بلاطات و تكسيات الحوائط المطاطية : مقترح للحد من أزمة تراكم إطارات السيارات المستهلكة و إعادة تدويرها

Rubber wall tiles and claddings: A proposal for recycling & reducing of used car tires accumulation crisis

أ.م.د محمد محى الدين محمود
أستاذ مساعد بقسم التصميم الصناعى- كلية الفنون التطبيقية جامعة بنى سويف
Assist.Prof.Dr.Mohamed Moheyeldin Mahmoud
Assistant Professor, Department of Industrial Design, Faculty of Applied Arts, Beni Suef University
mo7eyeldinmo7amed@hotmail.com

الملخص

ضمن مشروعات مادتى تصميم النظم و تصميم العينة الأولى المقررتان على طالبات و طلاب الفرقة الثالثة بكلية الفنون التطبيقية جامعة بنى سويف قسم التصميم الصناعى ، و كأحد المشروعات التى تهدف لخدمة المجتمع و تسعى إلى تخفيض البصمة الكربونية و تحسين كفاءة إستخدام الموارد و المواد الخام و الطاقة ، و على ضوء ما أوضحته بعض الدراسات النظرية الأولية التى قام بها فريق من أربعة طالبات بمعاونة و تحت إشراف الباحث بوصفه القائم على تدريس هذا المقرر ، من تزايد ملحوظ فى أعداد و كميات إطارات السيارات المستهلكة و الناتجة عن الزيادة الكبيرة فى أعداد السيارات ، و فى ظل عدم وجود بيانات إحصائية رسمية دقيقة عن كمية الإطارات المستهلكة المنتجة سنوياً فى العديد من المناطق الأمر الذى يشكل خطراً و تهديداً صريحاً على البيئة لإحتواء تلك الإطارات على خليط من مواد كيميائية سامة تضاف لتلك الإطارات بهدف زيادة كفاءتها و تحسين متانتها مثل الكادميوم و الرصاص و السلينيوم و الزنك و الكروم ، و التى تتسرب إلى التربة و منها إلى المياة الجوفية فى صورة مركبات سائلة مؤدية إلى تلوثها بمواد حمضية تلحق أضراراً بحياة كل من الإنسان و الحيوان و النبات أو فى صورة إنبعاثات من الغازات السامة مثل أكاسيد الكبريت و الكربون و الرصاص عند تعرضها للحرق ، و هو ما دفع بالفريق إلى التفكير فى مدى إمكانية إعادة التدوير الآمن لإطارات السيارات المستهلكة و الإستفادة منها لتلبية إحتياجات السوق للعديد من المنتجات و المكونات و قطع الغيار خاصة فى ظل الإتساع العالمى المتزايد لسوق إعادة تدوير الإطارات المستهلكة بقيمة بلغت حوالى 5.67 بليون دولار أمريكى خلال عام ٢٠٢٣ و توقعات بالوصول إلى حوالى 7.71 بليون دولار أمريكى فى ٢٠٣٣ و عليه قام الفريق البحثي بزيارة ميدانية إلي مصنع مارسو للمطاط ، الكائن بالمنطقة الصناعية بالعاشر من رمضان بمحافظة الشرقية للتعرف على مراحل إعادة تدوير إطارات السيارات بداية من عملية نقلها من مناطق جمعها و تركزها فى عدد من القرى و المناطق بمحافظة الغربية مثل قرية ميت حارون و حتى الوصول إلى حبيبات المطاط التى يتم إستخدام البعض منها فى ملاعب النجيل الصناعي ، فيما يتم نقل الباقى إلى العجانات ليتم عجنه مع بعض المواد الكيميائية و المواد اللاصقة و من ثم تصنيع العديد من الأجزاء المطاطية و المنتجات . كما قام الفريق بتصميم و تنفيذ عدد من قوالب السيليكون لأحد الأشكال و التصميمات المقترحة لبلاطة عازلة للصوت تستخدم في التكسيات الأرضية و الجدارية للغرف مع تنفيذ عدد من تلك البلاطات من حبيبات من المطاط المفروم بنسبة ١:٢ تم إستخدامها لتبطين نموذج مصغر لإحدى الغرف مع إمكانية إستخدام الأكاسيد و الصبغات الملونة مع حبيبات المطاط لإنتاج بلاطات ذات تصميمات أكثر إبداعية و تنوعاً بحسب الحاجة أو عند الطلب . كذلك فإنه قد تم التأكد من قدرة

العينة على إمتصاص و تخفيض الصوت خلال تجربة عملية تم إجراؤها بمعامل المعهد القومى للقياس و المعايرة N I S بالقاهرة على عينة من البلاطات المنتجة بواسطة جهاز Two Microphone Impedance Tube .

Abstract

Within the projects of the Systems Design and First Sample Design subjects assigned to third-year students at the Faculty of Applied Arts, Beni Suef University, Department of Industrial Design, and as one of the projects that aim to serve the community and seek to reduce the carbon footprint and improve the efficiency of using resources, raw materials and energy, and in light of what some preliminary theoretical studies conducted by a team of four students with the assistance and under the supervision of the researcher as the one teaching this course have shown, of a noticeable increase in the numbers and quantities of used car tires, the research team made a field visit to the Marso Rubber Factory, to learn about the stages of recycling car tires, starting from the process of transporting them until reaching the rubber granules, some of which are used in artificial turf fields, while the rest are transferred to the kneaders to manufacture many rubber parts and products. The team also designed and implemented a number of silicone molds for one of the proposed shapes and designs for a sound-insulating tile used in floor and wall cladding for rooms, with the implementation of a number of those tiles from 1:2 shredded rubber granules that were used to line a miniature model of one of the rooms, with the possibility of using colored oxides with rubber granules to produce tiles with more creative and diverse designs according to need or upon request.

Keywords

Rubber wall tiles and claddings: A proposal for recycling & reducing of used car tires accumulation crisis

مشكلة البحث

مع تزايد أعداد و كميات إطارات السيارات المستهلكة و الناتجة عن الزيادة الكبيرة فى أعداد السيارات ، و فى ظل عدم وجود بيانات إحصائية رسمية دقيقة عن كمية الإطارات المستهلكة المنتجة سنوياً فى العديد من المناطق الأمر الذى يشكل خطراً و تهديداً صريحاً على البيئة لإحتواء تلك الإطارات على خليط من مواد كيميائية سامة تضاف لتلك الإطارات بهدف زيادة كفاءتها و تحسين متانتها مثل الكادميوم و الرصاص و السلينيوم و الزنك و الكروم ، و التى تتسرب إلى التربة و منها إلى المياة الجوفية فى صورة مركبات سائلة مؤدية إلى تلوثها بمواد حمضية تلحق أضراراً بحياة كل من الإنسان و الحيوان و النبات أو فى صورة إنبعاثات من الغازات السامة مثل أكاسيد الكبريت و الكربون و الرصاص عند تعرضها للحرق .

أهمية البحث

فى ظل تزايد الطلب على المكونات و الموارد و المواد الخام ، و التى يتم إستيراد النسبة الغالبة منها ، و مع صعوبة تدبير النقد الأجنبى اللازم لشرائها ، تبرز أهمية هذا البحث فى إستغلال الثروة و الإرث الكبير المتمثل فى الكم الهائل من إطارات السيارات المستهلكة و المتراكمة فى مكبات النفايات على مدار السنوات ، و السعى إلى إستثمارها و إعادة تدويرها بشكل

آمن و فعال لتلبية إحتياجات السوق لعدد من المنتجات و المكونات المختلفة و قطع الغيار ، الأمر الذى من شأنه أن يسهم فى تخفيض الطلب على المواد الخام و يساعد على تحسين كفاءة إستخدام الموارد و الطاقة فى سبيل الوصول إلى التنمية المستدامة .

هدف البحث

على ضوء التزايد الملحوظ فى أعداد السيارات و فى كميات الإطارات المستهلكة التى تنتج عنها و التى تشكل تهديداً صريحاً لكل من البيئة و الصحة العامة فى العديد من البلاد خاصة تلك التى تفتقر لوجود أنظمة فعالة لإعادة التدوير ، يهدف هذا البحث إلى توضيح مدى إمكانية إستغلال حبيبات المطاط من مخرجات عمليات إعادة التدوير الآمن لإطارات السيارات المستهلكة ، لإنتاج بلاطات تكسيات حائطية عازلة للصوت بتصميمات و أشكال جديدة و مبتكرة .

مصطلحات البحث

إعادة التدوير ؛ إطارات السيارات المستهلكة ؛ التنمية المستدامة ؛ Polyurethane (PU) Binder ؛ Sound Dampening تخميد و إمتصاص الصوت

منهج البحث

المنهج الوصفى التحليلى

المنهج التجريبى

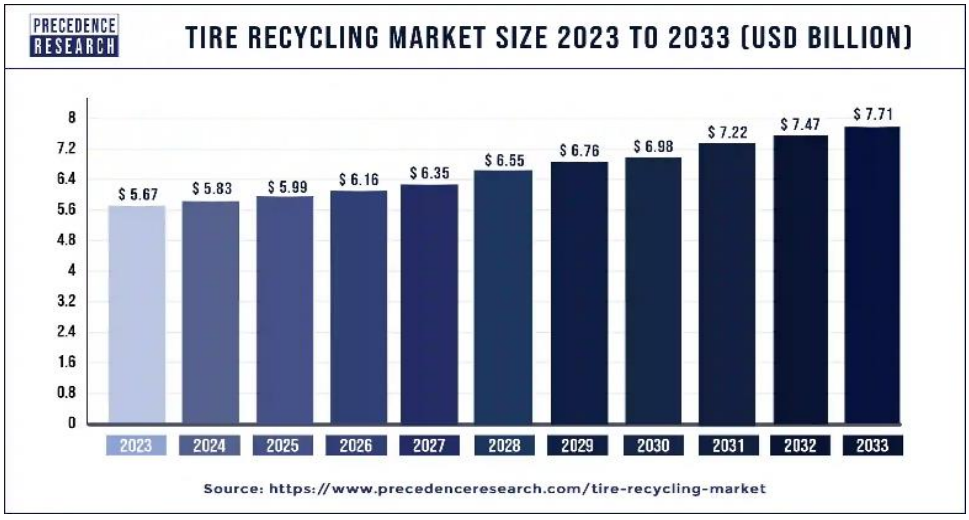
الإطار النظرى للبحث

على ضوء البحث و إستعراض بعض الإحصائيات و الدراسات على شبكة الإنترنت بهدف تجميع بعض البيانات حول موضوع البحث ، و التى أشارت إلى أن إجمالى ما يتم إستهلاله من إطارات السيارات حول العالم يبلغ حوالى مليار إطار سنوياً ، يبلغ نصيب الولايات المتحدة الأمريكية وحدها منها حوالى ٢٠٠ مليون إطار سنوياً ، أما بالنسبة لدول المنطقة العربية فيبلغ نصيب المملكة العربية السعودية من الإطارات المستهلكة سنوياً حوالى ٢٣ مليون إطار ، فى حين تستهلك مصر حوالى ٢٠ مليون إطار سنوياً .

و قد قدرت إحدى الدراسات إلى أنه يجرى التخلص من حوالى ٧٥ % من إجمالى الإطارات المستهلكة بإلقاؤها فى مكبات النفايات أو تعريضها للحرق ، الأمر الذى يشكل تهديداً كبيراً على البيئة لإحتواء تلك الإطارات على خليط من مواد كيميائية سامة تضاف لتلك الإطارات بهدف زيادة كفاءتها و تحسين متانتها ، فتتسرب مركبات سائلة من الكادميوم و الرصاص و السلينيوم و الزنك و الكروم إلى التربة و منها إلى المياة الجوفية مؤدية إلى تلوثها بمواد حمضية تلحق أضراراً بحياة كل من الإنسان و الحيوان و النبات أو فى صورة إنبعاثات من الغازات السامة مثل أكاسيد الكبريت و الكربون و الرصاص عند تعرضها للحرق .

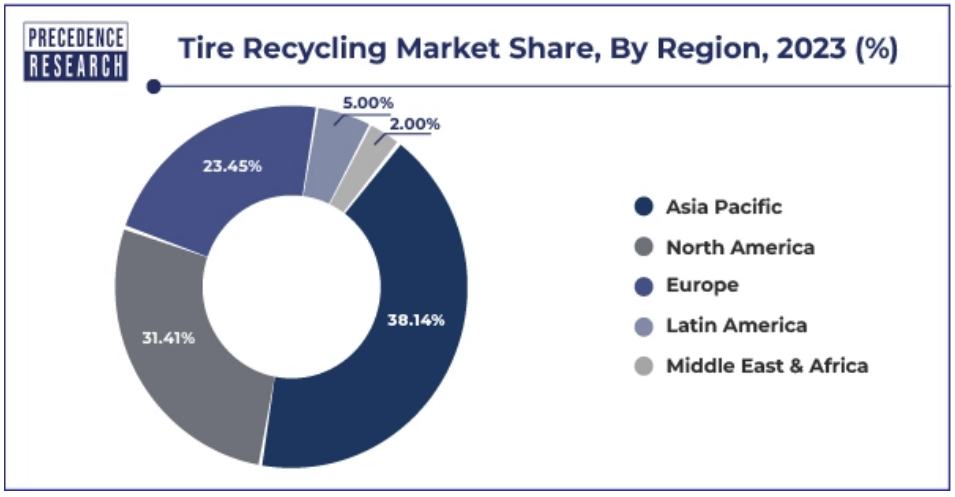
و يبلغ وزن الإطار المستهلك الواحد من إطارات الشاحنات و سيارات النقل حوالى ٦٦ كجم ثلثيه تقريباً من المواد المطاطية ، أما المتبقى من إجمالى وزن الإطار فهو عبارة عن أسلاك معدنية .

يبلغ حجم السوق العالمى لإعادة تدوير إطارات السيارات المستهلكة ما قيمته حوالى 5.67 بليون دولار أمريكى ، و ذلك خلال عام ٢٠٢٣ ، و من المتوقع أن تزيد تلك القيمة خلال السنوات المقبلة لتصل إلى حوالى 7.71 بليون دولار أمريكى خلال عام ٢٠٣٣ بحسب ما أشارت إليه بعض الدراسات العالمية (شكل ١) .



شكل (١) حجم السوق العالمى لإعادة تدوير إطارات السيارات المستهلكة خلال الأعوام ٢٠٢٣-٢٠٢٢

و قد حازت منطقة آسيا و المحيط الهادى على مقعد الصدارة فى سوق إعادة تدوير الإطارات المستهلكة بحصة سوقية تبلغ حوالى ٣٨ % و هو ما تبلغ قيمته حوالى ٢ بليون دولار أمريكى ، و ذلك خلال عام ٢٠٢٣ ، تليها فى ذلك منطقة أمريكا الشمالية بحصة سوقية تبلغ حوالى ٣١ % ، ثم أوروبا بحصة سوقية تبلغ حوالى 23.5 % ، ثم منطقة أمريكا اللاتينية بحصة سوقية تبلغ حوالى ٥ % ، فى حين لا تزيد الحصة السوقية للمنطقة الإفريقية و الشرق الأوسط عن ٢ % فقط (شكل ٢) .



شكل (٢) حجم الحصة السوقية لإعادة تدوير إطارات السيارات المستهلكة بحسب المنطقة

إجراءات البحث

قام الفريق البحثي بزيارة ميدانية إلي مصنع مارسو للمطاط (شكل ٣) ، الكائن بالمنطقة الصناعية بالعاشر من رمضان بمحافظة الشرقية للتعرف على مراحل إعادة تدوير إطارات السيارات بداية من عملية نقلها من مناطق جمعها و تركزها فى عدد من القرى و المناطق بمحافظة الغربية مثل قرية ميت حارون (شكل ٤).

شكل (٣) جانب من الزيارة الميدانية للفريق البحثى إلى مصنع مارسو للمطاط

شكل (٤) جانب من إطارات الشاحنات المستهلكة

تبدأ بعد ذلك عملية نزع الشنبر المعدني Wire Beads عن جانبي الإطارات (شكل ٥) ، ثم تقطع الإطارات طوليا إلي حلقتين (شكل ٦) ثم التقطيع العرضي لكل حلقة إلي نصفين ثم إلى قطع أصغر (شكل ٧) .

شكل (٥) عملية نزع الشنبر المعدنى عن جانبى الإطارات المستهلكة

شكل (٦) عملية التقطيع أو الشق الطولى للإطارات المستهلكة

شكل (٧) عملية تقطيع و فرم قطع الإطارات إلى قطع أصغر

يلي ذلك مرور تلك القطع على عدة مفارم لفرمها إلي قطع صغيره (شكل ٨) ثم تمر تلك القطع على سير ممغنط لجذب الأجزاء المعدنية المتبقية عن سلك الإطارات و فصلها عن المطاط المفروم الذي يمرر بعدة مفارم أخري و غرابيل للتحكم في حجم حبيبات المطاط الناتجة في حين يتم بيع الأجزاء المعدنية و بقايا سلك الإطارات إلي المسابك و مصانع الحديد لصهرها و إعادة تصنيعها في صورة منتجات أخري (شكل ٩) .

شكل (٨) قطع من المطاط المفروم من قلب خط إعادة تدوير الإطارات

شكل (٩) جانب من الأجزاء المعدنية و بقايا سلك الإطارات و الذى تم فصله عن المطاط

بعد ذلك يتم بيع جزء من حبيبات المطاط للإستخدام فى ملاعب النجيل الصناعي أما الجزء المتبقي فيتم نقله إلى العجانات ليتم عجنه مع بعض المواد الكيميائية و المواد اللاصقة و من ثم تصنيع العديد من الأجزاء المطاطية و قطع الغيار Automotive Spare Parts ، ركائز و فواصل الكبارى Elastomeric Bearings & Bridge Joints ، فواصل التمدد Expansion Joints ، دواسات السيارات Rubber Car Mats ، المطبات الصناعية ، حواجز السيارات و الجراجات Parking Supplies و العوازل الكهربية Electrical Insulator Rubber Flooring.... إلخ إما عن طريق خط البثق أو عن طريق خط الكبس و الذي تكبس فيه عجينة المطاط على إسطمبات بحسب الحجم و الشكل و التصميم المطلوب. و تعتبر Polyurethane (PU) Binders من بين أشهر تلك المواد و من أكثرها شيوعاً فى الإستخدام ، إذ تتفاعل فيها الإيزوسيانات Isocyanates مع البوليولات Polyols لإنتاج مادة تتسم بقدرتها الكبيرة على الإلتصاق و المرونة و المقاومة الكيميائية و مقاومة التآكل ، الأمر الذى يجعلها مثالية للإستخدام فى المواد الطلائية أو الكسائية و المواد اللاصقة

i

.

تحليل النتائج

على ضوء ما أشارت إليه عدد من الدراسات العلمية من قدرة الأسطح أو الخامات المرنة مثل المطاط على إمتصاص قدر أكبر من الموجات الصوتية عند التعرض لها تتعدى ٤٠ % ، فى حين يمكن للأسطح الصلبة سواء المعدنية منها أو الزجاجية و كذلك الحوائط الخرسانية إمتصاص حوالى ١٠ % فقط من الموجات الصوتية عند التعرض لها ، قام فريق البحث بتصميم و تنفيذ عدد من قوالب السيليكون لأحد الأشكال و التصميمات المقترحة لبلاطة عازلة للصوت تستخدم في التكسيات الأرضية و الجدارية للغرف (الأشكال ١٠ ، ١١) مع تنفيذ عدد من تلك البلاطات من حبيبات من المطاط المفروم بنسبة ١:٢ (شكل ١٢) تم إستخدامها لتبطين نموذج مصغر لإحدى الغرف مع إمكانية إستخدام الأكاسيد و الصبغات الملونة مع حبيبات المطاط لإنتاج بلاطات ذات تصميمات أكثر إبداعية و تنوعاً بحسب الحاجة أو عند الطلب (شكل ١٣) . كذلك فإنه قد تم التأكد من قدرة العينة على إمتصاص و تخفيض الصوت خلال تجربة عملية تم إجراؤها بمعامل المعهد القومى للقياس و المعايرة N I S بالقاهرة على عينة من البلاطات المنتجة بواسطة جهاز Two Microphone Impedance Tube (شكل ١٤) ، حيث بلغ متوسط قدرة العينة التى يبلغ سمكها ١ سم على إمتصاص الصوت ٤٩ % (شكل ١٥) الأمر الذى يجعلها مناسبة تماماً للإستخدام و تبطين الحوائط الداخلية للقاعات و الفصول الدراسية لتخفيض صدى الصوت و الضوضاء بداخلها و من ثم الإسهام فى زيادة فهم و تحسين القدرة الإستيعابية للطلاب .

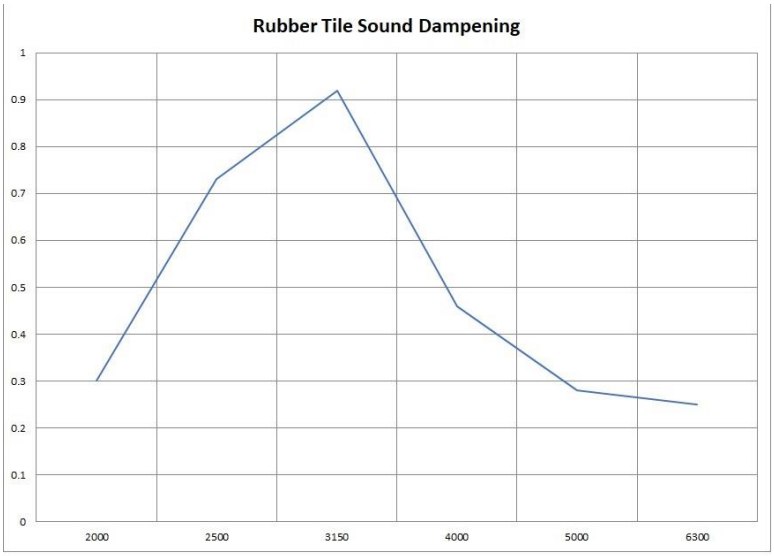
شكل (١٠) القوالب السليكون المنفذة بمعرفة الفريق

شكل (١١) عينة من البلاطات المصغرة المنفذة من حبيبات المطاط باستخدام قوالب السليكون

شكل (١٢) جانب من عمليات الخلط اليدوى لحبيبات المطاط مع مادة ال Polyurethane (PU) لإنتاج عينة البحث

شكل (١٣) مجموعة من العينات و البدائل اللونية المختلفة من تنفيذ الباحث نفسه

شكل (١٤) شكل عام لجهاز Two microphone impedance tube المستخدم لإجراء إختبار إمتصاص الصوت



شكل (١٥) قدرة العينة على إمتصاص الترددات الصوتية المختلفة .

التوصيات

- يوصى البحث بضرورةالعمل على وضع و إيجاد نظام رسمى لجمع الإطارات المستهلكة و يضمن التخلص الآمن منها ، كما يوصى البحث بأهمية وجود بيانات إحصائية رسمية دقيقة عن كمية الإطارات المستهلكة المنتجة عن مصر سنوياً، الأمر الذى من شأنه أن يسهل على الباحثين إستخدام تلك البيانات للوقوف على حقيقة الوضع الراهن و العمل على إيجاد الحلول العملية و الفعالة للتحسين منه .
- كذلك يوصى البحث بأهمية التوسع فى إستخدام بلاطات و تكسيات الحوائط المطاطية المنتجة فى الفصول و القاعات الدراسية خاصة التى يوجد داخلها معدلات كبيرة من الضوضاء أو صدى الصوت لما لتلك البلاطات المطاطية من قدرة فعالة على إمتصاص قدر كبير من الترددات الصوتيةالأمر الذى من شأنه أن يساعد فى وصول المعلومة للطلاب و الدارسين الموجودين بتلك القاعات بشكل أوضح و أقل تشويشاًمما يزيد من القدرة الإستيعابية لهم و يسهم فى تحسين مستواهم و تحصيلهم الدراسى .

المراجع

1. A Preliminary Feasibility Study on Recycling Used Tires Activity, Economic Performance Sector, Central Department of Feasibility Study, General Department of Economic Feasibility Studies, The General Authority of Investment and Free Zones, 2021. https://www.investinegypt.gov.eg/docs/Used%20Tires_Gharbia.PDF
2. Chris Woodford, Soundproofing, explainthatstuff, 2023. https://www.explainthatstuff.com/soundproofing.html?fbclid=IwY2xjawEtw75leHRuA2FlbQIxMAABHV8DirbA6CJ3u8pnuXnMU2TGW9Uf8bjSB7YfUtXsh9MJt3oe4_gOcJxgyA_aem_vucfrMEDnE7nCSzwjVYP-A
3. Nermin Mokhtar Farrag, Use of Waste-Tire Materials in Architectural Application in Egypt, International Journal of ChemTech Research, National Research Center, 2016. (PDF) Use of Waste-Tire Materials in Architectural Application in Egypt (researchgate.net)

4. https://www.precedenceresearch.com/tire-recycling-market#:~:text=The%20global%20tire%20recycling%20market,period%20from%202024%20to%202033.
5. https://www.transparencymarketresearch.com/tire-recycling-downstream-products-market.html
6. https://www.linkedin.com/pulse/pu-binder-fortuneemirates/
7. الإطارات التالفة تهدد سلامة البيئة ، مجلة التقييس الخليجى ، هيئة التقييس لدول مجلس التعاون الخليجى ، مارس ٢٠٢١ .
https://gsomagazine.com/damaged-tires/
8. أين تذهب إطارات السيارات الخردة ؟ ، يناير ٢٠٢٢ .
https://enterprise.press/ar/stories/2022/01/18/%D8%A3%D9%8A%D9%86-%D8%AA%D8%B0%D9%87%D8%A8-%D8%A5%D8%B7%D8%A7%D8%B1%D8%A7%D8%AA-%D8%A7%D9%84%D8%B3%D9%8A%D8%A7%D8%B1%D8%A7%D8%AA-%D8%A7%D9%84%D8%AE%D8%B1%D8%AF%D8%A9%D8%9F-63010/#:~:text=%D8%A7%D9%84%D8%BA%D8%A7%D9%84%D8%A8%D9%8A%D8%A9%20%D8%A7%D9%84%D8%B9%D8%B8%D9%85%D9%89%20%D9%85%D9%86%20%D8%A7%D9%84%D8%A5%D8%B7%D8%A7%D8%B1%D8%A7%D8%AA%20%D9%8A%D8%AC%D8%B1%D9%8A,%D8%B9%D9%85%D9%84%D9%8A%D8%A9%20%D8%AA%D8%B9%D8%B1%D9%81%20%D8%A8%D8%A7%D8%B3%D9%85%20%D8%A7%D9%84%D8%A7%D9%86%D8%AD%D9%84%D8%A7%D9%84%20%D8%A7%D9%84%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D8%B1%D9%8A.
9. زيارة ميدانية لشركة مارسو للمطاط و الأرضيات الكاوتشوك و دواسات السيارات بالمنطقة الصناعية بالعاشر من رمضان بتاريخ ١٩ إبريل ٢٠٢٤ .
10. مقابلة شخصية مع الأستاذ صموئيل مفيد – المدير المالى و الإدارى لشركة مارسو للمطاط .

الدراسات السابقة

- One Nigerian Entrepreneur's Solution for Millions of Old Tires – World Wide Waste – Insider Business, 2023. https://www.businessinsider.com/one-nigerian-aims-to-recycle-millions-of-waste-tires-2023-10
- Nigerian Start up Converts Scrap Tires to Functional Products, GIST NIGERIA, 2021. https://www.youtube.com/watch?v=8kfA9m0BbzI
- مصنع الخليج للمطاط ، العين ، أبو ظبى ، الإمارات العربية المتحدة ، ٢٠١٢.
- مركز تكنولوجيا الإنتاج الأنظف ، تحليل سلسلة القيمة لمخلفات الإطارات بمصر ، ٢٠١٥.
- شهاب الشافعى و آخرون ، ابتكار عمانى فى مجال الإنشاءات صديق للبيئة ، أكتوبر ٢٠١٩
- المبادرة التى قامت بها شركة ابيسكو بدولة الكويت و التى تهدف إلى المحافظة على البيئة و التخلص من النفايات بشكل جذرى و إنقاذ الكويت من الدفن تحت مقبرة الإطارات ، سبتمبر ٢٠٢١
- مدين حلس ، إعادة تدوير إطارات السيارت و الإستفادة منها بمنتجات صديقة للبيئة ، غزة ، فلسطين ، ٢٠٢٣.

[ii] الإطارات التالفة تهدد سلامة البيئة ، مجلة التقييس الخليجى ، هيئة التقييس لدول مجلس التعاون الخليجى ، مارس ٢٠٢١ .
https://gsomagazine.com/damaged-tires/

[i] A Preliminary Feasibility Study on Recycling Used Tires Activity, Economic Performance Sector, Central Department of Feasibility Study, General Department of Economic Feasibility Studies, The General Authority of Investment and Free Zones الهيئة العامة للإستثمار و المناطق الحرة, 2021.

https://www.investinegypt.gov.eg/docs/Used%20Tires_Gharbia.PDF

[i] أين تذهب إطارات السيارات الخردة ؟ ، يناير ٢٠٢٢ .

https://enterprise.press/ar/stories/2022/01/18/%D8%A3%D9%8A%D9%86-%D8%AA%D8%B0%D9%87%D8%A8-%D8%A5%D8%B7%D8%A7%D8%B1%D8%A7%D8%AA-%D8%A7%D9%84%D8%B3%D9%8A%D8%A7%D8%B1%D8%A7%D8%AA-%D8%A7%D9%84%D8%AE%D8%B1%D8%AF%D8%A9%D8%9F-63010/#:~:text=%D8%A7%D9%84%D8%BA%D8%A7%D9%84%D8%A8%D9%8A%D8%A9%20%D8%A7%D9%84%D8%B9%D8%B8%D9%85%D9%89%20%D9%85%D9%86%20%D8%A7%D9%84%D8%A5%D8%B7%D8%A7%D8%B1%D8%A7%D8%AA%20%D9%8A%D8%AC%D8%B1%D9%8A,%D8%B9%D9%85%D9%84%D9%8A%D8%A9%20%D8%AA%D8%B9%D8%B1%D9%81%20%D8%A8%D8%A7%D8%B3%D9%85%20%D8%A7%D9%84%D8%A7%D9%86%D8%AD%D9%84%D8%A7%D9%84%20%D8%A7%D9%84%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D8%B1%D9%8A.

[i] https://www.precedenceresearch.com/tire-recycling-market#:~:text=The%20global%20tire%20recycling%20market,period%20from%202024%20to%202033. [v]

[v] https://www.transparencymarketresearch.com/tire-recycling-downstream-products-market.html

[v]

[v] ibid

[v] https://www.linkedin.com/pulse/pu-binder-fortuneemirates/

[i] Chris Woodford, Soundproofing, explainthatstuff, 2023. [x]

https://www.explainthatstuff.com/soundproofing.html?fbclid=IwY2xjawEtw75leHRuA2FlbQIxMAABHV8DirbA6CJ3u8pnuXnMU2TGW9Uf8bjSB7YfUtXsh9MJt3oe4_gOcJxgyA_aem_vucfrMEDnE7nCSzwjVYP-A

[x] Nermin Mokhtar Farrag, Use of Waste-Tire Materials in Architectural Application in Egypt, International Journal of ChemTech Research, National Research Center, 2016.

(PDF) Use of Waste-Tire Materials in Architectural Application in Egypt (researchgate.net)