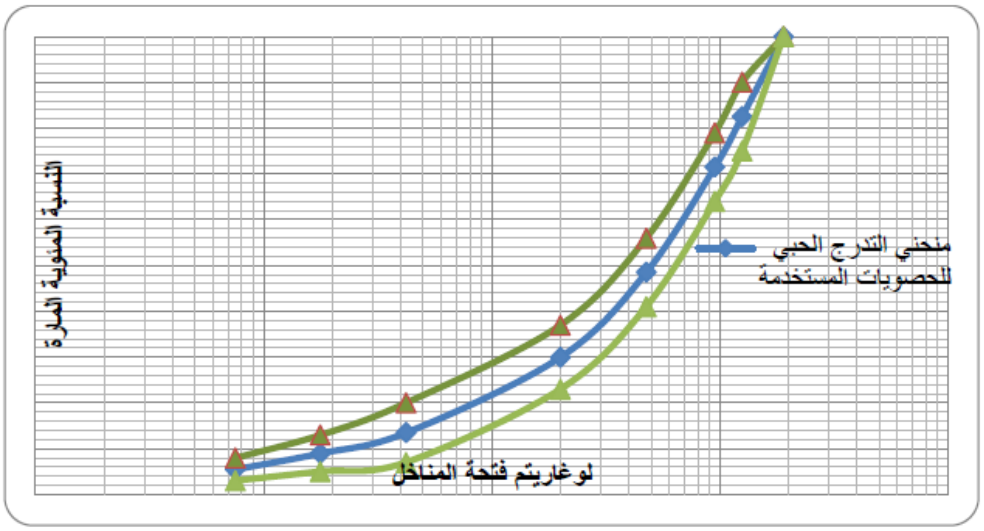
التحليل الحبي(Grain Size Analysis):

قمنا بإجراء تجارب التحليل الحبي على الحصويات المحضرة، وتمت مقارنة النتائج مع الحزمة النظامية لمواد طبقة الاهتراء المنصوص عنها بالمواصفات الصادرة عن وزارة المواصلات في الجمهورية العربية السورية لعام2002 [8].

الجدول (2) نتائج تجربة التحليل الحبي

الفتحة		الحزمة المطلوبة	النسبة المئوية المارة %
الرقم المعادل	رقم المنخلmm		
3/4 in	19	100	100
1/2 in	12.5	90-75	80

72	79-64	9.5	3/8 in
50	56-41	4.75	No.4
30	37-23	2	No.10
15	20-7	0.42	No.40
12	13-5	0.177	No.80
5	8-3	0.075	No.200



الشكل (1) منحني التركيب الحبي

نجد أن منحني التحليل الحبي يقع ضمن الحزمة النظامية [9]، ومن ثم فالمواد الحصوية تحقق التدرج الحبي المطلوب.

-تجربة لوس أنجلوس(Los Angeles Test):

من تجربة التحليل الحبي تبين أن التركيب الحبي للمواد الحصوية من النموذج(B) وكان معامل لوس انجلوس K= 23.6% ، وبمقارنة النتائج مع المواصفات القياسية السورية نجد أن المواد الحصوية تصلح للاستخدام في الطبقة السطحية. [8]

-تجربة المكافئ الرملي(Sand Equivalent):

الجدول (3) نتائج تجربة المكافئ الرملي

أرقام الانابيب	1	2	3
المكافئ الرملي SE%	50.74%	52.3%	57.1%
المكافئ الرملي الوسطي SE%	53.38%		

نجد أن قيمة المكافئ الرملي محققة حيث أنها من أجل الطبقة السطحية يجب أن لا تقل عن (45-50)%.[8]

-تجربة الوزن النوعي الظاهري للحصويات (Apparent Specific Gravity):

الجدول(4) نتائج تجربة الوزن النوعي للحصويات

رقم العينة	1	2
الوزن النوعي للحصويات	2.726	2.697
الوسطي	2.712	

نجد أن الوزن النوعي محقق ويقع ضمن المجال (2.6- 2.9). [8]

❖ **إعداد قطع النايلون:**

تم تقطيع أكياس النايلون الى قطع صغيرة جداً تتراوح بين cm(0.25-1) بالطريقة اليدوية التقليدية.

إعداد عينات الاختبارات للبيتومين المعدل بنفايات أكياس النايلون:

تم اختبار نسب وزنية من نفايات الأكياس قدارها(0.5-1-1.5)"% من وزن البيتومين.

O الإختبارات على البيتومين المعدل بنسب مختلفة من نفايات أكياس النايلون ومعالجة النتائج:

ركزنا في هذا البحث على تعديل الخلطات البيتومينية من مبدأ تعديل البيتومين الداخل في صناعة الخلطة البيتومينية.

❖ **اختبار الاستطالة:**

جدول (5) نتائج تجربة الاستطالة

العينة	بدون اضافات	مع نسبة 0.5 من نفايات النايلون	مع نسبة 1% من نفايات النايلون	مع نسبة 1.5% من نفايات النايلون
قيمة الاستطالة cm	150	135	135	133
	ولم تنقطع	ولم تنقطع	ولم تنقطع	انقطع

نلاحظ عدم وجود تأثير واضح لإضافة نفايات أكياس النايلون على قيم الاستطالة بسبب النسب المنخفضة لهذه الإضافات.

❖ **اختبار الغرز:**

الجدول (6) نتائج اختبار الغرز

العينة	بدون اضافات	مع نسبة 0.5 من نفايات النايلون	مع نسبة 1% من نفايات النايلون	مع نسبة 1.5% من نفايات النايلون
قيمة الغرز mm	62.54	57.3	55.7	52.5

من الجدول السابق نجد أن قيمة الغرز للبيتومين تقل مع زيادة نسبة نفايات أكياس النايلون المضافة، ويبرر هذا السلوك إلى أن إضافة نفايات أكياس النايلون تعطي البيتومين قساوة. حيث انخفضت قيم الغرز (16.1,10.9,8.4

)% المقابلة لنسب نفايات النايلون (0.5-1-1.5)%، أي وصلت للمجال(50-60) على التوالي، وكانت النتيجة مماثلة لأبحاث سابقة عديدة، ففي بحث تم إجراؤه في باكستان [6] استخدم بيتومين تصنيف (80-100)، وكانت نسبة الإضافات (2-4) % من وزن البيتومين، حيث أظهرت النتائج انخفاضات في قيم الغرز مع زيادة نفايات الأكياس، وكان هذا الانخفاض (19.7-28)% لنفايات الأكياس (2-4)%على التوالي .

❖ **اختبار الكرة والحلقة:**

الجدول(7) نتائج تجربة نقطة التميع

العينة	بدون اضافات	مع 0.5% من نفايات النايلون	مع 1% من نفايات النايلون	مع1.5% من نفايات النايلون
درجة الحرارةc°	52	52	52.8	53.3

نجد أن قيمة نقطة التميع ترتفع بالتدريج مع زيادة قيمة نفايات النايلون بنسب (0.5-1-1.5)% على التوالي، وفي بحث مشابه تم إجراؤه في باكستان[6] باستخدام بيتومين (80-100)، وكانت نسبة النفايات المضافة (0.5-1-1.5-2)% من وزن البيتومين، وقد أظهرت النتائج إرتفاع في قيم نقطة التميع مع زيادة الإضافات وكانت القيم تتراوح بين (1.2-5.3)%.

الخلاصة:

يبين الجدول(8) خصائص البيتومين (60-70) غير المعدل والمعدل بنفايات أكياس النايلون.

خصائص البيتومين المعدل وغير المعدل بنفايات النايلون:

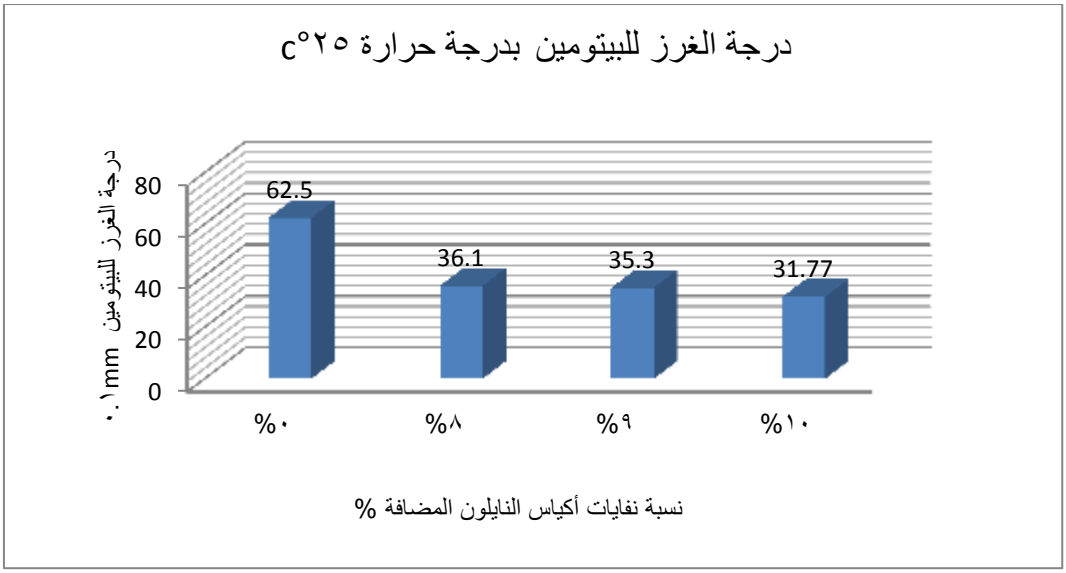
الجدول (8) خصائص البيتومين (60-70) غير المعدل والمعدل بنفايات أكياس النايلون

نوع البيتومين	الغرز 0.1mm	الاستطالة cm	نقطة التميع c°
البيتومين	62.54	135 ولم ينقطع	52
البيتومين المعدل بنسبة 0.5%	57.3	135 ولم ينقطع	52
البيتومين المعدل بنسبة 1%	55.7	135 ولم ينقطع	52.8
البيتومين المعدل بنسبة 1.5%	52.5	133 انقطع	53.3

تحديد خواص البيتومين بعد إضافة نفايات أكياس النايلون بنسب(8-9-10)%:

قمنا بإعادة تجارب الغرز والاستطالة والكرة والحلقة للنسب المثالية ووجدنا التالي:

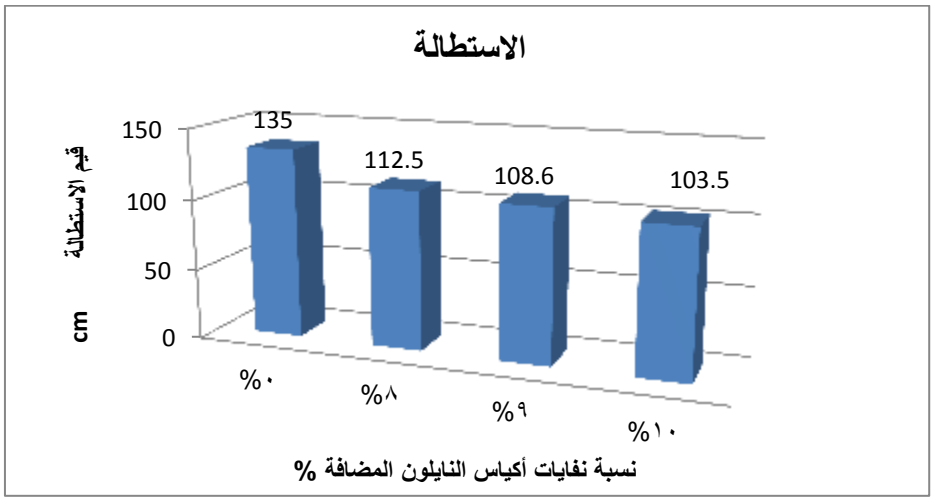
❖ **درجة الغرز:**



الشكل(2) قيم درجة الغرز الموافقة لتغير قيم الإضافات من نفايات الأكياس

من الشكل نجد أن درجة الغرز للبيتومين تتناقص بشكل كبير بالمقارنة مع البيتومين غير المعدل، حيث انخفضت درجة الغرز من المجال(60–70) إلى المجال(30–40)، وبلغت قيم هذا الإنخفاض على التوالي (-43.5–42.24–49.1)%، وهذا يدل على أن إضافة البولمير يعطي قساوة للبيتومين. وفي بحث مماثل تم إجراؤه في باكستان[6] كان البيتومين المستخدم تصنيف (80–100) ونسبة نفايات الأكياس المضافة (6–8–10–12)% من وزن البيتومين، وأظهرت نتائج الغرز للبيتومين إنخفاض ملحوظ في قيم الغرز مع زيادة نسبة نفايات الأكياس المضافة وكان الإنخفاض في القيمة (36–74)% لنفايات الأكياس (6–12) % على التوالي.

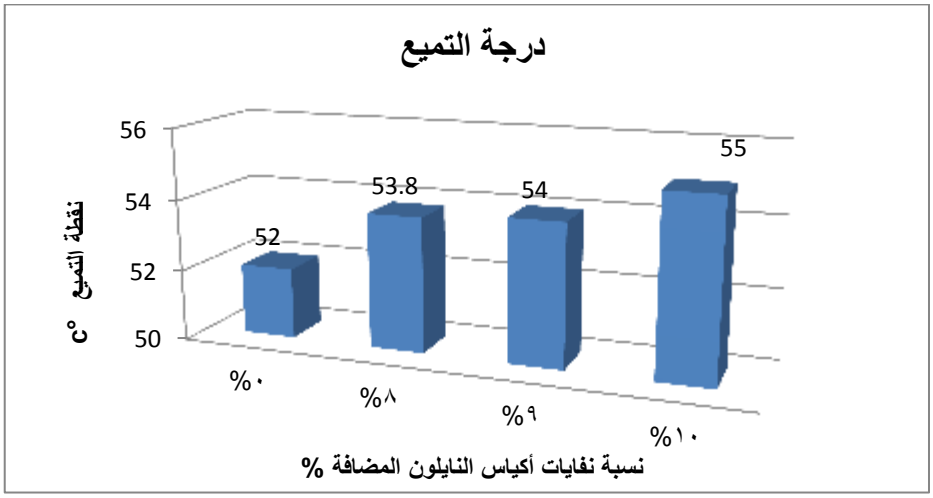
❖ **الاستطالة:**



الشكل (3) قيم الاستطالة الموافقة لتغير قيم الإضافات من نفايات الأكياس

من الشكل نجد إنخفاض في قيم الاستطالة مقارنةً مع البيتومين غير المعدل، حيث انخفضت بقيم تتراوح بين (36.7-29-26.5) على التوالي، مما يدل على إنخفاض ليونة البيتومين نتيجة إضافة نفايات الأكياس.

❖ **درجة التميع (اختبار الكرة والحلقة):**



الشكل(4) تغير قيم نقطة التميع الموافقة لتغير نسب الإضافات من نفايات الأكياس

نلاحظ إرتفاع في قيمة نقطة التميع مع إرتفاع نسب الإضافات وذلك بنسب تتراوح بين(3.4-3.8-5.7")على التوالي، وهذا قد يكون راجعاً إلى الطبيعة الكيميائية للبوليمرات المضافة.

أما بالنسبة لطريقة مزج نفايات الأكياس مع الخلطة البيتومينية:

اعتمدنا الطريقة الجافة في عملية الخلط [10]، حيث قمنا بمزج الحصويات الساخنة (168)C° مع نفايات أكياس النايلون وتم المزج داخل الخلاط بشكل تدريجي لبضع دقائق حوالي (15 دقيقة)، ثم قمنا بإضافة البيتومين بنسبة 5.5% والمسخن لدرجة (165)C° .

تصميم الخلائط البيتومينية:

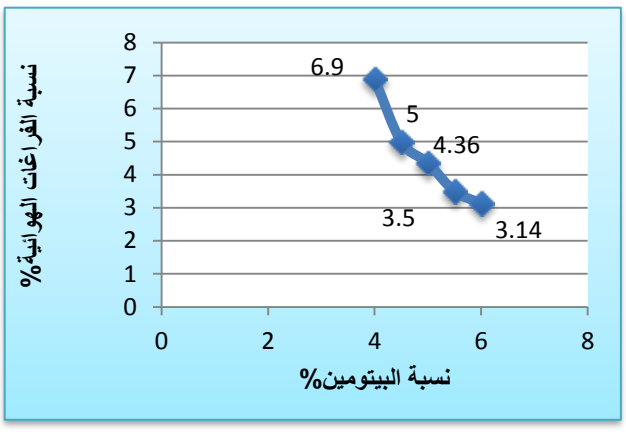
تصميم الخلائط البيتومينية باستخدام البيتومين (60-70) غير المعدل:

يبين الجدول(9) نتائج تصميم الخلطة البيتومينية باستخدام طريقة مارشال وباستخدام البيتومين غير المعدل وذلك بإضافة نسب مختلفة من البيتومين إلى الخلائط:

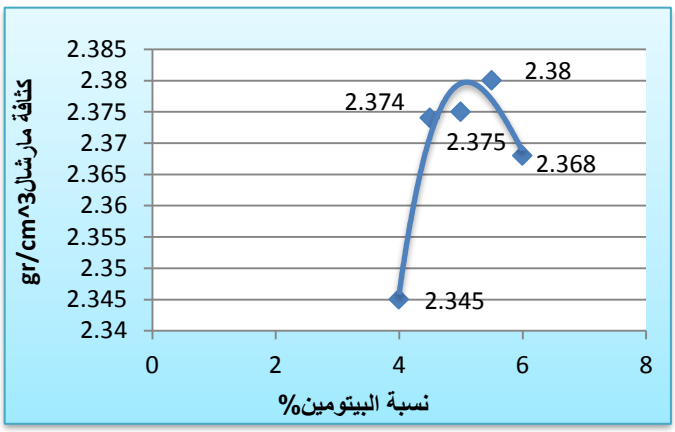
الجدول (9) تصميم الخلطة البيتومينية للبيتومين غير المعدل (مرحلة الحصول على نسب البيتومين المثالية):

رقم المحاولة	نسبة البيتومين وزنا %	وزن العينةgr		الحجم cm^3	مارشال gr/cm^3	الفراغات المليئة بالبيتومين VFA%	الفراغات الهوائية va%	الثبات المصحح kg	الانسياب mm
		في الهواء	في الماء						
1	4	1201	690	510.7	2.35	55.7	6.7	1060.2	2.6
2	4	1203.2	685.7	517.5	2.325	54.5	7.7	930	2.5

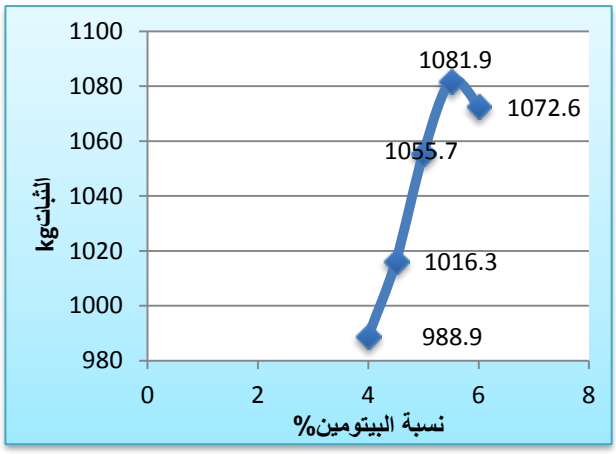
2.8	976.5	6.3	59.7	2.36	509.5	691.5	1201	4	3
2.63	988.9	6.9	56.6	2.345					المتوسط
3	930	5.1	67.5	2.372	504.8	692.6	1197.4	4.5	1
2.8	1068	5.08	67.5	2.373	504.4	693	1197.4	4.5	2
2.7	1050.9	4.96	68.1	2.376	506.6	697	1203.6	4.5	3
2.83	1016.3	5	67.7	2.374					المتوسط
3	1041.6	4.1	74.2	2.381	506	700	1206	5	1
2.9	1069.5	4.6	71.8	2.37	508.7	699.3	1208	5	2
2.8	1056	4.4	72.7	2.374	510	701	1211	5	3
2.9	1055.7	4.36	72.9	2.375					المتوسط
3	1041.6	3.2	80.7	2.387	504.3	699.3	1203.6	5.5	1
3.1	1116	3.5	78.7	2.378	504.2	695	1199.2	5.5	2
3.2	1088.1	3.7	77.7	2.375	505.8	695.4	1201.2	5.5	3
3.1	1081.9	3.5	79	2.38					المتوسط
3.1	1023	3.06	82.1	2.37	505.5	694.3	1199.8	6	1
3.2	1023.5	2.98	82.5	2.372	509.1	698.9	1208	6	2
3.3	1171.2	3.4	80.3	2.362	510.7	695.5	1206.2	6	3
3.17	1072.6	3.14	81.6	2.368					المتوسط



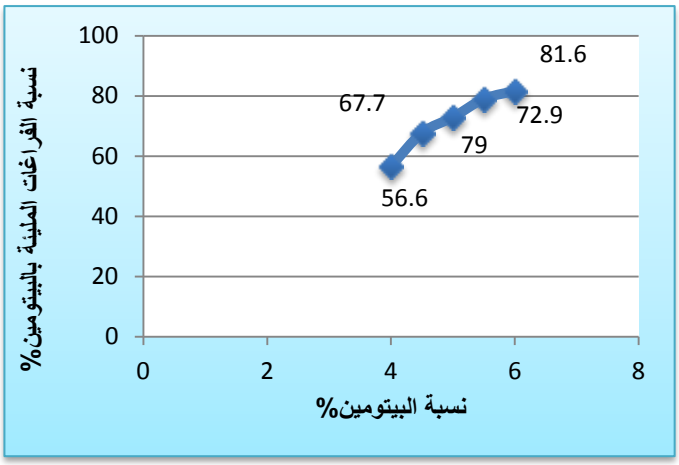
الشكل(10) تغير قيم نسب الفراغات الهوائية مع تغير نسب البيتومين المضاف



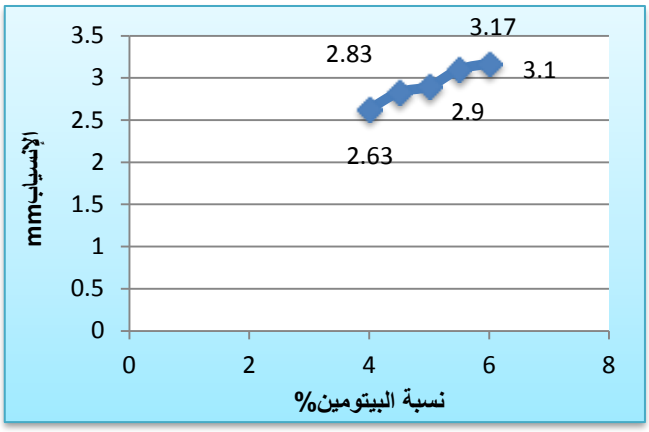
الشكل (11) تغير قيم كثافة مارشال مع تغير نسب البيتومين المضاف



الشكل(12) تغير قيم الثبات مع تغير نسب البيتومين المضاف



الشكل(13) تغير نسب الفراغات المليئة بالبيتومين مع تغير نسب البيتومين المضاف



الشكل(14) تغير قيم الإنسياب مع تغير نسب البيتومين المضاف

من المنحنيات والأشكال السابقة نجد أن النسبة المثالية للخلطة 5.5%.

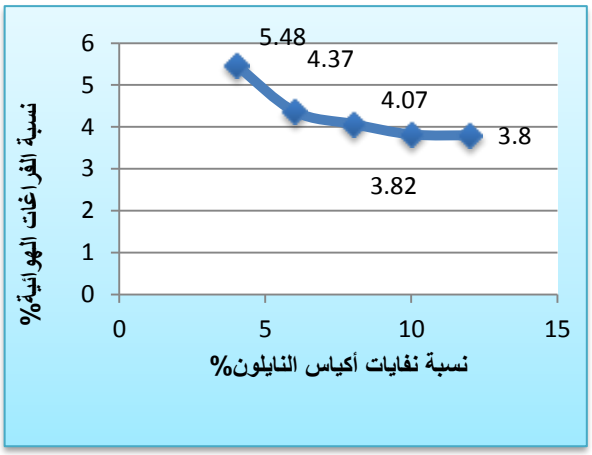
تصميم الخلطة البيتومينية باستخدام بيتومين معدل بنفايات أكياس النايلون بنسب(4-6-8-10-12)% :

يبين الجدول (10) نتائج تصميم الخلطة البيتومينية باستخدام طريقة مارشال:

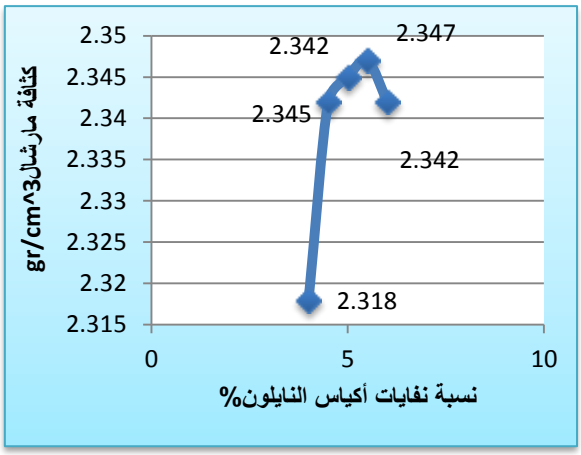
الجدول(10) يوضح نتائج تصميم الخلطة البيتومينية مع إضافة نسب(4-6-8-10-12)% من نفايات أكياس النايلون على الترتيب

نسبة نفايات النايلون %	رقم العينة	نسبة البيتومين %	كثافة مارشال (gr/cm^3)	نسبة الفراغات الهوائية Va%	نسبة الفراغات الحصوية VMA%	نسبة الفراغات المليئة بالبيتومين VFA%	الثبات (Kg)	الانسياب (mm)

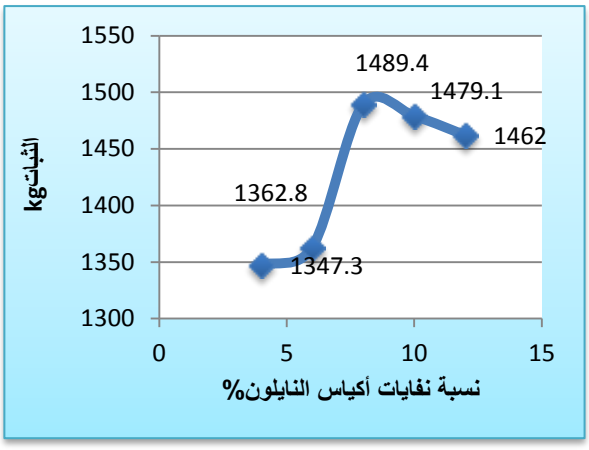
2.9	1376	70.1	18	5.4	2.32	5.5	1	4
3	1247	69.5	18.14	5.54	2.317	5.5	2	
3.2	1419	69.6	18.12	5.5	2.318	5.5	3	
3	1347.3	69.7	18.08	5.48	2.318			المتوسط
3.1	1393.2	73.8	17.2	4.5	2.34	5.5	4	6
3.5	1396.6	73.9	17.24	4.5	2.34	5.5	5	
3.2	1298.6	75.7	16.88	4.1	2.348	5.5	6	
3.27	1362.8	74.46	17.1	4.37	2.342			المتوسط
3.5	1513	76.1	16.78	4.01	2.346	5.5	7	8
3.1	1441.8	76.6	16.69	3.9	2.35	5.5	8	
3.4	1513.6	74.7	17.04	4.3	2.34	5.5	9	
3.33	1489.4	75.8	16.83	4.07	2.345			المتوسط
3.6	1384.6	75.6	16.84	4.1	2.34	5.5	10	10
3.5	1477.4	77.5	16.48	3.7	2.35	5.5	11	
3.35	1575.3	78	16.4	3.68	2.353	5.5	12	
3.48	1479.1	77	16.57	3.82	2.347			المتوسط
3.7	1419	76	16.6	3.9	2.34	5.5	13	12
3.6	1548	76	16.56	3.9	2.34	5.5	14	
4	1419	77.5	16.47	3.7	2.346	5.5	15	
3.77	1462	76.5	16.53	3.8	2.342			المتوسط



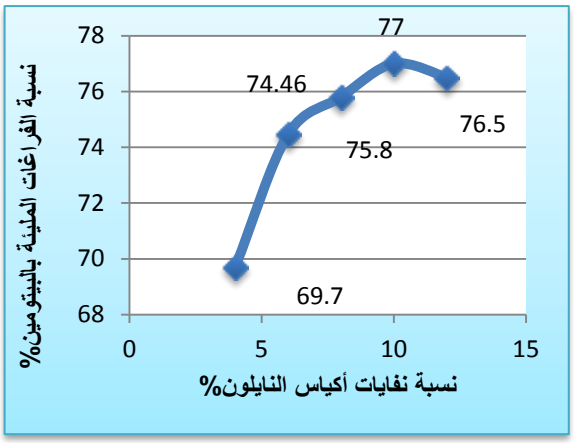
الشكل(15) تغير نسب الفراغات الهوائية مع تغير نسب الإضافات من نفايات أكياس النايلون



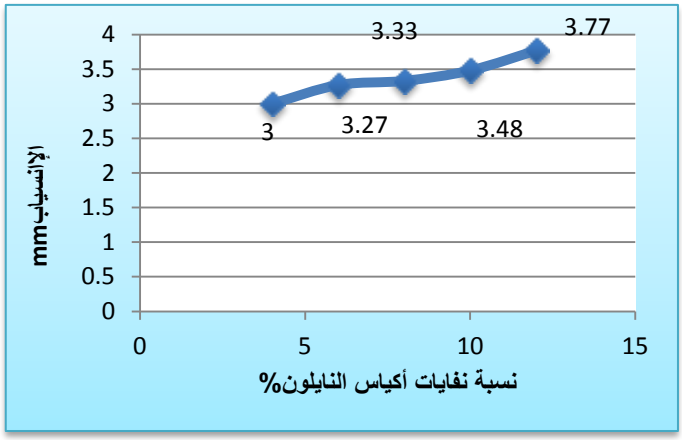
الشكل (16) تغير كثافة مارشال مع تغيير نسب الإضافات من نفايات أكياس النايلون



الشكل(17) تغير قيم الثبات مع تغير نسب الإضافات من نفايات أكياس النايلون



الشكل(18) تغير نسب الفراغات الملينة بالبيتومين مع تغير نسب الإضافات من نفايات أكياس النايلون



الشكل (18) تغير قيم الإنسياب مع تغير نسب الإضافات من نفايات أكياس النايلون

من المنحنيات والأشكال السابقة نجد أن النسبة المثالية لنفايات الأكياس المضافة 8.67%

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

استناداً إلى نتائج العمل المخبري وبالمقارنة بين نتائج الخلائط البيتومينية المعدلة بنفايات أكياس النايلون مع الخلائط البيتومينية التقليدية ، يمكن استخلاص الاستنتاجات التالية:

1- يمكن استخدام نفايات أكياس النايلون لتعديل الخلائط البيتومينية من أجل التخفيف من آثارها البيئية الضارة بالإضافة لتحسين أداء وديمومة الطرق البيتومينية .

2- النسبة المثلى التي حصلنا عليها لإضافة نفايات أكياس النايلون هي 8.67% من وزن البيتومين .

3- لاحظنا في الخلطات البيتومينية المعدلة بنفايات أكياس النايلون تحسناً في قيم الثبات بنسبة 21.54% بالرغم من الإرتفاع الطفيف في قيم الإنسياب الذي وصل لنسبة 9%.

4- تظهر الخلائط البيتومينية المعدلة كثافة أقل من الخلائط البيتومينية التقليدية بنسبة 2.5%، هذا الإنخفاض في الكثافة الظاهرية يمكن أن يفسر على أنه نتيجة لإنخفاض كثافة نفايات أكياس النايلون المضافة.

5- تعطي الخلائط البيتومينية المعدلة قيم إنسياب أعلى من الخلائط البيتومينية التقليدية.

6- تذوب نفايات الأكياس فتعطي ملمساً خشناً لسطح الحصويات، وهذا يساهم في تحسين قوة الإلتصاق بين البيتومين والحصويات، وبالتالي يعطي استقراراً أكبراً، ونتيجة لذلك زيادة في عمر الرصف.

7- عند إضافة نفايات أكياس النايلون إلى البيتومين بنسب (8-9-10)% لاحظنا ارتفاع في قيم نقطة التميع وصل الى (3.4-3.8-5.7)% على التوالي، هذا التأثير قد يكون راجعاً إلى الطبيعة الكيميائية لنفايات أكياس النايلون.

8- نلاحظ إنخفاض في قيم الاستطالة للبيتومين المعدل مقارنة مع البيتومين التقليدي، حيث إنخفضت بنسب تتراوح بين(26.5-29-36.7)%من أجل إضافة نفايات (8-9-10)% من وزن البيتومين على التوالي، مما يدل على إنخفاض ليونة البيتومين نتيجة إضافة نفايات الأكياس.

9- تتناقص درجة الغرز للبيتومين بشكل ملحوظ في البيتومين المعدل بالمقارنة مع البيتومين غير المعدل، حيث إنخفضت درجة الغرز من المجال(60-70) ووصلت إلى (30-40)، وبلغت قيم هذا الإنخفاض(42.24-43.5-49.1)% على التوالي، وهذا يدل على أن إضافة نفايات الأكياس يعطي قساوة للبيتومين.

10- النتائج بينت زيادة في قيم الثبات في الخلائط البيتومينية المعدلة مع بقاء الإنسياب ضمن الحدود المسموحة، لذلك يمكننا الإستغناء عن نسبة بسيطة من البيتومين في الخلائط البيتومينية بإضافة نفايات أكياس النايلون، والحصول على نفس النتائج تقريبا ، وهذا يعطي توفير وجدوى اقتصادية أكبر.

التوصيات:

1- التأكيد على استخدام البيتومين المعدل بنفايات أكياس النايلون في صناعة الخلائط البيتومينية لما لذلك من فوائد على ديمومة الخلائط وعلى صيانتها، بالإضافة للفوائد البيئية نتيجة استخدامها.

2- بالاستناد إلى نتائج البحث السابق نوصي باستخدام نسبة 8.67% من نفايات النايلون في تعديل الخلائط البيتومينية، لأنها أعطت ثبات واستقرار أعلى من الخلائط الأخرى غير المعدلة.

3- البحث في التأثير السلبي لدرجة الحرارة التي يتم وفقها مزج البيتومين مع نفايات الأكياس، بحيث لا يوثر على خصائص الخلائط البيتومينية المعدلة بهذه النفايات.

4- التركيز على دراسة الإنسياب في الخلائط البيتومينية المعدلة.

5- إنشاء طرق تجريبية بإضافة نفايات أكياس النايلون للخلطة البيتومينية، ومعرفة التأثيرات الجانبية للعملية وجدواها مع العمر، ففي الولايات المتحدة قامت شركة (Mac Rebur Ltd) بإنشاء جزء من شارع ميرامار(Miramar) وطريق ريجنتس (Regints) بالقرب من مساكن طلاب الدراسات في جامعة كاليفورنيا (California)، لاختبار مدى قابلية استخدامه على نطاق أوسع في ولاية كاليفورنيا وبقية أنحاء البلاد[11].

6- ضرورة البحث والتوسع في حدود النسب لنفايات أكياس النايلون اللازمة للتعديل، ومحاولة ايجاد النسب المثلى حسب أنواع البيتومين المختلفة.

7- يوصى بمزيد من الدراسات لدمج مواد النفايات البلاستيكية الأخرى في خليط البيتومين مثل اللدائن المتكونة من البولي إيثيلين عالي الكثافة (HDPE) والبولي إيثيلين تيريفثاليت (PET) التي تستخدم على نطاق واسع في زجاجات المشروبات الغازية والمواد المختلفة.

المراجع:

1. The man who Paves India's roads with old Plastic *www.theguardian.com* 9/7/2018
2. Recycled Plastic used in Airport Asphalt , *www.road on line .com*,2018
3. ATTA EL SAIKALY ،M.- *Study of possibility to Reuse -waste Plastic as a modifier for Asphalt Mixtures Properties* ،The Islamic university of Gaza،2013،pp50-70.
4. فوز ، فاتن –*تعديل الخلائط البيتومينية الاسفلتية المستخدمة في محافظة اللاذقية بالمطاط المدور من إطارات السيارات*،3.2014، جامعة تشرين.
5. SANGITAI ،I. REENA ،G. VERINDER ،K .- *A Novel Approach to improve road quality by utilizing plastic waste in road construction* ، Journal of Environmental Research And Development، May 13, 2011pp.1036-1042.
6. ALI،T. IQBAL،N. Dr ALI ،M. Dr SHAHZADA ،KH. –*Sustainability Assessment of Bitumen with Polyethylene as Polymer* ، IOSR ،JMCE.1، 2014. pp 3-6.
7. Dr ASlAM . ER SHANAN ،R – *Use of waste Plastic constraction of flexible Pavement* ، India ،Bangalore ، NBMCW February 2009 pp 4-10.
8. المواصفات القياسية لمواد بناء الطرق، الصادرة عن المؤسسة العامة للمواصلات الطرقية، سورية، دمشق 2002، مطابقة المواد المستخدمة.
9. دكتور عاصي، مروان– *كتاب الطرق 2*، 2003 ، جامعة حلب.
10. NEMADE، SH. THORAT، P- *Utilization of Polymer waste for Modification of Bitumen in Road Construction* ،SRCC ، INDIA ، 10.10.2013 ،PP204-212.
11. Plastic Roads head for Us *www.day24* .uk.com 23/8/2018