University of Aden Journal of Natural and Applied Sciences., vol.28(2) (2024),11-21

مجلة جامعة عدن للعلوم الطبيعية والتطبيقية

Journal homepage: https://uajnas.adenuniv.com

بحث علمي

فرص الاستثمار في صناعة مواد البناء المحلية منخفضة الطاقة

ثابت سالم العزب *

* كلية الهندسة – جامعة عدن

https://doi.org/10.47372/uajnas.2024.n2.a02

الملخص

تفتقد اليمن الى قاعدة صناعية وإنتاجية في مجال صناعة مواد البناء محلية المنشأ، مما أدى الي فتح باب الاستيراد الواسع الذي ساعد على اهمال استخدام الموارد الطبيعية ذات الأهمية الكبيرة في بناء الاقتصاد الوطني وتحييد جانب مهم من الخبرات المحلية في استخدام مواد البناء المحلية المتوفرة ذات الجودة، تلك المواد التي تشكل عصب الحياة المتناسبة مع الظروف المناخية والبيئية والحياتية للإنسان في اليمن، بل وفتح مجالات واسعة للاستيراد لمواد لا تتناسب مع الظروف المناخية والبيئية، مما يسبب مشكلات اقتصادية معقدة تضر بالاقتصاد الوطني كهدر للموارد الوطنية والسيولة النقدية، وفي هذه الدراسة سيتم التركيز على الفرص الاستثمارية الممكنة في مجال صناعة مواد البناء المحلية المتناسبة مع الظروف المناخية والبيئية وأهم تلك الفرص الاستثمارية استخدام التربة الطينية في صناعة مواد البناء: استخراج وصناعة الطوب الرملي الجيري والطوب الرملي الطيني، صناعة الطوب المضغوط المثبت بالإسمنت وإنتاج الجدران المدكوكة، صناعة الخرسانة البوزولانية الخضراء، حيث توجد دراسات وتجارب عملية وأبحاث علمية اثبتت امكانية صناعة تلك المواد التي اظهرت نتائجها الجودة العالية لتلك المواد المراد تصنيعها، وعلى الدولة تسهيل اجراءات الاستثمار وسن القوانين والتشريعات الكفيلة باستغلال الثروات الطبيعية لإنشاء قاعدة إنتاجية تستوعب حركة البناء والمقاولات المتسارعة واعاده الاعمار لما سببته الحروب والصراعات.

مفاتيح البحث

التسليم : 24 يناير 2025

القبول : 12 مارس 2025

كلمات مفتاحية :

مواد البناء، فرص الاستثمار، القاعدة الإنتاجية، صناعة الطوب.

1. المقدمة

إن تجربة البناء بالجدران الحاملة في اليمن تعد تجربة عريقة تمتد الى آلاف السنين وهناك البناء بالحجر وتشتهر به العديد من المدن اليمنية – صنعاء وحضرموت الساحل وعدن وثلا ويافع والضالع وغيرها من المدن التي تتوفر بها الصخور والجبال والتلال – وهناك المباني الطينية التي تشتهرايضا بالجدران الحاملة متعددة الادوار ومنها أقدم ناطحات السحاب في العالم (منهاتن الصحراء) مدينة شبام والتي تلقب أيضا بالصفراء ويبلغ أغلب مبانيها علوا كبيرا يصل الى ثمانية أدوار (أكثر من 30 مترا)، وكل مدن الوادي في حضرموت جدران حاملة طينية، وهناك أيضا مدينة صنعاء القديمة وزبيد وصعدة وشبوة ولحج وغيرها من المباني المنتشرة في أغلب محافظات الجمهورية.

في إطار التوجه الوطني والعالمي صوب الاستدامة فان مواد البناء المحلية تعد المرتكز الأقوى لتسهم العمارة بوصفها عنصرا فاعلا في التنمية المستدامة، وذلك من خلال تأصيل مفهوم العمارة الخضراء وتوفير موادها في متناول المستهلك، وتتأكد أهمية هذا الاسهام من خلال استغلال الثروات والموارد الطبيعية لا سيما إذا كانت منطقة الدراسة كاليمن لاتزال أرضا بكرا وتحتاج لمزيد من الدراسة والاهتمام باستغلال تلك الموارد الطبيعية والثروات الكبيرة في مجال صناعة مواد البناء وبما يتناسب مع خصائص المواد الخام المراد استغلالها والاستفادة من خصوصيتها المحلية وأخذ الظروف الطبيعية بعين الاعتبار، في ضوء المقومات الاقتصادية المتاحة كما تمثل تكاليف التشييد للمباني المستدامة بعدا أساسيا في تلك المنظومة فقد وجهت الدراسة العلمية الحالية نحو تناول استخدام مادة التربة الطينية كمادة خام أساسية لصناعة مواد البناء ومحاولة تطوير تناولها كخطوة داعمة لاستدامة تطوير الصناعات المعتمدة على التربة الطينية كمادة أساسية، ومن خلال إمكانية استخدامها بشكل فعال في بناء قاعدة إنتاجية لصناعة مواد البناء المحلية وتوفيرها في متناول المستهلك.

تزخر اليمن بثروات طبيعية هائلة ومتنوعة كتنوع موقعها وظروفها المناخية، ويزداد تعداد سكانها حيث يصل عدد السكان في الوقت الحالي الذين هم أقل من 15 سنه إلى 49% من جملة السكان وتشير الدراسات الى الازدياد المضطرد لعدد السكان بالرغم من تواصل الحروب المحلية منذ سنوات، وعليه فان خفض تكاليف الحياة أضحت مسألة حتمية ولاسيما المسكن كأهم عنصر أساسي للحياة، ان المباني الطينية هي الأكثر تكيفا مع البيئة والأكثر تناسبا مع صحة جسم الإنسان، حيث لا توجد أية مادة بنائية صالحة لجسم الإنسان كمادة الطين، والطين رخيص الكلفة متوفر في كل مكان سهل الاستخراج وسهل الاستخدام وموفر للطاقة وذو ديمومة عالية وهو من المواد الخضراء ذات التنمية المستدامة، الذي يستوعب الظروف البيئية والمناخية لكل منطقة جغرافية في اليمن، وعند دراسة تلك النماذج يتضح جليا مدى قدرة الإنسان اليمني على تطويع عوامل الطبيعة وقهرها من خلال استخدام موادها الطبيعية لتلبية راحته، إن تخفيض كلفة وحدات البناء الطينية يعد الآن مسألة مهمة لتخفيض كلفة السكن المصنوع من التربة كمادة بناء وقد تم عمل دراسة مقارنة بين الجدران الطينية والجدران الأخرى مثل: البلك الاسمنتي، الحجر، الطوب المحروق وغيرها[1].

* Correspondence to: Faculty of Engineering, University of Aden, Yemen
E-mail address: thabetalazab@gmail.com

1.1.مشكلة البحث

لا توجد قاعدة إنتاجية في مجال صناعة مواد البناء، حيث يتم الاستيراد لأغلب تلك المواد بالعملة الصعبة، عدا مصانع الاسمنت التي تشكل افضلية في إطار صناعة مواد البناء فان محدودية صناعة الطوب الأحمر والبلك الاسمنتي وغيرها من الصناعات لاتزال في خطواتها الأولى؛ مما يؤثر بالسلب على توفير متطلبات المستهلك من المواد المحلية، مما يستلزم إعادة النظر لنوعية مواد البناء وتطويرها محليا (الطوب الطيني التقليدي) كمدخل لتأصيل استدامة تلك المدن، وتعد تجارب الإنتاج في اليمن لا ترتقي الى متطلبات القاعدة الإنتاجية كونها لا تستخدم الوسائل الحديثة في الإنتاج ولا تلبي متطلبات السوق المحلية ناهيك عن التصدير الى الخارج، كون المواد الخام مطلوبة عالميا لجودتها.

2.1.تساؤلات البحث

ما هي الأسباب التي تجعل من العمارة الطينية عمارة بيئية مستدامة؟

- . إلى أي مدى وصلت تطورات وتقنيات صناعة مواد البناء محلية المنشأ؟
- ما هي طبيعة الدراسات المتوافرة لمواد البناء محلية المنشأ وهل هناك خطوات جادة لإعداد الكود الوطني للبناء والمساهمة في الكود العربي، ولاسيما في صناعة الطوب الطيني كمادة بناء؟
- ما هي طبيعة الإضافات التي يمكن أن تحسن خصائص الطوبة الطينية؟ ناهيك عن التساؤلات المثارة في بقية المواد الأخرى كالطوب الرملي الجيري والخرسانة الخضراء وغيرها؟

3.1.أهداف البحث

إلقاء الضوء على مادة الطين كمادة تشييد وذلك بإبراز أهم مميزاتها.

- توضيح عيوب هذه المادة ومشكلاتها.
- دراسة إمكانية تطويرها في البناء، وإلى أي مدى يمكن تحسينها.

4.1.منهج البحث

المنهج العملي والتجريبي، ومن ثم التحليل، المنهجي الاستقرائي للنتائج.

5.1.المستهدفون من البحث

المستثمرون – تجار مواد البناء ومعلمي العمارة البيئية، المهندسون المعماريون والمدنيون بوجه عام، مراكز بحوث الاسكان والبناء، الجهات الاكاديمية المعنية بالعمارة مثل: كليات الهندسة ومراكز العمارة، ووزارة الأشغال العامة والطرق وغيرها.

2. خفض استهلاك الطاقة باستخدام مواد بناء محلية لخلق بيئة مستدامة

الأرض اليمنية غنية بالموارد غير المستغلة وهي غنية كذلك بثرواتها الطبيعية المختلفة وأهمها الثروات المعدنية حيث تعد معادن التربة من أهم الموارد الطبيعية التي تشمل على العديد من الصناعات والتي تتوفر موادها الخام بكميات تجارية تكفي لإقامة مصانع لمختلف أنواع مواد البناء، مثل صناعة الطوب بأنواعه، صناعة القرميد صناعة البلاستيك، صناعة الألمنيوم، صناعة مواسير المجاري، صناعة الرخام والسيراميك، صناعة الزجاج، صناعة الحديد، صناعة الطلاء ..... الخ .

لقد حصرت هيئة الاستكشافات النفطية الكثير من المواقع الاستثمارية والثروات المصانة في باطن الأرض واظهار المخزون حيث تعد اليمن ظاهريا من الدول الفقيرة نظرا لعدم استغلال تلك الموارد واستثمارها لكن حينما يحين وقت الاستثمار فان اليمن ستكون من أغنى بلدان الجزيرة العربية [1].

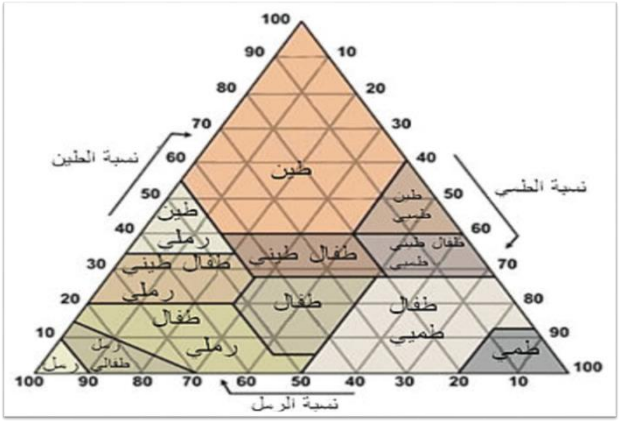
لقد أثر التنوع المناخي في الجمهورية اليمنية تأثيرا كبيرا على تنوع استخدام مواد البناء المحلية من ناحية وتناسب تلك المواد الظروف المناخية والبيئة ولاسيما توفر مواد البناء المحلية لكل منطقة، فنجد ان البناء بالتربة الطينية كان شاملا في المناطق الأكثر برودة كونه يحتفظ بالحرارة فترات كبيرة وكذا للمناطق الحارة كونه يحتفظ بالبرودة فترات كبيرة بخاصية التخلف الزمني لمادة التربة، ومكونات التربة: الرمل والغضار والطين الذي لا يشكل سوى نسبة بسيطة من مكونات تربة البناء، ومن تلك المدن التاريخية المنتشرة في اليمن: مدينة صنعاء القديمة، مدينة شبام حضرموت، ومدن الوادي في حضرموت بشكل عام أهمها: تريم وسيئون ودوعن ..... وغيرها من المباني الطينية المصنوعة من الطوب الطيني المجفف تحت أشعة الشمس (المدر)، وكذا مدن زبيد وصعدة ولحج وشبوة والبيضاء وغيرها حتى قيل بأن حضارة اليمن هي حضارة طينية.

شكل 1. مسجد ومنارة المحضار المصنوعة من الطوب التقليدي المجفف تخت اشعة الشمس، ومسجد ومدرسة العامرية في مدينة رداع (اليمن) مبني من طوب اللبن وعمره 1000 سنة.

جدول -1: التركيب الحبي للتربة في اليمن وكذا معامل اللدونة والدرجة الهيدروجينية

عينة الطين	pH	معامل اللدونة	النسب بحسب القطر- الوزن ,% . مقاس فتحات الغربالMM				
			أكبر من 1,0	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,063	اقل من 0,063
عينة من طين لحج	8,64	12,1	0,4	3,7	18,1	36,4	41,4
عينة من طين صنعا ء	8,88	11,64	1,2	1,1	7,7	51,1	38,9
عينة من طين شبام -1	8,89	9,1	2,0	4,5	18,4	37,4	37,7
عينة من طين شبام -2	8,60	8,6	1,8	5,9	17,2	39,3	35,8

إن البحث في تكوين تركيبات المواد الخام للتربة الطينية وطرق انشاء مواد بنائية جديدة منبثقة من تفاعلات المواد المضافة مع التربة، حيث تنشأ عنها مواد جديدة لها خصائصها ومواصفاتها الانشائية، بما في ذلك تكون الطوب الطيني (المركب) من التربة و(الألياف) ذات المنشأ الزراعي، وكذا حجارة الطوب الرملي، والذي يحدد لنا المكونات الكيميائية والمعدنية، وذلك من خلال استخدام موجات اشعة اكس، وفيما يلي مثلث لتحديد خصائص التربة الأساسية: حيث تتكون التربة من الرمل والغضار والطين، وتمثل نسبة الرمل – حوالي 50% بينما الطين حوالي 15% والغضار الرابط بينهما [2].



شكل 2. مثلث تناسب مكونات التربة: الرمل – الطمي والطين

لقد تم تحليل التركيب الحبي للتربة بواسطة المناخل المتدرجة، وبالطرق التحليلية المعقدة الأخرى مثل الهيدرومتر وغيرها جميعها ادت الى نتائج متقاربة كما هو واضح في التركيب الحبي للتربة في اليمن ومن محافظات مختلفة: لحج، حضرموت، صنعاء – معطى في جدول 1.

من خلال معامل اللدونة وكذلك التركيب الحبي لعينات الطين المدروسة، فان الطين في الجمهورية اليمنية ينتمي الى نوع يسمى التربة طينية رملية – طفال طيني، ومن خلال التحليل المجهري الإلكتروني لتوزيع جزيئات التربة ذات المقاسات اقل من (0,063MM)، يتضح بأن التربة الطينية لعينات لحج وشبام (1) حضرموت بدرجة رئيسة تكون جزيئاتها ذات مقاسات اصغر (من 1 الى 50 ميكرون)، وبالنسبة للتربة الطينية لعينات صنعاء وشبام (2) فإنها اكبر مقاسا حيث تتكون جزيئاتها (من 30 الى 120 ميكرون)، شكل – 1، وبالمقارنة بين التربة الطينية ذات المقاسات الكبيرة مثل عينة صنعاء وتربة لحج ذات المقاسات الصغيرة ترتبط بانخفاض قوة الكسر بعد الحرق كما يلاحظ ذلك في جدول الخصائص الميكانيكية في مكعبات طين صنعاء [3].

من خلال عينات التربة في اليمن اتضح ان التربة تتكون من العديد من المعادن، وفي هذه الحالة فانه من المؤكد بان التربة الطينية تنتمي الى التربة المتحولة غير المكتملة النشأة، كل العينات الطينية المدروسة تتصف بانها تتألف من مجموعة من المعادن من خلال نتائج موجات صور اشعة اكس فان عينات الطين تحتوي على ((3,35 Å)- كوارتز)،((3,21– 3,23Å) فلسبار)، (3,043 Å) - كالسيت)، ((2,87 Å) - مغنسيت)، (–14,730 (15,369 Å -مونتومورلونيت)، ((7,138 Å) - كاؤلونيت)، (10,02) (Å- ميكا - مائية).

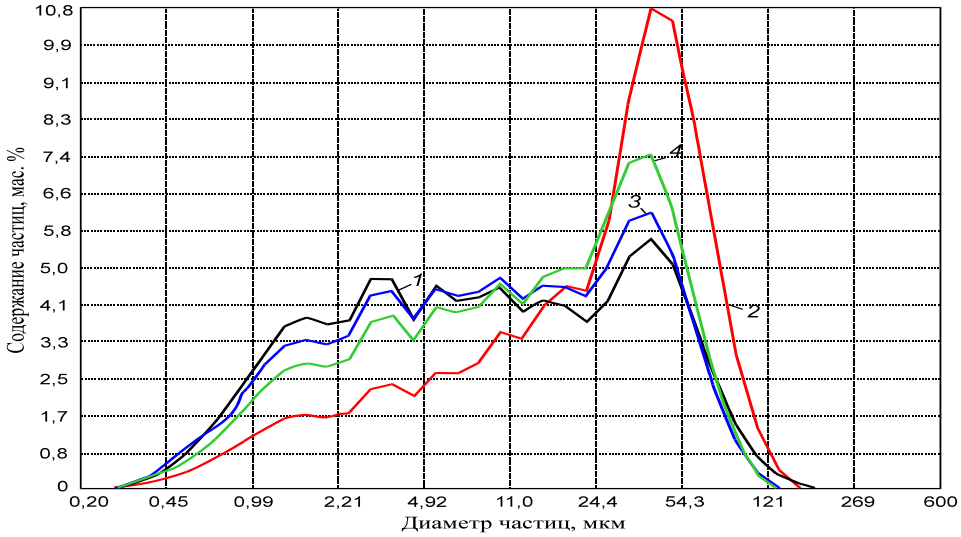
2.1. خصائص التربة الصناعية

التربة - تعد أساس الصناعات المختلفة – صناعة مواد البناء والصناعات التكميلية الأخرى – كما يعد الركام من أهم المواد الخام في صناعة الخرسانة العادية والمسلحة، وتعد صناعة مواد البناء واحدة من أهم المشاكل الوطنية ذات المنحى الاقتصادي للجمهورية اليمنية في الوقت الراهن حيث تعتبر المشكلة الإسكانية هي المشكلة الأكثر الحاحا وأهمية، نظرا لتزايد عدد السكان المستمر، وتكمن المشكلة في التالي: عدم وجود القاعدة التكنولوجية لمواد البناء الصناعية المتطورة، قلة الوسائل التكنولوجية الحديثة في مجال البناء والتشييد، شحة الكادر المؤهل ولاسيما في مجال استخدامات التربة كمادة بناء محلية، غياب البحث العلمي الجاد، وعدم وجود قاعدة علمية في الجوانب النظرية والعملية والتي تتطلب ضرورة البحث العلمي المتكامل في ايجاد حلول لتلك المشاكل الإسكانية في الجمهورية اليمنية، مع الاخذ بعين الاعتبار الظروف المناخية، وتوفر المواد الخام المحلية والعادات والتقاليد الراسخة في المجتمع في مجال البناء والتشييد.

تقدم العمارة الطينية نفسها بقوة كأحد الحلول لمشكلة الإسكان والتنمية المستدامة في العالم المعاصر، وأحد أهم الجوانب التطبيقية لربط التراث العمراني مع الحياة المعاصرة، وأحد أفضل المداخل لحل معضلة الإسكان، والتخفيف من مشكلات تصنيع مواد البناء، وبناء على ذلك يمكن التأكيد من جديد على خطورة ضعف الاهتمام بهذا النمط المعماري الواسع الانتشار في المنطقة والعالم، على الرغم مما تحتويه من مظاهر جمالية وإمكانيات فنية قابلة للتوارث والتفاعل والتطبيق في المجتمعات المحلية وخاصة الريفية منها، ومع استخدام التكنولوجيا الحديثة فان العمارة الطينية المبنية من الطوب المضغوط المثبت بالإسمنت بنسبة 6% تعد من أهم الاستثمارات في انتاج الطوب الطيني الذي يقاوم تأثير المياه بل يزداد قوة معه، تجربة انتاج الطوب المضغوط المثبت بالإسمنت تجربة استثمارية ناجحة لم تستغل في بلادنا بعد منذ 2003م.

2.2.التربة كأهم خامات صناعة مواد البناء الحديثة

تزخر اليمن بالتربة الصالحة للصناعات في كثير من المدن والوديان، وأهمها وادي خير في م/ لحج، ووديان حضرموت، ووادي حسان في أبين، وبالقرب من المدن: صنعاء، لحج، تريم، الحديدة، ذمار، صعدة، وتعز واب وغيرها من المدن والمواقع، التي يتواجد فيها الطين بكميات تجارية، يتوجب الاستثمار فيها ولاسيما في مجال البناء وكذا في مجالات الصناعات الأخرى ولاسيما صناعة مواد البناء، بما يفي لمتطلبات البلد، إن الطين في الجمهورية اليمنية يعتبر متعدد المعادن، غير مكتمل التكوين، وهو من النوع الغريني أي الطين الرملي المتكون من العصر الرباعي في غالب الأحيان، وقابليته للحرق محدودة، في بعض المواقع مثل صنعاء ولحج، وغير ممكنة في بعضها، مثل تربة وادي حضرموت بما يسمى محلياً بالبارد منها والحار اكان ذلك في تربة الداخل او الساحل، من دون وضع معالجات ممكنة لإنتاج الطوب الأحمر ولكنها ليست كفيلة بإنتاج الأجود الا في صناعة الطوب



شكل 3: توزيع جزيئات الطين بقياس الأقطار والاحجام للطين ذات الجزيئات الاقل من0,063 مم (1- عينة لحج ، 2-عينة صنعاء، 3-عينة شبام (1)، 4-عينة شبام (2) (احتواء الجزيئات بالوزن/اقطار الجزيئات بالميكرون)

الرملي الجيري الطيني الذي يعتبر الأفضل لوجود عنصر أكسيد الكالسيوم، اما وجود التربة في صناعة الاسمنت: فخلال السنوات القليلة الماضية، تم

إنشاء ثلاثة مصانع اسمنت جديدة في م/ لحج، وحضرموت، وأبين والذي يعتمد جزء من إنتاجها على مادة الطين الصالح لإنتاج الاسمنت البورتلاندي العادي.

إن مادة التربة – تعتبر أساس الصناعات الحديثة والهامة في مجال البناء مثل: صناعة الخزف، صناعة مواسير المجاري، صناعة الاسمنت، صناعة السيراميك والبلاط، صناعة الحديد، صناعة الزجاج، أما مجال الصناعات الهامة فهي كثيرة، تبدأ من الصناعات الحديثة نانو تكنولوجيا (والتي تدخل في صناعات الرؤوس النووية والصاروخية كونها تمثل الأجسام الدقيقة جدا والمتناهية في الصغر)، ومنها صناعات الصابون، والحراريات، ومواد التجميل المختلفة، كما يستخدم الطين عند حفر آبار النفط الاستكشافية، وصناعة الورق، وغيرها من الصناعات المختلفة والهامة في حياة البشرية، وبإيجاز ممكن حصر استخدامات الطين الأساسية بالاستخدامات الرئيسة التالية [6]:

صناعة جميع أنواع الطوب (طوب اللبن، الجدران المدكوكة، الطوب المضغوط، الطوب المحروق، الطوب الرملي الجيري (الأوتوكلاف)، وغيره).

صناعة الاسمنت والحراريات.

صناعة الورق والبلاستيك والمطاط.

صناعة الصابون وأدوات التجميل والمبيدات الحشرية.

في عملية حفر الآبار وتنقية الماء، واستكشاف آبار النفط.

صناعة الطوب والقرميد والبلاط والسيراميك.

صناعة الخزف الصيني والفخار والأدوات الصحية.

يستخدم في إطفاء الحرائق وتلميع المعادن.

صناعة الزجاجيات والتزجيج والمواد الكيميائية.

صناعة الاصباغ والطلاء.

في الصناعات النانوية (نانو تكنولوجي)، للصناعات الحديثة مثل (الطب - الخلايا)، الهندسة الالكترونية (ميكرو)، الهندسة المدنية (مواد البناء والمعتمدة أساسا على التربة الطينية نظرا لصغر أقطار مكوناتها المتناهية في الصغر)، وغيرها من الصناعات الحديثة والمتطورة.

شكل 4. الطوب التقليدي مصنوع من التربة الطبيعية فهي مادة خام جاهزة للتصنيع

شكل 5. الطوب المضغوط المثبت بالإسمنت بنسبة 6%)) تجربة ناجحة للباحث تحت اشراف د. علوي جعفر زين – ومن اهم خصائص هذا الطوب بانه لا يتأثر بالماء مطلقا بل يزداد قوة، تم تنفيذها في حوطة لحج عام 2003م.

3. صناعة الطوب الرملي الجيري ثورة حقيقية في البناء والتشييد

في إطار التوجه العالمي صوب الاستدامة فان مواد البناء المحلية تعد المرتكز الأقوى لتسهم العمارة بوصفها عنصرا فاعلا في التنمية المستدامة، وذلك من خلال تأصيل مفهوم العمارة الخضراء وتوفير موادها للمستهلك، وتحتاج لمزيد من الدراسة والاهتمام باستغلال تلك الموارد الطبيعية والثروات الكبيرة في مجال صناعة مواد البناء، ومحاولة تطوير تناولها كخطوة داعمة للاستثمار المحلي وبناء الاقتصاد، ومن خلال إمكانية استخدامها بشكل فعال في بناء قاعدة إنتاجية لصناعة مواد البناء المحلية وتوفيرها في متناول يد المستهلك، ناهيك عن احتياج اليمن الى مواد بناء رخيصة وبيئية لإعادة الاعمار لما آلت اليه المباني في المدن بعد الحرب، تشكل مواد البناء عصب الحياة للمشاريع السكنية والاقتصادية في كل بقاع العالم، كما تمثل المواد البيئية المتوفرة محليا أساسا مهما لإنشاء المباني الخضراء التي تؤدي إلى خفض استهلاك الطاقة: الاسمنت البوزولاني، البناء بالطين، استخدام الركام البركاني – حجر الهشاش أو ما يسمى (البوزولانا الطبيعية)، تكامل مكونات المباني لخلق الراحة الحرارية ولاسيما المصنوعة من مواد محلية، إن تلك المواد لا تعمل فقط على خفض استهلاك الطاقة وتقليل الأثر البيئي، ولكنها أيضاً تقلل من تكاليف الإنشاء وتكاليف الصيانة، وخلق بيئة عمل سارة ومريحة، فالخرسانة الخضراء، الجير والبوزولانا، مواد البناء التكاملية لإنشاء مباني متجانسة مع البيئة والمناخ.

شكل 6. الطوب الرملي الجيري وامكانية صناعة الطوب الرملي الجيري في اليمن – حيث يشكل بنسبة 90% رمل ولاسيما رمل الرجاع و10% جير (نورة حضرموت) وقد تم دراسة ذلك من قبل الباحث في مختبرات روسيا الاتحادية – وقد تم إضافة 30 – 40% تربة بدلا عن الرمل - وكانت النتائج المتحصل عليها مذهلة.

1.3.خصائص الطوب المنتج

- إن مكونات الطوب الرملي المنتج بطريقة الأوتوكلاف، ينبغي أن يحدد كمية الجير التي تلبي متطلبات تكون المادة الجديدة التي تتوفر فيها مواصفات وحدات البناء المطلوبة: مواد الخام من الرمل والطين، تكملة نسبة الرمل للكمية الناقصة، كمية الماء الكافية للخلط، لقد أظهرت الدراسة بان إضافة التربة الطينية بنسبة معينة في محل مركبات الرمل في التجربة البحثية هذه رفعت قوة المادة الخام بشكل أفضل حيث تزيد قوة الكسر عند الضغط للمواد الخام إلى ثلاثة أضعاف عند إضافة التربة الطينية بدلا عن الرمل كما هو معتمد في صناعة الطوب الرملي، حيث تتعلق هذه القوة بنوعية مكونات المادة الخام المضافة.

- وحدات الطوب الرملي المجوف ورفع كفاءته، كما إن التربة الخاصة بشبام – 2 والتي تقع آخر سلم التصنيع للطوب الطيني المضغوط، أضحت تحتل المرتبة الأولى في تصنيع الطوب الرملي الطيني حيث تشكل اكبر قوة كسر عند الانضغاط، لفترة 4 ساعات ولفترة 6 ساعات على التوالي هي MPa40,20 و40,80 MPa، بينما قوة الكسر لطين لحج والذي يعتبر من أجود أنواع الطين هي MPa39,81 MPa36,40.

- أن الروابط الإسمنتية تقوي عاليا الصلابة الفيزا – ميكانيكية لمواد لطوب الرملي المصنع، إن الصور المجهرية لحالتي الطوب الرملي والطوب الرملي المحسن مع الطين بنسبة 40%، واضح للعيان التركيب البنائي للنوعين، حيث نجد أن نسبة الطين حسنت من زيادة القوة والتركيب البنائي أفضل من الطوب الرملي العادي.

إن عملية الاستثمار في مجال صناعة مواد البناء تعد من أكبر الفرص المتاحة للمستثمرين الذين يطمحون في الاستثمارات الاستراتيجية لبناء

اقتصاد الوطن واستغلال ثرواته، ومن خلال الدراسات الأولية نجد ان استغلال الثروة المعدنية في مجال مواد البناء هي الأكثر اتاحة للفرص الاستثمارية مثل: معادن الصخور، ومعادن الأطيان ومعادن الرمل وغيرها من المعادن الأرضية المنتشرة في جميع المحافظات، ونجد ان من أكبر الفرص في مجال استثمار مواد البناء هو صناعة الطوب الرملي الجيري الذي غدا فرصة استثمارية ناجحة لسببين:

أولاً: جودة المواد الخام المتوفرة بكميات تجارية تكفي لصناعة الطوب لمئات السنين.

ثانياً: عدم وجود مصانع للطوب الرملي في اليمن ويعد هذا الطوب من أكثر مواد البناء تناسبا مع مختلف الظروف فان صناعته سيغطي متطلبات البناء في كل محافظات الجمهورية وهو طوب صناعي.

ثالثاً: متوسط المقاس ينتج المصنع 110000 طوبة في اليوم الواحد وبذلك سيغطي متطلبات البناء على نطاق واسع في مختلف الظروف والأجواء، والمنتج السنوي. يصل الى 120مليون طوبة.

إن دراسة امكانية صناعة الطوب الرملي على اساس التربة الطينية في اليمن، من خلال التفاعل الكبير لخاصية اضافة نسبة من التربة الطينية مع الرمل المستخدم في الطوب الرملي، هذا الطين المتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم، في ظروف التفاعل (الأوتوكلافي)، والمتمثل في التسريع في بروز مادة جديدة ناشئة عن ذلك التفاعل، هذا التكون المعطي الحد الاقصى من التماسك الاسمنتي المتحد بفعل الضغط وتفريغ الهواء والمسمى بنظام (الأوتوكلاف) لإنتاج الطوب الرملي الطيني، حيث يعطي نتائج فيزا – ميكانيكية عالية، ان ارتفاع قوة الكسر عند الضغط يحدث نتيجة تفاعل جسيمات المواد الصغيرة مشكلة بذلك الترابط الاسمنتي للمواد من خلال زيادة الترابط والتداخل المكثف، وكذلك نشوء روابط جديدة تنتج عنها مادة جديدة، وذلك من خلال تفاعل جسيمات المواد المتداخلة مع بعضها لتكون روابط ايونية مع هيدروكسيد الكالسيوم كما تختلف خواص المادة المنتجة بناء على نوع التربة المضافة.

2.3 طريقة إنتاج الطوب الرملي الجيري

وهو مصنوع من الرمل الكوارتز (Sand – SiO2) بنسبة 90% وجير هيدروكسيد الكالسيوم (Ca(OH)2) والتي تسمى محليا (نورة) بنسبة 10% حيث يتم صناعة الطوب الرملي بطريقة خلط الرمل مع النورة المائية الى الرمل بنسب 9:1 مع اضافة الماء وبعد عملية الخلط يتم الضغط مع الخلخلة اوتوكلاف من خلال بخار الماء الساخن في غرف خاصة عند درجة حرارة تصل من 180- 200 درجة وضغط جوي من 8 – 12 وهذا ينتج الطوب الرملي الابيض، والطوب الرملي الملون يتم اضافة مادة التلوين المناسبة للزبون ويستخدم لأسطح الأوجه في جدران المباني.

ان رفع قوة الكسر للمادة الخام الجديدة تقلل من تكسر الطوب المنتج عند الانتاج للطوب الرملي، كما هو حاصل من التكوين السابق الرمل والنورة دون اضافة التربة الطينية، كما تسهل عملية انتاج وحدات الطوب الرملي المجوف ورفع كفاءته. كما ان التربة الخاصة بشبام – 2 والتي تقع آخر سلم التصنيع للطوب الطيني التقليدي (اللبن)، اضحت تحتل المرتبة الأولى في تصنيع الطوب الرملي الطيني حيث تشكل اكبر قوة كسر عند الانضغاط، لفترة 4 ساعات و لفترة 6 ساعات هي MPa40,20 و40,80 MPa، بينما قوة الكسر لطين لحج والذي يعتبر من اجود انواع الطين هي MPa39,81 MPa36,40 لفترات 6 و4 ساعات على التوالي وبما ان الفوارق ليست كبيرة بين 6 ساعات و4 فيما تبينه قوة الكسرفلذا سيتم اعتماد الفترة الزمنية 4 ساعات والطين المضاف 30 – 40%. عند استخدام المواد الخام من التربة الطينية لانتاج الطوب الرملي الطيني، يتم استخدام نفس تكوين المركب للطوب الرملي العادي، حيث تكون نسبة المادة المنشطة (الجير) في الخليط تساوي 8% من وزن التربة والرمل جافتين، وتمثل محتوى التربة الطينية المضافة تدريجيا من 10 – 40 % من تكوين الطوب الرملي الطيني، حيث تكونت المكعبات تحت ضغط 1.0 MPa، والفترة الزمنية تتغير من 2 – 6 ساعات، ومن خلال النتيجة في الجدول او في الشك (نوموجراما)، فان الفترة الزمنية المثلى 4 ساعات.

3.3. مميزات الطوب الرملي الجيري

يتميز الطوب الرملي الجيري بالعديد من المميزات الهامة ولاسيما بعد الإضافات التي تمت من قبل الباحث: بالنسبة لامتصاص الماء فان الطوب الرملي المستخدم للواجهات يجب ان يكون اقل من 14%، وللطوب المبني في الجدار ليس أكثر من 16%، ان الطوب الرملي الجيري ذو تحمل كبير لدرجات الحرارة لكنه يعتبر عازل جيد للحرارة.

1. خفيف الوزن متين ذو مقاسات مختلفة ومنها الصم والمجوف وغير ذلك، كما انه سهل الاستخدام حيث يتم استخدامه مباشرة بعد الانتاج، ولا يحتاج الى رش بالماء.
2. ذو اوجه ملساء عادية بيضاء وملونة بحسب اللون المختار تتمتع بمنظر جميل.
3. انتظام الشكل ودقة الابعاد، وحوافه المستقيمة واسطحه المستوية وزواياه القائمة يجعل منه سهل البناء بأشكال وانواع مختلفة.
4. ومن أهم مميزاته انخفاض الكلفة من خلال عدم استخدام أعمدة مسلحة باعتبار الجدران حاملة، كما انه اقتصادي ورخيص الكلفة كون الجدران لا تحتاج الي لياسة.
5. يمتاز بقوة التحمل العالية ويستخدم كجدران حاملة داخلية وخارجية بدون أعمدة خرسانية، القوة والمتانة بقوة ضغط تصل الى 25 نيوتن/مم2 بمعنى ان جدارا منه بسماكة بلوك 9سم، يكفي لحمل عقدة ببحر 6 أمتار، تزداد قوته مع مرور الزمن بسبب تفاعله مع ثاني اكسيد الكربون في الجو وتحوله الى ما يشبه الحجر الطبيعي.
6. لونه الطبيعي والتلوين المطلوب جذاب وسطوحه الناعمة التي تعكس الحرارة في فصل الصيف وتنشر الاضاءة والنور في الداخل وهو بالطبع عازل جيد للصوت والحرارة مما يوفر في تكاليف التبريد ويمنع الضجيج.
7. عدم حاجته للياسة او دهان، وامكانية استخدامه داخليا وخارجيا كونه لا يحتاج الى صيانة سنوية وهذا ايضا يخفض من الكلفة وتجعل منه مادة رخيصة التكاليف.
8. متوفر بألوان مختلفة ومتعددة ويمكن استخدامه في التصاميم والديكورات الداخلية وله امكانية واسعة للتشكيل حسب الطلب.
9. عازل للحرارة ويتحمل الحرارة أكثر من غيره من المواد المصنعة، ولا يتأثر من البرودة.
10. بيئي ويتناسب مع طبيعة جسم الانسان كون سماكته جيدة تصل الى 500 مم.
11. يستغرق مونة أقل في تلاصق الطوب لدقة استوائه واستقامة حروفه.
12. يلبي كل الطلبات وينتج بصورة ميكانيكية دقيقة وحديثة.

4. مواصفات الطوب المزمع إنتاجه لغرض الاستثمار[7]:

1. طوب رملي جيري:

- رمل (أكسيد السيليكون) %90
- جير (هيدروكسيد الكالسيوم) %10

2. الحجم الكلي :

- طول 250 ملم
- عرض 120 ملم
- ارتفاع 88 ملم

0.00264 متر مكعب

3. التجاويف :

- (25 – 31) %.

4. الحجم الفعلي :

- 0.00182 = 0.69 × 0.00264 متر مكعب

5. الكثافة:

- 2000 – 1800 كجم/سم مكعب

6. وزن الطوبة:

- 6.21 – 5.14 كيلو جرام

7. قوة كسر الطوبة:

- 25 – 15 MPa (N/mm2)
- 250 – 150 كجم/سم مربع

8. سماكة الجدار للطوبة:

- لا تقل عن 10مليمتر.

1.4 الطاقة التشغيلية السنوية في المشروع:

باحتساب الطاقة الإنتاجية المحددة بموجب المكائن الصينية تصل إلى ما يلي[7]:

= 132 (مليون طوبة/ سنة) × = 125 مليون طوبة في السنة.

وهذا يعادل، إذا احتسبت الطاقة الإنتاجية بكميات كتـل الطوب الرملي الجيري:

= 300 × 80 % (من الطاقة التصميمية) ×

= 300 × 0.8 × 0.95

= 228 ألف متر مكعب في السنة من كتـل الطوب الرملي الجيري ونلخصها في الجدول التالي:

	كتـل الطوب الرملي الجيري (ألف متر مكعب)
الطاقة التصميمية	300
الطاقة المتاحة (80%)	240
الطاقة التشغيلية (285 يوم عمل)	228
الطاقة المستغلة	حسب النسبة التشغيلية

وباحتساب الطاقة التشغيلية للمشروع بكميات الطوب نصل إلى الأرقام الموضحة في الجدول التالي:

إنتاجية	كتـل الطوب الرملي الجيري	طوب مقاس(250× 120× 88) مليمتر
	متر مكعب	طوبة
في السنة	228.000	125.000.000
في اليوم	800	440.000
في الوردية	400	220.000
في الساعة	33.3	18.000

المؤشرات المالية:				
عند بلوغ المشروع مرحلة الإنتاج القصوى في السنة الثانية من التشغيل (عام 2023) يحقق النتائج التالية:				
	الإنتاج السنوي	125	مليون طوبة	بتشغيل ورديتين في اليوم (الوردية الواحدة 12 ساعة).
	إيرادات المبيعات السنوية	15	مليون دولار	
	تكاليف الإنتاج السنوية	3.92	مليون دولار	
	إجمالي الربح السنوي	11.08	مليون دولار	
	ضريبة الدخل (15% من إجمالي الربح).	1.66	مليون دولار	
	صافي الربح السنوي	9.42	مليون دولار	
	نقطة التعادل	%7		
	معدل العائد الداخلي	%57		
	فترة الاسترداد	11 شهرا من بدء التشغيل		

(1) تحليل حساسية المشروع:

تم اختبار المشروع أمام متغيرات شديدة على النحو التالي:

	السيناريوهات	المؤشرات: معدل العائد الداخلي (%)	المؤشرات: فترة الاسترداد (اشهر)
1	الوضع الطبيعي	57	11
2	زيادة رأسمال المشروع بنسبة (50%)	44	16
3	زيادة تكاليف التشغيل بنسبة (50%)	51	13
4	انخفاض المبيعات بنسبة (50%)	20	38

المشروع مؤشراته المالية (الربحية والسيولة) ممتازة جدا في الوضع الطبيعي، وتبين انه لا يتأثر بارتفاع الرأس المال وتكاليف التشغيل حتى عند زيادة (50%)، ولكنه تراجع كثيرا عند انخفاض إيرادات المبيعات، ومع ذلك فان مؤشراته مطمئنة.

2.4 التحليل المالي لصناعة الطوب الرملي الجيري كمشروع في التنمية المستدامة[7]:

	(1) المؤشرات المالية:			
	عند بلوغ المشروع مرحلة الإنتاج القصوى في السنة الثانية من التشغيل (عام 2023) يحقق النتائج التالية:			
أ	الإنتاج السنوي	125	مليون طوبة	بتشغيل ورديتين في اليوم (الوردية الواحدة 12 ساعة).
ب	إيرادات المبيعات السنوية	15	مليون دولار	
ج	تكاليف الإنتاج السنوية	3.92	مليون دولار	
د	إجمالي الربح السنوي	11.08	مليون دولار	
هـ -	ضريبة الدخل (15% من إجمالي الربح).	1.66	مليون دولار	
و	صافي الربح السنوي	9.42	مليون دولار	
ز	نقطة التعادل	%7		
ح	معدل العائد الداخلي	%57		
ط	فترة الاسترداد	11 شهرا من بدء التشغيل		

(1) تحليل حساسية المشروع: تم اختبار المشروع أمام متغيرات شديدة على النحو التالي:			
	السيناريوهات	المؤشرات	
		معدل العائد الداخلي (%)	فترة الاسترداد (اشهر)
1	الوضع الطبيعي	57	11
2	زيادة رأسمال المشروع بنسبة (50%)	44	16
3	زيادة تكاليف التشغيل بنسبة (50%)	51	13
4	انخفاض المبيعات بنسبة (50%)	20	38

المشروع مؤشراته المالية (الربحية والسيولة) ممتازة جدا في الوضع الطبيعي، وتبين انه لا يتأثر بارتفاع الرأس المال وتكاليف التشغيل حتى عند زيادة (50%)، ولكنه تراجع كثيرا عند انخفاض إيرادات المبيعات، ومع ذلك فان مؤشراته مطمئنة.

3.4 سعر بيع الطوب:

1. تم اعتماد سعر بيع الطوبة (باب المصنع) مبلغ 100 ريال يمني وحيث أن سعر الصرف للدولار يعادل 850 ريال في نوفمبر، فإن سعر بيع باب المصنع يكون (0.12) دولار أمريكي (12 سنت أمريكي.
2. أسعار بيع تجزئة المنتجات المماثلة من الطوب الأحمر، والطوب الإسمنتي (بردين) هي على النحو التالي:

(أ) الطوب الإسمنتي (بردين) :

8 انش ثقيل	وزن	22 كجم	350 ريال
8 انش ضعيف	وزن	12 كجم	340 ريال
8 انش ثقيل عادي		17 كجم	300 ريال
6 انش ثقيل عادي		14 كجم	230 ريال
4 انش ثقيل عادي		9 كجم	150 ريال
(15 × 4)		5 كجم	80 ريال
(20 × 20 × 4)	ضغط مخيش	18 كجم	400 ريال

(ب) الطوب الأحمر (الطوب الطيني) :

(25 × 10 × 6)	3 كجم	500	ريال
	8 كجم	650	ريال

إن التربة في اليمن تعد من أجود أنواع التربة في مجال صناعة الطوب الأحمر والطوب الرملي والطوب (الافتاكلاف) المضغوط المثبت بالإسمنت، وتتكون التربة من مركبات نشطة، يكمن نشاطها في عمليات تجفيف – خلطاتها المتكونة من التربة والإسمنت والمتعلقة في خواص التربة – الكيميائية ومكوناتها المعدنية – تلك الخواص التي تؤثر مباشرة بالتسريع أو الإبطاء في فترة التجفيف، فقد تم إجراء تجارب على نشاط تفاعل التربة المستخدمة في البناء والمأخوذة من محافر مختلفة للتربة في اليمن وتفاعلها مع أكسيد الكالسيوم، وكانت النتائج مشجعة جداً بأن التربة متفاعلة مع المواد الكيميائية مثل الإسمنت والجير(النورة).

قد شكل صناعة متقدمة من التربة ولكن على حساب الأراضي التي يجب ان تستغل في مجال الزراعة وهناك عشرات المواقع الممكنة بعيد عنها علما بأن التربة الطينية دوما متجددة. ولهذا سيتم في هذه الدراسة التحليلية استعراض إمكانية الفرص الاستثمارية الممكنة وهي فرص كبيرة وواسعة لاسيما وان اليمن ارض بكر لم يتم استغلال ثرواتها في مجال البناء والمقاولات، ولاتزال الفر ص سانحة للمستثمرين الجادين خاصة وان صناعة مواد البناء المحلية تعد من أهم الصناعات الوطنية لبناء الاقتصاد الوطني، ومن المهم الإشادة بأن القطاع الخاص لعب دورا بارزا في استغلال الفرص الاستثمارية في شتى مجالات الحياة، ولكنها لاتزال في خطواتها الأولى فيما يخص الاستثمار في مجال صناعة مواد البناء والمقاولات، فاليمن بحاجة الى تأهيل وتدريب الكادر وتعزيز دور البحث العلمي للتنمية الاقتصادية وانشاء قاعدة إنتاجية تشمل مختلف الصناعات في مجال مواد البناء[8].

شكل 7. الطوب الأحمر – قد شكل صناعة متقدمة من التربة ولكن على حساب الأراضي التي يجب ان تستغل في مجال الزراعة وهناك عشرات المواقع الممكنة بعيد عنها علما بأن التربة الطينية دوما متجددة.

3.4. تحديث البيت الطيني التقليدي استثمار ناجح:

البيت الطيني الحديث – يستند بكل ثقة على تلك العمارة الطينية الضاربة بجذورها في عمق التاريخ وهو حلم مشروع لهذا الجيل وللأجيال القادمة حيث يعد خلاصة لتجارب البناء بالطين على مدى قرون من الزمن، انه الطين الذي تتكون منه اجسادنا لن يجد أكثر من الطين تكيفا معه، انها التربة الطينية بكل مكوناتها وعظمتها تبرز ماثلة كأفضل مادة بنائية تتناسب مع طبيعة جسم الانسان وراحته الحرارية في كل مكان في عالمنا على سطح البسيطة، ولكي يتجلى بأسلوب عصري ملبياً متطلبات الحياة ومراعياً العادات والتقاليد الأصيلة للمجتمع؛ يحتاج إلى الكثير من التحديثات بما يلبي الحياة العصرية وذلك من خلال تفعيل موضوع البناء الطيني واستيعاب تحديثات العمارة الطينية وهناك العديد من انواعها.

شكل 8. مركز العمارة الطينية في وادي حضرموت.

إن استعمال الطين كمادة بنائية بأساليب تكنولوجية حديثة تواكب التطور العلمي – التقني الجاري في عصرنا الحاضر مع تحسين الخواص الفيزيائية والميكانيكية لهذه المادة من خلال المواد المثبتة المضافة ولتي سيكون لها اهمية كبيرة في نقل هذه المادة الى درجة مصاف افضل المواد البنائية المتناسبة صحيا مع جسم الانسان والبيئة والمناخ لما تمتاز به هذه المادة من خصائص ومواصفات جيدة تخلق في سكن الانسان الجو المناسب وتكيف الحالة المناخية داخل البيت بما يتلاءم مع الظروف البيئية ولا سيما في البلدان ذات المناخ الحار الصحراوي الجاف مثل مناخ وادي حضرموت وحتى عند المناخ الحار ذات الرطوبة العالية، فهناك تجارب حديثة لإنشاء الجدران المدكوكة المثبتة بالإسمنت في منطقة العرائس م/لحج

شكل 9. الطين المدكوك في قوالب – تم بناء منزل تنفيذ المؤسسة العامة للبناء والإسكان - تحت اشراف استاذ البحث العلمي في مجال البناء بالطين د. علوي جعفر زين – مبنى الطين المدكوك في منطقة العرائس – لحج مثبت بنسبة 3 %.

عند تثبيت مادة التربة الطينية بواسطة معادن قابضة مثل (الإسمنت البورتلاندي العادي، الجير)، يحدث اتحاد (تجلط)، مع الجزيئات الغرينية للطين، تزداد قوة الاحتكاك بين الجسيمات الدقيقة والمجموعة المتكاملة للطين، وهذا بدوره يؤدي إلى رفع قوة الاحتكاك، ومنه إلى رفع قوة الكسر والصلابة.

التربة الطينية في اليمن تقل فيها صلاحية الحرق وممكنة فقط لصناعة الطوب الأحمر وتربة حضرموت غير صالحة للحرق حتى لصناعة الطوب الأحمر.

من المعروف بأن التربة الطينية في اليمن مجدية لتكون من أنواع المواد الخام للحصول على الطوب الرملي، وباستخدام مادة التربة الطينية ممكن اختصار الوقت الخاص بالتفاعل 2 – 3 مرات.

5. البناء بالحجر الطبيعي

تعتبر الصخور من أوائل المواد الطبيعية التي استخدمها الإنسان في البناء منذ قديم الزمن كما تشهد بذلك آثار الحضارات السابقة. وتتفوق الصخور الطبيعية من حيث المنظر والمتانة على مواد البناء الأخرى، وهي لا تزال تستخدم في واجهات المباني بالرغم من غلاء أسعارها نظراً لجمال منظرها والحفاظ على الطابع المعماري الأصيل للعمارة وخاصة في اليمن [9].

عدم استخدام الحجر الأسود الردفاني في الأساسات الساحلية كونه كربوني ويتحول الى فحم من أثر الرطوبة والملوحة (تقرير بحثي عن مختبرات الهيئة العامة للمساحة الجيولوجية – معروف عقبة – وطلاب كلية الهندسة عدن)، وينصح بعدم استخدام الاسمنت البورتلاندي العادي وعلى مسافة ثلاثون كيلومترا من السواحل الغربية والجنوبية لعدن واستبداله بالإسمنت البوزولاني.

شكل 10. المباني الحجرية وصناعة النورة في اليمن تعد من أهم صناعات مواد البناء المحلية

الخلاصة والتوصيات

- القيام بالدراسات اللازمة لتحديد مكامن وحجم الثروات المعدنية في مجال مواد البناء.
- قيام الدولة بوضع الخطط الاستراتيجية لبناء قاعدة إنتاجية لصناعة مواد البناء.
- دعم البحث العلمي لإنشاء كود البناء الوطني وتطوير صناعة مواد البناء محلية المنشأ
- تسهيل إجراءات الاستثمار وتحديد مواقعها لغرض الاستفادة من رؤوس الأموال الوطنية.
- إن التربة الطينية في اليمن تعد تربة طينية رملية، والتي تتموضع في الوديان الرئيسية، وتغطي مساحات كبيرة يكفي احتياطها إلى قيام صناعات هامة، ولذا نوصي بإقامة مصانع حديثة لمواد البناء وخاصة الطوب الرملي الطيني والطوب المضغوط.

- إن التربة الطينية في اليمن و(الألياف) ذات المنشأ الزراعي (التبن والهدي) ذا فائدة كبيرة من اجل الحصول على مركب مؤتلف ذات كفاءة جيدة كمادة بناء، حيث تقرران تكون نسبة الإضافة 0.5%.

- عند تثبيت مادة التربة الطينية بواسطة معادن قابضة مثل (الأسمنت البورتلاندي العادي، الجير)، يحدث اتحاد (تجلط)، مع الجزيئات الغرينية للطين، تزداد قوة الاحتكاك بين الجسيمات الدقيقة والمجموعة المتكاملة للطين، وهذا بدوره يؤدي إلى رفع قوة الاحتكاك، ومنه إلى رفع قوة الكسر والصلابة.

- التربة الطينية في اليمن تقل فيها صلاحية الحرق وممكنة فقط لصناعة الطوب الأحمر وتربة حضرموت غير صالحة للحرق حتى لصناعة الطوب الأحمر.

- من المعروف بأن التربة الطينية في اليمن مجدية لتكون من أنواع المواد الخام للحصول على الطوب الرملي، وباستخدام مادة التربة الطينية ممكن اختصار الوقت الخاص بالتفاعل 2 – 3 مرات.

- التربة في اليمن صالحة لصناعة مواد البناء والصناعات الأخرى نظرا لجودة المواد الخام والتي تتوفر بكميات تجارية تغطي اغلب متطلبات تلك الصناعات.

- الاستثمار في مجال صناعة مواد البناء مثمرة ومربحة وتعد من أهم الصناعات في بلادنا نظرا لتزايد متطلبات البناء في كل مدن اليمن، مواد البناء رخيصة الكلفة وموفرة للطاقة تعد مواد التربة الطينية والبوزولانية.

- ضرورة إجراء الاختبارات لكل مواد البناء المجهولة المصدر المراد استخدامها للبناء والتأكد من مطابقتها للمواصفات القياسية العالمية أو المحلية قبل البدء بتنفيذ أعمال البناء والتشييد وان لم تتوفر إمكانيات الاختبار – فنوصي بعدم استخدامها.

إقرار:

أتقدم بالشكر والتقدير للمعهد الأمريكي لدعم الدراسات العليا في اليمن لمساهمته المالية، وأيضاً الأستاذ أحمد علي محسن وإدارة مدرسة التحير مشاوز أعبوس لتسهيل العمل في المختبر، وكل اللذين ساعدوا في تسهيل العمل الحقلي.

المراجع:

1. عبد الله عمر بن دحمان، أهمية الجودة في صناعة البناء والتشييد: العوامل المؤثرة عليها والحاكمة لها، المؤتمر الهندسي الأول –كلية الهندسة – جامعة عدن-الجمهورية اليمنية- 2002م.
2. Earth Construction – A Comprehensive Guide, Hugo Houben And Hubert Guillaud – Craterre – Eag Intermediate Technology Publications- 1994.
3. العزب ثابت سالم – رسالة الدكتوراه مواد البناء فير المحروقة على أساس التربة في اليمن – روسيا الاتحادية – جامعة بالجراد الحكومية 2009م.
4. رموضه سالم عوض – دراسات في العمارة الطينية في اليمن مطبوعات جامعة حضرموت 2005م ص20.
5. معروف إبراهيم عقبة "دراسة خصائص الصخور الإنشائية خطوة نحو توصيف مواد البناء محلية المنشأ " محاضرة الجمعية الجيولوجية اليمنية –عدن 2022م.
6. زين علوي جعفر- العزب ثابت سالم- تجربة تطبيقية على تربة وادي خير م/لحج في موقع (معمل البردين) المؤسسة العامة للبناء والإسكان م/ لحج اختبارات موقعية يناير 2003م.
7. اقبال باهادر، العزب ثابت، عقبة معروف – دراسة الجدوى الاقتصادية لمشروع الطوب الرملي الجيري – شركة المجد لمواد البناء الحديثة 2020م، عدن ص 80.
8. فهرس المواصفات القياسية اليمنية (2004)، الهيئة اليمنية للمواصفات والمقاييس، صنعاء 2004م.
9. عامر محسن ألصبري، إسماعيل ناصر الجند " أحجار البناء والزينة في اليمن" وزارة النفط والمعادن، هيئة المساحة الجيولوجية والثروات المعدنية، الزهراء للطباعة والنشر، صنعاء - اليمن 2003م.

University of Aden Journal of Natural and Applied Sciences., vol.28(2) (2024),11-21

University of Aden Journal of Natural and Applied Sciences

Journal homepage: https://uajnas.adenuniv.com

Research Article

Investment Opportunities in the Low-Energy Local Building Materials Industry

Thabet Salem Al-Azab *

*Faculty of Engineering – University of Aden

https://doi.org/10.47372/uajnas.2024.n2.a02

ARTICLE INFO

Received: 24 Jan 2025

Accepted: 12 Mar 2025

Keywords

Building materials, investment opportunities, production base, Brick manufacturing

Abstract

Yemen lacks an industrial and productive base in the field of manufacturing locally-originated building materials, which has led to the wide opening of the importation door. This importation has contributed to neglecting the use of significant natural resources in building the national economy and sidelining important local expertise in utilizing available high-quality local building materials. These materials are vital for life, suiting the climatic, environmental, and human living conditions in Yemen. Moreover, it has opened broad avenues for importing materials that do not fit the climatic and environmental conditions, causing complex economic problems that harm the national economy through the waste of national resources and liquidity. This study focuses on potential investment opportunities in the industry of local building materials suited to the environmental and climatic conditions. Among the most important investment opportunities is the use of clay soil in the manufacturing of building materials: extraction and production of lime sand bricks and clay sand bricks, production of cement-stabilized compressed bricks, and rammed earth walls, and the manufacture of green pozzolanic concrete. There are studies, practical experiments, and scientific research that have proven the feasibility of manufacturing these materials, which have shown high-quality results for the intended products. The state should facilitate investment procedures and enact laws and legislations that enable the exploitation of natural resources to establish a productive base that can accommodate the rapid movement of construction and contracting and reconstruction due to wars and conflicts.