Journal Of the Egyptian Society of Engineers, Dec. 2016
ISSN-P 2735-5500 – ISSN-O 1110-1253

The role of traditional construction materials and systems in improving the urban waste management system in Egypt

"From a sustainability perspective"

Ali Kamal Altawansy

October 6 University, Faculty of Engineering, Department of Architecture
E-mail: dr.aly@hotmail.com

Abstract:

This research discusses an architectural and urban challenge in Egypt, the growing of emission and wastes produced by this urban, its harmful effect on the environment and its relationship with construction systems and materials. It follows descriptive and comparative methodology to demonstrate the importance of this subject as an important sustainability element, comparing the weight of the elements of "material and resources category" at GPRS "Green Pyramid Rating System" proposal, with some common international sustainable rating systems. The research demonstrates the contribution of the cultural and traditional systems and materials in sustainable waste management in the past, and how it used and recycled many materials that have been classified today as an undesirable waste, that may be disposed using expensive or harmful ways to the environment.

The research aims to improve the waste management in Egypt, adopting sustainable perspective. It prioritizes chosen criteria of the local construction systems and materials. It is more realistic approach to solve waste and emission problem, than proposes new or exported construction materials and systems, that may do not have spreading, influence or noticeable environmental impact.

The research preferences materials and systems that have traditional background and that could obtain more credit points in GPRS, to decrease building construction waste and emissions.

Keywords: Waste Management, Green Pyramid Rating System, Construction Waste, Traditional materials and Construction systems

Journal Of the Egyptian Society of Engineers, Dec. 2016
ISSN-P 2735-5500 – ISSN-O 1110-1253

دور مواد وأساليب الإنشاء التقليدية في تحسين منظومة إدارة المخلفات في العمران المصري من منظور الاستدامة

علي كمال الطوانسي[1]
مدرس بقسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة ٦ أكتوبر، القاهرة
dr.aly@hotmail.com

ملخص البحث:
يتناول البحث أحد التحديات الاقتصادية والاجتماعية التي تواجه العمارة والعمران في مصر وهي تنامي حجم الانبعاثات والمخلفات التي ينتجها هذا العمران خاصة الضارة منها بالبيئة، وعلاقته بمواد وأنظمة الإنشاء، وما يشكله ذلك من ضرر بيئي واقتصادي على المجتمع. يتبع البحث المنهج التوصيفي المقارن، حيث يوضح أهمية هذا الموضوع باعتباره أحد عناصر الاستدامة، مقارنا الوزن النسبي لعناصر معيار مواد وموارد الإنشاء في نظام الهرم الأخضر **المقترح** لتقييم المباني المستدامة في مصر "GPRS" مع أنظمة تقييم دولية للاستدامة. ويتعرض البحث للمواد والأساليب التقليدية للإنشاء، وكيف شكلت حلولا مستدامة لإدارة المخلفات، واستغلالا أمثل للعديد من المخلفات الصلبة التي يتم التخلص منها اليوم بطرق ضارة بالبيئة، أو مكلفة اقتصاديا. ويهدف البحث إلى تحسين منظومة إدارة المخلفات في العمران المصري من منظور الاستدامة من خلال ترتيب الأولويات والحالات الأنسب لاستخدام أنظمة ومواد إنشاء شائعة الاستخدام بالفعل في مصر، باعتباره منهجا أكثر واقعية في التعامل مع مشكلة المخلفات والانبعاثات في مصر من تبنى مواد أو أساليب جديدة أو غير منتشرة لا تحظى بتأثير أو مردود بيئي فعلي على أرض الواقع، مع تفضيل الأساليب والمواد التقليدية لتقليل حجم المخلفات الناتجة عن المباني، وطرحها كبدائل تصميمية ذات أوزان نسبية تفضيلية في إطار عناصر ومعايير التقييم المختلفة في نظام الهرم الأخضر المقترح.

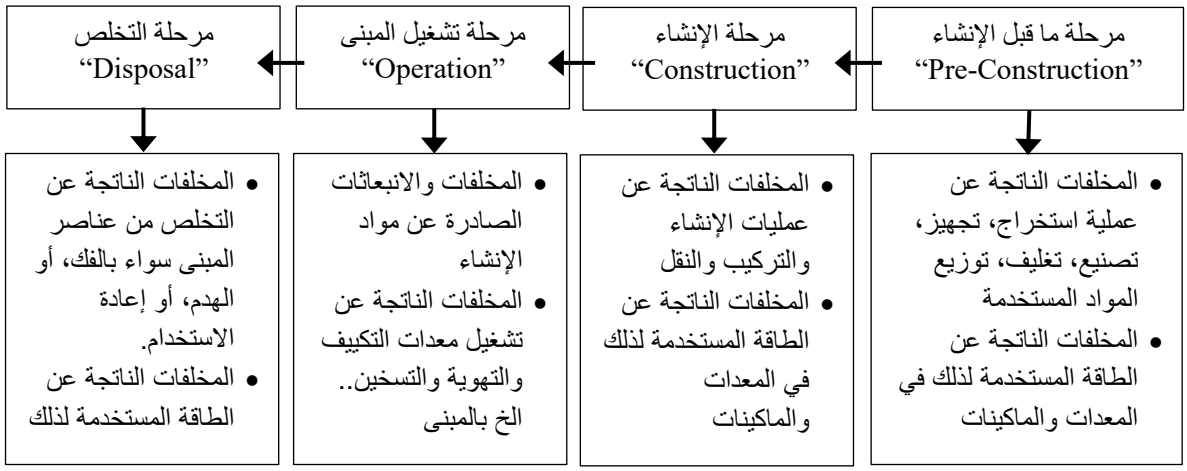
كلمات مفتاحية: إدارة المخلفات، نظام الهرم الأخضر، المخلفات ومواد الإنشاء، مواد وأساليب الإنشاء التقليدية.

[1] تليفون محمول ٠٠٢٠١٢٢٣١٠١٠١٧

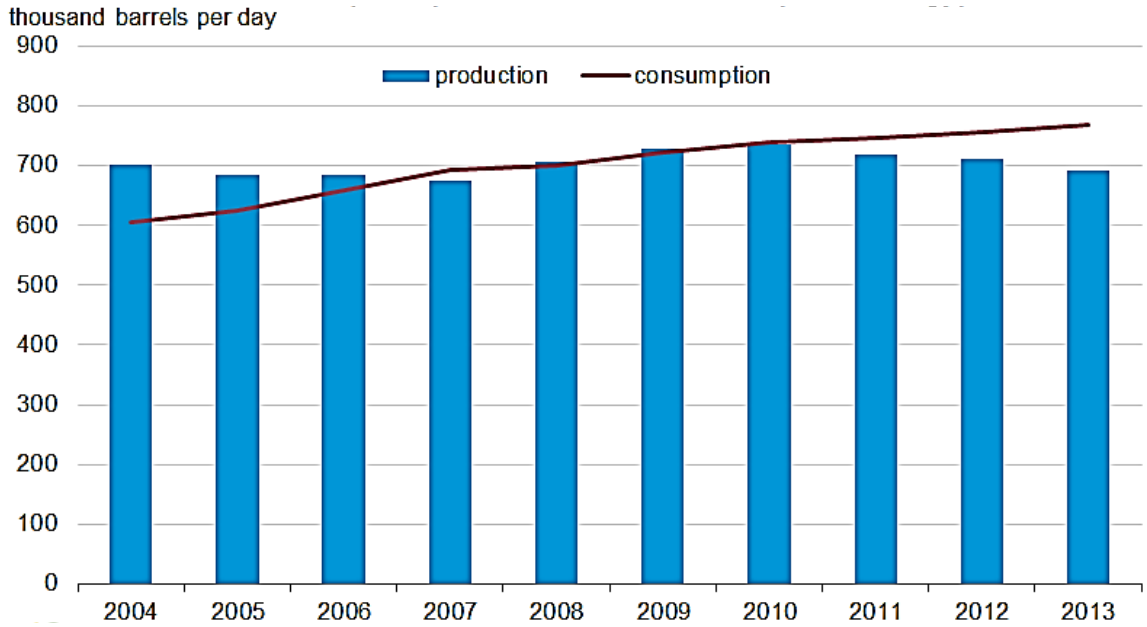
١. مقدمة:

تتجه فروع الهندسة عموما في كل ما تقدمه للبيئة والمجتمع نحو تقديم منتج أقل ضررا على البيئة سواء في حجم الانبعاثات أو المخلفات الصادرة عنها، وقابلة للتدوير، ذات استهلاك أقل للطاقة سواء في مراحل التصنيع أو التشغيل، شكل (١)، والتي تعد أحد المبادئ والمعايير الرئيسية للاستدامة. بينما في المنتج المعماري والعمراني المعاصر ربما نجد الأمر **معكوسا** في بعض الجوانب، فقد زاد كثيرا حجم الانبعاثات والمخلفات الناتجة عن أنشطة البناء، والتي يعد أحد أهم أسبابها هو:

- استخدام مواد إنشاء لا تتوافر فيها مبادئ الاستدامة الرئيسية (كأن لا تكون من البيئة المحلية/ أو تصدر عنها انبعاثات ضارة بالبيئة سواء في مراحل التصنيع أو الاستخدام/ وعدم قابليتها لإعادة التدوير ... الخ).
- ويتطلب انتاجها قدرا كبيرا من الطاقة وما يستتبعها كذلك من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المكافئ لإنتاج هذه الطاقة والتي تمثل الطاقة الأحفورية فيها النسبة الأكبر، وفي ظل تضاؤل موارد الطاقة الأحفورية مقارنة بحجم الطلب عليها، شكل (٢، ٣)، يعد معيار اختيار مواد موفرة للطاقة في مراحل البناء المختلفة أمرا ضروريا، خاصة وأن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المكافئ الناتجة عن قطاع الطاقة في مصر تشكل المصدر الأول لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري بنسبة ٦١٪ سنة ٢٠٠٠، جدول (٢)
- شراهة استهلاك الطاقة بشكل كبير نظرا للتوسع في استخدام وسائل الرفاهية الحديثة المستهلكة للطاقة من أجهزة تكييف ومصاعد، وسخانات، وإضاءة، وغيرها.



شكل (١): علاقة مواد وأنظمة الإنشاء بالمخلفات خلال مراحل المبنى المختلفة، الباحث.



شكل (٢): الانتاج والاستهلاك للوقود الأحفوري في مصر، ألف برميل/اليوم، المصدر: Karmany, (2016)

تعد أحد التحديات الكبرى اقتصاديا واجتماعيا التي تواجه العمارة والعمران في مصر والوطن العربي عموما هي حجم المخلفات التي يخلفها هذا المنتج المعماري، جدول (٤)، وهي في تزايد مستمر خاصة الضارة منها بالبيئة، وكيفية التخلص منها بشكل آمن وهو ما يشكل، عبئا على ميزانية الدولة والمجتمع، وعبئا على البيئة المحيطة، وزيادة لمعدلات الاحتباس الحراري، جدول (٣،٢).

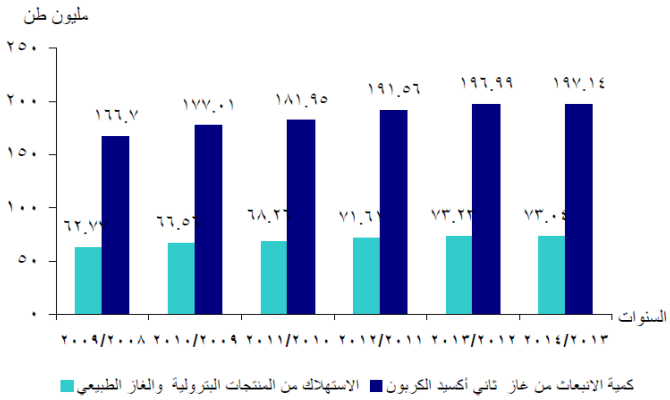
كذلك حجم مخلفات الهدم الناتجة عن عملية الإنشاء أو التخلص من المباني وفي مناطق النزاعات، يستلزم تقديم حلول بيئية لهذه المشكلة ويشكل قطاع التشييد أكثر من ٥٠٪ من الاستثمارات في الدول النامية، ويستهلك نحو ٤٠٪ من الطاقة عالميا وهو مسؤول عن ٣/١ انبعاثات الغازات الدفيئة ونحو ٤/١ كمية المياه العذبة في العالم (UNEP, 2016). ويمثل حجم المخلفات (صلبة، سائلة، غازية) الصادرة عن قطاع التشييد والصناعات التابعة والمغذية له مقارنة بالقطاعات الأخرى نسبة نحو ٦٠٪، (عقبة، ٢٠١٥)، وتصدر المباني نحو ٥٠٪ من غازات مركبات الكلوروفلوروكربون (CFCs) "Chlorofluorocarbons" المستخدمة في معدات التبريد والتكييف والإطفاء وتدخل في صناعة بعض المواد العازلة وتعد هذه الغازات المتسبب الأكبر في ثقب طبقة الأوزون، وتساهم انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون (CO^2 Emissions) الناتج عن استخدام الوقود الأحفوري كمصدر للطاقة بنسبة ٤٦,٧٪ إضافة إلى أكاسيد النيتروجين والرصاص والزئبق في ظاهرة الاحتباس الحراري "Global Warming"، شكل (٣).

وهناك العديد من أنظمة التقييم للمباني الخضراء والمستدامة حول العالم، شكل (٤)، تعد اختيار مواد وأساليب بناء تنتج قدرا أقل من المخلفات والانبعاثات، والتي ترتبط بشكل مباشر أو غير مباشر بحجم استهلاكها للطاقة، وتتفاوت أوزانها النسبية من نظام لآخر، جدول (٥). فأصبح المعماري مقيدا وملزما باحترام هذه المعايير حتى يستطيع الحصول على شهادات الاعتماد البيئي للمبنى وفقا لما تتطلبه أنظمة التقييم العالمية والمحلية في هذا الشأن.

جدول (١): كميات ثاني أكسيد الكربون المنبعثة من قطاع التشييد.

القطاع	نسبة انبعاثات CO^2
مباني	٤٦,٧
صناعة	١٩,٩
النقل	٣٣,٤

المصدر: عقبة، ٢٠١٥.



شكل (٣): كمية الاستهلاك من المنتجات البترولية والغاز الطبيعي والانبعاثات من غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة عنها في مصر خلال الفترة (٢٠٠٩/٢٠٠٨-٢٠١٤/٢٠١٣)، المصدر: الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، ٢٠١٥.

جدول (٢): التوزيع الكمي والنسبي لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري وفقا للقطاعات عامي ١٩٩٠، ٢٠٠٠.

السنة / القطاع	١٩٩٠		٢٠٠٠	
	انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المكافئ	النسبة لإجمالي الانبعاثات (%)	انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المكافئ	النسبة لإجمالي الانبعاثات (%)
الطاقة	٨٢,٧	٧١	١١٦,٣	٦١
العمليات الصناعية	١٠,٣	٩	٢٧,٨	١٤
الزراعة	١٧,٩	١٥	٣١,٧	١٦
المخلفات	٥,٧	٥	١٧,٥	٩
الإجمالي	١١٦,٦	١٠٠	١٩٣,٣	١٠٠

الوحدة: ألف طن ثاني أكسيد الكربون
المصدر: الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، ٢٠١٥.

جدول (٣): كمية ونسبة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري ومتوسط نصيب الفرد في جمهورية مصر العربية عامي ١٩٩٠، ٢٠٠٠.

السنة	غازات الاحتباس الحراري	انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون	
	كمية الانبعاثات (مليون طن مكافئ من ثاني أكسيد الكربون)	كمية الانبعاثات (مليون طن مكافئ)	متوسط نصيب الفرد (طن/سنة)
١٩٩٠	١١٦,٦	٨٤,٤	٢,٢
٢٠٠٠	١٩٣,٣	١٢٨,٤	٣,١

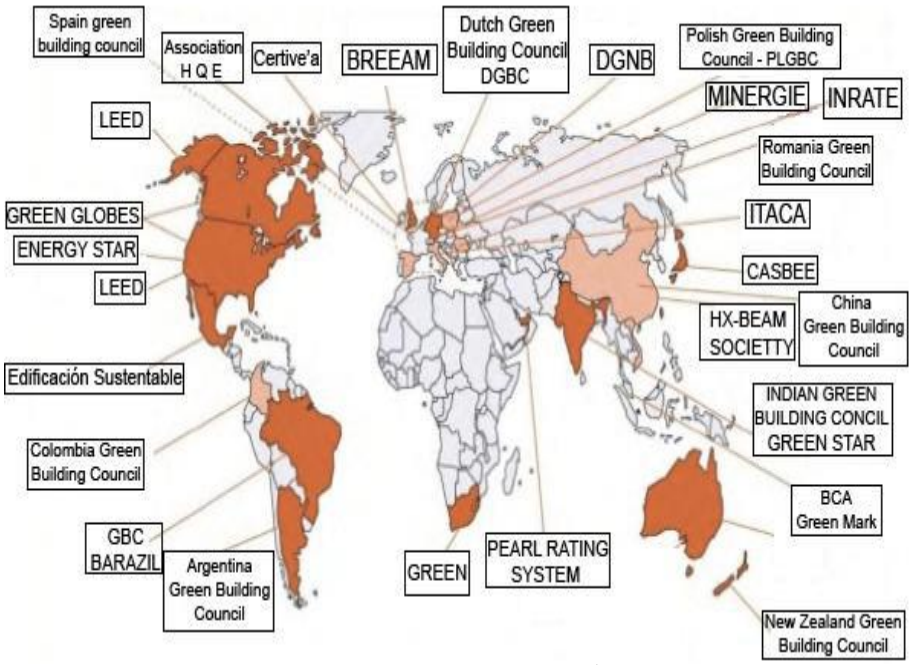
الوحدة: مليون طن ثاني أكسيد الكربون المكافئ
المصدر: الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، ٢٠١٥.

جدول (٤): التوزيع العددي والنسبي للمخلفات الصلبة المتولدة في مصر عام ٢٠١٣.

المخلفات الصلبة	الكميات المتولدة (مليون طن)	%
مخلفات الترع والمصارف	٢٥	٢٨
المخلفات البلدية	٢١	٢٣,٥
مخلفات الهدم والبناء	٤	٤,٥
المخلفات الصناعية	٦	٦,٧
المخلفات الزراعية	٣٠	٣٣,٦
الحمأة	٣	٣,٤
مخلفات طبية	٠,٢٨	٠,٣
الإجمالي	٨٩,٢٨	١٠٠

المصدر: الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، ٢٠١٥.

GREEN BUILDING RATING SYSTEMS WORLDWIDE:
Australia: Green Star
Netherlands: BREEAM
Brazil: LEED-Brasil
Canada: LEED-Canada
Netherlands: BREEAM
Netherlands New Zealand: Green Star-NZ
China: GBAS
Finland: PromisE
France: HQE
Portugal: Lider A
Singapore: Green Mark
France: HQE
South Africa: Green Star SA
Germany: DGNB
Hong Kong: HKBEEM
South Africa: Green Star SA
Spain: VERDE
United States: LEED
India: LEED-India
Italy: Protocollo Itaca
Mexico: LEED -Mexico
United Kingdom: BREEAM
Egypt: Green Pyramid!



شكل (٤): بعض أنظمة التقييم العالمية للمباني الخضراء، المصدر: البحرة، ٢٠١٣، بتصرف من الباحث.

لذا يهدف البحث إلى تحسين منظومة إدارة المخلفات من منظور الاستدامة بترتيب الأولويات والحالات الأنسب لاستخدام أنظمة ومواد الإنشاء شائعة الاستخدام بالفعل في مصر، باعتباره منهجا أكثر واقعية في التعامل مع مشكلة المخلفات والانبعاثات في مصر من تبنى مواد أو أساليب جديدة أو غير منتشرة لا تحظى بتأثير أو مردود بيئي فعلي وملموس على أرض الواقع، مع تفضيل الأساليب والمواد التقليدية، وتقليل حجم المخلفات الناتجة عن المباني وطرحها كبدائل تصميمية ذات أوزان نسبية تفضيلية ضمن معايير اختيار مواد وموارد الإنشاء في نظام الهرم الأخضر المقترح لتقييم المباني المستدامة في مصر "GPRS"، والمطروح للمراجعة المجتمعية "Public Review" والصادر عن المجلس المصري للبناء الأخضر "EGBC" ومركز بحوث الإسكان والبناء "HBRC" في أبريل ٢٠١١.

جدول (٥): مقارنة للوزن النسبي في تقييم معيار الطاقة ومعيار مواد وخامات الإنشاء بين بعض الأنظمة العالمية لتقييم الأداء البيئي للمباني

معيار التقييم	LEED 2.2	LEED 3.0	BREEAM	GREEN STAR	GREEN GLOBES	ESTEDAMA	GPRS
كفاءة استخدام الطاقة	٢٥,٣٤٪	٣٢,٩٩٪	٣٢,٧١٪	٢٤,٢٨٪	٢٦,٦٧٪	٢٤,٨٪	٢٥٪
مواد وخامات الإنشاء	٢٠,٨٧٪	١٣,٢٠٪	١٣,٥٠٪	١٧,٨٥٪	١٩,٠٥٪	١٦٪	١٠٪

المصدر: (Candace, 2008)، (HBRC & EGBC, 2011).

وهناك العديد من عناصر التقييم الفرعية ضمن معيار خامات ومواد الإنشاء المستخدمة تختلف من نظام لآخر، هي تسعة عناصر فرعية مقترحة في نظام الهرم الأخضر (المعيار الرابع)، جدول (٦)، تشترك بشكل مباشر أو غير مباشر مع الأنظمة الأخرى، وقد تنفرد بعضها ببعض العناصر، جدول (٧)

جدول (٦): العناصر المقترحة لمعيار تقييم مواد وخامات الإنشاء في نظام الهرم الأخضر لتقييم الأداء البيئي للمباني (المعيار الرابع).

٤	عناصر تقييم معيار المواد والموارد		عدد النقاط
*	عرض قائمة بمواد المشروع الرئيسية وتوضيح المبادئ الأساسية الحاكمة في عملية الاختيار تحتوي القائمة على الكميات والتكلفة وبلد المنشأ وتكلفة نقلها إلى الموقع		متطلب إجباري
**	حذف واستبعاد المواد الخطرة أو السامة التي يمكن أن يتعرض لها شاغلي المبنى		متطلب إجباري
٤-١-	شراء مواد مستخرجة أو مصنعة محليا في مصر		٣
	المواد المحلية لا تقل عن ٢٥٪ من إجمالي قيمة المواد	١	
	المواد المحلية لا تقل عن ٥٠٪ من إجمالي قيمة المواد	٢	
	المواد المحلية لا تقل عن ٧٥٪ من إجمالي قيمة المواد	٣	
٤-٢-	استخدام مواد مصنعة أو مجهزة في الموقع (كالطوب)		١
٤-٣-	استخدام مواد قابلة للتجديد بسهولة كمواد التربة، الأحجار الطبيعية، جذوع وسعف النخيل، الخيزران، الصوف، الأقطان، الألياف النباتية، والمنتجات المصنوعة من ألياف الحبوب كقش الأرز. وتكون النقاط الممنوحة على النحو التالي:		٣
	نسبة المواد المستخدمة أقل من ٥٪	١	

	نسبة المواد المستخدمة أقل من ١٠٪	٢	
	نسبة المواد المستخدمة أقل من ٢٠٪	٣	
٤-٤-	استخدام مواد معاد استخدامها أو مستنفذة (تم فكها) من مباني سابقة		٣
	نسبة المواد المعاد استخدامها أقل من ٢٥٪	١	
	نسبة المواد المعاد استخدامها أقل من ٥٠٪	٢	
	نسبة المواد المعاد استخدامها أقل من ٧٥٪	٣	
٤-٥-	استخدام المواد المعاد تدويرها		٤
	أ. الحديد:٥٠٪ على الأقل من وزن الحديد المستخدم في الهيكل المعدني به محتوى معاد تدويره أو أعيد استخدامه بنسبة لا تقل عن ٢٥٪ (للمنشآت المعدنية). أو ٧٥٪ على الأقل من وزن حديد التسليح به محتوى معاد تدويره بنسبة لا تقل عن ٩٠٪ (للمنشآت الهيكلية الخرسانية)	١	
	ب. الخرسانة: الكمية الإجمالية من الأسمنت البورتلاندي المستخدم عموما تم تقليصها باستخدام إضافات أسمنتية تكميلية، كالرماد المتطاير وحبيبات خبث الفرن العالي المطحونة	١	
	ج. الركام: ٢٠٪ على الأقل من حجم الركام المستخدم في الهيكل الإنشائي والبنود الأخرى، معاد تدويره	١	
	د. المواد الأخرى: ١٠٪ على الأقل من إجمالي تكلفة مواد الإنشاء تتألف من: محتوى٣٠٪ على الأقل مواد معاد تدويرها، محتوى ٨٠٪ على الأقل مواد معاد تصنيعها، ٥٠٪ منتجات من المخلفات الزراعية.	١	
٤-٦-	استخدام مواد خفيفة الوزن: ٢٥٪ على الأقل من قيمة المواد المستخدمة من مواد خفيفة الوزن (مفرغة، مركبة، هيكلية،) مقارنة بالمواد التقليدية.		١
٤-٧-	متانة المواد المستخدمة: ٢٥٪ على الأقل من قيمة المواد المستخدمة من مواد مقاومة للتآكل وذات تكلفة صيانة أقل مقارنة بمواد تقليدية مشابهة.		١
٤-٨-	استخدام عناصر مسبقة الصنع سواء بشكل كلي أو جزئي لعناصر المشروع (حوائط، تكسيات، هياكل، بلاطات ...)، مما يقلل من الخبرات المطلوبة لعملية الإنشاء، وتسهيل عملية تفكيكها فيما بعد لإعادة الاستخدام.		٣
	قيمة المواد سابقة التصنيع لا تقل عن ١٠٪ من قيمة المشروع	١	
	قيمة المواد سابقة التصنيع لا تقل عن ٣٠٪ من قيمة المشروع	٢	
	قيمة المواد سابقة التصنيع لا تقل عن ٥٠٪ من قيمة المشروع	٣	
٤-٩-	تكلفة دورة حياة المواد المستخدمة في المشروع (LCC): للمواد الأساسية المستخدمة (التي تتجاوز تكلفتها ٠,٥٠٪ من تكلفة المشروع).		١
	الإجمالي	**٢٠ درجة**	

المصدر: (HBRC & EGBC, 2011) بتصرف.

جدول (٧): مقارنة للوزن النسبي لعناصر تقييم مواد وخامات الإنشاء بين بعض الأنظمة العالمية ونظام الهرم الأخضر المقترح.

	عناصر معايير التقييم	أنظمة التقييم البيئية					
		LEED 2.2	LEED 3.0	BREEAM	GREEN STAR	GREEN GLOBES	GPRS
١	مدى قابلية التصميم وعناصر المبنى لإعادة التكيف والتفكيك	-	-	-	٤	٦	٣
٢	قابلية عناصر المبنى (حوائط – أرضيات – أسقف) لإعادة الاستخدام	٣	٤	٠,٢٥	٦	٢٠	-
٣	استخدام عناصر مسبقة الصنع	-	-	-	-	-	٣
٤	استخدام مواد إنشاء معتمدة ومطابقة للمواصفات	١	١	٠,٥	٢	٤	-
٥	استخدام خرسانة خضراء أو تنفيذها بوسائل أقل في استهلاك الطاقة	-	-	-	٣	-	-
٦	مخلفات الهدم الناتجة عن إنشاء المبنى	٢	٢	٠,٣	٢	٥	-
٧	قابلية مواد الإنشاء للتحمل (المتانة)	-	-	٠,١٢٥	-	-	١
٨	محتوى الطاقة الكامنة لمواد الإنشاء "Embodied Energy"	-	-	-	١	-	-
٩	كفاءة العزل	-	-	٠,١٢٥	-	-	-
١٠	دورة حياة مواد الإنشاء	-	-	٠,٦٢٥	-	-	١
١١	استخدام مواد أعيد تدويرها، أو قابلة للتدوير	٢	٢	-	١	٤	٤
١٢	استخدام مواد ذات محتوى معاد تدويره	٢	٢	-	-	٤	-
١٣	اختيار المستخدمين لمواد التشطيب (لتقليص مخلفات الإنشاء الناتجة)	-	-	٠,٠٧٥	-	-	-
١٤	تقليص استخدام منتجات PVC	-	-	-	٢	-	-
١٥	استخدام مواد مصنوعة من خامات متجددة (لا تنضب) في خلال عشر سنوات او أقل	٢	١	-	-	٤	٣
١٦	استخدام مواد محلية	٢	٢	-	-	٤	٣
١٧	مواد مصنعة أو مجهزة في الموقع	-	-	-	-	-	١
١٨	استخدام المنشآت والقطاعات المعدنية	-	-	-	٢	-	-
١٩	امكانية تخزين وتجميع المواد القابلة للتدوير في المبنى بواسطة الشاغلين	مطلوب	مطلوب	٠,٠٧٥	٢	١٠	-
٢٠	استخدام مواد خفيفة الوزن	-	-	-	-	-	١
	إجمالي عدد النقاط لهذا المعيار	١٤	١٤	٢,١٥	٢٥	١٠٠	٢٠
	النقاط الإجمالية لمعايير التقييم ككل	٦٧	١٠٦	١٦	١٤٠	٥٢٥	٢٠٠
	الوزن النسبي لمعيار مواد وخامات الإنشاء لكل نظام	٢٠,٨٧٪	١٣,٢٠٪	١٣,٥٠٪	١٧,٨٥٪	١٩,٠٥٪	١٠٪

* العناصر المظللة هي العناصر المقترحة لنظام الهرم الأخضر

المصدر: (ctbuh.org, 18/11/2016)، (Estidama, 2011)، (HBRC & EGBC, 2011) بتصرف.

ويؤثر اختيار مواد وأساليب الإنشاء بشكل مباشر أو غير مباشر في كفاءة استهلاك الطاقة (المعيار الثاني في نظام الهرم الأخضر) والتي تشكل نسبة تتراوح من ٤/١ إلى ٣/١ الوزن النسبي لأنظمة التقييم العالمية للمباني المستدامة، وما يستتبعها من مخلفات وانبعاثات ضارة بالبيئة، جدول (٥).

وهناك عنصر استخدام مواد نهو وتشطيب ليست لها انبعاثات ضارة بالصحة بوزن نسبي (٥) نقاط، ضمن معيار تحسين جودة البيئة الداخلية، (المعيار الخامس)

وقد تم التعرض كذلك لمنظومة المخلفات والانبعاثات في معيار الإدارة (المعيار السادس): ويعنى بإدارة موقع المشروع وإدارة المخلفات فيه وتقليل الأثر البيئي لعمليات الإنشاء، وعملية التشغيل والصيانة، جدول (٨)

جدول (٨): العناصر المقترحة ذات الصلة بمنظومة إدارة المخلفات في معيار الإدارة في نظام الهرم الأخضر لتقييم الأداء البيئي للمباني.

٦	عناصر تقييم معيار الإدارة	عدد النقاط
٦-١-	التوفير في الموقع	
	٦-١-١- حاويات لجمع مخلفات الموقع كل نوع على حده	٢
	٦-١-٢- تعيين عمال لإعادة تدوير المخلفات بشكل يومي في الموقع	١
	الجوانب البيئية للتعامل مع المخلفات في الموقع	
٦-٢-	٦-٢-١- خطة إدارة المخلفات في المشروع	١
	٦-٢-٢- وجود شركة متخصصة في عملية إعادة التدوير والتخلص من المخلفات	٢
	٦-٢-٤- التخلص المناسب للمخلفات الناتجة عن معدات الخلط	٢
	٦-٢-٥- التحكم في المخلفات والانبعاثات	٢
	الإجمالي (مجموع الدرجات لهذا المعيار ٢٠ درجة)	**١٠ درجة**

المصدر: (HBRC & EGBC, 2011) بتصرف.

ونلحظ من الجداول السابقة (٨،٥،٦،٧) أن:

- أضاف نظام الهرم الأخضر المقترح عنصر استخدام عناصر مسبقة الصنع (عنصر ٨)، لتقليل الحاجة إلى خبرات إنشائية ويسهل عملية التفكيك لإعادة الاستخدام، ويتعارض ظاهريا في صياغته مع استخدام عبارة " مواد مصنعة أو مجهزة في الموقع" (عنصر ٢)، والذي كان يمكن دمجه مع العنصر الأول "استخدام مواد محلية الصنع". خاصة وأن النسبة الأكبر من حجم المباني المتوسطة والصغيرة خاصة في المدن الجديدة، يصعب تصنيع مواد الإنشاء في الموقع كما قد يتعذر الالتزام بمعايير ضبط جودة هذه المواد في الموقع.
- كما أنه أضاف عناصر ربما تكون غير ذات أهمية قصوى بالنسبة لمصر، كاستخدام مواد خفيفة الوزن (عنصر ٦)، فمعظم المباني في مصر خاصة في الامتدادات العمرانية الجديدة ذات ارتفاعات منخفضة نسبيا، وربما يكون هذا المعيار ذا أهمية أكبر مع الأنظمة الإنشائية المتطورة والارتفاعات الكبيرة وناطحات السحاب، وتكاد تكون هذه النوعية من المباني شبه معدومة في مصر.
- وأغفل عنصر محتوى الطاقة الكامنة لمواد الإنشاء "Embodied Energy"، والعزل الحراري والذي يؤثر بشكل مباشر في معيار كفاءة استخدام الطاقة، كما أنه مؤشر لحجم المخلفات والانبعاثات بالنسبة للمواد المستخدمة. ولم يتعرض للمحتوى الكربوني "Carbon Inventory" سوى للتجهيزات والتركيبات الإلكتروميكانيكية والصحية في المبنى، في العنصر الرابع من معيار تقييم كفاءة الطاقة. وربما يعود ذلك إلى عدم وجود أرقام محددة لمواد الإنشاء والتشطيب الأساسية قد توفرها الشركات المصنعة في مصر، ولا يوجد تشريع يلزمهم بذلك. وقد يكون لنفس المادة قيم متعددة طبقا لأسلوب التصنيع ونسب المكونات المستخدمة.
- معيار مواد وخامات الإنشاء المصري المقترح بعد من أقل الأوزان النسبية مقارنة بالأنظمة محل المقارنة.
- وبالرغم من ذلك فإجمالي عدد النقاط ذات الصلة المباشرة بإدارة المخلفات والانبعاثات نحو ٣٥ نقطة بما يعادل نسبة ١٧,٥٪ من إجمالي معايير التقييم بنظام الهرم الأخضر المقترح.

٢. خلفية تراثية عن أساليب ومواد الإنشاء:

وقد شكلت وسائل ومواد البناء التراثية، حلولا مستدامة لإدارة المخلفات، واستغلالا أمثل للعديد من المخلفات الصلبة التي يتم التخلص منها اليوم بطرق ضارة بالبيئة، أو مكلفة اقتصاديا، خاصة المخلفات الزراعية كقش الأرز وحيث تشكل المخلفات الزراعية المصدر الأول للمخلفات الصلبة في مصر بنسبة ٣٣,٦٪ جدول (٤). ويعد المصدر الثاني لغازات الاحتباس الحراري في مصر بنسبة ١٦٪، جدول (٢)، حيث يتم التخلص منه بحرقه، بينما كان يستغل كألياف طبيعية في صناعة قوالب الطوب اللبن للبناء وكوقود للأفران، كما استخدم كذلك طمي النيل الناتج عن تطهير وتعميق مجرى الترع والمصارف خاصة بعد موسم الفيضان في صناعة قوالب الطوب االبن، وكانت المونة اللاصقة لهذه القوالب من الطين كذلك. وشكل بذلك مادة البناء الأهم لدى المصري القديم، بل وحتى وقت قريب في العديد من القرى حتى الآن، شكل (٥،٦). إضافة إلى الأحجار بأنواعها المختلفة (الجيرية – الرملية – الرخام – الجرانيت)، وكان يتم رصها فوق بعضها البعض بعد صقلها لتفريغ الهواء بين قوالب الأحجار لتحقيق تماسك أكبر، كما استخدمت مونة من الجير والرمال والمياه وكبياض للأسطح الداخلية والخارجية لبيوتهم ومبانيهم، كما عرفوا حرق الطوب كذلك في حضارة ما بين

شكل (٥): بيت ريفي تقليدي مبني بالطوب اللبن، قرية شريف باشا، بنى سويف، الباحث.

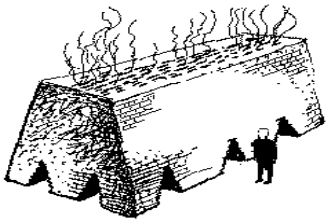
النهرين وفي مصر القديمة، وحتى عهد قريب في القرى المصرية، كان يتم حرق الطوب اللبن ليصبح أكثر مقاومة للرطوبة وعوامل التعرية وأكثر متانة، ببناء هرم مفرغ له فتحات من الأسفل "كان يتم سدها أحيانا لمنع الانبعاثات" ويتم إشعال النار داخل هذا الهرم لفترة تتراوح بين يوم أو يومين للحصول على قوالب من الطوب المحروق، وبالرغم من بساطة هذه الطريقة إلا أنها كانت تتميز بقلة الانبعاثات الصادرة عنها بخلاف أساليب الحرق الحالية، كما أن الحرق بهذه الطريقة يكون جزئيا حيث يحتفظ القالب بنسبة من المحتوى المائي للطوب فهو يجمع بين متانة الطوب المحروق و الخصائص الحرارية للطوب اللبن بشكل جزئي، شكل (٧)، وتميزت مواد البناء السابقة بقابليتها للتدوير، فقد استخدم المصريون أحجار المعابد والأحجار الجيرية التي كست سطح الأهرامات لبناء مبانيهم عبر العصور. كذلك الطوب اللبن، والذي كان يستخدم مع كسر ومخلفات الفخار في عمل المنحدرات اللازمة لدحرجة الأحجار عليها لبناء صروحهم المختلفة، كما في الصرح الأمامي بمعبد الكرنك والذي لم يكتمل بناؤه، حيث كانت أكثر متانة وتماسكا من منحدرات الرمال، شكل (٨).

وكان أسلوب البناء الرئيسي هو الحوائط الحاملة، واستخدمت كذلك النظم الهيكلية من الأعمدة والكمرات الحجرية كما في بهو الأعمدة "Hypostyle Hall" في المعابد الفرعونية. وكما في غيرها من الطرز المعمارية الكلاسيكية كالآشورية والإغريقية والرومانية، وكان لكل منهم صفات ومميزات خاصة به، فتميز الآشوريون باستخدام الطوب المحروق والمزجج لتحسين مظهره، كما استخدموا العقود والأقبية لأسقف مبانيهم واستخدموا القار الموجود لديهم كمونة لاصقة بين مداميك الطوب وكمادة عازلة فوق أسطح مبانيهم.

بينما تميزت العمارة الإغريقية بأنها كانت أكثر رشاقة من الفرعونية، فالأحجار من الرخام أكثر صلادة من الأحجار الرملية والجيرية، كما أنهم قاموا بتزويد الأعمدة بأوتاد خشبية في المنتصف استبدلها الرومان بعد ذلك بأوتاد معدنية، شكل (٩)، كذلك استخدموا الكتل الحجرية المتداخلة "Interlocked stones"، ولم يكتفوا بمجرد رصها فوق بعضها البعض مما جعلها أكثر مقاومة للقوى العرضية كالزلازل والرياح، شكل (١٠). واستخدم أسلوب الأحجار المتداخلة كذلك في مباني القاهرة الفاطمية كما في العقد المستقيم أعلى باب الفتوح، شكل (١١).

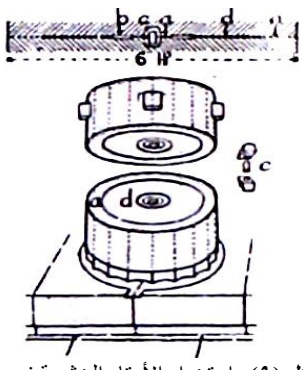
وورثت العمارة الرومانية الكثير من أساليب ومواد البناء عن الحضارات التي سبقتها أو عاصرتها، إلا أن أحد أهم عناصر التفوق المعماري لها كان اكتشافهم للخرسانة وكانت عبارة عن رماد بركاني وجير مطحونين معا ومخلوطين

شكل (٦): صورة تظهر حجم الانبعاثات الناتجة عن الحرق المكشوف لقش الأرز في أحد الحقول، الباحث

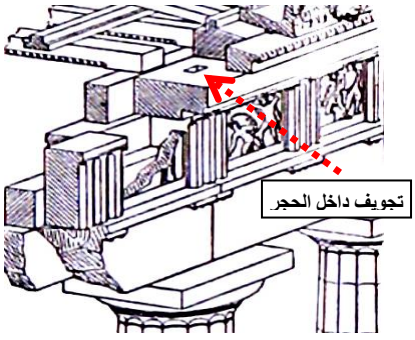


شكل (٧): الأسلوب التراثي لحرق الطوب، المصدر: (http://www.brickdirectory.co.uk)

شكل (٨): استخدام قوالب من الطوب اللبن وكسر الفخار كمنحدرات لبناء الصرح الأمامي بمعبد الكرنك، الأقصر، الباحث



شكل (٩): استخدام الأوتاد الخشبية في منتصف الحطات الحجرية للأعمدة الإغريقية. (Fletcher, 1961, p79)



شكل (١٠): استخدام الكتل الحجرية المتداخلة في أسقف المعابد الإغريقية. (Fletcher, 1961, p79)

شكل (١١): الأحجار المتداخلة في العقد المستقيم أعلى باب الفتوح، سور القاهرة الفاطمية، الباحث.

بالماء والرمل وكانت لهما خاصية الشك والتصلد مع الماء "الخاصية الهيدروليكية" وأطلقوا عليها اسم "بوزولانا" "Pozzolana"، والتي تميزت بصلابتها ومقاومتها للحريق والمياه وسهولة التشكيل وصديقة للبيئة، ولكن قيد استخدامها في أماكن محددة هو الرماد البركاني الذي تواجد في أماكن دون غيرها.

٣. أنظمة وطرق ومواد الإنشاء الرئيسية:

لا يطرح البحث أنظمة أو مواد بناء جديدة، وإنما يفاضل بين أنظمة ومواد البناء الشائع استخدامها بالفعل في مصر، لتحسين أداء العمران المصري في تقليل حجم الانبعاثات والمخلفات الصادرة عنها من منظور الاستدامة.
فهناك العديد من الأنظمة والمواد المستخدمة حول العالم وهي كثيرة جدا، ويصعب حصرها، ولكن من الواقعية التعامل مع ما هو مستخدم ومنتشر في بيئتنا المحلية بالفعل من أساليب ومواد، والتي قد يصعب تغييرها أو استبدالها بأخرى، لن يكون لها تأثير بيئي ملموس.

١,٣. أولا: أنظمة وطرق الإنشاء الرئيسية:

نعني بأنظمة الإنشاء "Structural System": الفكر والأسلوب الإنشائي المستخدم لنقل الأحمال، وهناك العديد من الأنظمة **الشائعة في مصر**: أشهرها:

أ. المنشآت الهيكلية "Skeleton Structures"، وهي الأوسع انتشارا، يأتي في مقدمتها المنشآت الخرسانية بنظام العامود والكمرة "Column and Beam" ثم البلاطات المسطحة "Flat Slab" والبلاطات المفرغة "Hollow Blocks". وهنالك كذلك المنشآت الهيكلية المعدنية.
ب. الحوائط الحاملة ""Bearing Walls، وتنتشر في القرى والمباني القديمة، وبعض المنشآت السياحية ومشاريع الإسكان، إلا أنها محدودة الانتشار خاصة في المشاريع والمدن الجديدة.
ج. يليها بعض الأنظمة الإنشائية محدودة الاستخدام: كالجمالونات "Space Truss"، والمنشآت المعلقة "Suspended Structure"، والمنشآت القشرية "Shell Construction"، والمنشآت سابقة الإجهاد "Prestressed Structure" ...الخ.

بينما نعني بطرق الإنشاء "Method of Construction" الوسائل المستخدمة لتنفيذ أي من أنظمة الإنشاء السابقة، وفي مقدمتها:

أ. الطرق المميكنة "Mechanized methods" ويغلب فيها استخدام المعدات ويقل فيها العنصر البشري في العديد من المراحل، وهي الأوسع انتشارا في مصر خاصة في المشاريع الكبيرة والمدن العمرانية الجديدة.
ب. الطرق التقليدية "Traditional methods" والتي تعتمد على العمالة والمهارة البشرية بشكل رئيسي وقد تستخدم فيها بعض المعدات البسيطة بشكل محدود.
ج. طرق سبق التجهيز "Prefabricated methods"، سواء بشكل كلي أو جزئي لبعض عناصر المشروع، وتأتي في المرتبة الثالثة من حيث الانتشار في مصر.

لم يخصص نظام الهرم الأخضر المقترح معيارا خاصا لتقييم أساليب أو طرق الإنشاء، إلا أنه تعرض لها في أكثر من معيار، كاستخدام أنظمة تقلل من الغبار والملوثات أثناء عملية الإنشاء، كذلك أنظمة وطرق مرشدة للمياه، وتفضيل الأنظمة التي تعتمد على مواد مصنعة أو مجهزة في الموقع، واستخدام عناصر مسبقة الصنع، و استخدام أنظمة إنشائية أو حلول تقنية تعكس التراث الثقافي المحلي وتحسن الأداء البيئي للمبنى و لها فوائد بيئية ملموسة قابلة للقياس، جدول(٩)، ويوضح جدول (١٠) العيوب والمميزات الرئيسية للنظامين الرئيسيين للإنشاء في مصر وهما المنشآت الهيكلية والحوائط الحاملة حيث يشكلان النسبة الأكثر استخداما في مصر، وأولويات وتوصيات الاستخدام لكل منها، كما يوضح جدول (١٢) كذلك المميزات والعيوب وأولويات الاستخدام للطرق الإنشائية الأكثر شيوعا في مصر.

جدول (٩): العناصر المقترحة ذات الصلة بأنظمة وطرق الإنشاء في نظام الهرم الأخضر لتقييم الأداء البيئي للمباني.

رقم المعيار	معايير التقييم الرئيسية		عناصر التقييم الفرعية ذات الصلة	النقاط	إجمالي نقاط المعيار
١	استدامة الموقع، الارتباط والاتصال، الإيكولوجيا	١-٣-٣-	الاستراتيجية المستخدمة لتقليل التلوث الناتج عن عمليات الإنشاء شاملا الغبار والملوثات المتولدة عنها	١	١٠
٣	كفاءة استهلاك المياه	٣-٦-	كفاءة استهلاك المياه "استخدام وسائل لترشيد المياه" أثناء عملية الإنشاء، كاستخدام الخرسانة الجاهزة	٣	٥٠
٤	المواد والموارد	٤-٢-	استخدام مواد مصنعة أو مجهزة في الموقع (كالطوب)	١	١٠
		٤-٨-	استخدام عناصر مسبقة الصنع سواء بشكل كلي أو جزئي لعناصر المشروع	٣	١٠
٧	الابتكار والقيم المضافة "نقاط إضافية"	٧-١-	استخدام أنظمة إنشائية أو حلول تقنية تعكس التراث الثقافي المحلي وتحسن الأداء البيئي للمبنى	٣	١٠
		٧-٣-	استخدام تطبيقات إنشائية لها فوائد بيئية ملموسة قابلة للقياس	٣	١٠
	الإجمالي			**١٤**	**١٠٠**

المصدر: (HBRC & EGBC, 2011) بتصرف من الباحث.

جدول (١٠): أولويات استخدام الأنظمة الإنشائية الشائع استخدامها في مصر.

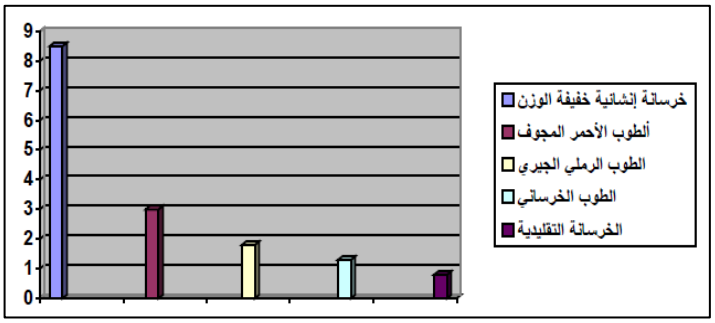
			المميزات	العيوب	أولويات وتوصيات الاستخدام
الأنظمة الإنشائية الرئيسية	المنشآت الهيكلية	خرسانية	▪ واسعة الانتشار ▪ توافر الخبرات والعمالة ▪ لا تحتاج إلى عمالة فنية ماهرة وعالية التدريب ▪ توافر المواد الخام محليا من ركام والطفلة اللازمة لصناعة الأسمنت ▪ مقاومتها للحريق والصدأ وعوامل التعرية	▪ ثقل وزن المبنى باستخدام الركام والخرسانة التقليدية وضعف عزلها للحرارة والصوت ▪ طاقة التصنيع العالية لمكونات الخرسانة خاصة الأسمنت والحديد، وما يستتبعها من مخلفات وانبعاثات ضارة بالبيئة. ▪ والطاقة المطلوبة لتشكيلها في الموقع ▪ تتطلب وقتا وجهدا وتكلفة أكبر في مرحلة التخلص من المبنى من الهياكل المعدنية	من الصعب الاستغناء عنها لكن يمكن تحسين خصائصها البيئية بـ: ▪ استخدام مواد تحقق معايير أفضل من منظور الاستدامة، كما سيرد لاحقا. كاستخدام خرسانة عازلة للحرارة كالخرسانة الخفيفة والرغوية، فهي أقل في الكثافة، وأفضل في عزل الحرارة (أمل، ٢٠١٤، ص. ١٣٨،١٣٧)، شكل (١٢). ▪ استخدام العناصر الخرسانية سابقة الإجهاد يوفر في قطاعات الخرسانة وبالتالي الكميات المستخدمة وما يستتبعها من مخلفات وانبعاثات
		معدنية	▪ قابليته للتدوير وإعادة الاستخدام والفك والتركيب، وكلها من معايير الاستدامة. ▪ المتانة وتحمل الإجهادات العرضية، والقدرة على عمل الارتفاعات والبحور الواسعة ▪ وزنه أخف نسبيا من الخرسانة المسلحة. ▪	▪ حجم الطاقة الهائل الذي يتطلبه تصنيع قطاعات الحديد وكمية الانبعاثات الصادرة عن ذلك ▪ عدم تصنيع بعض القطاعات محليا والحاجة لاستيرادها ▪ ندرة العمالة الفنية المدربة للإنشاء ▪ وقابليته للصدأ والتآكل، وحاجته للصيانة بشكل دوري، وعدم مقاومته للحريق ▪ ارتفاع تكلفته نسبيا مقارنة بالخرسانة المسلحة.	▪ استخدامه في المنشآت غير السكنية، خاصة التي تهدف للربح (كالأنشطة التجارية والإدارية)، والمباني القابلة للتوسع والامتداد المستقبلي حيث تعد القطاعات المعدنية قيمة مضافة للمبنى، فبالرغم من ارتفاع تكلفته نسبيا مقارنة بالخرسانة المسلحة، إلا أن فكه وإعادة تدويره أو استخدامه بعد انتهاء العمر الاستثماري للمبنى سيدر دخلا يتجاوز بكثير هذه الكلفة مع الارتفاع المضطرد في أسعار خامات البناء. وهو ما لا يتوافر للبناء بالخرسانة المسلحة. وهو ما وسع قاعدة استخدامه في العديد من المشاريع غير السكنية حاليا في مصر، شكل (١٣،١٤)
	الحوائط الحاملة		▪ تعد أسلوبا تقليديا يعكس الثقافة المحلية أثبت جدارته على مر العصور ▪ الحد من استخدام الخرسانات والأسمنت على وجه الخصوص والذي ينتج عن تصنيعه قدر هائل من المخلفات والانبعاثات الضارة، فضلا عن الطاقة المستخدمة في تصنيعه. ▪ كذلك الحد من استخدام حديد التسليح والذي يتطلب كذلك قدرا كبيرا من الطاقة لإنتاجه. ▪ كذلك توفير العمالة والوقت والجهد في عمل الفرم الخرسانية وعمليات الصب. وبالتالي تقل التكلفة عن المنشآت الهيكلية خاصة للأدوار المنخفضة، جدول (١١) ▪ طول العمر الافتراضي.	▪ يزيد وزن المبنى بالحوائط الحاملة عن الخرسانة نحو ٣٢٪ (البيطار، ٢٠١٤). ▪ يصعب التعديل فيها إنشائيا كعمل فتحات خارجية أو داخلية ▪ الحوائط الحاملة السميكة تقتطع من مساحة الفراغات الداخلية لذلك قد لا يكون مناسبا في حالة المساحات الصغيرة والضيقة.	▪ التوسع في استخدامها للارتفاعات المنخفضة، خاصة مع صدور كود منظم لأعمال المباني في مصر. ▪ استخدام أنواع من الطوب تتحمل إجهادات مرتفعة وعزل حراري مقبول وبأسماك أقل كثيرا من السمك التقليدي للحوائط الحاملة. ▪ استخدام أنواع متداخله أو مفرغة من الطوب يمكن تسليحها بشكل خفيف مما يمكنها من تحمل العزوم والإجهادات والقوى العرضية. واستخدام الأحجار المتداخلة، وهو أسلوب تقليدي كما ورد سابقا، أشكال (٩،١٠،١٥)

المصدر: الباحث

جدول (١١): الوفر في تكلفة الإنشاء للحوائط الحاملة مقارنة بالخرسانة المسلحة للأدوار المختلفة

عدد الأدوار	نسبة الوفر
دور واحد	٢٠٪
ثلاثة أدوار	١٠٪
خمسة أدوار	٤٪

المصدر: البيطار، ٢٠١٤.



شكل (١٢): العزل الحراري لبعض مواد البناء (١\ك) درجة مئوية/وات، أمل كمال، ٢٠٠٣.

شكل (١٣): استخدام القطاعات المعدنية في إنشاء مول مصر بالسادس من أكتوبر، الباحث.

شكل (١٤): استخدام القطاعات المعدنية في إنشاء توسع رأسي لمبنى مستشفى جامعة ٦ أكتوبر، الباحث.

شكل (١٥): نماذج مختلفة لاستخدام بلوكات الطوب المتداخلة والمفرغة في الحوائط الحاملة، شبكة الإنترنت.

جدول (١٢): أولويات استخدام الطرق الإنشائية الشائع استخدامها في مصر.

		المميزات	العيوب	أولويات وتوصيات الاستخدام
الطرق الإنشائية الرئيسية	الطرق المميكنة	▪ توفير العمالة ▪ سرعة الإنجاز ▪ الدقة	▪ تستهلك المعدات طاقة وغالبا ما تكون أحفورية ▪ كما ينتج عن تشغيلها انبعاثات ضارة بالبيئة	▪ لا يمكن الاستغناء عنها، ولكن يوصى دائما باستخدام المعدات الأقل تلويثا للبيئة ▪ والأكفأ في استهلاك الطاقة، أي ذات معامل قدرة "Power Factor" مرتفع.
	الطرق التقليدية	▪ تستخدم عمالة كثيفة ▪ يقل فيها استخدام المعدات وما يستتبعها من مخلفات وانبعاثات ضارة بالبيئة	▪ تستخدم عمالة كثيفة ▪ أبطأ في المشاريع الكبيرة	▪ نوصي باستخدامها مع المنشآت البسيطة والحوائط الحاملة خاصة في المناطق الريفية ▪ فاستخدام العمالة الرخيصة والكثيفة في هذه المناطق له بعد مجتمعي في الحد من البطالة في هذه الأماكن.
	طرق سبق التجهيز	خاصة من القطاعات والألواح المصنعة من مواد عازلة للحرارة، يميزها: ▪ الأكفأ في عزل الصوت والحرارة خاصة وأن نسبة تسرب الحرارة الأكبر في المباني تكون من خلال الحوائط والأسقف وتتراوح بين (٦٠-٧٠٪)، والبقية من خلال النوافذ والأبواب (البيطار،٢٠١٤) ▪ سرعة الإنشاء ▪ الأرخص في الوحدات النمطية والمتكررة ▪ ضبط جودة تصنيع وتجانس مواد الإنشاء المستخدمة ▪ أقل في الاستعانة بالعمالة البشرية	▪ تتطلب عمالة ماهرة ومدربة ▪ بعض المعماريين لا يفضلونها لأنها ربما تضطرهم لاستخدام وحدات نمطية وتقيدهم في عملية التصميم. ▪ تحتاج الوصلات ونقاط الالتقاء إلى معالجات خاصة، وتعد من أماكن الضعف وتسرب الهواء والحرارة والصوت في المبنى إذا لم تعالج بشكل جيد. ▪ تحتاج القطع والأجزاء الكبيرة لأوناش لرفعها في الموقع. ▪ صعوبة عمل تعديلات معمارية فيها لاحقا.	▪ يوصى بالتوسع في استخدامها في المباني ذات الطابع النمطي في تشكيلها والتي تغلب فيها الجوانب الوظيفية كالراحة الحرارية والعزل الصوتي على الجوانب الجمالية كالمدارس، والمباني الحكومية، والإدارية للدولة. يوضح شكل (١٦) مشروع مدرسة عالم المعرفة بحي البشائر بمدينة ٦ اكتوبر بنيت بنظام ICF "insulated concrete form." ▪

المصدر: الباحث.

٢,٣. ثانيا: مواد الإنشاء:

هناك تنوع كبير في مواد وخامات الإنشاء في مصر، يكاد يستحيل حصرها في بحث واحد، إلا أننا سنتناول المواد:

- الأوسع انتشارا واستخداما
- أو التقليدية
- الأكثر تأثيرا على البيئة من منظور المخلفات والانبعاثات ومبادئ الاستدامة، جداول (٦،٧،٨)
- أو الموصى بالتوسع في استخدامها

شكل (١٦): مدرسة عالم المعارف بمدينة ٦ أكتوبر بنيت بنظام البانوهات الجاهزة "ICF"

أ. **بلوكات التربة المضغوطة:** وتتكون من تربة الموقع (غالبا ما تحتوي طين أو طفلة) مع نسبة من الأسمنت أو الجير (تستخدم كمادة مثبتة)، يتم خلطها مع الماء و كبسها، وتعد من المواد المستدامة عالميا، وتم إجراء العديد من البحوث عليها هنا في مصر في المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء، ويميزها استخدام تربة الموقع باعتباره مكونا محليا ومجهزا في الموقع، إلا أنه يعيبها ضعف مقاومتها لإجهادات الضغط، وعدم تجانس المكونات ربما من مكان لآخر في نفس الموقع، كذلك ربما تحتوي التربة على مواد ومكونات غير مرغوبة كالمواد العضوية، كما أن الطفلة مادة تتأثر سريعا بالمياه والرطوبة خاصة إذا لم يتم حرقها وهو ما لا يتوافر هنا. ويعد الطوب اللبن هو المرجعية التقليدية لهذا الأسلوب إلا أنه لم يكن يتعرض للضغط أو إضافة الأسمنت أو الجير، وقد شكل الطوب اللبن حلا تقليديا مثاليا على مر العصور لما له من خصائص حرارية جعلته ملائما لبيئتنا المحلية، إلا أنه يعيبه تأثره بالرطوبة والمياه وعوامل التعرية بشكل كبير، كذلك عدم قدرته على تحمل إجهادات مرتفعة، وعمر افتراضي أقل مقارنة بالعديد من أنواع الطوب الحالية، و عدم مقاومته لعوامل التعرية المختلفة، مما يجعل من صيانته أمرا مكلفا، كذلك مع ندرة الطين والذي كان يخلفه الفيضان في الأراضي الزراعية والترع مع بناء الخزانات و القناطر والسدود على النيل، إلا أن استغلال مخلفات نواتج التطهير الدوري للترع والمصارف والمخلفات الزراعية التي يتم حرقها اليوم في صناعة بلوكات التربة المضغوطة، يشكل حلا مستداما للحد من المخلفات والانبعاثات، ونري إمكانية استخدام هذه البلوكات كأولوية في القرى الريفية والمناطق النائية، للارتفاعات المنخفضة من دور أو دورين، وعمل جسات استرشادية للتعرف إلى خصائص ومكونات التربة المستخدمة، كذلك توفير الدعم الفني والتدريب لسكان هذه القرى للوصول لأفضل النتائج في عملية التصنيع والتي لا تتطلب إمكانيات كبيرة.

كذلك نوصي باستخدامها في المنشآت السياحية التي ربما يبحث روادها عن الأصالة والتراث، وهناك مواد مشابهة كمادة "الكرشيف" وهي مادة بناء تقليدية مصنوعة من خليط من التربة المحلية والرمل والملح المجفف عن طريق الشمس والذي يتم استخراجه من بحيرات سيوة المالحة، تم استخدامها بالفعل في العديد من المشاريع السياحية هناك.

ب. **الطوب الطفلي:** هو أحد أكثر خامات البناء استخداما في مصر، نظرا لما يمتاز به من توافر خاماته وهي الطفلة في كثير من المناطق، وسهولة تصنيعه، وخصائصه الحرارية الجيدة في عزل الحرارة نسبيا مقارنة بأنواع طوب أخرى، كما أنه يعد من المواد متوسطة الاستهلاك للطاقة، جدول (١٢)، ويعيبه تأثره بالرطوبة، كذلك حجم الانبعاثات الناتجة عن حرقة والطاقة المستهلكة في عملية الحرق، وهو يستخدم بالفعل على نطاق واسع في مصر في الأقاليم غير الساحلية، كالقاهرة والجيزة والدلتا والصعيد، ونوصي باستخدام أفران متطورة في عملية حرقة لتقليل الانبعاثات، كما أن التجفيف الطبيعي للطوبة قبل إدخالها للفرن يوفر نحو ٤٠٪ من كمية الوقود المستخدمة، (أمل، ٢٠١٤، ص١٤٦)، كذلك تحسين تطوير قوالب وأساليب الصب لتحسين المظهر الخارجي للطوبة مما قد يقلل الحاجة لاستهلاك مواد أسمنتية لأعمال البياض، ونوصي باستخدام مواد البناء المحلية الطبيعية **كالبلوكات الحجرية** في العديد من المحافظات التي تتوافر بها هذه المحاجر كالمنيا وبني سويف وغيرها ، فهي تمتاز كذلك بخصائص حرارية جيدة كما أنها منخفض جد في استهلاك الطاقة والانبعاثات، جدول (١٢)، ولا يكاد يكون لها مخلفات صلبة، فكسر وبودرة الحجر يتم استخدامها في أعمال أخرى.

ج. **الطوب الأسمنتي:** يعد مع الطوب الطفلي الأكثر استخداما في مصر وغالبا ما يستخدم في الأماكن الرطبة والساحلية، ويمتاز بمقاومته للرطوبة وتحمله لإجهادات ضغط مرتفعة، ويعيبه كذلك كما في البند التالي كون المواد الأسمنتية أحد أكبر الصناعات الملوثة للبيئة، ونوصي بتشجيع استخدام الطوب الأسمنتي المعاد تدويره، وكذلك المضاف إليه مادة البولسترين وهو ما يرفع من مقاومته الحرارية بشكل كبير، ويحسن الأداء البيئي للمبنى.

د. **الخرسانة:** لا شك في أن الخرسانة بمكوناتها المختلفة هي الأوسع انتشارا واستخداما، وتستهلك الخرسانة قدرا كبيرا من الطاقة سواء في تصنيعها أو تشكيلها وتعد صناعة الأسمنت وهو أحد مكوناتها أحد أكبر الصناعات الملوثة للبيئة، كما أن مخلفات الهدم الناتجة عن عملية الإنشاء بها أو التخلص من المبنى، تعد من أهم مصادر المخلفات الصلبة في مصر، جدول (٤)، خاصة في المدن العمرانية الجديدة، وكذلك في مناطق النزاعات والحروب. وهناك العديد من الوسائل لتقليص المردود البيئي السيئ لاستخدامها، تناولنا **ما يتعلق منها بأسلوب الإنشاء**، جدول (١٠).

ومنها **ما يتعلق بإعادة تدويرها** للاستفادة من هذه المكونات واستخدامها في أغراض أخرى كصناعة البردورات وبلاط الانترلوك للأرصفة، والطوب الأسمنتي المصمت والمفرغ وتكسيرها لأحجام مختلفة من الحصى لاستخدامها في مشاريع البنية التحتية وكطبقة أساس للطرق، واستعمال الرمل الناتج من عمليات المعالجة في طمر النفايات الأخرى، واستخدام التراب الأسمنتي في رصف طرق القرى، وقد تم إنشاء مصنع لتدوير مخلفات الهدم في مدينة ٦ أكتوبر في ٢٠١٥، بطاقة قد تصل إلى ٨٠٠ طن في اليوم. وتتم عملية إعادة التدوير بطريقتين رئيسيتين الأولي: باستخدامه كركام خشن أو ناعم عن طريق تكسيره بكسارات، والثانية: بتحويل الخرسانة إلى مكوناتها الرئيسية حيث يعقب عملية التكسير طحنها وإدخالها إلى أفران لإنتاج الأسمنت المعاد تدويره. لذا يوصى باستخدام المواد الخرسانية المعاد تدويرها، ويعد استخدام بلاط الانترلوك من مواد معاد تدويرها أحد الأمثلة الناجحة والمنتشرة في الفترة الأخيرة في الأرصفة، والشوارع الداخلية في التجمعات السكنية، فبالإضافة إلى ما سبق فهي سهلة الفك والتركيب مرة أخرى لتركيب وصيانة شبكات المرافق تحتها، بدلا من تكسير الكتل الأسمنتية والأسفلتية وإعادة إنشائها مرة أخرى مما يعد إهدارا كبيرا للموارد، فضلا عن الوقت والجهد والمال، أشكال (١٧،١٨،١٩).

شكل (١٧): صورة تظهر مخلفات الهدم في مدخل أحد المدن العمرانية الجديدة، الباحث.

شكل (١٨): سهولة فك وتركيب الإنترلوك لأعمال صيانة ومد الشبكات، الباحث.

شكل (١٩): مخلفات أسفلتيه أثناء رفع كفاءة أحد الطرق "وصلة دهشور" ٦ أكتوبر، الباحث

ومنها **ما يتعلق بالمكونات الداخلية للخلطة الخرسانية**، سواء بتعديل نسبها، أو خصائصها، أو إضافة مكونات أخرى للخلطة التقليدية أو استبدال بعض مكوناتها بأخرى، ومن هذه المقترحات:

١. استخدام الأسمنت البوزولاني "Pozzolanic Cement"، وهو يتكون من كلنكر الأسمنت البورتلاندي العادي + بوزولانا طبيعية أو صناعية، وجبصين. والبوزولانا الطبيعية (أو الخبث البركاني) متجددة ناتجة من رماد البراكين، بينما البوزلانا الصناعية (رماد الفحم أو خبث الحديد) ناتجة من تدوير مخلفات المصانع مثل (Fly Ash) رماد الفحم الناتج عن مخلفات حرق الفحم لمحطات إنتاج الكهرباء، أو من خبث الحديد الناتج عن مخلفات مصانع الحديد (Slag Blast Furnace Ground).

وهو يساهم في تحسين جودة الخرسانة ومقاومتها للأملاح والأحماض والقلويات، ويقلل من مساميتها ونفاذيتها ويخفض من كمية ماء الخلط ويعطي خرسانة سهلة الدمك ذات ليونة وقابلية تشغيل عالية أثناء الصب ونعومة على سطح الخرسانة بعد الانتهاء من الصب، مع سهولة ضخ الخرسانة للموقع، وهذا يوفر كثيراً من الجهد والوقت وتوفير الأيدي العاملة. ويعد استخدامه توفيرا لمواد البناء الخام وتوفيرا لاستهلاك الطاقة وتقليل انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون.

٢. استخدام الماء الممغنط في الخلطات الخرسانية (وهو الماء الذي يتم الحصول عليه بعد تمريره من خلال مجال مغناطيسي معين أو بوضع ذلك المغناطيس داخل هذا الماء أو بالقرب منه لفترة من الزمن) يؤدي للحصول على خرسانة أقوى بنسبة تصل إلى ٤٠٪، وإمكانية توفير ١٥٪ من كمية الأسمنت اللازمة للخلط، وتوفير نسبة ٥٪ من كمية المياه المطلوبة، وإطالة عمر الهيكل الخرساني للضعف (أمل، ٢٠١٤، ص ١٤٢).

٣. استخدام الأسمنت المقوى بالألياف الزجاجية "GRC".

ه. **الحديد:** يعد خام الحديد من أكثر المواد استخداما في عملية الإنشاء، سواء في الخرسانة المسلحة، أو كقطاعات معدنية في المنشآت المعدنية، وفي الأعمال التكميلية والتشطيبات من أبواب ونوافذ وكوبستات وخلافه. وهو كذلك من المواد التي يكاد يستحيل الاستغناء عنها. وتكمن المشكلة الرئيسية في استخدمه من منظور الاستدامة وإدارة المخلفات في حجم الطاقة الكبير التي يتم استهلاكها في انتاجه وما يستتبعها من مخلفات وانبعاثات، جدول (١٢)، كذلك فهو يستهلك قدرا ضخما من المياه في تصنيعه يصل إلى ٣٤٠٠ لتر/كجم مقارنة بالخرسانة ١٧٠ لتر/كجم (عقبة،

جدول (١٢): الطاقة المستهلكة لإنتاج بعض مواد البناء.

معدل استهلاك الطاقة	المواد	كمية الطاقة المستهلكة	
		جيجا جول/طن	ك.و.س./طن
مرتفع	الحديد	٦٠-٣٠	١٦٦٥-٨٣٢٥
	الأسمنت	٨-٥	٢٢٢٠-١٣٨٧,٥
متوسط	الطوب الطفلي	٧-٢	١٩٤٢,٥-٥٥٥
	الطوب الأسمنتي	٨-٢	٢٢٢٠-٥٥٥
منخفض	الرمل	٠,٥ >	١٣٨,٧٥ >
	الزلط	٠,٥ >	١٣٨,٧٥ >
	التربة الطينية	٠,٥ >	١٣٨,٧٥ >
	الحجر	٠,١ >	٢٧,٧٥ >

المصدر: أمل، ٢٠٠٣، ص ٦٠، بتصرف

٢٠١٥)، ويحتاج لمعالجات لمقاومة الصدأ والحريق، وتناولنا ما يتعلق بأنظمة الإنشاء المعدنية، جدول (١٠)، ويوصى بالالتزام بالكميات التصميمة المقررة دون زيادة، وقد ظهرت بدائل عدة للحديد سواء لتسليح الخرسانة أو كقطاعات إنشائية، منها:

١. استخدام أسياخ من الراتنجات كالألياف الزجاجية أو البولي إيثيلين، وهي تتميز بالمتانة ومقاومتها تماما للصدأ والتآكل، ويمكن استخدامها كقطاعات مقواه "C-Bar".
٢. استخدام ألياف طبيعية لتسليح الخرسانة مثل ألياف النخيل والموز والجوت والخيزران، وقد تم تجربتها في مصر وأثبتت كفاءتها، كما أنها مواد محلية ومتوافرة، (أمل، ٢٠١٤، ص١٤٣،١٤٢)، وهي ذات مرجعية تراثية أشبه بما فعله الإغريق والرومان في تسليح الأعمدة شكل (٩).

٤. الخلاصة والتوصيات:

يخلص البحث إلى:

- التأكيد على دور المواد والأساليب التقليدية في الإنشاء كبديل فعال أثبت جدارته على مر العصور، خاصة في التجمعات والقرى الزراعية، حيث إن المخلفات الزراعية يليها مخلفات الترع والمصارف تشكل النسبة الأكبر من حجم المخلفات الصلبة في مصر، جدول (٣).
- تقديم بعض التوصيات والمقترحات فيما يتعلق بمعايير وعناصر التقييم المقترحة في المقترح المطروح لنظام الهرم الأخضر "GPRS" ذات الصلة بمواد وأساليب الإنشاء.
- ملاءمة بعض أساليب ومواد البناء المستخدمة في مصر لأماكن وحالات دون أخرى من منظور معايير الاستدامة لنظام الهرم الأخضر.
- **وترتيب أولويات استخدام هذه الأنظمة والمواد** يعد خطوة مهمة نحو بيئة عمرانية مستدامة وبداية لتفعيل نظام الهرم الأخضر في مصر بشكل قابل للتطبيق باعتبارها الأنظمة والمواد الشائع استخدامها في مصر. وهو منهج أكثر واقعية في التعامل مع ما هو منتشر ومتعارف عليه بالفعل كأولوية من طرح أنظمة ومواد غير متداولة وبالتالي يكون أثرها ومردودها البيئي محدودا.
- هناك **مداخل** أخرى مقبولة مجتمعيا في مصر يجب الأخذ بها نحو تحقيق متطلبات الاستدامة كالجدوى الاقتصادية فقد استخدمت المنشآت الهيكلية المعدنية في بناء منشآت عدة في مصر مؤخرا بالرغم من ارتفاع تكلفتها الإنشائية وربما لم يكن الدافع الرئيسي إلى ذلك هو تطبيق أحد هم عناصر الاستدامة في قابلية المواد للفك وإعادة الاستخدام أو التدوير بقدر ما يمثله من قيمة مضافة للمبنى فإعادة تدويره أو استخدامه بعد انتهاء العمر الاستثماري للمبنى سيدر دخلا يتجاوز بكثير هذه الكلفة مع الارتفاع المضطرد في أسعار خامات البناء خاصة الحديد وهو ما وسع قاعدة استخدامه في العديد من المشاريع خاصة غير السكنية حاليا في مصر.
- يجب مراجعة التصميمات بشكل جيد، فكثير من المصممين الإنشائيين يسرف في زيادة أحمال الأمان التصميمية "Factor of Safety" عن الحدود المقررة، مما يزيد من كمية الخامات المستخدمة دون داعي.
- وجوب وجود منظومة للإدارة وضبط الجودة في الموقع لإدارة المخلفات، خاصة للمشاريع الكبيرة.
- ضرورة تفعيل آليات لتعميم العديد من الحلول المستدامة واستخدام المواد والأنظمة ذات المردود البيئي الأفضل خاصة ما يتعلق بالمخلفات الزراعية التي يتسبب حرقها في ظهور السحب السوداء وزيادة الاحتباس الحراري، جدول (٥). ومن هذه الآليات التوعية:
  - علميا: بعمل دورات توعية هندسية من خلال المؤسسات العلمية والبحثية ونقابة المهندسين وربط تجديد الاشتراك السنوي بالحصول عليها، فشهادة التخرج وحصول المهندس على كارنيه عضوية النقابة يجب ألا يكون نهاية المطاف في سلسلة المعارف الهندسية التي يجب عليه الإلمام بها.
  - اجتماعيا: خاصة وأنه لا يزال جزء كبير جدا من العمران المصري يتم بناؤه بدون الاستعانة بالمهندسين، ووعي المجتمع بمدى ضرر المخلفات والانبعاثات الناتجة عن استخدام بعض مواد وأنظمة بناء يكاد يكون منعدما. ودينيا: حيث جرمت كل الأديان الإساءة للطبيعة وتلويث البيئة.
  - تفعيل آليات تحفيز وإلزام للمشاريع الجديدة – يمكن البدء بالمنشآت غير السكنية التي تتجاوز تكلفتها حدا معينا - كخطوة أولى لتطبيق الحد الأدنى على الأقل من متطلبات نظام الهرم الأخضر، كما أوجب مجلس التخطيط العمراني في أبو ظبي – على سبيل المثال - حصول جميع المشاريع الجديدة في الإمارة على لؤلؤة واحدة كحد أدنى، وحصول جميع المشاريع التي تمولها الحكومة على لؤلؤتين، في نظام التقييم بدرجات اللؤلؤ الإماراتي "Estidama".

وتعنى الآليات السابقة بالأطراف الثلاث الأساسية في منظومة الإنشاء وهي: المهندس والمجتمع والمؤسسات الرسمية.

المراجع:

(١) الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، طبعة (٢٠١٥)، التقرير السنوي لإحصاءات البيئة، ٢٠١٣، القاهرة، مصر.
(٢) أمل كمال محمد شمس الدين (٢٠٠٣)، ترشيد استهلاك الطاقة في مرحلة تشييد المبنى، ماجستير، كلية الهندسة، جامعة عين شمس، القاهرة، مصر.
(٣) أمل كمال محمد شمس الدين (٢٠١٤)، تطوير أسلوب مرن للتقييم البيئي للمباني من حيث القدرة على التكيف مع المتغيرات، دكتوراة، كلية الهندسة، جامعة عين شمس، القاهرة، مصر.
(٤) البحرة، فاكوش (٢٠١٣)، دراسة مقارنة تحليلية لبعض معايير الاستدامة السكنية العالمية، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، المجلد التاسع والعشرون، العدد الثاني، دمشق، سوريا.
(٥) البيطار سامح عبد العزيز (٢٠٠٤)، نحو مباني مستدامة في مصر، مجلة جمعية المهندسين المصرية، العدد الثاني، ٢٠١٤، المجلد الثالث والخمسون، القاهرة، مصر
(٦) الجوهري، عمرو سليمان (٢٠١٢)، دراسة تحليلية للعلاقة بين مادة الإنشاء والطاقة في العمارة: مدخل لتحليل دورة حياة مادة الإنشاء والطاقة، رسالة ماجستير، جامعة القاهرة، ٢٠١٢
(٧) الزعفراني، عباس محمد (٢٠٠٠)، التصميم المناخي للمنشآت المعمارية - مدخل كمي لتقييم الأداء المناخي للغلاف الخارجي للمبنى وتفاعله مع محيطه العمراني، رسالة دكتوراه، جامعة القاهرة، ٢٠٠٠.
(٨) الشيمي، اسماعيل عبد الحكم صالح (٢٠١١)، دور تكنولوجيا البناء في تحقيق الراحة الحرارية للفراغات المعمارية، مجلة جمعية المهندسين المصرية، العدد الثاني، ٢٠١١، المجلد الخمسون، القاهرة، مصر.
(٩) شيماء سيد أحمد (٢٠١٤)، استدامة المدن البيئية مدخل للتحول للتخطيط المستدام دراسة حالة إحدى مدن إقليم شمال الصعيد (مدينة الفيوم)، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة الفيوم، مصر.
(١٠) عقبة، إيهاب محمود، ومنى حسن سليمان (٢٠٠١)، العمارة الخضراء منهج للارتقاء بالأداء المعماري والعمراني والحفاظ على البيئة الطبيعة، مجلة جمعية المهندسين المصرية، العدد الرابع، المجلد الأربعون، ٢٠٠١، القاهرة، مصر.
(١١) عقبة، إيهاب محمود وآخرين (٢٠١٥)، مدخل للدمج بين الفكر الاقتصادي والفكر البيئي لتحسين كفاءة استهلاك الطاقة في المباني، مجلة جمعية المهندسين المصرية، العدد الأول، المجلد الرابع والخمسون، ٢٠١٥، القاهرة، مصر.
(١٢) فجال، أحمد عاطف، عزام، مي محمود (٢٠٠١)، تدوير مخلفات التشييد والبناء والحفاظ على البيئة "إمكانية التطبيق في مصر". www.academia.edu

(13) ASHRAE STANDARD, “Energy conservation in new building design", IES 90A-1980”
(14) Fletcher, Sir Banister (1961), History of Architecture, On the Comparative Method, 7th Edition, Printed in G.B. by Robert Maclehose and Co. LTD, Glasgow, 1961.
(15) HBRC “The Housing and Building National Research Center” In conjunction with EGBC “The Egyptian Green Building Council” (2011), The Green Pyramid Rating System, Cairo, Egypt.
(16) The Syrian National Strategy Report for Sustainable Development, 2002, The National Technical Committee for Sustainable Development- MINSTRY OF STATE FOR, ENVIRONMENTAL AFFAIRS
(17) UNEP (2009), Buildings and Climate Changing Summary of Decision Maker, UNEP “United Nation Environment Programme”, SBCI “Sustainable Buildings & Climate Initiative”, Sustainable Consumption and Production Branch, ISBN: 987-92-807-3064-7 http://www.unep.org/sbci/pdfs/SBCI-BCCSummary.pdf
(18) H. Daniel and Bhada P., (2012), What A Waste, A Global Review of Solid Waste Management, Urban Development and Local Government Unit Sustainable Development Network, The World Bank, March 2012, No. 15, Washington, DC, USA. www.worldbank.org/urban
(19) Aguiar J. (2015) and Others, Sustainable Construction Materials, Trans Tech Publications Ltd, Switzerland. http://www.scientific.net
(20) Ayyad, K. and Gabr M. (2012), Greening Building Codes in Egypt, Sustainable Futures: Architecture and Urbanism in the Global South, Kampala, Uganda, 27 – 30 June 2012.
(21) Bahaudin A.Y., Elias E.M., Saifudin A.M. (2014), A Comparison of the Green Building's Criteria. EDP Sciences. http://www.e3s conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2014/02/e3sconf_etsdc2014_01015.pdf

(22) Bassili G. (2015), Energy Efficiency Building Codes and Green Pyramid Rating System, International Journal of Science and Research (IJSR), ISSN (Online): 2319-7064, Volume 4 Issue 5, May 2015.
(23) Candace Say, and Antony Wood (2008), Sustainable Rating Systems around the World", Council on Tall Buildings and Urban Habitat, CTBUH Journal, 2008 Issue II. http://www.ctbuh.org
(24) ElHaggar, Salah. 2007. Sustainable Industrial Design and Waste Management: Cradle-to-cradle for sustainable development. Boston; Amsterdam: Elsevier Academic Press
(25) Gonzalez M. and others (2014), A case study about embodied energy in concrete and structural masonry buildings, Revista de Construcción, vol.13 no.2 Santiago ago. 2014, *versión On-line* ISSN 0718-915X
(26) Hebel Dirk E. and others (2014), Building from Wste "Recovered Materials in Architecture and Construction", Birkhauser, Verlag GmbH, Basel, Germany. www.birkhauser.com
(27) IFMA "International Facility Management Association", June (2015), Green Building Rating Systems, 800 Gessner Road, Suite 900, Houston, Texas 77024-4257 USA.
(28) Kamal, A. (2015), "Thermal Mass and Insulation Materials "As a passive solar proposed construction technique to solve energy crisis in Egypt" ICASGE'15, Egypt
(29) Karmany H. (2016), Evaluation of Green Building Rating System for Egypt, Master Thesis, Center for Sustainable Development, AUC, Cairo.
(30) Obenga, Theophile, La Géométrie Egyptienne : Contribution de l'Afrique antique a la Mathématique mondiale, © Le Harmattan, 1995.

مواقع الكترونية:
(٣١) مركز إدارة النفايات "تدوير"، أبو ظبي، الإمارات، تاريخ التصفح: ٢٠١٧/١/١٠.
http://www.tadweer.ae/ar/Projects/Pages/RecyclingWaste.aspx
(32) BREAM, "Building Research Establishments Environment Assessment Method". The Building Research Establishment, UK, Accessed; 21/11/2016. http://www.breeam.org
(33) CBPR "Centre for building performance research", Victoria University School of Architecture, Accessed; 21/11/2016. http://www.victoria.ac.nz/architecture/centres/cbpr
(34) Construction Embodied energy, Accessed; 21/11/2016. http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/10-11/Zero_C_Community/embodied.html
(35) CSIRO "Commonwealth Scientific and Research Organization", Accessed; 10/10/2016. https://www.csiro.au
(36) ECD Canada Ltd, "Green Globes: Rating System and Program Summery". Green Building Institute, Canada, Accessed; 17/8/2016.http://www.greenglobes.com
(37) ESTIDAMA, The Pearl Rating System: Design & Construction, Abu Dhabi Urban Planning Council, UAE, Accessed; 15/6/2016. estidama.upc.gov.ae
(38) Germany Passive house Institute, Accessed; 19/7/2016. http://passiv.de/eng
(39) GPRS "Green Pyramid Rating System", for Public Review, First Edition – April 2011. Retrieved from, Egyptian Green Building Council, Egypt, Accessed; 15/5/2016. http://egypt-gbc.org, http://www.hbrc.edu.eg
(40) LEED "Leadership in energy and Environmental Design", USGBC "United State Green Building Council", USA, Accessed; 15/5/2016. http://www.usghc.org
(41) The History of Bricks, Accessed; 28/12/2016 http://www.brickdirectory.co.uk/html/brick_history.html
(42) UNEP "United Nations Environment Programme", Accessed; 16/7/2016. http://www.unep.org/sbci/AboutSBCI/Background.asp
(43) US. Environmental Protection Agency, Accessed; 15/7/2016. http://www.epa.gov/greenbuilding
(44) U.S. Environmental Protection Agency, Accessed; 15/7/2016. https://www.epa.gov/
WBDG "Whole Building Design Guide", a program of National Institute of Building Science, Washington, DC, USA, Accessed; 26/10/2016. http://www.wbdg.org/design/sustainable.php