JAUES

Journal Of Al-Azhar University Engineering Sector

Vol. 14, No. 51, April, 2019, 781-799

MUD IS AN ENGINEERING MATERIAL PROMISING TO ACHIEVE THE PRINCIPALES OF SUSTAINABLE ARCHITECTURE

Mansour Abdulaziz Al-Jadeed,
Department of Architecture and Building Science, College of Architecture and Planning,
King Saud University

ABSTRACT

Human lives on this land where Allah made him a successor and supported him with many of earth's resources. This paper aims to concentrate on the growing interest of mud as a promising engineering material for sustainable architecture. The study also encourages the use of this material in the building of the present and future constructions, by clarifying their properties as a building material used since the dawn of history to provide a shelter for humans and to protect them from various environmental influences. The study shows also the diversity of the uses of this natural material in our contemporary life in various fields such as engineering, agriculture, medicine, art, architecture and others. The study identified the advantages and disadvantages of soil as a building material and explained the diversity of construction methods in different continents of the world. The study concluded that mud properties could be improved and developed to meet contemporary human needs for sustainable architecture, and some architectural recommendations were made at the end.

Key words: Soil, Mud, Earthen Architecture, Sustainability, Affordable Housing, Soil (Stabilization)

الطين مادة هندسية واعدة لتحقيق مبادئ العمارة المستدامة

د. منصور بن عبدالعزيز الجديد
قسم العمارة وعلوم البناء، كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود،
الرياض، المملكة العربية السعودية

الملخص:

يعيش الإنسان على هذه الأرض حيث جعله الله خليفة فيها وأمره بعمارتها، فينعم بالكثير من خيراتها التي مصدرها تربة هذه الأرض وطينها سواء في الزراعة أو البناء أو غيرهما. وتهدف هذه الدراسة إلى إلقاء المزيد من الضوء على الاهتمام المتزايد بهذه المادة كمادة واعدة تتسق مع مفاهيم البناء المستدام. وكذلك التشجيع على استخدامها في عمارة الحاضر والمستقبل، من خلال توضيح خصائصها كمادة بناء استخدمت منذ فجر التاريخ في ايجاد مأوى للإنسان يحميه من المؤثرات البيئية المختلفة. وقد بينت الدراسة تنوع استخدامات هذه المادة الطبيعية في حياتنا المعاصرة في شتى المجالات كالهندسة والزراعة والطب والعلاج والفن والبناء وغيرها. ورصدت الدراسة مميزات وعيوب الطين كمادة بناء، وأوضحت تنوع طرق التشييد بها في مختلف قارات العالم. وخلصت الدراسة إلى امكانية تحسين خواص مادة الطين وتطويرها لتلبية احتياجات الانسان المعاصر. واختتمت الدراسة ببيان الاتجاهات الحديثة لتطوير هذه المادة وما تمثله من إمكانات واعدة في تحقيق مفاهيم العمارة المستدامة. وقدمت الدراسة في خاتمتها بعض التوصيات المعمارية المناسبة لإمكانية استخدام مادة طين كمادة بناء واعدة تحظى بالعديد من المميزات التي يمكن توظيفها في تحقيق عمارة حديثة مستدامة.

(الكلمات المفتاحية: التربة، الطين، العمارة الطينية، الاستدامة، الإسكان الميسر، تثبيت التربة)

١. المقدمة:

لقد خلق الله سبحانه وتعالى الإنسان من طين واسكناه الأرض وأمره بعمارتها كما دلت على ذلك العديد من الآيات الكريمة في القرآن العظيم [١]. وتعتبر مادة الطين من أقدم مواد البناء التي عرفها الإنسان واستخدمها في بناء المساكن ودور العبادة والحصون والاسوار والأهرام وغيرها من المنشآت في مختلف قارات العالم (الشكل ١ والشكل ٢). ولا يزال نحو ثلث البشرية اليوم يسكن في مباني مشيدة من هذه المادة في مناطق مختلفة من العالم، كما أن حوالي ١٠ % من المعالم المسجلة ضمن لائحة التراث العالمي هي معالم مبنية من الطين، منها ما يقرب من ٦٠% في حالة خطرة وهي مهددة بالزوال، وتبذل العديد من المؤسسات الوطنية والدولية مجهودات كبيرة لإنقاذها.

الشكل ١: خريطة توزيع المباني الطينية عبر قارات العالم المختلفة.

الشكل ٢: بني سور الصين العظيم في بداية القرن الخامس قبل الميلاد

بطول ٦٠٠٠ كيلومتر، وقد شيد حوالي الثلث منه بالطوب الطيني المجفف بالشمس.

وتعد منطقة الشرق الأوسط من أقدم المناطق المأهولة في العالم، وقد تطورت العمارة الطينية فيها فأنتجت مباني ومستوطنات جمعت بين التقنية والجمال والاندماج مع البيئة الاجتماعية والطبيعية. ولا تزال معظم البلدان العربية تحتفظ بشواهد مميزة من العمارة الطينية رغم الحملات الشعواء الحرب الضروس التي تشن عليها في ظل موجة التحديث. ومن هذه المنطقة في العالم انبثقت الفكرة الأساسية والحيوية لمفهوم المدن التي ما برحت منصهرة - منذ ولادتها - بتقنية وفن البناء بالطين. وعلى مرِّ العصور تناقلت الأجيال هذه المهارة التي ازدادت تطوراً لتشييد نماذج الأبنية كافة؛ المدنية والدينية والعسكرية، المتواضعة والفخمة [٢]. وهناك الكثير من الأمثلة على المدن العربية الرائعة المشيدة بالطين كمدينة شيبام وصعدة في اليمن، وكمدينة مراكش وورززات في المغرب ومدينة مطماطة في تونس، ومدينة غدامس في ليبيا، ومدينة أدرار في الجزائر، ومدينة حلب في سوريا وغيرها (الشكل ٣). كما تمتلك المملكة العربية السعودية نماذج مميزة من

العمارة الطينية في العديد من المدن كالدرعية والرياض وحائل والهفوف ونجران وظهران الجنوب وغيرها. وتعتبر مادة الطين من أكثر المواد التقليدية استخداما في أغلب مناطق المملكة وذلك لما تتمتع به من خصائص حرارية مميزة مما يجعل المساكن التي تبنى بهذه المادة باردة في الصيف دافئة في الشتاء وهو ما يتناسب مع مناخ المملكة الصحراوي القاري الجاف والذي يتصف بشدة الحرارة في الصيف وانخفاض درجة الحرارة في الشتاء. ورغم استخدام مادة الطين في البناء في مناطق المملكة المختلفة الا انها اوجدت العديد من الأنماط التي استجابت للمحددات المختلفة لكل منطقة واوجدت طرزا معمارية فريدة (الشكل٤) [٣].

٢. هدف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى بيان أهمية مادة الطين واستخداماتها المتنوعة في الحياة وخصائصها المميزة التي تجعل منها مادة هندسية واعدة يمكن وبكل اقتدار أن تستثمر على نطاق واسع لتحقيق مبادئ ومفاهيم العمارة المستدامة.

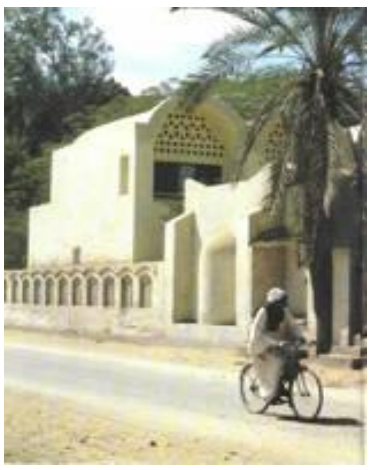
٣. منهجية الدراسة:

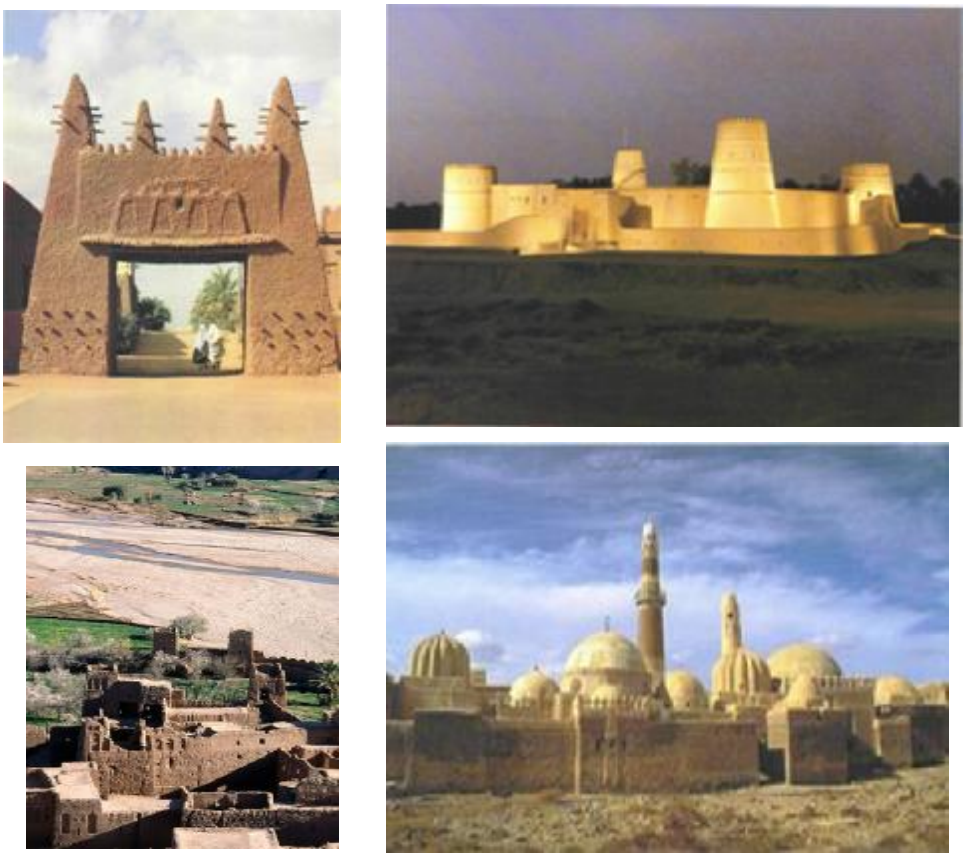
اعتمدت هذه الدراسة المنهج النظري التحليلي وذلك بالرجوع إلى أدبيات العمارة الطينية والدراسات السابقة عنها بهدف الوصول إلى رؤية مستقبلية تستثمر العمارة الطينية وتوظفها في تحقيق الاستدامة في البناء بشكل عام والمساهمة في توفير الإسكان الميسر لشريحة واسعة من البشرية. وقد خلصت الدراسة إلى مجموعة من التوصيات المعمارية المناسبة لتشجيع تطوير واستخدام مادة الطين كمادة بناء واعدة في العمارة المعاصرة في العالمين النامي والمتقدم وذلك لما تتمتع به من خصائص تتسق مع مبادئ العمارة المستدامة.

٤. البناء بالطين بين الأصالة والمعاصرة:

على الرغم مما شهدته عمارة الطين من تطور كبير عبر التاريخ وذلك من خلال الخبرات المتوارثة عبر الأجيال في التعامل مع هذه المادة وتوظيفها التوظيف الأمثل الذي يستجيب لجميع المؤثرات البيئية والمتطلبات الثقافية والاجتماعية والاقتصادية والسياسية للشعوب، ويراعي والظروف والمناخية الخاصة بكل منطقة أو بلد. إلا انه ومنذ الخمسينات منتصف القرن الميلادي المنصرم بدأ البناء بالطين في العديد من البلدان النامية بالاضمحلال بدرجات متفاوتة وذلك نتيجة مباشرة لما شهده العالم خلال العقود القليلة الماضية، من تغيرات كبيرة في شتى المجالات. وقد أشار بعض الباحثين إلى ضرورة دراسة مواد البناء التقليدية وأساليب البناء وتحسين أدائها، وخاصة فيما يتعلق بالقوة والمتانة. ويعد هذا الأمر مهما للغاية، لا سيما عندما يلاحظ المرء أن حوالي ٤٠% من الهياكل المبنية في العالم هي مصنوعة من الطين، وأنه ويعيش في مباني مشيدة من الطين ما يقرب من ٥٠% من سكان العالم [٤].

إن التمسك بالأصالة في العمل المعماري لا يعني العودة إلى القديم والعيش في الماضي وترك الحاضر، فذلك يعني تخلف المجتمع وتجاهله لحاضره ومستقبله بجعله للماضي حاضرا مستمرا، غير مستفيد من النمو والتطور والازدهار. وهذا الخضوع لا يتفق مع تطور الحياة وحكمة خالق الكون سبحانه وتعالى، وقوانين التطور والديناميكية [٥]. ولا شك بأن ذلك المنهج يستوجب أيضا استثمار خبرات الماضي وتوظيف إمكانات الحاضر لصناعة عمارة المستقبل بفكر واعي ورشيد. ورغم ما شهدته عمارة الطين من انحسار في بعض البلدان النامية خلال العقود القليلة الماضي خاصة تلك الدول التي حظيت بطفرة اقتصادية كبيرة كدول الخليج العربية. إلا أنه ومنذ السبعينيات من القرن الميلادي المنصرم وتحت وطأة غلاء الطاقة وتلوث البيئة خاصة في الدول الصناعية بدأ الرجوع للعمارة الطينية والاهتمام بها والتوجه إلى استثمارها في تحقيق عمارة حديثة مستدامة. والواقع أنه ورغم أهمية هذا التوجه، إلا أن البناء بالطين بدأ استغلاله لتوسيع السوق العالمية وزيادة هيمنتها من خلال العمل على تسويق البناء بالطين بأسلوب حديث في بعض الدول النامية العريقة في البناء بالطين عن طريق بعض الخبرات الأجنبية كما هو الحال في بعض دول الخليج واليمن والمغرب وبعض دول امريكا اللاتينية كالمكسيك وغيرها، وذلك نتيجة لتطوير البناء بالطين علميا في بعض البلدان المتقدمة مما أسفر عن تقنيات جديدة للبناء بالطين لا تملكها تلك البلدان النامية.





الشكل٣: نماذج من العمارة الطينية في بعض المدن العربية (السعودية ومصر وعمان والجزائر واليمن والمغرب) ويلاحظ الشخصية المعمارية المميزة التي منحتها تلك المادة لكل منطقة.

الشكل٤: نماذج من العمارة الطينية في بعض المدن السعودية (شقراء وأبها ونجران).

لقد شهد الطين عودتين في القرنين الميلادين الماضيين على يد الفرنسي فرانسوا كوانترو والمعماري المصري حسن فتحي (الشكل ٥). لكن مفاهيم الحداثة التي باسمها أقصي الطين كانت بالنظر للمشاكل التي نتجت عنها السبب الرئيس في طرح عودة الطين للاستعمال بقوة من جديد منذ منتصف سبعينيات القرن الميلادي المنصرم. فقد رجع الاهتمام بالطين دوليا مرة أخرى واتخذ في الغرب فلسفة الخضر وتم الاعتراف بالمباني الطينية كهندسة معمارية وانطلقت مشاريع البناء بالطين وترميم المباني والمآثر الطينية. وقد تطورت تقنيات ومناهج البناء بالطين وفق ثلاثة محاور رئيسة:

- البناء بالطين للحفاظ على الطاقة والمحافظة على البيئة كفلسفة للحياة.
- البناء بالطين في مشاريع الإسكان الميسر كنتيجة للمقـــاربة التنمويـــــــة.
- ترميم المباني والمنشآت الطينية التاريخية كوسيلة للحفاظ على الهويـــــة.

٥. تعريف ومعنى كلمة الطين في اللغة العربية:

الطَيْن اسم والجمع *أطيان*، *والطِّينةُ* هي القطعةُ من الطين، *والطِّينةُ* أي الطبيعة، والخِلْقة والجِبِلَّة، ومِنْ *طينة* واحدة أي على شاكلة واحدة. والمصدر *طَيْن* من طانَ والفعل *طَيَّنَ* يطيِّن، تطييناً، فهو *مُطيِّن*، والمفعول *مُطيَّن*. وطَيَّنَ الْجُدْرَانَ أي طَلاَهَا بِالطِّينِ، وطَيَّنَهُ مبالغة في طانه. *والطِّينُ* هو التراب المختلطُ بالماءِ، وقد يُسَمَّى بذلك وإن زالت عنه رطوبة الماء. وزاد *الطِّينَ* بِلَّة أي زاد الأمرَ سوءًا، أو خطورةً وجاء في قاموس المعجم الوسيط تعريف *الطِّينُ* على أنه مادّةٌ تتكوَّن من سليكات وألومنيات بعض العناصر مختلطةٌ ببعض المواد العضوية، حبيباتها دقيقة متماسكة.

٦. تعريف ومعنى كلمة الطين من الناحية الفنية:

تعتبر التربة (soil) وهي أصل مادة الطين من المصادر الطبيعية المهمة بالنسبة للإنسان فهي تمثل مصدر غذائه وكسائه وذلك من خلال ما ينمو في التربة من النباتات المتنوعة وما يعيش عليها من الحيوانات المختلفة. كما تحتوي التربة على الكثير من الكائنات الحية الدقيقة كالبكتيريا والفطريات والحيوانات الأوّلية، بالإضافة إلى الآلاف من الحشرات والديدان. وتشير بعض الدراسات إلى أن ملعقة كبيرة واحدة من التربة تحتوي على عدد كبير جدا من الكائنات الحية يزيد عن عدد سكان هذا الكوكب

قصر مشيد بتقنية التراب المدكوك بضواحي ليون بفرنسا من القرن التاسع عشر الميلادي

منزل مشيد بتقنية الطوب الطيني بولاية نيويورك في أمريكيا بني في أربعينيات القرن التاسع عشر الميلادي

مسكن مشيد بتقنية المداميك الطينية بالمملكة المتحدة

الشكل٥: نماذج من العمارة الطينية في بعض الدول المتقدمة في القرن التاسع عشر الميلادي.

ويختلف تعريف مفهوم التربة باختلاف تخصص الباحثين، فهي عند الجيولوجيين الناتج النهائي لعمليات التجوية والتعرية والنقل الميكانيكية منها والكيميائية والبيولوجية وذلك للصخور في ظروف متباينة وخلال فترات مختلفة من الزمن، وهي عند المهندسين ومختصي الطرق عبارة عن الطبقة المفككة من الغلاف الصخري التي يتم التأسيس عليها أو استبدالها تبعا لطبيعة المنشأة الهندسية وبعض الخصائص والاعتبارات الفنية لمواقع التنفيذ، وهي عند علماء الزراعة والنبات تمثل الطبقة الخارجية من الغلاف الصخري التي تنمو فيها جميع النباتات. وينظر الجغرافيون الى التربة على أنها الطبقة الخارجية غير المتماسكة من القشرة الارضية والمكونة من اختلاط المواد الناتجة من تفتت الصخور وانحلال المعادن وبقايا الكائنات الحية. ورغم تقاطع تلك التعريفات وتشابهها، إلا أنه لا يوجد تعريف محدد للتربة مجمع عليه من قبل كافة المختصين، حيث يختلف مفهومها باختلاف الغرض من دراستها. وقد ظهرت دراسة التربة كعلم قائم بذاته في القرن التاسع عشر الميلادي نتيجة التقدم العلمي، حيث تطور علم التربة واتخذت دراسته اتجاهات متعددة منها الاتجاه الجيولوجي والكيميائي والفيزيائي والبيولوجي والهندسي، مما جعل لهذا العلم علاقه مع العلوم الاخرى كعلوم الأرض وعلم الكيمياء وعلوم الحياة وعلم البيئة وعلوم الهندسة وعلم الجغرافيا.

٧. مكونات التربة والوان الطين:

تتكوّن التربة، والتي هي أصل مادة الطين، بشكل رئيسي من بعض المواد المعدنية والتي من ابرزها الألومينا والسيليكا بالإضافة إلى نسب محدودة من أكاسيد الحديد والجير والمغنيسيوم وبعض المعادن الأخرى والشوائب والمواد العضوية والماء. وتتفاوت نسب هذه المكوّنات من تربة إلى أخرى تبعا لتنوع مصادر تلك الترب وموقعها الجغرافي والمؤثرات المختلفة المحيطة بها. ويتأثر البناء الطبيعي للتربة بدرجة كبيرة بصفات الحبيبات المعدنية للتربة والتي تتكون من مختلف الأحجام والتي تتدرج من الأحجار والحصى والرمال بدرجاتها المختلفة إلى الطمي والطين الغروي الذي يكون متوسط قطر حبيبته أقل من ٠.٠٠٢ ملم ولا يمكن رؤيتها بالعين المجردة (جدول ١). وتتنوع الترب المختلفة وفقا لنسب الرمل (sand) والطمي (silt) والطين (clay) في كل منها (الشكل ٦).

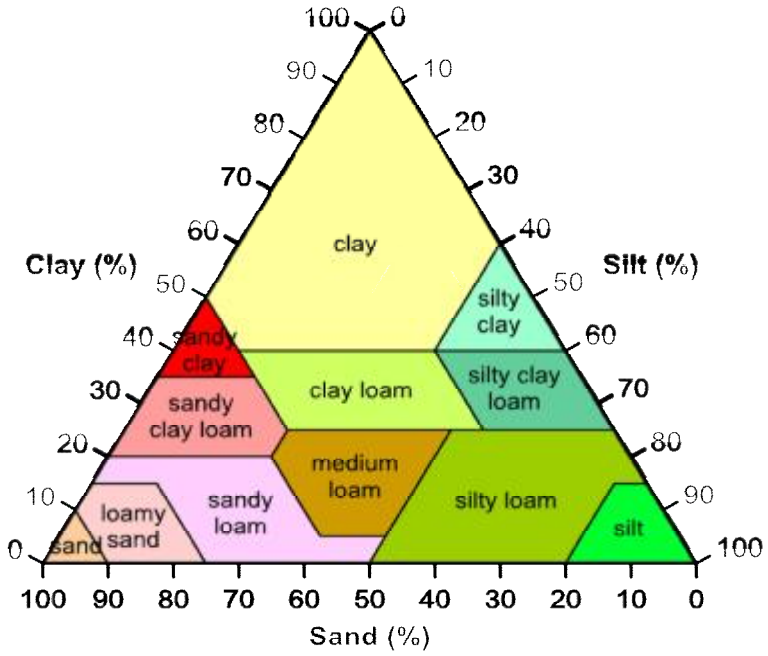
جدول ١: تقسيم أحجام حبيبات التربة حسب النظام الأمريكي (ASTM).

مسلسل	اسم الحبيبات	القطر (mm)
١	حجارة (Stones)	أكثر من ٧٥
٢	حصى (Aggregates)	2 - 75
٣	رمل خشن جداً (Very Coarse Sand)	1 - 2
٤	رمل خشن (Coarse Sand)	0.5 - 1
٥	رمل متوسط (Medium Sand)	0.25 - 0.5
٦	رمل ناعم (Fine Sand)	0.1 - 0.25
٧	رمل ناعم جداً (Very Fine Sand)	0.05 - 0.1
٨	طمي (Silt)	0.002 - 0.05
٩	طين (Clay)	أقل من 0.002

وتتكون مادة الطين بشكل أساسي من جزيئات صفائحية الشكل وصغيرة جداً من حيث الحجم تقاس أبعادها باقل من الميكرون من مركبات التربة والمتمثلة بشكل أساسي من الألومينا والسيليكا مرتبطة مع بعضهما بالماء. كما يوجد بعض المواد المختلفة الأخرى في الطين التي تكسبه ألوانًا مختلفة. فأكاسيد الحديد تضفي اللون الأحمر عليه، بينما تكسب المواد العضوية الطين اللون الأسود، في حين تضفي المركبات الكربونية على الطين درجات مختلفة من اللون الرمادي. ويكسب معدن المغنيسيوم إذا زادت نسبته في التربة اللون الأصفر عليها وذلك بدرجاته المختلفة والتي تصل إلى اللون البني تبعا لنسبة هذا المعدن في التربة، ويضفي معدن الجلوسونيت اللون الأخضر على الطين. وتنتج الألوان الفاتحة أو البيضاء في التربة بصفة عامة من وجود معادن مختلفة مثل كربونات الكالسيوم وأكاسيد السيلكا، ومعادن الفلدسبار وغيرها.

أقسام قوام التربة، حسب النظام الأمريكي

الرتبة	الوصف	تحت الرتبة	
التربة الرملية	تربة خشنة القوام	رمل	Sand
		رمل طمي	Loamy Sand
التربة الطميية	تربة في قوامها خشونة	طمي رملي	Sandy Loam
	تربة متوسطة القوام	طمي	Loam
		طمي سلتي	Silty Loam
		سلت	Silt
	تربة في قوامها نعومة	طمي طيني	Clayey Loam
		طمي طيني - رملي	Sandy Clayey Loam
		طمي طيني - سلتي	Silty Clayey Loam
تربة طينية	تربة ناعمة القوام	طين رملي	Sandy Clay
		طين سلتي	Silty Clay
		طين	Clay



الشكل٦: مثلث قوام التربة، وهو عبارة عن مثلث متساوي الأضلاع، يمثل كل ضلع فيه النسبة الوزنية لإحدى المجموعات الحجمية، كنسبة مئوية، ابتداءً من صفر حتى ١٠٠%. فالضلع الأول للمثلث، يمثل نسبة الطين (أقل من ٠.٠٠٢مم) في عينة التربة، والضلع الثاني يمثل نسبة الطمي (٠.٠٠٢مم-٠.٠٥مم). والضلع الثالث، يمثل نسبة الرمل (٠.٠٥-٢مم). ويقسِم مثلث قوام التربة الترب إلى اثني عشر قسماً، حسب النظام الأمريكي الحديث.

٨. أنواع الطين:

يوجد هناك العديد من أنواع الطين تبعا لتنوع مكونات التربة في المواقع المختلفة. فهناك **الطين الناري** والذي تشتهر به كل من ألمانيا وأمريكا، ويستخدم في تبطين الأفران التي تتحمل حرارة عالية. وهناك **طين البنتونيت** والذي ينتج من رماد البراكين، ويشتهر في تركيا وقبرص، وألمانيا، وأمريكا، ويستخدم في أعمال الحفر كمحلول طيني لتثبيت التربة من الانهيار. وهناك **طين الكاولين** والذي يوجد بشكل كبير في بريطانيا، وأمريكا والبرازيل، و يستخدم على نطاق واسع في صناعة البورسلان وصناعة الورق العالي الجودة. وهناك **كرات الطين** والتي يعتقد أن أسمها مشتق منذ فترة مبكرة كان فيها الطين يستخلص من الطبيعة على هيئة مكعبات تزن من ١٥ إلى ١٧ كيلوغراما وأثناء عمليات النقل استدارت زوايا تلك المكعبات واصبحت شبيهة بالكرات. ويوجد هذا النوع من الطين بكثرة في الصين وألمانيا، وبريطانيا وفرنسا، وأمريكا. ويعتبر هذا النوع من الطين الجيد الذي يستخدم في صناعة بلاط الأرضيات والجدران، ومواسير المجاري، والأواني الفخارية. وهناك **الطين العادي** وهو أرخص أنواع الطين لأنّه متوفر في معظم البلدان ويستخدم في صناعة الطوب الفخاري، ويدخل في تكوين مادة الكلنكر التي تستخدم في صناعة الإسمنت. وأخيرا هناك **طين الحشوة** والذي تشتهر

بإنتاجه السنغال، وإسبانيا وأمريكا، ويعتبر من أغلى أنواع الطين حيث يبلغ سعره حوالي ١٤٠ دولاراً للطن، ويستخدم هذا النوع من الطين في أغراض الزراعة كالتسميد والتخصيب.

٩. أوجه استخدامات التربة والطين:

لقد تنوعت استخدامات التربة والطين بشكل كبير عبر الزمن، إلا أن أبرز وأقدم استخدام للتربة ولايزال قائما منذ فجر التاريخ وحتى اليوم كان في **أعمال الزراعة** حيث تعتبر التربة المصدر الأساسي للعناصر الغذائية اللازمة لنمو النباتات وما يقتات عليها من حيوان وإنسان. فقد نشأت الحضارات القديمة وازدهرت في المناطق الزراعية أو بالقرب منها حيث تتوفر التربة الخصبة والمياه الوفيرة للأنهار كدجله والفرات والنيل وغيرها.

وقد عرف الإنسان الطين **وتأثيره العلاجي** منذ أكثر من خمسة آلاف سنة حيث برعَ الفراعنة في استخدامه كمادة وأداة من أدوات التجميل، كما استعملوه للاستشفاء من بعض الأمراض كعلاج كسور العظام مثلاً، فقد كان قدماء المصريين يقومون بلف المكان المكسور بقطع من القماش بعد خلطة بالطين الذي كان يحل محل الجبس الذي نعرفه اليوم والذي لم يبدأ استعماله إلا حوالي عام ١٧٩٨م. كذلك كان التجميل بالطين من أبرز الوصفات التجميلية للملكة كليوباترا، ولا يزال حمامها الشهير بمدينة مرسى مطروح الساحلية بمصر من أشهر معالم المدينة السياحية والأثرية. وقد استخدم الطين لعلاج الكثير من الأمراض الجلدية في القرن الثاني قبل الميلاد، فقد عرفت بعض أراضي الطين بتمتعها بتأثير علاجي للجروح وبعض الأمراض، وقد تمركزت معظم هذه الأراضي في أوروبا الشرقية وخاصة دول البحر الأسود، وكانت تنتشر في تلك الأراضي ما يشبه المصحات للعلاج بالطين وبالمياه المعدنية الحارة. وفي عام ١٨٢٨م تم بشكل رسمي فتح أول مصحة للعلاج بالطين في أوكرانيا. وخلال الحرب الروسية التركية أعوام ١٨٥٤م- ١٨٥٥م نصح الجراح الروسي الشهير بيروجوف بأطيان أوكرانيا لإجراء علاج التئام الجروح وإصابات العمود الفقري اثر الطلقات النارية التي تعرض لها الجنود الروس. وفي الوقت الراهن انتشرت الكثير من المصحات ومراكز التجميل التي تستخدم العلاج بالطين، وتنتشر مثل هذه المستشفيات والمراكز في العديد من دول العالم خصوصا دول بحر القرم كروسيا واوكرانيا وفي دول البحر الميت كالأردن.

وكما أن للطين أثارا علاجية للعضلات والمفاصل وغيرها فهو ايضا يمتلك **خصائص تجميلية** في تنظيف البشرة وتنقيتها من البثور دون أن يسبب أي احمرار أو حساسية لأي نوع من البشرة. ويعتبر طين الكاولين من أفضل أنواع الطين المهدئة للبشرة الحساسة، فهو يمتص الزيوت الزائدة والسموم من البشرة دون أن يجففها. كما أنه يحتوي على العديد من المعادن التي تساهم في تغذية البشرة وزيادة نضارتها، كما ويعمل على تغذية خلايا البشرة وحمايتها على المدى الطويل من التجاعيد والخطوط الدقيقة. ويساهم تطبيق طين الكاولين على الشعر في تنشيط الدورة الدموية في فروة الرأس وبالتالي تنشيط بصيلات الشعر وتقويتها، كما ويساعد في امتصاص الزيوت الزائدة على فروة الرأس دون أن يجففها.

وتُعدّ التربة الصلصالية من أقدم المواد التي استخدمها الإنسان في صناعة أدواته الرئيسية وتشكيل عناصر فنونه وكمالياته [٦]. ويعود تاريخ تصنيع الآجر، وهو الطين المحروق، إلى ما يزيد على ٥٠٠٠ سنة. ويُعتبر قدماء الصينيين من أوائل الشعوب التي استخدمت طين الصلصال في **صناعة الأواني** المنزلية الفخارية. ومازالت المتاحف العالمية تحمل بين أروقتها شواهد من تاريخ البشرية كتبت على قطع فخارية أو خزفية بقيت آثارها شاهدة على ما عرفته الحضارات المختلفة من فنون ورقي وازدهار.

ولا تزال التربة تدخل حتى يومنا هذا في عديد من الصناعات، مثل **صناعات مواد البناء** كالطوب والبلوك الفخاري والقرميد وبلاط السيراميك والأنابيب الفخارية للصرف الصحي، والمواد العازلة للكهرباء وأدوات التدفئة والتسخين الكهربائية، إضافة إلى أفران الحرارة العالية والصهر. كما تُستخدم بعض أنواع التربة مع الماء في عمليات حفر الآبار لتثبيت التربة من الانهيار. كما تُستخدم بعض أنواعها أيضا في بعض **الصناعات الأخرى** مثل صناعة الورق والمطاط وتنقية الزيوت والمواد المزيلة والمرشحة لبقع الزيوت وفي عمليات المعالجة في محطات الصرف الصحي حيث تقوم التربة والكائنات الحية التي تعيش فيها بتنقية الماء من الملوثات مثل الفيروسات والزيوت والمعادن والكميات الزائدة من العناصر الغذائية والرواسب المختلفة. كما تُعد التربة في كثير من الأحيان أحد العوامل المهمة المساعدة في عملية إدارة النفايات والمخلفات.

كما ويعتبر **الطين مادة البناء** الرئيسية لشريحة واسعة من سكان المعمورة منذ فجر التاريخ وحتى اليوم حيث لا يزال نحو ثلث البشرية يعيشون في مباني مشيدة من هذه المادة في مناطق مختلفة من العالم [٧]. ويعد الطين من أهم مواد البناء التي استخدمتها الحضارات القديمة في مبانيها، حيث حظيت العمارة الطينية باهتمام كبير لما لها من خصائص بيئية واقتصادية [٨] [٩]. وقد شاع استخدام الطين كمادة للبناء في معظم بلاد العالم خصوصاً في المستوطنات العمرانية التي تقع بالقرب من بطون الاودية ومجاري الانهار وفي سفوح الجبال ووسط الواحات وغيرها من المناطق التي تتوفر فيها التربة المناسبة [١٠].

١٠. العمارة الطينية والاستدامة:

- **لمحة تاريخية عن العمارة الطينية:**

لقد كانت مادة الطين من ابرز المواد التي استخدمها الانسان في بناء المأوى الذي يحميه من المؤثرات المختلفة، وذلك منذ ان استقر الجنس البشري في المستوطنات الحضرية قبل ما يقرب من ١٠٠٠٠ سنة. ولقد ازدهرت العمارة الطينية منذ العصور القديمة في حضارات ما بين النهرين وعند الفراعنة وفي وقت لاحق استعملها الرومان وشعوب الشرق الاوسط والهند واباطرة الصين. وخلال العصور الوسطى كان البناء بالطين لا يمارس في اوروبا فحسب بل كان يمارس ايضاً في امريكا الشمالية من قبل الهنود الحمر وفي المكسيك وفي منطقة جبال الانديز. وكان البناء بالطين يمارس أيضا في حضارات متنوعة بأفريقيا مثل حضارات البربر والهوسا وغيرهما. وتشهد البقايا الاثرية للعديد من المدن والقرى في المناطق المختلفة من العالم على ما كانت تحظى به هذه المادة من اهمية في بناء تلك المستوطنات التي بني معظمها بالطين الخام غير المحروق.

لقد كان للتطور الكبير الذي شهده العالم خلال العقود القليلة الماضية في انتاج مواد البناء الحديثة وطرق المواصلات والاتصالات بشكل كبير أثره البالغ في الحد من استخدام مواد وطرق الانشاء التقليدية في كثير من البلدان. الا ان البناء بالطين ما زال يحتفظ بشعبيته في العديد من المدن والمناطق الحضرية خصوصاً في بلدان العالم النامي حيث لا يزال حاليا يعيش اكثر من ثلث سكان العالم في مساكن طينية [١١].

ويرجع ذلك إلى ما تتمتع به مادة الطين من مميزات عديدة والتي من ابرزها وفرتها في غالب مواقع التنفيذ ورخص سعرها. اما في المناطق الريفية فما زالت العمارة الطينة شائعة في كثير من البلدان في اسيا وافريقيا وامريكا اللاتينية وبصورة اقل في اوروبا وامريكا الشمالية واستراليا.

- **المعماري حسن فتحي والعمارة الطينية:**

لقد حظيت العمارة الطينية بتطور كبير في البلدان العربية وذلك من خلال الخبرات المتوارثة عبر الأجيال في التعامل مع هذه المادة وتوظيفها التوظيف الأمثل الذي يستجيب لجميع المتطلبات الثقافية والاجتماعية والاقتصادية والسياسية للشعوب، ويراعي الظروف البيئية والمناخية الخاصة بكل منطقة أو قطر. إلا انه ومنذ الخمسينات من القرن الميلادي المنصرم بدأ البناء بالطين في البلاد العربية بالاضمحلال بدرجات متفاوتة، شأنها في ذلك شأن بلدان العالم النامي. لقد أدَّى طرح العديد من مواد البناء الحديثة وأنظمة البناء المصنعة في السوق العالمية إلى الإخلال بالتوازن التقليدي القديم ومن ثمَّ القضاء عليه في قطاع البناء في البلاد العربية والذي كان يعتمد إلى حد كبير على المواد المحلية المتاحة في السوق المحلي. لذا فقد انتقلت الكثير من البلاد العربية وبصورة مفاجئة من اقتصاد إقليمي قائم على تبادل المنافع، مع الاستقلال الاقتصادي والإداري الكامل إلى اقتصاد عالمي صناعي مبني على نشر موسع للمنتجات العمومية، من قبل الشركات الصناعية المتعددة الجنسيات، التي أجهزت على الحرفيين المحليين العزّل.

ولقد تصدى المعماري المصري حسن فتحي لهذه الهجمة الشرسة حيث أخذ هذه المشاكل بعين الاعتبار، وطرح منهجاً وسطا يعتمد على التقنية المتوافقة، والتي كان يحلم بإنشاء معهَدْ دِوّلي لها، واتخذ خطوات عملية في هذا الصدد، حيث قام بكتابة مذكرة عن أهداف ذلك المع هد، وبرامج التعليم فيه، وعرض فكرته على جامعة أم القرى بمكة المكرمة، واقترح أن يكون فيها المركز الرئيسي للمعهد، حيث تتوفر الوسائل التعليمية والعلمية ، على أن يسهم فرع المعهد في القاهرة بتوفير الخبراء والمدربين والحرفيين، والتنسيق بين الأنشطة التي تتم في مكة المكرمة ومواقع الإنشاءات. وقد اقترح حسن فتحي الهيكل التنظيمي لفرعي المعهد في مكة المكرمة والقاهرة، وفي الوقت نفسه استغل اتصالاته العديدة ليقيم صلات علمية بين المعهد ومجموعة من المعاهد والمؤسسات العلمية في انجلترا وأمريكا وباكستان وإيران، إلا أن تلك الجهو د لم يكتب لها النجاح [١٢].

ويؤمن المعماري حسن فتحي بأنه لا مناص للمجتمعات النامية من استعمال التقنية المتوافقة في البناء، والتي تعتمد على المادة المحلية كما تعتمد على المهارات المحلية للتشييد وتواجه في الوقت نفسه كل المتطلبات المعيشية للإنسان؛ وظيفياً ومناخياً بالوسائل الذاتية دون الاعتماد على التقنية. ولحسن فتحي بذلك نظرته المستقبلية البعيدة ، التي لا يدركها إلا القلة القليلة التي ترى مستقبل العالم في ضوء توقع النقص الشديد في مصادر الطاقة التقليدية [١٣]. وقد قام حسن فتحي رحمه الله ، منذ مطلع الأربعينيات من القرن الميلادي المنصرم ، بالعديد من المحاولات العملية لتحديث البناء بالطين واشترك في العديد من لجانٍ البحث العلمي المتخصصة في مجال الإسكان الريفي ، وكان له اهتمام واضح بإجراء البحوث والدراسات على المواد المحلِّيَّة ، وطرق الإنشاء التقليدية ، وإمكانية استخدامها في الوقت الحاضر ، بعد إخضاعها للمعايير الهندسية ومراعاة الظروف البيئية. كما اهتم رحمه الله بالبحوث المناخية في العمارة والتخطيط ، وألف في ذلك كتابًا معروفاً أسماه "الطاقة الطبيعية والعمارة التقليدية"[١٤]. إلا أن كتابه "عمارة الفقراء" [١٥] كان أكثر شهرة وأوسع انتشاراً، بل وأصبح دليلاً يحمل أفكاره ويعرض نظرياته المتعلقة بعمارة الطين، وتجربته العملية في بناء قرية القرنة بمصر.

لقد كان حسن فتحي رحمه اللهَّ سابقا لعصره ، ونشأ في بيئة لم تكن واعية بفكره، الذي كان له أثره الكبير في أوروبا وأمريكا الشمالية أكثر منه في البلاد العربية والإسلامية. لقد قام حسن فتحي بتنفيذ بعض أفكاره من خلال مشروع (دار الإسلام) في شمال ولاية (نيو مكسيكو) ، حيث قام بتصميم المشروع على هضبة تبلغ مساحتها ٤٢ هكتارًا تطل على

قرية (ابكيو Abiquiu) ، لقد كان مخطط حسن فتحي الرئيس (Fathy's master plan) لهذا المشروع ، والذي كان مقترحاً تنفيذه على مدى ١٠ سنوات ، يتكون من قرية تضم ما يقارب من ١٥٠ مسكن مع مسجد ومدر سة وسكن للطلاب وعيادة. وقد زار حسن فتحي في عام ١٩٨٠ م الموقع وبصحبته اثنان من البناءين النوبيين وذلك لتعليم المعماريين والحرفيين المحليين طريقة بناء العقود والأقبية والقباب من الطوب الطيني المجفف بالشمس دون الحاجة إلى القوالب الخشبية. وقد تم بالفعل بناء أجزاء من المشروع كالمسجد والمدرسة [١٦] [١٧] (الشكل ٧).

وقد حصل حسن فتحي على العديد من الجوائز المعمارية الدولية ، ويعود ذلك إلى أنه كتب عن مبادئ واتجاهات ظهرت عَالميا بعده بما يزيد عن ثلاثين عامًا [١٨]. وقد تكونت مدارس عالمية عديدة تدين له بالتميز والريادة، كما استشهد سياسيون بارزون ومعماريون عالميون بأعماله التي تحترم استمرارية العادات والتقاليد والتراث والتعامل الرشيد مع البيئة.
وفي الوقت الحاضر وبعد رحيل أستاذ عمارة الطين المعماري حسن فتحي بدأ الاهتمام بعمارة الطين في عدد من البلاد العربية عبر تلامذته ومنـ اصري طريقته في اتباع الأساليب المستديمة في البناء والاستعمال المسؤول للموارد الطبيعية، وبذلت بعض الجهود المتفرقة لإقامة بعض المشروعات هنا وهناك إلا أن ذلك الاهتمام وتلك الجهود لا تقارن بمثيلاتها في البلاد المتقدمة.

شكل ٧: طريقة بناء القبو النوبي في قرية دار الإسلام في نيو ميكسكو بأمريكا عام ١٩٨٠ حيث قام حسن فتحي باحضار اثنين من البناءين النوبيين وذلك لتعليم المعماريين والحرفيين المحليين طريقة بناء العقود والأقبية والقباب من الطوب الطيني [١٧].

- **العمارة الطينية ومبادئ الاستدامة في البناء:**

تعد العمارة الخضراء ومفاهيمها أحد نتاج التطور التكنولوجي ويمكن تلخيص أهم مفاهيمها في توفير الطاقة والحفاظ على البيئة والاقتصاد بالاعتماد على المصادر الطبيعية المحلية المتجددة دون الإضرار بالبيئة، وتعد مواد الإنشاء المستخدمة في المبنى من الأمور الهامة في تحسين الأداء البيئي للمبنى للحصول على جو داخلي مريح وبأقل التكاليف للطاقة [١٩]. وقد ادت مبادئ ومفاهيم العمارة المستدامة إلى عودة جادة خلال العقود القليلة الماضية لتقييم العمارة الطينية وما تحمله من تاريخ عريض وتنوع كبير استجابت فيه تلك العمارة وبتميز للمحددات البيئية والاقتصادية للبيئات الجغرافية على اختلافها.
وقد حظيت العمارة الطينية في الوقت الحاضر باهتمام متزايد في البلدان النامية والمتقدمة، إلا النقلة النوعية تمثلت في التطوير الحاصل للعمارة الطينية في البلدان المتقدمة حيث تم توظيفها لتحقيق مبادئ الاستدامة في البناء من خلال استثمار المصادر الطبيعية المحلية المتجددة دون الإضرار بالبيئة. ومن الأمثلة على ذلك توظيف الطاقة الشمسية في معظم التصاميم المبنية بالطين في الولايات الجنوبية الغربية من أمريكا حيث يتم استخدام مادة الطين بشكل رئيسي لخصائصها الحرارية المميزة.
ولا شك بأن البناء بالطين يعتبر من موضوعات الاستدامة في البناء في وقتنا الحاضر التي تكتسب فيه هذه المادة أهمية خاصة، حيث حفلت فيه مادة الطين باهتمام متزايد وأضحت تمثل بديلاً مناسباً لحل العديد من المشكلات في العالمين الصناعي والنامي على حد سواء. فهناك مشاكل نقص الطاقة ومشاكل التلوث البيئي في العالم الصناعي من جهة، وهناك مشاكل الإسكان والبطالة في العالم النامي من جهة اخرى. ولعل ذلك ما يفسر العودة القوية للاهتمام بالبناء بالطين وتطويره وذلك نظرا لما لهذه المادة من مميزات عديدة تتسق مع مبادئ العمارة المستدامة.

- **الطين مادة بناء واعدة للإسكان الميسر:**

بالرغم من تعدد استخدامات الطين ومادته الاصلية وهي التراب قديماً في بناء العديد من المنشآت العمرانية كالأسوار والاهرام وابراج المراقبة ودور العبادة من مساجد وغيرها، واستخدامها حديثاً في بناء السدود ومهابط الطائرات وطرق الامداد ومهاجع الجند كما فعل الجيش الامريكي في الحرب العالمية الثانية، الا انه يبقى ان الاستخدام الغالب لهذه المادة في اغراض البناء والتشييد قديماً وحديثاً هو في بناء المساكن. حيث عكست مادة الطين وما تتمتع به من خصائص شخصية المجتمعات المختلفة في كافة النواحي الثقافية والاجتماعية والاقتصادية والسياسية وغيرها من خلال عمارة بسيطة ومتميزة استجابت للتفاوت الكبير في المناخ والظروف البيئية المختلفة من بلاد الصين شرقاً الى الولايات المتحدة الامريكية غرباً ومن البلدان الإسكندنافية شمالاً الى امريكا اللاتينية جنوباً.

لقد كان للنهضة التي شهدها العالم في النصف الأخير من القرن المنصرم سواء فيما يتعلق بتطور طرق المواصلات أو توفر وسائل الاتصالات أو إنتاج المواد الحديثة بمختلف أنواعها أو الطفرة الكبيرة في طرق التشييد والبناء، كل ذلك كان له انعكاسه الواضح على الحد من استخدام مادة الطين وغيرها من مواد البناء التقليدية في كثير من البلدان وخاصة التي شهدت نهضة اقتصادية قوية وسريعة كما هو الحال في دول الخليج العربي[٧]. إلا أن عمارة الطين استمرت في انحاء العالم المختلفة بالرغم من التقدم الهائل في تقنيات ومواد البناء الحديثة [٢٠]. كما أن ازمة الطاقة في بداية السبعينات ادت الى البحث عن وسائل لتوفيرها بأقل التكاليف أو بإيجاد بدائل لها في مجالات عديدة ومنها مجال البناء، وتركزت معظم الدراسات حول ايجاد أنسب المواد لإنتاج مساكن أكثر حفاظا على الطاقة وبتكلفة أقل[٢١]. وقد مثلت تلك الفترة بداية جادة لعهد جديد للعمارة الطينية والاهتمام بها وتطويرها وخاصة في أوروبا وأمريكا وأستراليا وذلك من خلال العديد المؤسسات والمنظمات والمراكز البحثية. وقد كان من أبرزها مجموعة كراتير (CRATerre Group) التي أطلقت اختصارا على المركز العالمي لأبحاث وتطبيقات عمارة الطين (The International Centre for Research and Application of Earth Architecture) والذي أسسه مجموعة من المعماريين والمهندسين الاوروبيين وذلك في عام ١٩٧٩م في مدينة جرنوبل بفرنسا. وإن كانت البداية الحقيقية لهذه المجموعة يمكن ارجاعها الى عام ١٩٧٣م اثناء ازمة النفط حينما قام مجموعة من طلاب مدرسة جرنوبل للعمارة بعمل بعض التجارب بخصوص البحث عن مواد بناء بسيطة ورخيصة وتقنيات طاقة ذات كفاءة مناسبة لاستخدامها في مشاريع الاسكان منخفض التكلفة. وقد استمرت تلك الجهود حيث لازالت مدرسة جرنوبل للعمارة تقدم برنامجا متخصصاً على مستوى الدراسات العليا عن التشييد بالطين ولديها معملاً متخصصا لتقديم التدريب على البناء بالطين بأسلوب حديث.

وقد اهتمت مجموعة كراتير بالجوانب النظرية والتطبيقية لعمارة الطين وسعت حثيثاً نحو استخدام الطين في البناء ليس فقط في بلدان العالم النامي بل في اوروبا نفسها. فقد نظمت هذه المجموعة معرضاً كبيراً عن عمارة الطين في مركز جورج بومبيدو في العاصمة الفرنسية وذلك بغرض التعريف بهذه التقنية ونماذج من استخدامها في الماضي في بلدان العالم المختلفة مع التحفيز على استخدامها في المستقبل. وقد جاب هذا المعرض عدداً من بلدان العالم. وقد رافق ذلك المعرض اصدار كتاب عن عمارة الطين الا وهو (Down to Earth)[١١] والذي ترجم الى اكثر من سبع لغات. وقد كان من ثمار جهود هذه المجموعة المتميزة العديد من المشاريع الحضرية الجديدة التي بنيت باستخدام الطين المطور كما هو الحال في مشروع "ايل البو" (I' Isle d' Abeau) السكني النموذجي [٢٢] [٢٣]. ويتكون هذا المشروع من ٦٣ وحدة سكنية جمعت في مباني تتكون من ٣ الى ٥ طوابق بينت في المنطقة الواقعة بين مدينتي ليون وجرونوبل في فرنسا (الشكل ٨).

الشكل ٨: مشروع (I' Isle d' Abeau) السكني النموذجي بالقرب من مدينة ليون الفرنسية.

وقد بدأت في أمريكا خلال العقود القليلة الماضية نهضة لعمارة الطين وخاصة في الولايات الجنوبية الغربية (نيو مكسيكو، وأريزونا، وكاليفورنيا، وتكساس). وقد حظيت مدينتي البوكيركي (Albuquerque) وسانتا في (Santa Fe) بولاية نيو مكسيكو بقصب السبق في هذا المجال حيث شيدت في هاتين المدينتين العديد من المشاريع التي تم الجمع فيها بين التصميم الجيد والحفاظ على الطاقة بنجاح، ليس فقط على مستوى المباني الفردية الخاصة، ولكن أيضًا على مستوى المشاريع العامة كمشاريع الإسكان. ولعل من الأمثلة على ذلك مشروع "لالوز" **(LaLuz)** السكني الذي يحتوي على ١٠٠ منزل فخم تم بناؤها من قبل المهندس المعماري الأمريكي أنطوني بريدوك (Antoine Predock) في مدينة البوكيركي (الشكل ٩). ويثبت هذا المشروع الرائع أنه يمكن إقامة مشاريع حديثة للإسكان الحضري على نطاق واسع باستخدام مادة الطين بأسلوب حديث يحقق الاستدامة، ويضمن سلامة هذه المنشآت ويعين على الاقتصاد في استهلاك الطاقة والحفاظ على الموارد. كما يثبت هذا المشروع وأمثاله أن عمارة الطين قابلة للتكيف مع جميع أنواع أشكال التعبير الثقافي، من التقليدية إلى الأكثر حداثة. ويُعتبر هذا المشروع معلماً بارزاً في الثقافة الأمريكية المعاصرة، ومدرجاً في السجل الوطني الأمريكي للأماكن التاريخية [١١].

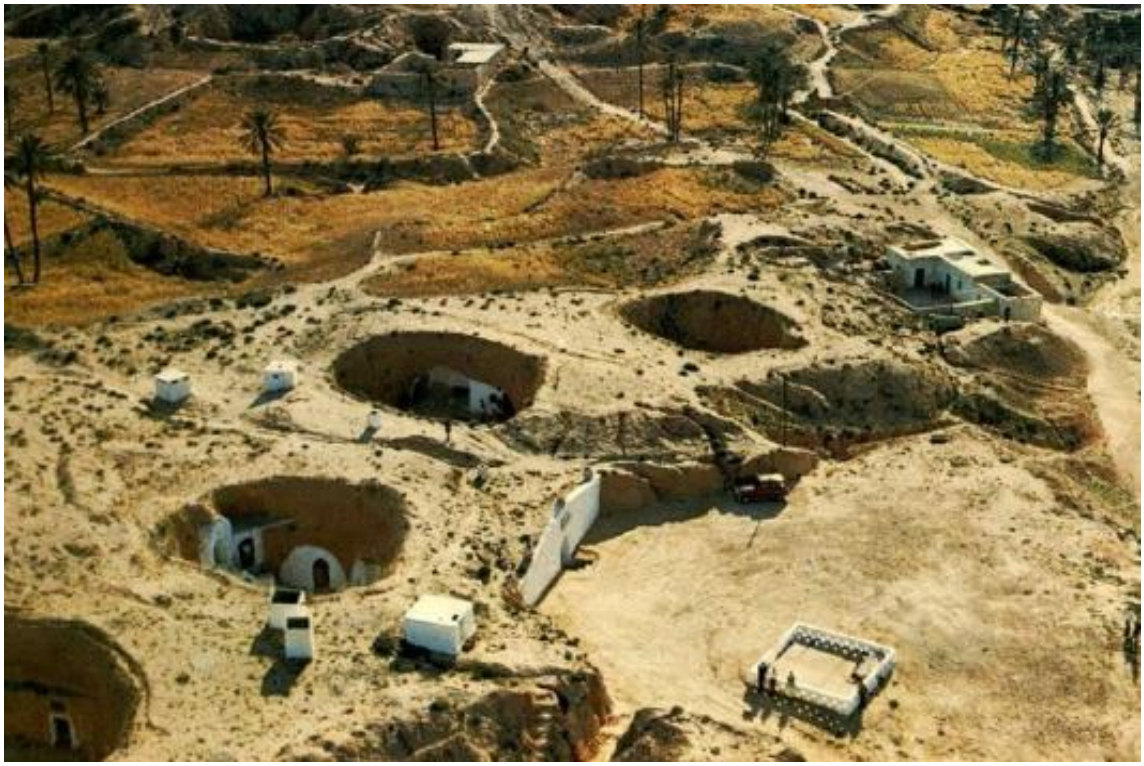
- **تنوع طرق البناء بالطين:**

يوجد العديد من طرق التشييد بالطين قديماً وحديثاً، ويمكن للمتأمل لعمارة الطين في اقطار العالم المختلفة ان يحصي ما يزيد عن ١٥ طريقة مختلفة للتشييد بهذه المادة واسعة الانتشار. وتتراوح تلك الطرق ما بين الاستخدام الكامل للطين في جميع عناصر المبنى كما هو الحال في طريقة الحفر لكامل المشروع داخل التربة كما في بعض المستوطنات في الصين وفي الشمال الافريقي كمدينة مطماطة بتونس (الشكل١٠)، وبين طريقة الاستخدام للطوب الطيني في بناء كامل المبنى من حوائط واسقف باستخدام القباب والاقبية كما في الجنوب التونسي وبلاد النوبة في مصر. وبين هاتين الطريقتين تندرج العديد من طرق وتقنيات البناء بالطين التي تستثمر هذه المادة بمفردها او بالتكامل مع المواد الاخرى وذلك في تشييد الحوائط في المناطق المختلفة من العالم.

- **مميزات وعيوب الطين كمادة بناء:**

الطين مادة عجيبة أرتبط بها الإنسان منذ خلق الله تعالى ابانا آدم وإلى أن يرث الله الأرض ومن عليها. وقد انتجت مميزات الطين المتعددة الانتشار الواسع للبناء بهذه المادة في عمارة الحضارات المختلفة في قارات العالم المختلفة منذ فجر التاريخ. وقد حفّزت الإيجابيات المتعددة لهذه المادة على المناداة بإعادة استخدامها وتطويرها لعمارة الحاضر والمستقبل في العالمين النامي والمتقدم على حد سواء. وفي الجانب الاخر هناك عيوب الطين التي ادت الى الاستغناء عنه في بعض مناطق العالم في الماضي القريب خاصة في المناطق التي شهدت طفرة اقتصادية سريعة كما هو الحال في دول الخليج العربي. كما ان تلك السلبيات هي التي حدت من استخدامه في الحاضر خاصة في المناطق الحضرية واوجدت بعض الشكوك في امكانية استخدامه في عمارة المستقبل.

الشكل ٩: مشروع "لالوز" (LaLuz) السكني الذي يحتوي على ١٠٠ منزل فخم تم بناؤها من قبل المعماري الأمريكي أنطوني بريدوك في مدينة البوكيركي



الشكل ١٠: تتنوع طرق البناء بالطين من الحفر لكامل للمساكن داخل التربة وبين طريقة الاستخدام للطوب الطيني في بناء كامل المبنى من حوائط واسقف باستخدام الاقبية كما في مطماطة بتونس.

ويقف الكثيرون من المتخصصين وغيرهم موقفا متشنجا حيال البناء بالطين في الوقت الحاضر، فهناك من يشيد بميزات هذه المادة و يبرزها، ويغفل عن عيوبها. ويقف على الطرف الآخر من يتحدث عن هذه المادة وسلبياتها ويركز عليها، ويتناسى مميزاتها (الجدول ٢). وتقف بين هاتين الطائفين فئة وسطية هي أكثر منطقية وواقعية، تنادي بالاستفادة من ميزات

هذه المادة وتدعو إلى تطويرها للتغلب على عيوبها. وتؤمن هذه الفئة بأن هندسة البناء بالطين لا تمثل حلًا إعجازًيا لجميع للمشاكل التي يعاني منها العالم بشقيه؛ المتقدم والنامي على حد سواء. كما تؤكد تلك الفئة أن البناء بالطين لا يُعُّد حلاً سحرياً يمكن تطبيقه بنجاح في كل مكان وبأي أسلوب. وتبرز تلك الفئة أهمية البحث والتطوير لهذه المادة، وتؤكد على خصوصيتها وما تحمله من مقومات يمكن أن تمثل حلولا ناجعة لعدد من المشاكل التي يعاني منها المجتمع البشري كمشاكل الإسكان والتلوث والحاجة إلى الاستدامة في البناء إلى غير ذلك.

الجدول ٢: مميزات وعيوب الطين كمادة بناء.

م	العيوب	م	الميزات
١	**ضعف مقاومة تأثير المياه من الامطار او غيرها او المياه الصاعدة عن طريق الخاصية الشعرية**	١	**وفرة التربة في معظم مواقع التنفيذ ورخص سعرها**
٢	**تبخر المياه المحملة بالأملاح على سطح المادة مما يسهم مع مرور الزمن في تحللها وضعفها.**	٢	**امكانية توظيف العمالة غير الماهرة في عملية البناء بشكل كبير**
٣	**الضعف في تحمل الاوزان مما يجعلها غير مناسبة لدعم الاسقف الثقيلة والبحور الواسعة**	٣	**تنوع طرق البناء بالطين مما يوسع الخيارات للبناء في المنطقة المرادة**
٤	**ضعف مادة الطين في مقاومة الأحمال الجانبية ومقاومة تأثير الزلازل**	٤	**تكوين الطين شخصية عمرانية ومعمارية مستقلة لكل بيئة بمواردها ومحدداتها**
٥	**التغير الحجمي الكبير لمادة الطين خصوصاً التي تحوي نسبة عالية من الطمي مما يسبب التشققات**	٥	**التوفير الكبير في اعمال النقل لوفرة المادة في معظم مواقع التنفيذ**
٦	**القابلية للتعرية بشكل كبير نتيجة المؤثرات البيئية المختلفة كالأمطار والرياح وغيرها**	٦	**التوفير في استهلاك الطاقة اثناء عمليات التحضير لمادة الطين والتشييد بها**
٧	**ضعف الارتباط بين الطين والمواد الاخرى مما يتطلب تفاصيل معمارية خاصة ومعتمدة**	٧	**الخصائص الحرارية من حيث القدرة على تخزين الحرارة وضعف توصيلها**
٨	**قابلية الطين لإن يكون مأوى للقوارض والحشرات نتيجة لوجود التشققات**	٨	**توفير الرطوبة المناسبة وعزل الصوت مما يوفر الخصوصية**
٩	**النفقات الدورية الكبيرة لإعمال الصيانة خاصة في المنشآت الطينية التقليدية**	٩	**مقاومة الحريق مما يعطي مقاومة لإثار النيران ويسهم في سلامة المستخدمين.**
١٠	**نقص المعرفة العلمية والمواصفات القياسية والتصاريح للبناء بالطين في كثير من الأحيان**	١٠	**سهولة تدوير العناصر الطينية وارجاعها الى اصلها الا وهو التربة**

وكما هو ملاحظ من الجدول ٢ فإن معظم تلك السلبيات يمكن تلافيها ومعالجتها في ظل المعطيات التقنية المتوفرة في وقتنا الحاضر، وفي ظل جهود التطوير المتعددة التي شهدتها هذه المادة في الأعوام القليلة الماضية. إلا أن المشكلة الحقيقية التي تحتاج بعض الوقت لحلها هي النظرة القاصرة لهذه المادة و ربطها بالفقر والمرض والتخلف من قبل المنبهرين بالطراز العالمي للعمارة وبالمواد الصناعية الحديثة مما يجعل هناك حاجزاً وهمياً بين هذه المادة وبين اصحاب القرار من جهة وبين المستخدمين من جهة اخرى.

- **طرق تحسين الطين كمادة بناء:**

هناك العديد من الطرق لتحسين أداء الطين، هذه المادة الضاربة في عمق التاريخ، وإعادة استخدامها كمادة بناء حديثة وواعدة خاصة في مشاريع الإسكان الميسر وتحقيق مبادئ الاستدامة في البناء. ويعتمد اختيار طريقة التحسين الأنسب على العديد من العوامل والتي تشتمل على الآتي:

١. طبيعة المناخ والظروف البيئية لمنطقة المشروع
٢. واقع الأحوال الاقتصادية والاجتماعية للمستفيدين
٣. نوعية التربة الموجودة والمـواد المضافة المتاحة
٤. نطاق العمل المراد للمشروع والجودة المطلوبة
٥. التقنية المحلية المتاحة ومهارات القوى العاملة

ويمكن اختيار درجة التحسن المطلوبة عن طريق النظر في العوامل المذكورة أعلاه ودراستها قبل التوجه لاستخدام طريقة أو أكثر من طرق التحسين التالية:

(أ) تطبيق تدابير وقائية (preventive measures) اثناء التصميم وعند التنفيذ للمباني الطينية.

(ب) تعديل مكونات التربة (soil gradation) للحصول على أفضل تدرج للحبيبات والخصائص من حيث التماسك والقوة.
(ج) تطبيق قوة ضغط ميكانيكية عالية (high compaction force) أثناء عملية الإنتاج.
(د) تطبيق آليات تثبيت التربة (soil stabilization) باستخدام المواد المضافة المناسبة.

والحقيقة أنه يمكن الجمع بين تلك الطرق كلها أو بعضها لتقليل أو حتى إنهاء عيوب الطين كمادة بناء، واستثمار ميزاته المتعددة في مشاريع الإسكان منخفض التكلفة وفي تحقيق مبادئ العمارة المستدامة في العالمين النامي والمتقدم وفقا لظروف كل بيئة ومحدداتها.

١١. الخلاصة والتوصيات :

أوضحت هذه الدراسة أهمية مادة الطين كمادة للبناء والعمران. ويعيش الإنسان على هذه الأرض حيث جعله الله خليفة فيها وأمره بعمارتها، فينعم بالكثير من خيراتها التي مصدرها تربة هذه الأرض وطينها سواء في الزراعة أو البناء أو غيرهما. وتعتبر مادة الطين من اقدم مواد الـ بناء التي استخدمها الانسان وّطورها من خلال العديد من التقنيات المختلفة للبناء بها وذلك بما يتناسب مع المعطيات المتاحة لديه وبما يتلاءم مع الظروف البيئية المحيطة به. وتمتاز هذه المادة بالعديد من المميزات كما انها لا تخلو من بعض العيوب التي يمكن تلافيها وبسـ ولة في ظل المعطيات والتقنيات المتاحة في وقتنا الحاضر، وهو ما يستوجب دراسة هذه المادة دراسة علمية شاملة ومتجردة. فـ هندسة البناء بالطين لا تمثل حلاً إعجازيًا لجميع المشاكل التي يعاني منها العالم بشقيه؛ المتقدم والنامي على حد سواء. كما أن البناء بالطين لا يُعَدُّ حلًا سحرياً يمكن تطبيقه بنجاح في كل مكان وبأي أسلوب. وهو ما يؤكد أهمية البحث والتطوير لهذه المادة، ويؤكد على خصوصيتها وما تحمله من مقومات يمكن أن تمثل حلولا ناجعة لعدد من المشاكل التي يعاني منها المجتمع البشري كمشاكل الإسكان والتلوث والحاجة إلى الاستدا مة في البناء إلى غير ذلك، وهو ما أثبتته العديد من المشروعات الناجحة التي استعملت فيها هذه المادة في مناطق مختلفة من العالم. ولقد بذلت خلال العقود القليلة الماضية جهودا جيدة لتطوير مادة الطين من قبل افراد ومراكز في مناطق مختلفة من العالم في قاراته المختلفة. الا ان تلك الجهود ما تزال دون المأمول لكي تأخذ هذه المادة حظها من التطور والاستخدام. ويمكن الاشارة هنا إلى عدد من التوصيات في هذا الشأن، والتي يكمن اجمال ابرزها كما يلي:

- العمل على الاستفادة من الماضي بقيمه وموارده وخبراته المتوارثة عبر الأجيال مع أهمية إعادة اكتشافه والحفاظ عليه ومحاولة تطوير مواده وتقنياته بما يناسب مقتضيات العصر.
- ضرورة الاهتمام ببرامج الترميم والحفاظ على المعالم والمدن التاريخية المبنية بالطين والسعي بشكل متوازي نحو الإبداع والتجديد مع المحافظة على الهوية الثقافية.
- أهمية توعية المختصين من المعماريين والمهندسين وغيرهم بالمميزات المتعددة لمادة الطين ونشر المعلومات عنها واقامة المعارض والمحاضرات وحلقات النقاش والندوات مما يسهم في وعيهم وتقبلهم للبناء بهذه المادة والتشجع على استخدامها.
- ضرورة ابراز مشاريع العمارة الطينية الحديثة في البلدان المتقدمة والعمل على تصحيح الصورة الذهنية الخاطئة لدى الكثيرين من ابناء العالم النامي من ربط مادة الطين بالجهل والفقر والمرض.
- أهمية دور الجهات الرسمية ومتخذي القرار في تشجيع تطوير مادة الطين والتوجيه باستخدامها في المشاريع المناسبة لما لها ميزات متعددة تتسق مع مبادئ العمارة المستدامة وتنتمي لثقافة التراث الوطني.
- ضرورة بذل المزيد من الجهود في التحليل العلمي للبناء بالطين في الماضي والحاضر ورصد التجارب المختلفة وتقييمها، وهو ما يستدعي دعم البحث العلمي في هذا المجال وتطويره.
- أهمية استثمار مميزات الطين العديدة في تنفيذ برامج مشاريع الإسكان الميسر لذوي الدخل المحدود في الدول النامية عبر الجهود الذاتية للدول والمساعدات الدولية.
- العمل على تمويل الأبحاث المتخصصة في تطوير مادة الطين، وتشجيع الباحثين على ابراز بعض خصائص الطين بشكل علمي دقيق مثل مقاومة الحريق والعزل الصوتي، ومعالجة بعض السلبيات مثل ضعف مقاومة الزلازل وغيرها.
- أهمية إبراز الخصائص الحرارية المميزة لمادة الطين من خلال دراسات علمية متخصصة ومقارنتها مع أنظمة العزل الحراري الحديثة من حيث كلفة البناء وكلفة التشغيل خاصة في المناطق ذات المناخ القاري.
- ضرورة إبراز البعد البيئي للبناء بالطين خصوصاً في البلدان الصناعية وذلك فيما يتعلق بقضايا الانتاج لمواد البناء واستخدام التقنية المناسبة التي تحد من التلوث، وكذلك فيما يتعلق بتدوير هذه المادة وإعادة استخدامها.
- ضرورة الاخذ في الحسبان متطلبات الانظمة الهندسية الحديثة من تكييف وسباكة وكهرباء في المباني الطينية ودراسة طرق تركيبها وصيانتها بما يكفل الحفاظ على تلك المباني ويطيل عمرها الافتراضي.

- أهمية دراسة وتطوير تفاصيل التقاء وتطبيق مادة الطين مع غيرها من مواد المستخدمة في البناء كالأخشاب والمواد العازلة ومواد الإنهاء وغيرها لإطالة العمر الافتراضي للمباني الطينية وتسهيل أعمال الصيانة.
- العمل على تطوير متانة الطين والبحث عن اساليب اقتصادية للحماية السطحية ومقاومة تأثير العوامل الجوية من أمطار ورياح وغيرها. مع ضرورة الاستفادة من المعطيات التقنية والفنية المتاحة في معالجة بعض جوانب القصور في المباني الطينية في هذا الشأن.
- ضرورة تقييم التجارب الميدانية التطبيقية التي تم فيها استخدام مادة الطين بأسلوب حديث وعلى نطاق واسع في أعمال البناء والتشييد كمشاريع الإسكان الميسر وغيرها واستخلاص الدروس واستثمارها في المشاريع المستقبلية.

المراجـــــــــع:

[١] القرآن الكريم، مصحف المدينة النبوية، مجمع الملك فهد لطباعة المصحف الشريف، المدينة المنورة.

[٢] الجديد ، منصور بن عبد العزيز ، عمارة الطين بين خبرات الماضي وتطلعات المستقبل. سجلات المؤتمر العلمي الأول، العمارة الطينية على بوابة القرن الحادي والعشرين، مدينة سيئون، الجمهورية اليمنية، ١٠-١٢ فبراير ٢٠٠٠م، ص ص٦٩-٨١ .

[٣] الصالح، ناصر عبدالله، المؤثرات والانماط الجغرافية للعمارة التقليدية بالمملكة العربية السعودية، كلية التربية، جامعة ام القرى، مكة، ١٤٠٤هـ.

[٤] Barbro, M. ADOBE 90, Sixth International Conference for the Conservation of Earthen Architecture. MIMAR No. 38. March 1991.

[٥] حمودة، ألفت يحي، الطابع المعماري بين التأصيل والمعاصرة، الدار المصرية اللبنانية للطباعة والنشر، القاهرة ١٩٨٧م.

[٦] بيترسون، سوزان. التشكيل بالطين. ترجمة صالح بن الزاير، مطابع جامعة الملك سعود، الرياض ٢٠١٢م.

[٧] هوبن، ه. وغولاود، ه. البناء بالطين الدليل الشامل. ترجمة د. منصور الجديد وم. محمد عبدالعزيز. دار جامعة الملك سعود للنشر، الرياض ، ٢٠١٧م.

]8[Bahobail, Mohammed Ali, The Mud Additives and Their Effect on Thermal Conductivity of Adobe Bricks, Journal of Engineering Sciences, Assiut University, Vol. 40, No 1. Pp 21-34. 2011.

[٩] سعيد، عصام صلاح، والسقاف، ياسر خالد، المباني الطينية من منظور معاصر. مجلة العلوم الهندسية، جامعة أسيوط، المجلد ٤٥، العدد ٥، ص ص ٧١١-٧٢١، سبتمبر ٢٠١٧م.

[١٠] الجديد، منصور بن عبدالعزيز. "أنماط العمارة الأصيلة في المنطقة الجنوبية الغربية من المملكة العربية السعودية"، مجلة دراسات الخليج والجزيرة العربية، مجلس النشر العلمي، جامعة الكويت، العدد ١١٥. الكويت، ٢٠٠٤م. ص ص ١٨٥ - ٢٥٦

[١١] Dethier, J. Down to Earth. Centre of Georges Pompidou, Paris, 1981. English edition published by Thames & Hudson Ltd. London, 1982.

[١٢] الجديد، منصور بن عبدالعزيز. "عمارة الطين في البلاد العربية والبلاد الغربية". مجلة مركز بحوث ودراسات المدينة المنورة، المملكة العربية السعودية، المدينة المنورة، العدد الثامن، ٢٠٠٤م.

[١٣] ابراهيم، عبدالباقي. المعماريون العرب: حسن فتحي. مركز الدراسات التخطيطية والمعمارية، منشية البكري، مصر الجديدة (بدون تاريخ).

[١٤] Fathy, H. Natural Energy and Vernacular Architecture. University of Tokyo and the University of Chicago Press. Chicago 1988.

[١٥] Fathy, H. Architecture for the Poor. An Experiment in Rural Egypt. University of Chicago Press. Chicago 1989.

[١٦] Dillon, D. A mosque for Abiquiu. Progressive Architecture. James J. Hoverman Publisher. June 1983. (pp 90-92.)

[١٧] السيد، وليد أحمد. مجلة لونارد، العدد الأول، السنة ٢٠١٠م، دار معمار، لندن.

[١٨] رأفت ، علي. دور حسن فتحي في تطوير العمارة العالمية، القاهرة ، بدون تاريخ.

[١٩] Raghab, Amany, El-Shimy, Hisham and Raghab, Ghada. "Green Architecture: A Concept of Sustainability" Social and Behavioral Science, Science Direct, 2016.

[٢٠] Oshike , Emmanuel E., 2015 "Building with Earth in Nigeria": A review of the Past and Present to Enhance Future Housing Development" International Journal of Science, Environment and Technology, Vol. 4, No. 1, 2015.
[٢١] Minke, Gernot. "Building with Earth Design and Technology of Sustainable Architecture" Birkhauser-Publishers for Architecture Basel, berlin, Boston, 2006.
[٢٢] Dethier, J. Back to Earth. The Architectural Review. Vol.CLXXXVIII, No. 1123. September 1990. (pp 80-83).
[٢٣] Minke. G. "Low-cost housing. Appropriate construction techniques with loam, sand and plant stabilized earth". In Colloque L'habitat Economique dans les PED. Paris. Presses Ponts et Chaussees, 1983.