Journal of Engineering
Fayoum University
Faculty of Engineering
Vol.1
No.1

إعادة التدوير لرفع كفاءة الراحة الحرارية للفراغات بالمناطق الحـارة

م / رانيا محسن السخاوي — طالبة باحثة في كلية الهندسة بجامعة الفيوم

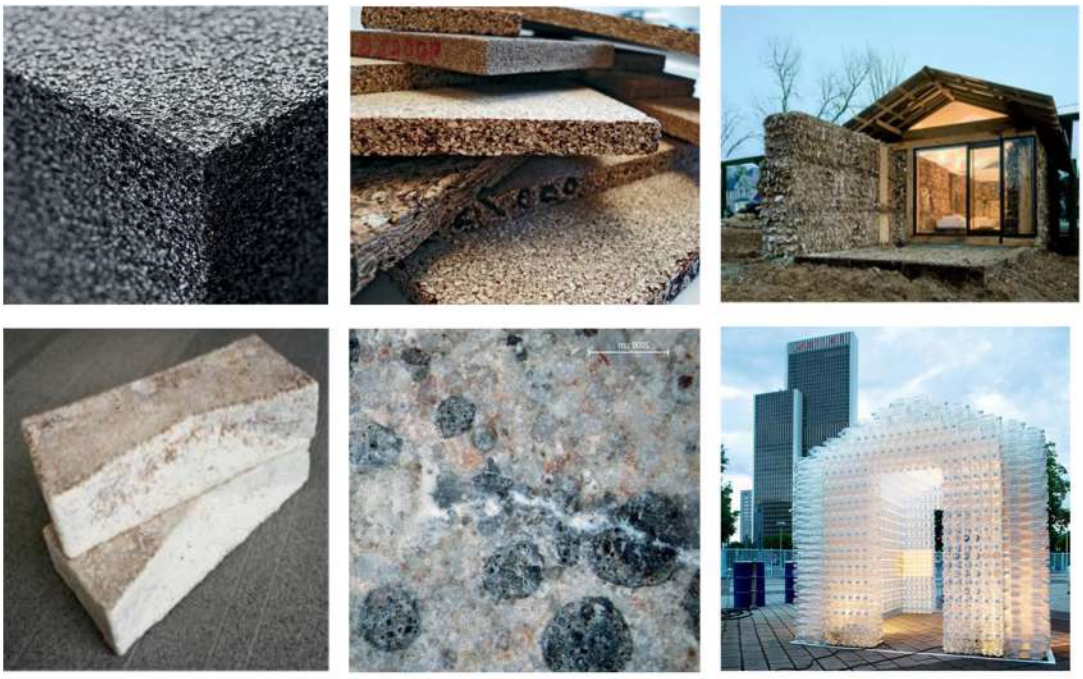
E.Mail : eng.raniaelsakhawy.res@gmail.com

أ.د/ إيهاب محمود عقبة — أستاذ العمارة والتصميم البيئي بجامعة الفيوم

E.Mail : maf00@Fayoum.edu.eg

د/ ممدوح أحمد فرج — مدرس الهندسة المعمارية بجامعة الفيوم

E.Mail : emo00@fayoum.edu.eg



شكل (١) مواد البناء المعاد تدويرها

ملخص البحث:

لا زالت مواد البناء التقليدية والمواد العازلة للحرارة التي تستخدم في ايامنا هذه تستهلك كمية كبيرة من الموارد الغير متجددة لضمان تحقيق الحماية الحرارية للفراغات داخل المبنى في ظل أزمة الطاقة ونضوب مصادرنا الغير متجددة والتي تعتبر من أهم التحديات التي تواجهها العديد من البلدان وخاصة مصر , ومن ثم فإن تشكيل ميل عام لإستبدال تمك المواد بأخرى أكثر إقتصادا معاد تدويره

يمكن أن يساعد في مواجهة تلك التحديات, وقد ظهرت جميعا آثار تلك الأزمة في السنوات القديمة الماضية وانعكاسيا على حياة

الأفراد, ولذلك فإن الإختيار الجيد لمواد البناء ذات خصائص حرارية جيدة يضمن تحقيق مستويات أعمى من الراحة الحرارية وخاصة مع التنبؤات بزيادة درجات الحرارة .

لذلك تهدف هذه الدراسة البحث عن مواد جديدة مستدامة ترفع مستوى كفاءة الراحة وتمثل إعادة التدوير إحدى الوسائل للحصول على مواد بناء مستدامة صديقة للبيئة .

يدرس البحث طرق إعادة التدوير وأشكالو وتصنيف للمواد المعاد تدويرها ودراسة مدى قدرتها على المساهمة في تحقيق الراحة الحرارية وايضا مدى قابليتها للاستخدام في المناطق الحارة, يركز البحث على إعادة التدوير بإعتبارها أحدى سبل الإستدامة والتي يجب أن تكون الخيار الأول لمقائمين عمى قطاع البناء لممسامة في تحقيق مبنى مستدام. وقد تطرق البحث إلى مفهوم جديد وهو

((zero-waste philosophy فمسفة صفر نفايات, بذا النوع من إعادة التدوير يهدف إلى الحفاظ عمى المواد واستعادتها – مرة أخرى بعد إستعمالها وعدم حرقها أو دفنها لإستخدامها مرة أخرى في عمليات البناء.

من خلال دراسة نماذج للمواد المعاد تدويرها وخصائصها تم عمل دراسة تحليلية لطرق إعادة التدوير عن طريق تصنيف النفايات واستنتاج مدى قابلية تلك المواد للاستخدام في المناطق الحارة, مما يفتح المجال أمام القائمين على قطاع البناء للتوجه نحو إستخدام مواد جديدة مستدامة تسهم في تحقيق إستدامة المباني .

١- المقدمة:

في السنوات الحالية ظهر مبدأ المباني الخضراء ودعوته لإستخدام مواد صديقة للبيئة وتقليل إستخدام مصادر الطاقة وخاصة في الدول النامية والمناطق الحارة ، وتمثل الطريقة السالبة لتحقيق الإستدامة الخيار الذي لم يتسع إنتشاره بعد ولايزال متاح ويساهم في تحقيق مستوى أفضل من الراحة الحرارية للفراغ والتي يمكن تحقيقها من خلال المواد المستخدمة في المبنى نفسه بحيث تكون صديقة للبيئة ذات توصيلية حرارية منخفضة في الفراغات السكنية أو الفراغات الإدارية مما يوفر حل مستدام لمشكلة الحرارة الناتجة عن التغير المناخي.

٢- الراحة الحرارية:

عرفت الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة والتبريد وتكيف الهواء(ASHRAE) standard 55 الراحة اللحرارية بأنها "تلك الحالة العقلية التي تعبر عن الرضا عن البيئة الحرارية " متضمنا بذلك قدرة شاغلي المبنى على التأقم الحراري من الناحية الفسيولوجية والنفسية والسلوكية[1].

تتأثر الراحة الحرارية بعدة عوامل بيئية مثل درجة الحرارة، الإشعاع الحراري ،الرطوبة، حركة الهواء ، النشاط البشري

والملابس [٢]، بالإضافة إلى عوامل شخصية أخرى مثل الحالة الصحية، التأقلم، التوقعات وحتى الحصول على الطعام والشراب[٣].

زيادة درجة حرارة البيئة الداخلية للمبنى تؤدي إلى مجموعة من الأعراض المرتبطة بالحرارة مثل التعرق الشديد، الضعف، الجفاف خلال التعرق، إنخفاض ضغط الدم، نقص في كمية الملح في جسم الإنسان ينتج عنه ألم حاد في العضلات أو تشنجات، الإغماء، إنخفاض القدرة العقلية ويمكن أن تصل إلى الموت[٤]، ومما يؤثر ايضا عبء العمل الإضافي والإشعاع الحراري وإرتداء الملابس الغير منفذة [٥].

لقد سجلت الولايات المتحدة ٩٩ حالة وفاه في الفترة ما بين ٢٠٠٨ إلى ٢٠١٠ نتيجة الضغط العصبي الناتج عن إرتفاع درجة الحرارة والتي سجلها مكتب إحصاءات العمل (BLS) أما أعراض عدم الإحساس بالراحة الحرارية يتضمن الإحساس بالعطش والتعب ونقص التيقظ والتتبع البصري وتأخر وقت الإستجابة والتتبع البصري والذاكرة قصيرة المدى والتميز السمعي.[٦]

في سياق التغير المناخي والتوقعات التي أجراها الفريق الحكومي الدولي (IPCC) على التغير المناخي فإنه يجب التخطيط المبكر لحماية شاغلي المباني من أخطار إرتفاع درجة الحرارة ووضع التدابير الوقائية هي أحد الأستراتيجيات التي نحتاجها لهذه المرحلة ."التحكم الهندسي لابد أن يكون الأختيار الأول لتقليل أو القضاء على مثل هذه المخاطر" هذا ما طرحته The HSE عام ٢٠٠٥[٧]، فيجب الإختيار مواد البناء الفعالة وتطبيقها بشكل مناسب في مرحلة التصميم (بعيدا عن محددات الموقع و توجيه المبنى) وإلا سيكون التعامل معه مكلف في مرحلة لاحقة.

للإستفادة من هذه المواد في المباني لابد من مراجعة خصائصها مثل الحرارة النوعية، التوصيلية الحرارية، النفاذية، معاملات النقل الحراري (للحمل الحراري والأسطح الأشعاعية) للتأكد من آدائها الحراري وخصائص الأحمال لغلاف المبنى. يركز الإستعراض التالي على التوصيلية الحرارية كعامل مؤثر لرفع كفاءة الراحة الحرارية.

٢-١ التوصيلية الحرارية كعامل مؤثر على الراحة الحرارية:

يتم نقل الحرارة بسبب محاولة المادة لتحقيق التوازن الحراري مع محيطه. يستمر التدفق حتى تصل المادة إلى توازن درجة الحرارة. يحدث نقل الحرارة من خلال ثلاث آليات يمكن أن تعمل إما بمفردها أو مجتمعة؛ التوصيل، الحمل الحراري والإشعاع[٨].يركز البحث على التوصيلية الحرارية بإعتبارها أهم عامل لنقل الحرارة وبالتالي تؤثر على تحقيق الراحة الحرارية.

التوصيلية الحرارية هي خاصية للمادة تشير إلى قدرتها على نقل الحرارة [٩]، وهي معدل تدفق الحرارة – وهو عامل يتم تحديده من خلال قدرة الجزيئات داخل مادة لنقل الحرارة[١٠]وبالنسبة للمبنى فإن إنتقال الحرارة من خارج المبنى لداخله يحدث في الغالب من خلال غلاف المبنى[١١]، والحرارة المفرطة التي تنتقل من السقف لداخل المبنى هي أحد الأسباب الرئيسية للإحساس بعدم الراحة الحرارية في الظروف المناخية الحارة الرطبة [١٢]. لذلك لابد من الإختيار الجيد لمواد البناء التي تدعم تحقيق الراحة الحرارية، المواد ذات التوصيلية الحرارية للحرارة مثل الرخام يجب تجنبها في أغلفة المباني وإستبدالها بمواد ذات توصيلية حرارية منخفضة[١٣].

في السنوات الحالية حدث كثير من التقدم والإبتكارات التكنولوجية في مواد البناء مما اتاح الفرصة لإستخدامها في المناطق الحارة لتحقيق الراحة الحرارية [١٤]ومن أوجه ذلك **إعادة تدوير المواد** لإنتاج مواد بناء جديدة بخصائص جيدة تساهم في تحقيق الراحة الحرارية وبمنطلق الإستدامة وحفظ حق الأجيال القادمة من الموارد.

٣-إعادة التدوير:

في أيامنا هذه أصبح التوجه للعمارة الخضراء له الأولوية في مجتمعاتنا، وتأتي المباني المستدامة والتصميم في طليعة هذه الثورة الخضراء، وبالرغم من تركيز المصممين على نظم التصميم السالب بدأ في الظهور إستخدام المواد المعاد تدويرها بإعتبارها طريقة مبتكرة وفعالة وتمثل تعبيرا فنيا عن التصميم المستدام.

إن إعادة إستخدام مواد من نفس الموقع أو موقع مجاور مثل الأشجار والهياكل الإنشائية والأرضيات أصبح توجه للمباني البيئية.

التحضر والوضع المالي لمختلف المجتمعات يمكنه أن يحدد نوعية النفايات المتولدة ، فكلما زاد الثراء الناس وإتجهوا نحو التكتلات الحضرية كلما زادت نسبة المواد الغير عضوية في مخلفاتهم، وعلى النقيض في المناطق الريفية التي لاتزال تحتوي نسبة النفايات فيها على السماد والمكونات البيلوجية بنسبة تصل إلى ٨٥% [١٥].

إن تصنيف النفايات هي أولى خطوات التعامل معها ، وفيما يلي تصنيف لمواد البناء على خمس أشكال:

- مكثف
- معاد تشكيله
- متحول
- مصمم
- مزروع

هذه الأساليب تستخدم تقنية بسيطة (low-tech) يمكن تطبيقها بشكل واسع وتتطلب الحد الأدنى من الطاقة لإنتاجها عدا التحويل الذي يحتاج لتكنولوجيا عالية نسبيا.

منذ أن اصبحت النفايات تحدي عالمي أصبح التكثيف حلا عمليا للمناطق النامية والمتقدمة على حد سواء ويمثل خيارا قابلا للتطبيق بالإعتماد على المواد المحلية وتجنبا لإستيراد المواد اللازمة للبناء من الخارج، وتفتح المجال لإستخدام المورد الأكبر للبلاد ألا وهو المورد البشري، الناس وقوة عقولهم.

أصبحت عمليات إعادة التدوير واسعة الإنتشار في صناعة البناء ومجالات أخرى نتيجة للتسويق لهذه المواد وفوائدها من توفير الموارد. على أي حال يجب تقييم هذه العملية بعناية لأن التسويق يبدو أحيانا أكثر أهمية من الدليل العلمي[١٦].

٣-١-إعادة التدوير كهدف أخلاقي(فلسفة صفر – نفايات) : zero-waste philosophy

تم تعريف فلسفة (صفر – نفايات) من قبل *Zero Waste International Alliance in 2004* حيث عرفها بأنه هدف أخلاقي إجتماعي فعال يحمل رؤية لإرشاد الناس لتغير نمط حياتهم وممارساتهم لمحاكاة دور الطبيعة المستدامة حيث تصمم المواد المهملة لتصبح مصدرا معدا لإستخدام الآخرين.

(صفر – نفايات) تعني تصميم وإدارة المنتجات والعمليات الممنهجة لتجنب وإزالة سمية النفايات والحفاظ على المواد وإستعادتها وعدم حرقها أو دفنها. ويعني أيضا القضاء على جميع التسريبات التي تصل للأرض او الماء أو الهواء و تهدد الإنسان أو الحيوان أو صحة الكوكب [١٧] .

هذا التعريف يضع المنتج والمستهلك في دور المسؤلية الفعالة من الناحية الأخلاقية لإعادة تدوير النفايات كمورد وذلك لتفادي إنتاج النفايات بناء على نمط حياه غير مستدام.

شكل (٢) مشروع إسكان تجريبي لطلبة جامعة أوبورن (Auburn University) بالولايات المتحدة الأمريكية [٢٠] نتيجة للإحتكاك الناتج عن إرتفاع الوزن و خشونة السطح فليست هناك حاجة لدعم إضافي أي تعزيزات.

بتقديم هذه الرؤى الجديدة يمكن للمفكرين والمصممين رؤية النفايات على أنها موردا لا يصدق لإنتاج سلع جديدة، هذا الإطار الشمولي يقوم بدمج المبادي الايكلوجية والصناعية والإجتماعية والإقتصادية بهدف خلق نظام فعال للوصول لمجتمع متفهما لفكرة التعامل مع النفايات كفرص [١٨].

٣-٢- **التكثيف** "Densified Waste Materials":

هو الطريق الأكثر وضوحا ومباشرة لمعالجة النفايات ، حيث تقوم شركات إعادة التدوير بوضع تلك المواد في قالب ويتم الضغط عليه ليتحول إلى بالات ثم يتم ربطه للحفاظ عليه من التحلل، وهناك طريقة أخرى وهي ضغط المواد لقوالب صغيرة منتظمة الشكل ولكن بكثافة أعلى بكثير مقارنة بالمادة قبل العملية، وفي كلا الحالتين تبقى المادة الأصلية دون تغيير من حيث التركيب الكيميائي. وعليه فيمكن أن ينظر إلى عملية التكثيف بأنها عملية تخزين مؤقت لعناصر البناء للمستقبل، فالقش يمكن ان يتحلل والزجاجات يمكن إعادة إستخدامها أو إعادة تشكيلها لذلك فهذه العملية طويلة الأجل ما لم يتم خلط المواد الأصلية بمواد أخرى أو لصقها أو تغييرها بأي شكل آخر، يمكن تصنيف هذه المواد وإعادة تدويرها مرة أخرى بعد استخدامها كمنتج مكثف .

تحتاج تلك المواد إلى عزل للمياه بطريقة أو بأخرى ، فلا يجب أن تصل الماء أو الرطوبة إلى مواد البناء خلال أو بعد التنفيذ ، كما أنها تحتاج إلى تصميم خاص لتقوم بوظيفتها جيدا[١٩].

٣-٢-١- تأثير التكثيف على الراحة الحرارية:

الكثير من المنتجات المكثفة تشترك في خاصية معينة وهي العزل الإستثنائي للحرارة والصوت وذلك نتيجة للإنضغاط الشديد الذي أزال الهواء من بين طبقاتها مما ينتج ايضا مقاومة عالية للحريق بالرغم من أنها في حالتها العادية تكون قابلة للإشتعال بسهولة.

تمثل **بالات القش المنضغطة** مثال لذلك فالقش مادة مقاومة للحرارة وتبعا ل Oak Ridge National Laboratory فإن قيمة مقاومته الحرارية تتراوح بين 6.51 إلى 7.85 w/m2 لبالة من القش بسمك ٥٥ سم[٢١]، معامل إنتقال حراري من 0.2 W/m2K إلى0.15 W/m2K حسب عرض البالة[٢٢]، وقد تبعا ل Steven Goodhewa , Richard Griffithsb فإن التوصيلية الحرارية Thermal conductivity لبالة القش Straw bale تساوي 0.667 w/mk وكثافتها 60 kg/m3 Density وحرارتها النوعيةSpecific heat capacity 600 J/kg[٢٣]. وتشير الدراسات إلى أن بالات القش لديها آداء حراري أفضل من

مواد أخرى تستخدم في الحوائط في المناطق المدارية، لكن لديها عيوب وهي إنخفاض كثافتها مما يؤثر على قدرتها لتخزين الحرارة، وأيضا إنخفاض قدرتها التحميلية مما يجعلها غير صالحة للمباني العالية [٢٤].

فقد تم عمل نموذج تجريبي لمشروع إسكان عام ٢٠٠١ في حرم جامعة أوبورن لإستكشاف هذه المادة في قطاع البناء، فقد اقنعت القدرات والإمكانيات الحرارية و قيم العزل المصممين لإستخدام بالات الورق المقوى لإستخدامه كإحتمال غير تقليدي لعنصر بناء.

تسنخدم هذه البالات كأساس للمبنى وكجدار هيكلي ، ونتيجة للإحتكاك الناتج عن الوزن المرتفع خشونة سطح لكل بالة فلا تحتاج لمزيد من الدعم أو التعزيزات . الفجوات بين البلات يتم غلقها بخليط من الأسمنت البورتلاندي والتربة ورقاقات من الورق المقوى[٢٥].

٣-٣- إعادة تشكيل المواد RECONFIGURED: WASTE MATERIAL

تمثل نوعا آخرا لإعادة التدوير وتعني ترتيب العناصر في شكل معين أو مزجها مع بعضها لآداء وظيفة معينة ، تشمل جميع المنتجات حيث يتم ترتيب مكوناتها قبل تحويلها لعنصر بناء جديد. الكسر أو النشر أو الطحن هي بعض أشكال القوة الميكانيكية المستخدمة لتغير التكوين الأصلي للمادة التي تم الإستغناء عنها ، ينتج عن ذلك قالب أو رقائق أو خيوط أو ألياف تتم معالجتها بعد ذلك عادة بخلطها مع مكونات أخرى سواء كانت عضوية أو غير عضوية أو مواد لاصقة معدنية .

على الرغم من أن النفايات المعاد تشكيلها تعتمد على عمليات مماثلة لتكثيف المخلفات فإن عمليات إعادة التشكيل تضيف خصائص جديدة للمادة وتمكن من تغير شكلها إعتمادا على التصور المطلوب لعناصر البناء، تسمح هذه العملية بالتحكم في الوزن و الكثافة و التنسيق و الناحية الجمالية للمنتج[٢٦].

ربما تدمر عمليات الطحن التي تتم للمواد بعض صفات المادة الأصلية فعلى سبيل المثال مخلفات الخشب يمكن أن تكون نشارة خشب بقدارات محدودة في الإستعمال أو أن يتم إعادة تشكيلها كرقائق يعطيها آداء ميكانيكي عال حسب أتجاه الألياف في الرقاقة.

تستخدم قشور الأرز وقشور البندق وقشور القمح والشعير والذرة التي تمثل مصادر سنوية طبيعية في تصنيع ألواح مركبة تستخدم في تطبيقات متعددة وتعرف باسم **Agricultural Waste Panels**، تمثل تلك المواد الخام مصدر متاح ومستدام ورخيص لصناعة الأثاث والبناء مما له من مميزات إقتصادية وإجتماعية وثقافية للبلد المنتجه كما تستخدم هذه المخلفات في تصنيع ألواح للعزل أو للبناء بإستخدام تكنولوجيا متطور أو طرق تقليدية حسب إمكانيات البلد المضيف.

شكل (٣) ألواح عزل من المخلفات الزراعية

في التكنولوجيا المنخفضة يتم ترك المواد الخام على طبيعتها من ناحية الحالة والحجم بعد الحصاد أما في حالة إستخدام التكنولوجيا المتطورة فيتم طحن تلك المخلفات للوصول للحجم اللازم لتصنيع الألواح، هذه التكنولوجيا بطبيعة الحال تتطلب المزيد من الطاقة لتحويل المواد الخام إلى ألياف.

تتطلب طريقة التصنيع خلط المواد الخام بمادة لاصقة ثم يليه مرحلة وضع هذا الخليط في قوالب ثم بالضغط والتسخين تنتج اللوحات.

يمكن إستخدام لاصقة صناعية خالية من الفورمالدهيد لتصنيع مثل هذه اللوحات وأيضا يمكن إستخدام لاصقة طبيعية من لحاء الشجر وقد أستخدمت بنجاح لإنتاج هذه اللوحات.

٣-٣-١- تأثير إعادة تشكيل المواد على الراحة الحرارية:

إن خلط مواد مختلفة من النفايات ومواد ليست من النفايات هي طريقة شائعة لإنتاج منتجات جديدة، فالجمع بين المواد يزيد من خصائص الآداء لديها والكفاءة والنواحي المالية والبيئية أكثر من كون المادة منفردة[٢٧]. وعليه فيمكن التركيز على الخصائص الحرارية للمواد الجديدة ورفع كفاءتها.

نجح **Agricultural Waste Panels** كتطبيق لإعادة تشكيل المواد في تحقيق خصائص جيدة حراريا حيث تتميز بمقاومة حرارية $0.044–0.051\ W/m^2K$ للوح أبعاده 700mmx500mm لعينة أجرتها Berne University of Applied sciences بسويزر لاند Switzerland شكل(٢).

يمكن توظيف هذه المنتجات في مجالات عديدة مثل تلك اللوحات وتكون بأسعار معقولة تصلح لمشاريع الإسكان الإجتماعي في البلدان النامية، وأيضا تمثلا حلا للتوقف عن إزالة الغابات في البلدان التي تمتلك ساحات واسعة من الغابات.

٣-٤- مواد المخلفات المتحولة TRANSFORMED WASTE MATERIALS:

بجانب التكثيف وعمليات إعادة التشكيل هناك طريقة ثالثة تستخدم في إنتاج عناصر البناء من النفايات من خلال تحويل حالة جزيئات تلك النفايات وهي مواد المخلفات المتحولة TRANSFORMED WASTE MATERIALS. هذه العمية تحول النفايات لحالة جديدة في شكل مختلف في التركيب والوظيفة حيث تفقد خصائصها الأصلية بالكامل، حيث يتم بدمج مواد أخرى أو أشكال أخرى من الطاقة المحيطة، وتكون عادة من صنع الإنسان في شكل قوة ضغط.

الفائدة الرئيسية لهذه الطريقة هي تحويل المواد الخطرة إلى مواد جديدة بدون أي أوجه ضرر على الصحة والبيئة.

يمثل **Foamglas T4+** أحد تلك المنتجات المعاد تشكيلها وهو زجاج خلوي ينتمي إلى المجموعة الكبيرة للزجاج المعاد تدويره وهي مادة مرنة تتكون من خلايا زجاجية مغلقة بإحكام وكل في حد ذاته عنصر عازل، يمكن إعادة تدوير الزجاج دون أن يفقد الكفاءة ويمكنه الدخول في تطبيقات متنوعة وأشكال عديدة تصلح لقطاع البناء.

تتكون تلك المادة العازلة في المقام الاول من زجاج معاد تدويره وبعض المواد الخام الطبيعية مثل الرمل،الدولوميت،الجير وأكسيد الحديد وهي مصادر غير محدودة. يمكن الحصول على الزجاج من السيارات المعيبة أو الشبابيك.

شكل (٤) مادة **Foamglas T4+** مصنوعة من زجاج معاد تدوير بنسبة ٦٠%

يتم خلط الزجاج مع كمية قليلة من الكربون ويوضع في قوالب من الصلب القوي ثم يمر بالفرن حيث ينتج مسحوق الفوم الزجاجي **Foamglas T4+**.

٣-٤-١- تأثير عماية التحويل على الخصائص الحرارية للمادة:

تتميز عملية التحويل بتغيير خصائص المواد الاصلية الداخلة فيها حيث تفقدها بالكامل وتنشأ خصائص جديدة للمادة المنتجة، فالزجاج في حالته العادية له توصيلية حرارية **0.8W/mK**[٢٨] لكن عندما يعاد تدويره ويتحول إلى **Foamglas T4+** يكتسب خصائص حرارية جيدة عازلة حيث أن له توصيلية حرارية الحرارية 0.043 W/m2K عند درجة حرارة 24° C وتكون 0.041 W/m2K عند درجة حرارة 10 ° C حسب المصنع ببلجيكا Pittsburgh Europe NV Corning.

Foamglas T4+ مادة تتميز بالتحمل فوق العادي للضغط ومقاومة الماء ولها قيمة عزل عالية ولا تحتوي على أي مادة وقودية ضارة بالأوزون حيث أن المادة الخام الداخلة فيها مصنوعة من مواد معدنية آمنة بيئيا يمكن إستخدامها لحماية الحوائط الحاملة أو الواجهات وعناصر عزل الأسطح والبلكونات وأماكن الجراج وتصلح كعازل للحائط داخليا وللأرضيات حتى تحت ظروف الرطوبة القاسية. في نهاية عمرها الإفتراضي يمكن إعادة إستخدامها كحجر مفتت للرصف اوكمادة مالئة كالعازل الصوتي للحوائط.

٣-٥- المواد المصممة DESIGNED WAST MATERIALS :

فكرة مستقبلية لإعادة التدوير تدعو لتصميم المنتجات بحيث لا تذهب كمخلفات بعد الإستعمال الأول لها بل تدخل في دورة من إعادة التدوير بمجرد إكمال الجزء الأول من دورة حياتها دون إن يطرأ عليها تغيير مثل التكثيف أو التحويل أو إعادة التشكيل بل تحافظ على شكلها الأصلي ومكوناتها في حين أن وظيفتها قد تتغير كليا في المرحلة الثانية من دورة حياتها.

مما حث على هذا النهج هو أنه عند القيام بعملية إعادة التدوير عند إجتماع مادة مع أخرى تقل جودة المادة وخير مثال على ذلك صناعة الصلب فبالرغم من حقيقة أن الصلب يمكن أن يذاب مرة أخرى بسهولة ويعاد تشكيله فإن هذه العملية دائما تؤدي إلى فقدان قيمة وجودة المنتج، فتصميم منتجات الصلب دائما ما يتضمن الطلاء والبلاستيك والنحاس وغيرها من المكونات التي يستحيل فصلها مع التكنولوجيا الحالية المطبقة على نطاق واسع من صناعة المخلفات وكلما تكررت تلك الدورة أكثر فأكثر كلما قلت جودة الناتج عن المنتج الأصلي.

وضع McDonough and Braungart جدلية أن نوعية المخلفات هي العامل الأكثر أهمية عند النظر لإستراتيجيات إعادة التدوير، فإعادة تدوير المواد لإنتاج منتجات جديدة يمكن أن يكون مضلل على الرغم من النوايا الحسنة، فعلى سبيل المثال يمكن للأشخاص الذين يشترون ملابس مصنوعة من الالياف البلاستيك المعاد تدويره من باب الحفاظ على البيئة أن يتضرروا من ذلك لأن الألياف تحتوي على السموم مثل الأنتيمون والمخلفات الحفازة ومثبتات الأشعة فوق البنفسجية والملدنات ومضادات الأكسدة التي لم تكن مصممة لتكون بجانب جلد الإنسان.[٢٩]

عند التفكير في بديل للطوب مصنوع من مخلفات معاد تدويرها فإن أول ما يبدر للذهن هي الزجاجات مع وجود نية أنه بمجرد أن تفرغ يمكن إستخدامها كعنصر بناء بعد ملأها مرة أخرى بمادة مالئة.

فالزجاجات الفارغة واحدة من أكبر موارد النفايات في جميع أنحاء العالم. يوجد٥٠ مليار لتر من الزجاجات البلاستيكية تباع حاليا في أوروبا وحدها كل عام [٣٠]. في العقدين الماضيين إرتفعت معدلات إعادة التدوير في أوروبا بشكل كبير في حين لا تزال الأرقام مخيبة للآمال، عموما فإن غالبية الزجاجات لا تعود لعملية إعادة التدوير خاصة في المناطق النامية وعادة ما ينتهي بها المطاف كنفايات خاصة لعدم وجود آليات إعادة التدوير.

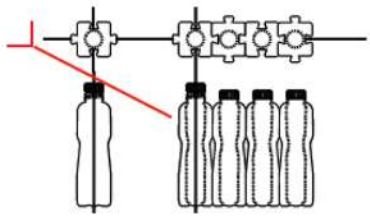
٣-٥-١- تأثير الزجاجات البلاستيكية المعاد تدويرها على الراحة الحرارية:

نتيجة لإنخفاض التوصيلية الحرارية والكهربية للزجاجات البلاستيكية فإنها شائعة الإستخدام للإستعمالات التي تتطلب عزل ومقاومة عالية للتآكل وإنخفاض معدلات التدهور وكونها دائمة ومنخفضة التكاليف [٣١]، وقد توقع Saxena & Singh

أنه بإستخدام زجاجات PET كمادة معاد تدويرها للبناء يمكن تحقيق الراحة الحرارية[٣٢].

على المستوى المحلي قد أثبتت دراسة تم إجرائها بدعم والأكاديمية العربية للعلوم والتكنولوجيا، والنقل البحري في الإسكندرية أن إستخدام الزجاجات البلاستيكية المملؤة بالرمال كمادة بناء تحقق thermal time lag بمتوسط ٨.١٥ ساعات حيث أن التوصيلية الحرارية للرمل (k) W/m K 0.15 وللبلاستيك PET بمعدل 0.15-0.4 W/m K[٣٣].

على المستوى العالمي تقترح UNITED BOTTLE أن تقدم إسترتيجية تصميم تسمح للزجاجات البلاستيكية العادية بأن تستخدم كعنصر بناء، فالتصميم يعد الزجاجة للإستخدام الثاني لها دون عارض مع وظيفتها الأولى، حيث يسمح هذا التصميم للزجاجة الواحدة أن تتصل بأربع زجاجات أخرى مما يسمح ببناء جدار لا نهاية له دون إستخدام أي أدوات لصق.التوصيلية الحرارية للبلاستيك 0.03 W/mK عند درجة حرارة 25° C [٣٤].



شكل(٦)
للزجاجات متصلة
معا

يمكن ملء هذه الزجاجات بمواد مثل الصوف أو البلاستيك أو الشعر أو ورق أو منسوجات مما يزيد من خصائصها الحرارية

أو الصوتية أو الجمالية كما يعطيها وزن وثبات[٣٥]. حتى الآن فإن UNITED BOTTLE متوفرة فقط في شحنات صغيرة ومعظمها تظهر في المتاحف.

٦-٣ مواد المخلفات المزروعة "Cultivated Waste Materials":

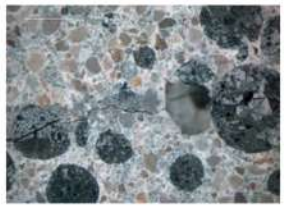
هناك مدخل متطور في قطاع البناء يمكن أن يلخص في عبارة "Grow your own house". الفعل في هذا السياق يشير إلى تغيير حجم، إلى طبقات من الجسيمات في محاولة لتشكيل عناصر البناء مع مرور الوقت. يستند هذا المفهوم إلى نمو العناصر الدقيقة التي لم يسبق تقديرها أو حتى النظر إليها إلا كخطر فهي مجرد نفايات. مواد المخلفات المزروعة "Cultivated Waste Materials" تمتلك تفعيل لهذا المبدأ حيث تمتلك منتجاتها مميزات كثيرة، فمعظمها يمكن تحويلها

شكل (٥) مشروع
UNITED BOTTLE
في معرض
فرانكفوررت السنوي
٢٠٠٧

إلى سماد بعد الإستخدام الأصلي لها، وفي المرحلة التالية من دورتها تصبح خصبة للجيل القادم، بالإضافة إلى ان هذه المواد يمكن أن تنمو بسهولة حيثما كانت الحاجة إليها مما يقلل الطاقة المستهلكة للنقل. وأخيرا وليس آخرا فنظرا لأن معظم تلك المواد عضوية فإنها تمتص ثاني أكسيد الكربون أثناء نموها.

يمكن أي تحول في الظروف البيئية أن يعطل عملية نمو تلك المواد عند أي نقطة مطلوبة في الوقت المناسب مثل تجفيف المادة أو تعريضها لظروف إضاءة خاصة أو درجة حرارة مختلفة.

Bacteria-Based Self-Healing Concrete تمثل أحد أكثر المنتجات تطورا حيث قام Henk M. Jonkers وفريقه بإجراء تحقيقات على أنواع مختلفة من البكتريا المضافة لإنتاج جيل جديد من الخرسانة ذاتية الشفاء. خلال العمر الإفتراضي للمبنى يمكن أن تحدث شقوق وتصدعات في هيكل الخرسانة



شكل(٧) تنشط البكتيريا عندما يسمح التشقق للماء والهواء بالدخول

شكل(٨) تنتج البكتريا كربونات الكالسيوم التي تسد الشقوق

قد تؤدي إلى نتائج كارثية إذا لم يتم التعامل معها بشكل صحيح حيث يمكن أن تصل إليها الماء مسببة التآكل.

وكان إختراع Jonker هو إضافة بكتريا خاصة بجانب التغذية المغلفة مع خليط الخرسانة قبل الصب لتستيقظ فقط عندما تتعرض للمياه والهواء الناتج عن تصدع الخرسانة وبمجرد تفعيلها تنتج تلك البكتريا الكالسيوم الذي يقوم بسد تلك التشققات.

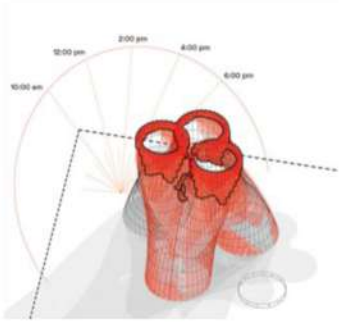
من المتوقع أن تطور هذا النوع من الخرسانة ذانية الإصلاح يؤدي إلى خرسانة أكثر دواما وإستدامة والذي لها إحتياج كبير خاصة في البيئة الرطبة حيث يحدث التآكل الذي يؤدي إلى إضعاف الخرسانة.

مشروع HY-FI هو مجموعة من الأبراج مبنية من الطوب الفطري ويدعى بان يكون المشروع الأول الذي بصمته الكربونية صفر في عملية البناء وما بعدها، حيث يعتمد على الطوب الفطري كوحدة بناء نامية وهو طوب يتغذى على سيقان الذرة و ينمو في ظروف إضاءة خاصة حيث يوفر هيكل المبنى وعاء يحتوي الطوب لينمو ويعمل الإطار الشبكي العاكس للمبنى بعكس أشعة الشمس على الطوب الذي يتم وضعه في الجزء السفلي من المبنى.

شكل(٩) الطوب الفطري

شكل (١٠) مشروع HY-FI

شكل (١١) لقطة للمبنى من الداخل



شكل(١٢) دراسة الظل لمشروع HY-FI توضح إمكانية تشكيل الهيكل توفير مناخ جيد للمبنى من أسفل

تصميم المبنى يسمح بخلق مناخ بارد في الصيف عن طريق جذب الهواء البارد للقاع ودفع الهواء الساخن لأعلى من خلال مجموعة من الثغرات في الجدران.بعد تفكيك المبنى يتم معالجة

الطوب وتوزيعهه على الحدائق ليكمل المبنى بقية دورة حياته كسماد.

ويبقى السؤال هل يمكن تفعيل أستراتيجيات التصميم المستدام للمنتجات إذا ثبت القيمة المحتملة لها.

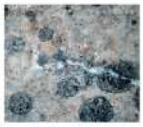
٣-٦-١- تأثير مواد المخلفات المزروعة على الراحة الحرارية:

وفيما يلي إستعراض دراسة تحليلية لطرق إعادة التدوير والمواد الجديدة الناتجة عنها.

كون تلك المواد عضوية فهي تمتص ثاني أكسيد الكربون الذي تربطه علاقة وطيده بإرتفاع درجة الحرارة بشكل عام حتى وإن لم تكن لتلك المواد علاقة مباشرة بالراحة الحرارية.

جدول (١) يوضح تحليل طرق إعادة التدوير:

طريقة إعادة التدوير	التكثيف Densification	إعادة التشكيل reconfiguration	التحويل transformation	المصمم DESIGNED	المزروع Cultivated
العملية التي يمر بها	ضغط المواد في قالب لتتحول لبالات	الكسر أو الطحن أو النشر	الضغط	حسب المنتج	النمو طبيعيا
مميزات	-تبقى المادة الأصلية دون تغيير من حيث التركيب الكيميائي -العزل الإستثنائي للحرارة والصوت وذلك نتيجة للإنضغاط الشديد الذي أزال الهواء من بين طبقاتها	-إضافة خصائص جديدة للمادة -إمكانية تغير شكل المادة حسب التصور المطلوب لعناصر البناء	-تحول المواد الخطرة إلى مواد جيدة بدون أي وجه ضرر على الصحة والبئة	-المنتجات مصممة على ألا تذهب للمخلفات بعد دورة حياتها الأولى -تبقى المادة كما هي بالنتج لا يطرأعليها تغير مثل التكثيف أو التحويل أو إعادة التشكيل	-معظمها يمكن تحويلها إلى سماد بعد الإستخدام الأول لها -يمكن أن تنمو بسهولة حيث كانت الحاجة إليها -نظرا لأن معظم تلك المواد عضوية فإنها تمتص ثاني أكسيد الكربون أثناء نموها -يمكن إيقافها عند أي نقطة مناسبة عن طريق التغير المقصود للظروف المحيطة مثل تجفيف المادة أو تعريضها لظروف إضاءة خاصة أو درجة حرارة مختلفة.
عيوب	-تحتاج تلك المواد إلى عزل للمياه - تحتاج إلى تصميم خاص لتقوم بوظيفتها جيدا - لا تصلح للمبان المرتفعة	-ربما تدمر عمليات الطحن بعض الصفات الألية للمادة فتقل كفاءة إعادة تدويرها لمرة أخرى	-تفقد المادة خصائصها الأصلية بالكامل	- لا تصلح للمبان المرتفعة	-يمكن لأي تحول يطرأ على الظروف البيئية أن يعطل نمو تلك المواد

المواد الجديدة المعاد تدويرها						
	القش كمادة بناء	ألواح عزل من المخلفات الزراعية	مادة Foamglas T4+ مصنوعة من زجاج معاد تدوير بنسبة ٦٠%	الزجاجات الفارغة كعنصر بناء	البكتريا تنتج كربونات الكالسيوم التي تسد الشقوق التي تصيب الخرسانة	طوب فطري يتغذى على سيقان الذرة وينمو في ظروف إضاءة خاصة
التوصيلية الحرارية للمنتج	0.667 W/mK	0.044–0.051 W/m²K للوح أبعاده 700mmx500mm	0.043 W/m2K عند درجة حرارة 24° C وتكون 0.041W/m2K عند 10° C	التوصيلية الحرارية للرمل (k) W/m K 0.15 وللبلاستيك PET بمعدل 0.15- 0.4 W/m K	حسب نوع الخرسانة الطوب الفطري قيد الدراسة	
التأثير على الراحة الحرارية	– العزل الإستثنائي للحرارة والصوت نتيجة للإنضغاط الشديد الذي أزال الهواء بين الطبقات لديها آداء حراري أفضل من مواد أخرى تستخدم في الحوائط	– المواد ذات خصائص آداء جيدة حراريا نتيجة خلط مواد مختلفة	– إكتساب خصائص حرارية جيدة فتتحول من 0.8 W/mK في الزجاج إلى 0.043 W/m2K عند إعادة تدويره إلى Foamglas T4+	– التوصيلية الحرارية والكهربية للزجاجات البلاستيكية منخفضة – كمادة بناء تحقق thermal time lag بمتوسط ٨.١٥ ساعات	– المواد عضوية فهي تمتص ثاني أكسيد الكربون الذي تربطه علاقة وطيده بإرتفاع درجة الحرارة بشكل عام حتى وإن لم تكن لتلك المواد علاقة مباشرة بالراحة الحرارية	
توافر المادة	متوفر	متوفر	متوفر	متوفر	متوفر	
التكنولوجيا المستخدمة	Low-tech	Low-tech	High-tech	Low-tech	Low-tech	
تكاليف النقل	حسب بعد الموقع عن الزراعات	حسب بعد الموقع عن الزراعات	حسب بعد الموقع عن المصنع	حسب بعد الموقع عن تجميع الزجاجات	لا توجد	
إمكانية تطبيقها في مصر	يمكن	يمكن	يمكن	يمكن	يمكن	

٤– الخلاصة:

إن الحافز لهذه الورقة البحثية هو القلق المتنامي إزاء نضوب مصادر الطاقة وضرورة البحث عن وسائل جديدة لحفظ حق الأجيال القادمة من الموارد وذلك بإتخاذ إعادة التدوير سبيل لذلك.

لقد تم الربط بين إعادة التدوير وتحقيق الراحة الحرارية عن طريق الوصول لمواد بناء جديدة ذات توصيلية حرارية منخفضة كتقنية سالبة لرفع كفاءة الراحة الحرارية داخل المباني.

إستعرضت الورقة البحثية مفهوم فلسفة (صفر – نفايات) الذي يؤكد على أن إعادةالتدوير هدف أخلاقي قبل أن يكون ضرورة ملحة وهو يعني تصميم وإدارة المنتجات والعمليات الممنهجة لتجنب وإزالة سمية النفايات والحفاظ على المواد وإستعادتها وعدم حرقها أو دفنها. ويعني أيضا القضاء على جميع

التسريبات التي تصل للأرض او الماء أو الهواء و تهدد الإنسان أو الحيوان أو صحة الكوكب.

إن إعادة التدوير هو إحدى الوسائل المستقبلية لتحقيق الإستدامة وخاصة لمواد البناء ففي البلدان ذات الموارد المنخفضة ونقص للطاقة يمكن لمواد البناء كتقنية سالبة أن تكون فعالة وسهلة التحكم خاصة لتلك المواد التي لديها خصائص تساعد في تحسين مستوى الراحة الحرارية.

لقد تم إستعراض طرق إعادة التدوير (مكثف – معاد تشكيله – متحول – مصمم – مزروع) وخصائص كل نهج منه والمواد المنتجة بكل طريقة وقد إجتمعت كل تلك الطرق على قابليتها للتطبيق في مصر نتيجة لسهولة العمليات التي تمر بها مثل الطحن أو النشر أو التكثيف فيما عدا إعادة التدوير عن طريق التحويل التي تحتاج لتكنولوجيا عالية نسبيا.

خلص البحث إلى عرض مواد جديدة معاد تدويرها منها ما ثبت نجاحها حراريا مثل القش وألواح العزل و Foamglas T4+ والبناء بالزجاجات البلاستيكية ومنها قيد البحث والدراسة مثل الخرسانة ذاتية الشفاء والطوب الفطري. مع الأخذ في الإعتبار أن البناء بالقش والزجاجات البلاستيكية يتطلب أرتفاع محدود مثل المباني السكنية اللإقتصادية.

بالات القش(الناتجة من عملية التكثيف **Densification**) تتميز بالعزل الإستثنائي للحرارة والصوت نتيجة للإنضغاط الشديد الذي أزال الهواء بين الطبقات كما ان لديها آداء حراري أفضل من مواد أخرى تستخدم في الحوائط، كما أن ألواح العزل من المخلفات الزراعية (الناتجة من عملية إعادة التشكيل **reconfiguration**) لها خصائص آداء جيدة حراريا نتيجة خلط مواد مختلفة لإنتاجها فأكسبها خصائص حرارية جيدة، Foamglas T4+ (الناتج من عملية التحويل **transformation**) يمكن وصفه بأنه صفقة ناجحة حيث تحول الزجاج ذو التوصيلية الحرارية العالية إلى مادة عزل مادة تتميز بالتحمل فوق العادي للضغط ومقاومة الماء ولها قيمة عزل عالية وتوصيلية حرارية منخفضة 0.043 W/m2K عند درجة حرارة 24° C وتكون 0.041W/m2K عند 10° C ولا تحتوي على أي مادة وقودية ضارة بالأوزون، التوصيلية الحرارية والكهربية للزجاجات البلاستيكية (عملية التصميم **DESIGNED**) منخفضة وهي كمادة بناء تحقق thermal time lag بمتوسط ٨.١٥ ساعات وكونها مصممة للإستخدام مرة أخرى فذلك يزيد من فعاليتها كعنصر بناء ذو شكل جمالي مقبول.

لقد ظهرت مواد المخلفات المزروعة "Cultivated Waste Materials" بإعتبارها أحدث طرق إعادة التدوير حيث تمتلك منتجاتها مميزات كثيرة، فمعظمها يمكن تحويلها إلى سماد بعد الإستخدام الأصلي لها، وفي المرحلة التالية من دورتها تصبح خصبة للجيل القادم، بالإضافة إلى ان هذه المواد يمكن أن تنمو بسهولة حيثما كانت الحاجة إليها مما يقلل الطاقة المستهلكة للنقل. وأخيرا وليس آخرا فنظرا لأن معظم تلك المواد عضوية فإنها تمتص ثاني أكسيد الكربون أثناء نموها. وكانت تقنية إستخدام البكتريا في معالجة الخرسانة Bacteria-Based Self-Healing Concrete تجربة ملهمة لتحث على إكتشاف المزيد من التطبيقات لهذا النهج.

إن مزيد من البحوث للتحقيق في مختلف مواد البناء خاصة المعاد تدويرها من أجل تحقيق مستوى أفضل من الراحة الحرارية لهو حاجة ملحة لصحة أفضل ولمعالجة الآثار المترتبة على إرتفاع درجات الحرارة بسبب المناخ.

٥- المراجع References:

1. UCLAN Air Conditioning Policy and Guidance on Thermal Comfort, Safety, Health and Environment Section, 2013.
2. K. Parsons, Human Thermal Environment: The Effects of Hot, Cold and Moderate Environment on Human Health, Comfort and Performance, second and Y. Epstein, Daniel S. Moran, Thermal comfort and the heat stress indices, J.Ind. Health 44(2006)388–398.

edition,.TaylorandFrancis,London,2003.

chitectural Regionalism, Conservation Information Network, 1963.

13. P.K.Latha a, Y.Darshana b, Vidhya Venugopal, Role of building material in thermal comfort in tropical climates , Journal of Building Engineering 3(2015)104–113.
14. P.K.Latha a, Y.Darshana b, Vidhya Venugopal(المرجع السابق).
15. ZWIA, Zero Waste International Alliance (2009)،accessed on-line 26/01/2014، http://zwia.org/standards/zwdefinition
16. Dirk E. Hebel, Marta H. Wisniewska, Felix Heisel. Building from waste: Recovered materials in architecture and construction, Birkhäuser Verlag GmbH,Germany,2014.
17. ZWIA, Zero Waste International Alliance (2009)مرجع سابق
18. P.K.Latha a, Y.Darshana b, Vidhya Venugopal.(المرجع السابق)
19. T.Woolley,Lecture:sustainable building materials,AEESLect.Notes(2009) 197–210.and P.K.Latha a, Y.Darshana b, Vidhya Venugopal.(المرجع السابق)
20. P.K.Latha a, Y.Darshana b, Vidhya Venugopal.(المرجع السابق)
21. M. Pruteanu,Investigations Regarding theThermal Conductivity of Straw, Buletinul Institutului Politehnic Din Iaşi, Tomul LVI (LX),2010.
22. Jean-Philippe Costes , Arnaud Evrard, Benjamin Biot, Gauthier Keutgen, Amaury Daras,Samuel Dubois, Frédéric Lebeau and Luc Courard, Thermal Conductivity of Straw Bales: Full Size Measurements Considering the Direction of the Heat Flow, buildings, 5 February 2017.
23. Steven Goodhewa ,Richard Griffiths, Sustainable earth walls to meet the building regulations, Elsevier,Energy and Buildings 37 (2005) 451–459.
24. M.A.Alhaddad,Z.T.Jun,A comparative study of the thermal comfort of different
3. M.L. Chen, C.J. Chen, W.Y.Yeh, J. W. Huang, I.F. Mao,Heat stress evaluation and worker fatigue in asteelplant,J.Am.Ind.Hyg.Assoc.64(2003) 352–359.
4. G. P. Bates, J. Schneider, Hydration status and physiological work load of UAE construction workers – a prospective long itudinal observational study,J.Occup. Med.Toxicol.3(2008)21–26.and K. Parsons, Human Thermal Environment(مرجع سابق)
5. A. Forstho, P. Mehnert, H. Ne!gen, Technicalnote -comparison of laboratory studies with predictions of the required sweat rate index(ISO7933) for climates with moderate to high thermal radiation,J.Appl.Ergon.32(2001) 299–303.
6. P. A. Hancock, I. Vasmatzidis, Human occupational and performance limits Under stress:the thermal environment as aprototypical example,J.Ergon.41(1998)1169–1191.
7. Health and Safety Commission, Health and Safety Statistics, A National Statistics Publication,2005.
8. Fiona Naoum, SUSTAINABLE MATERIALS: AN EMPIRICAL STUDY ON THE THERMAL PERFORMANCE OF PLASTIC-BOTTLE-WALLS,Plea2015,September 2015.
9. Nida Oğlakcioğlu, Arzu Marmaral, Thermal Comfort Properties of Some Knitted Structures, FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe January / December 2007, Vol. 15, No. 5 - 6 (64 – 65).
10. Autodesk Sustainability Workshop, n.d. Autodesk Sustainability Workshop. [Online] Available at: http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/thermal-properties-materials.
11. FAO Document Repository, Climate and Environmental Control, Agriculture and Consumer Protection, 2003.
12. V. Olgyay, Alader Olgyay, Design with Climate: Bioclimatic Approach to Ar-

Technology Center; Industrial Modernization Center.

32. Fiona Naoum, SUSTAINABLE MATERIALS: (مرجع سابق)
33. http://www.goodfellow.com/catalogue/GFCat2H.php?ewd_token=ZK8Y3xkHQkxW4DB0BnQ8Na0z0Ig0bn&n=3vx1mPfKcGFKE80XMqz0DbL5xnAxyM&ewd_urlNo=GFCat2L3&Head=ES30.
34. http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html.
35. P.K.Latha a, Y.Darshana b, Vidhya Venugopal(المرجع السابق).

building materials in Sana'a, J.Am.J.Eng.Appl.Sci.6(1)(2013)20–24.

25. P.K.Latha a, Y.Darshana b, Vidhya Venugopal.(المرجع السابق)
26. المرجع السابق
27. المرجع السابق
28. http://www.saint-gobain-sekurit.com/glossary/glass-properties.
29. McDonough, William; Braungart, Michael (2002).Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things, North PointPress, New York City, USA.
30. http://www.flaska.eu/less-waste-2.
31. Farag, M. G. et al., 2008. National Study, Plastic Recycling Sector, s.l.: Plastic

Abstract:

The traditional building materials and heat insulation materials used today still consume a large amount of non-renewable resources to ensure the thermal protection of the spaces inside the building in light of the energy crisis and the depletion of its non-renewable sources, which is one of the most important challenges facing many countries, especially Egypt. Thus, the formation of a general tendency to replace these materials with another more economical and recycled can help to meet these challenges. The effects of the crisis have been appeared clearly in the last few years and their reflection on the lives of individuals. Therefore, a good choice of building materials with good thermal properties ensures higher levels of thermal comfort especially with predictions of in-
.creased temperatures

Therefore, this study aims to find new sustainable materials that raise the level of comfort efficiency. Recycling is one of the means to obtain environmentally sustaina-
.ble building materials

The research focuses on recycling methods and their forms, classification of recycled materials, studying their ability to contribute to thermal comfort, and also their applicability in hot areas. The research focuses on recycling as one of the ways of sustainability which should be the first choice for the construction sector to contribute to achieving a sustainable building, The research has reviewed a new concept of zero-waste philosophy, This type of recycling aims to preserve and recover materials once they are used and not burned or buried for use in construction

Through the study of models of recycled materials and their properties, an analytical study was conducted on the methods of recycling by classification of waste and the review of building materials and their impact on thermal comfort and also the ability of these materials for use in the hot areas, which opens the way for the construction sector to move towards the use of new materials Sustainable projects that contribute to the sustainability of build-
..ings

Key words: recycling, sustainable building materials, recycled new building materials, thermal comfort, thermal conductivity