مجلة كلية الآثار بقنا (دورية أكاديمية علمية محكمة)

التغيرات المناخية وتأثيرها على مبانى الطوب اللبن بموقع حفائر عرب الحصن

إعداد

د. عماد الدين إبراهيم حامد

مدرس ترميم العمارة الأثرية ـ قسم علوم الآثار والحفائر
بكلية الآثار ـ جامعة عين شمس

د.إيمان محمد نبيل إبراهيم

مدرس ترميم المواد العضوية ـ قسم علوم الآثار والحفائر
بكلية الآثار ـ جامعة عين شمس

التغيرات المناخية وتأثيرها على مبانى الطوب اللبن بموقع حفائر عرب الحصن

د. عماد الدين إبراهيم حامد ... مدرس ترميم العمارة الأثرية – قسم علوم الآثار والحفائر بكلية الآثار – جامعة عين شمس

د.إيمان محمد نبيل إبراهيم ... مدرس ترميم المواد العضوية – قسم علوم الآثار والحفائر بكلية الآثار– جامعة عين شمس

ملخص:

التعريف بحفائر عرب الحصن ،ومقدمة تاريخية عن الموقع ،والآثار المكتشفة من موقع حفائر عرب الحصن ،والموقع الحالى لحفائر عرب الحصن ،ومبانى الطوب اللبن المكتشفة بحفائر عرب الحصن ،وتقنيات التنفيذ القديمة لبناء تلك المبانى ،وخامات البناء ،ومكونات الطوب اللبن ،ومونات الربط بين البلوكات ،وتقنيات بناء الحوائط من الطوب اللبن ،ورصد عوامل التلف الداخلية والخارجية المؤثرة على مبانى الطوب اللبن ،والتوثيق الفوتوجرافى والمعمارى والفوتوجرامترى لمبانى الطوب اللبن بالموقع ،وتوثيق مظاهر تلف المبانى والمونات ،وعمل الفحوص والتحاليل اللازمة لمعرفة مكونات الطوب اللبن ومونات الربط بين البلوكات وفيها يتم إستخدام الميكروسكوبات المختلفة من الميكروسكوب الرقمى والمجسم والميكروسكوب الإلكترونى الماسح والرامان والتحليل بإستخدام حيود الأشعة السينية ،وعينة الطوب اللبن هى عبارة عن طين متجانس الحبيبات يوجد به مسافات بينية دقيقة وأحيانًا فجوات وشقوق نتيجة فقد الماء وعوامل التجوية والطين مخلوط بالرمل وروث البهائم بنسب قليلة كمادة ربط ،ودراسة التغيرات المناخية وتأثيرها على الطوب اللبن ومونات الربط بين بلوكات مبانى الطوب اللبن بموقع حفائر عرب الحصن وعمل خطة للعلاج والترميم للمبانى ومونات الربط من نفس الخامات المستخدمة قديماً وبنفس تقنيات الصناعات القديمة المستخدمة فى زمن بناء تلك المبانى مع إضافة بعض المحسنات لمقاومة عوامل التلف الداخلية والخارجية ومقاومة التغيرات المناخية الحالية والمستقبلية.

الكلمات الدالة: حفائر، عرب الحصن، الطوب اللبن، التغيرات المناخية، الترميم

Climate changes and their impact on the mud brick buildings at the Arab El-Hisn excavation site

Abstract:

Introducing the Arab Al-Hisn excavations, a historical introduction to the site, the antiquities discovered from the Arab Al-Hisn excavation site, the current site of the Arab Al-Hisn excavations, the mud-brick buildings found in the Arab Al-Hisn excavations, the old implementation techniques for building these buildings, building materials, mud-brick components, and the mortars for connecting the blocks, techniques of building walls from mud bricks ,and monitoring internal and external damage factors affecting mud brick buildings, photographic, architectural, and photogrammetric documentation of the mudbrick buildings on the site, documenting the damage manifestations of buildings and mortars, and conducting the necessary tests and analyzes to know the components of the mudbrick and the bonding blocks between the blocks ,in which various microscopes are used from digital and stereoscopic microscopy, scanning electron microscopy, Raman, and analysis using X-ray diffraction, The sample of adobe bricks is a homogeneous clay with fine grains, in which there are fine interstitial spaces ,and sometimes gaps and cracks as a result of water loss and weathering factors, The clay is mixed with sand and animal dung in small proportions as a binding material ,And the study of climate changes and their impact on the mud bricks and the bonding mortars between the blocks of the mudbrick buildings at the Arab Al-Hisn excavation site and making a plan for the treatment and restoration of the buildings and the connecting mortars from the same raw materials used in the past and with the same techniques of the old industries used at the time of building those buildings with the addition of some improvements to resist internal and external damage factors and resist Current and future climate changes.

Keywords: Excavations, Arab El-Hisn, mud bricks, climatic changes, restoration.

١-الحفائر بمنطقة عرب الحصن بالمطرية:

منطقة حفائر عرب الحصن الحالية بالمطرية هى جزء من أهم مدينة في مصر القديمة وهى مدينة (إيونو) (Iwnw) هليوبوليس ،وقد فقدت هذه المدينة دورها السياسى والدينى منذ العصر الروماني ،وتم تدمير آثار تلك المدينة في العصور التالية.

منذ بدايات القرن العشرين بدأت البعثات العلمية الحفائر في منطقة هليوبوليس كالتالى:

١-١ قام بالحفائر إ. سكياباريلي E.Schiaparelli (١٩٠٣-١٩٠٦) للكشف عن المدينة ومعبدها.

١-٢ ثم ويليام فليندرز بيتري Petrie (بيتري ، ١٩١٥).

١-٣ ثم قامت مصلحة الآثار المصرية من ١٩٥٠م حتى ١٩٧٠م بالحفائر بالمنطقة.

١-٤ كانت هناك بعثة من كلية الآثار بجامعة القاهرة بقيادة عبد العزيز صالح في الثمانينيات (صالح ١٩٨١-١٩٨٣).

١-٥ وكتب ديتريش راو Dietrich Raue أطروحة الدكتوراه عن هليوبوليس ومعبدها (Raue 1999)، منذ عام ٢٠١٢ وجه راو بعثة مصرية ألمانية مشتركة للتنقيب في منطقة معبد رع القديم.

١-٦ في أكتوبر ٢٠١٧ بدأت جامعة عين شمس بقيادة رئيس البعثة ممدوح الدماطى Mamdouh Eldamaty* ،كجزء جغرافي من مدينة هليوبوليس القديمة المهمة العلمية للتنقيب في عرب الحصن في الجزء الشمالي الغربي من معبد رع القديم ،كشـــف العمـل عن

بقايا قصر من عصر الرعامسة، تم بناؤه إبتداء من عهد الملك رمسيس

* **شكر وتقدير للسيد الأستاذ الدكتور/ممدوح الدماطى، وذلك لموافقته على المشاركة لنا فى أعمال حفائر عرب الحصن موسم ٢٠٢٢م-٢٠٢٣م، ولما قدمه من معلومات تاريخية وتسهيلات لإنجاز هذا البحث، وتوفير المراجع التاريخية اللازمة لإتمام البحث.**

الثاني، وكشفت الحفائر أيضًا عن العديد من الإضافات إليها في الأسرات التالية، في إبريل ٢٠١٨ تم العثور على مقصورة عرش رمسيس الثاني، والتي كانت تستخدم غالبًا طوال فترة الرعامسة، وتم إستخدام مقصورة العرش هذه ليس فقط كقاعة جمهور للملك ولكن أيضًا على الأرجح كمقصورة شعائرية للإحتفالات الملكية للملك ،مثل مراسم تتويج الملك وعيد اليوبيل (حب سد)، كما تم الكشف عن أرضية وجدران مقصورة العرش التي تتميز بأرضية مبلطة بالطوب اللبن، حيث كانت نتائج الحفائر في عرب الحصن في الموسم الأول واعدة للغاية[١].

صورة رقم ١ توضح إكتشاف مقصورة الإحتفال بعرب الحصن.

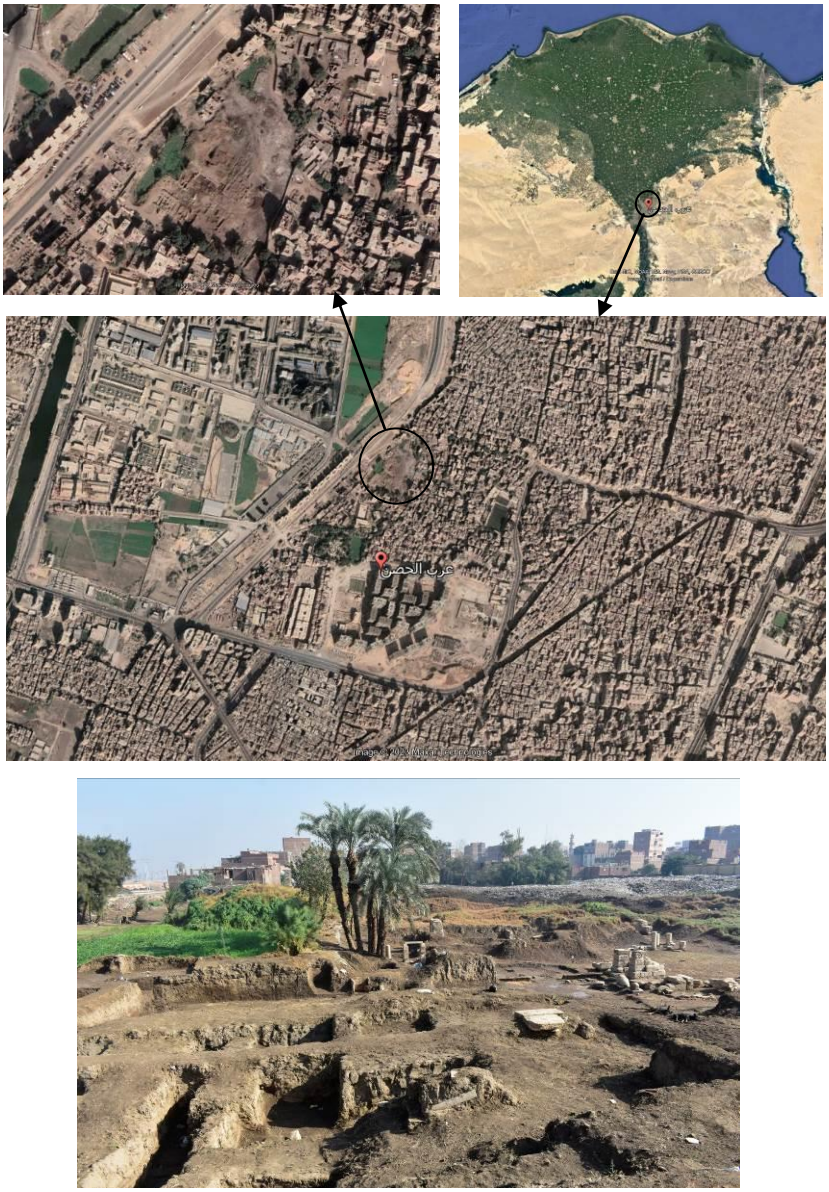
صورة رقم ٢ توضح د.الدماطى أثناء كشف المقصورة بحفائر عرب الحصن بالمطرية.

Mam

Ayman Wahby and Penelope Wilson, The Delta Survey Workshop: Proceedings from Conferences held in Alexandria (2017) and Mansoura (2019), in Archaeopress Egyptology 41, 2022, pp. 99-114.

٢-الموقع الحالي لحفائر عرب الحصن بالمطرية:

تحيط بمنطقة الحفائر الحالية مناطق سكنية ملاصقة وأراضى زراعية وطرق ومناطق صناعية وشوارع ضيقة كما هو موضح بالخرائط التالية نقلاً عن برنامج Google earth



شكل رقم ١ يوضح موقع حفائر عرب الحصن بالأقمار الصناعية وبالتصوير الفوتوجرافى

٣- أعمال توثيق الوضع الراهن نوفمبر ٢٠٢٢م لمباني الطوب اللبن:

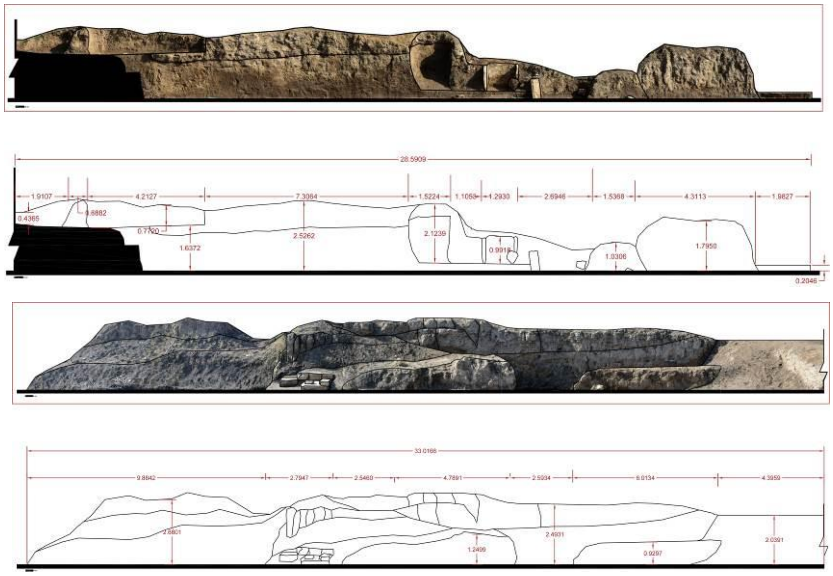
٣-١ أعمال التوثيق الفوتوجرافي:

تمت أعمال التوثيق الفوتوجرافي الكاملة لمبانى الطوب اللبن بحفائر عرب الحصن.

شكل رقم ٢ يوضح التوثيق الفوتوجرافى لمبانى الطوب اللبن (عمل الباحث).

٣-٢ أعمال التوثيق الفوتوجرامتري والمعماري:

تمت أعمال التوثيق الفوتوجرامتري بإستخدام التصوير الرقمى عالى الدقة و بإستخدام برنامج Photoshop ،وتم عمل التوثيق المعمارى بإستخدام برنامج AutoCad.



شكل رقم ٣ يوضح التوثيق الفوتوجرامترى و المعمارى لمبانى الطوب اللبن(عمل الباحث)

٣-٣ أعمال التوثيق ثلاثي الأبعاد:

تمت أعمال توثيق مباني الطوب اللبن ثلاثي الأبعاد بإستخدام برنامج 3DMAX

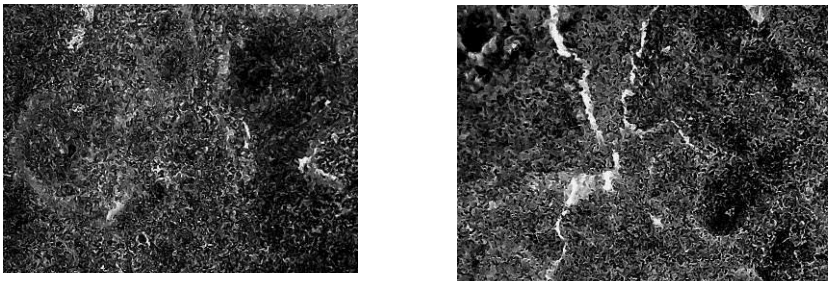
شكل رقم ٤ يوضح التوثيق ثلاثى الأبعاد لمبانى الطوب اللبن بالموقع.

٤-الفحوص والتحاليل لعينات الطوب اللبن بعرب الحصن:

٤-١ الفحص بإستخدام الميكروسكوب الرقمي والميكروسكوب الفراغى:

٤-١-١ الفحص بالميكروسكوب الرقمي:

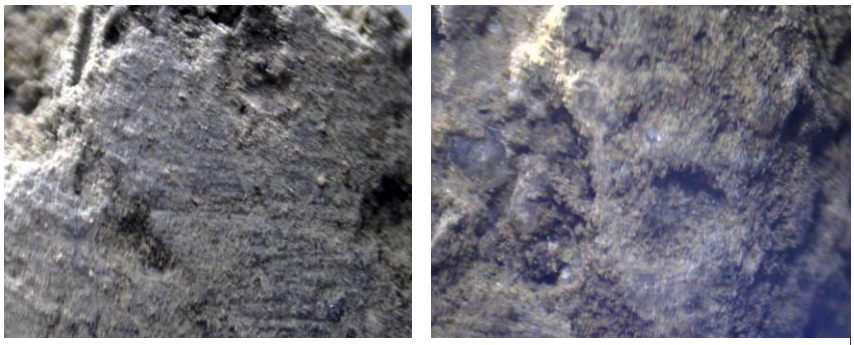
تم الفحص بالميكروسكوب الرقمى للتعرف على طبيعة المكونات الطينية والفراغات البينية لقوالب الطوب اللبن بتكبير يصل 50X.



شكل رقم ٥ يوضح الفحص بالميكروسكوب الرقمى لعينة الطوب اللبن.

٤-١-٢ الفحص بالميكروسكوب المجسم Stereo:

تم الفحص بالميكروسكوب المجسم لتكبير يصل 100X لتوضيح ذرات الطين والمسافات البينية بين حبيبات الطين.



شكل رقم ٦ يوضح الفحص بالميكروسكوب المجسم Stereo لعينة الطوب اللبن.

٤-٢ الفحص والتحليل بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح:

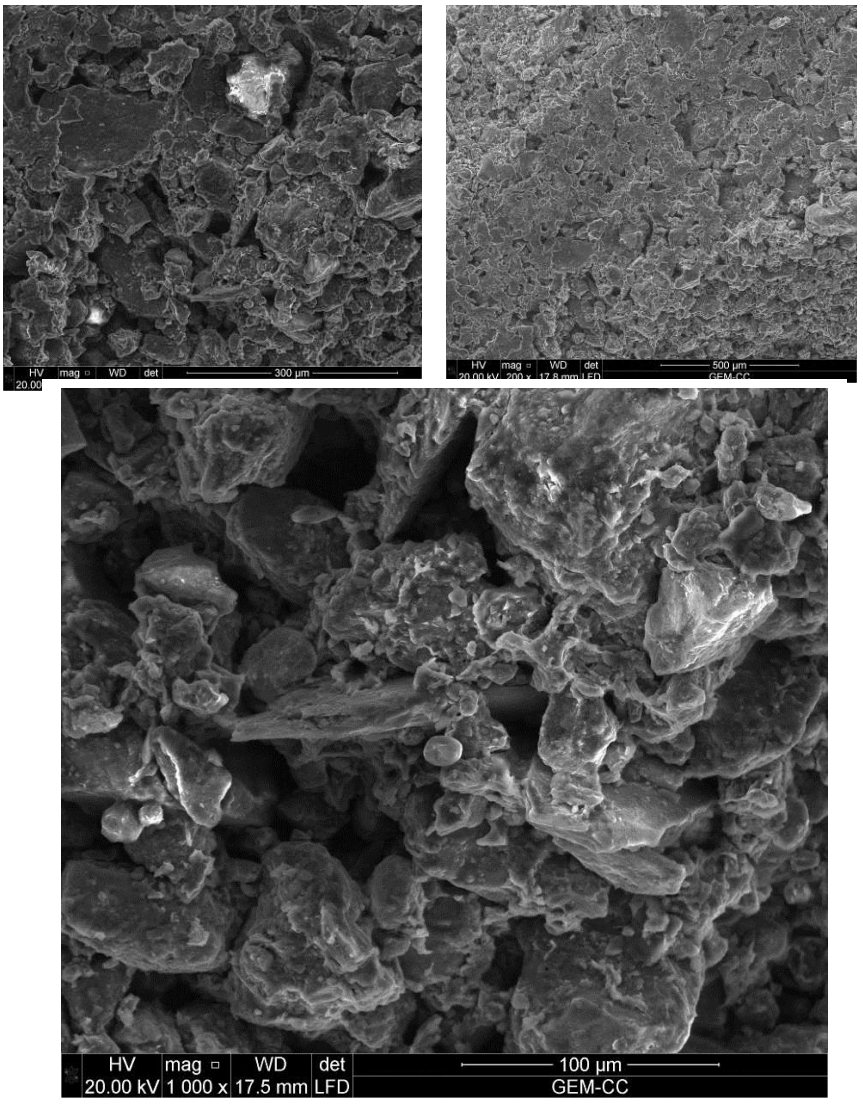
تم الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح بمعامل المتحف المصرى الكبير لعينة الطوب اللبن بتوضيح أكبر للحبيبات الطينية والمواد الرابطة بين الحبيبات والمسافات البينية بينها وذلك بتكبيرات تتراوح بين 200X حتى 4000X ومواصفات ووصف وموديل الجهاز كالتالى:

The Scanning Electron Microscope for samples, Using SEM Model Quanta 250 FEG (Field Emission Gun) attached with EDX Unit (Energy Dispersive X-ray Analyses), with accelerating voltage 30 K.V., magnification14x up to 1000000 and resolution for Gun.1n .(FEI company, Netherlands)

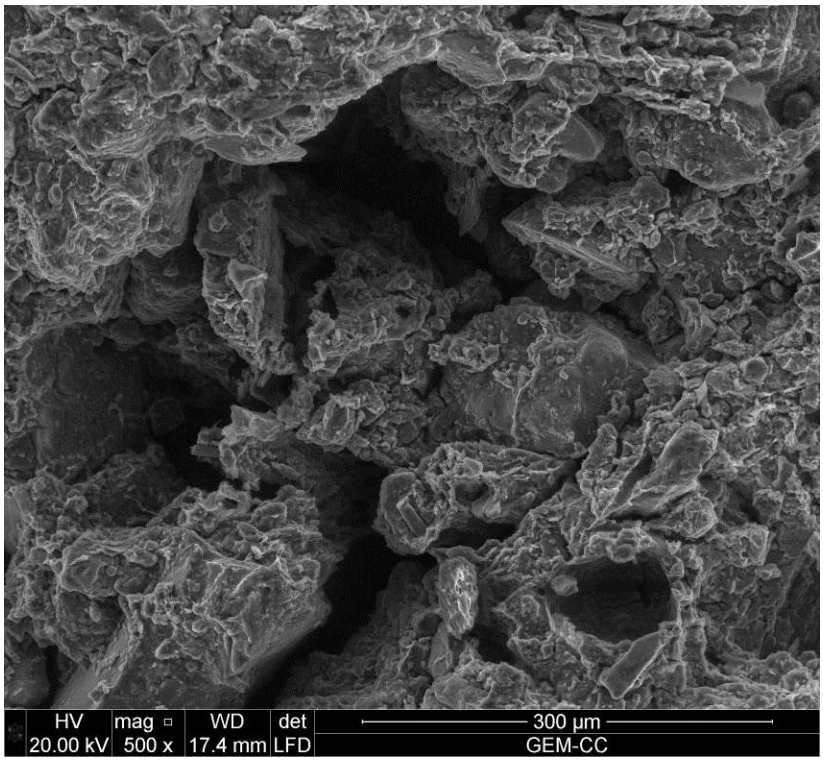
شكل رقم ٧ يوضح جهاز الميكروسكوب الإلكتروني الماسح المستخدم فى فحص و تحليل عينة الطوب اللبن

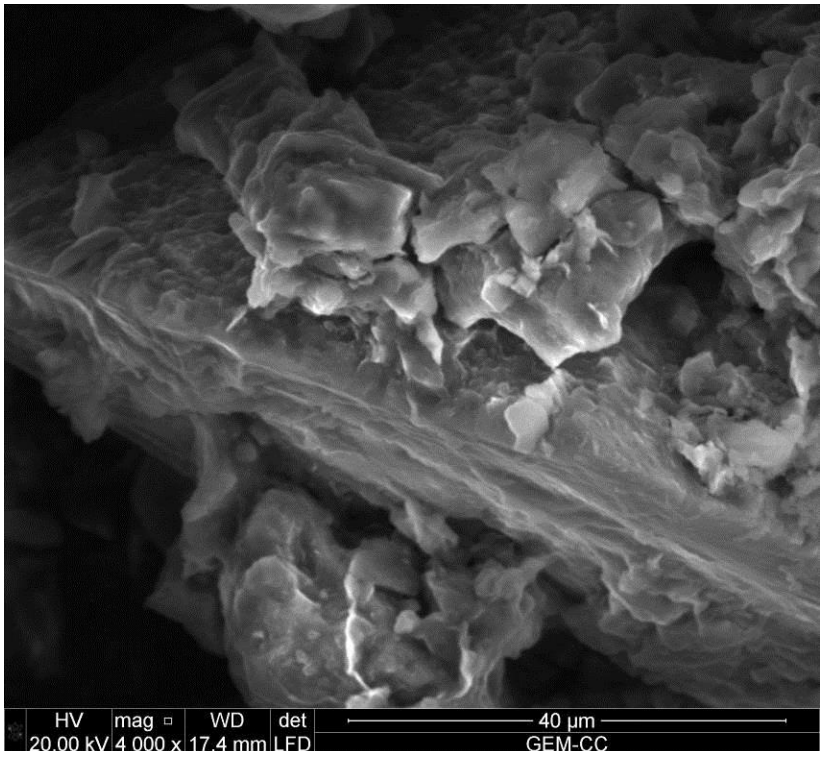
٤-٢-١ الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح:

تم الفحص والتكبير لعينة الطوب اللبن بحفائر عرب الحصن لتكبير الحبيبات الطينية وتبين وضوح حبيبات الطين وتباين أحجامها والمسافات البينية العميقة بين الحبيبات مع وجود فراغات بين تلك الحبيبات.



شكل رقم ٨ يوضح تكبير عينة الطوب اللبن بإستخدام الميكروسكوب الإلكترونى الماسح.



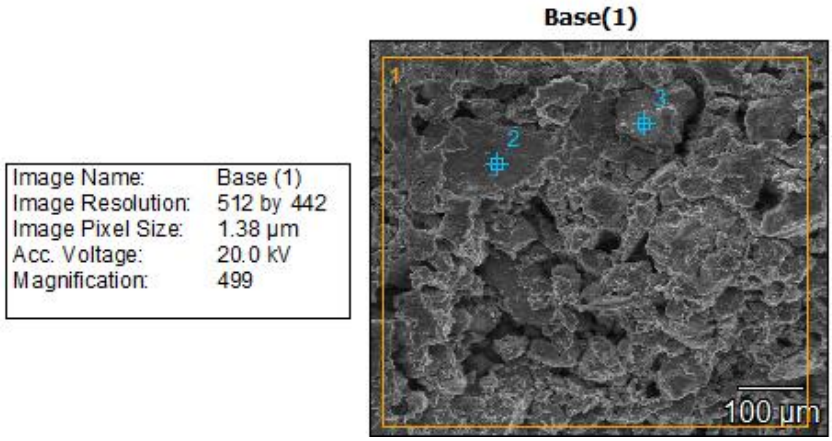


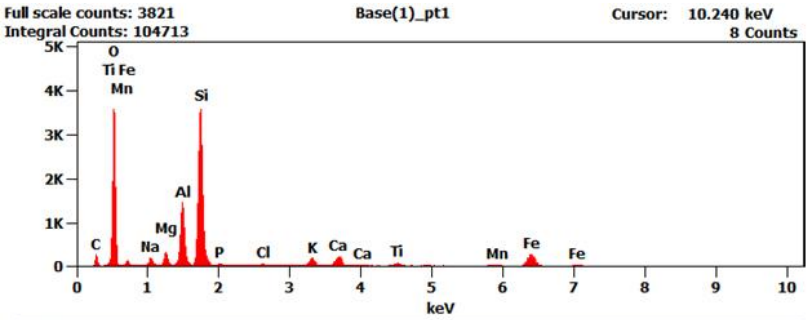
شكل (٩) يوضح تكبير عينة الطوب اللبن باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح

٤-٢-٢ التحليل بإستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح المزد بوحدة EDX:

تم أخذ ثلاث لقطات من عينتين مختلفتين لتأكيد النتائج كالتالى:

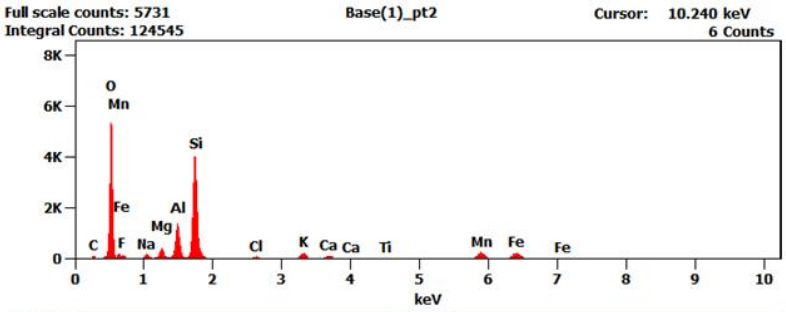
٤-٢-٢-١ العينة الأولى:





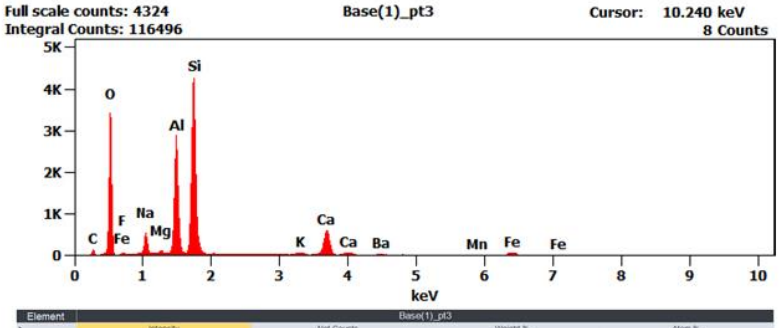
Element	Base(1)_pt1			
	Intensity	Net Counts	Weight %	Atom %
C K	3.233	1226	5.459	9.420
O K	45.531	17267	45.223	58.583
Na K	3.446	1307	1.681	1.515
Mg K	4.949	1877	1.692	1.443
Al K	28.272	10722	7.733	5.940
Si K	81.088	30752	21.997	16.233
P K	1.110	421	0.329	0.220
Cl K	1.139	432	0.343	0.201
K K	4.802	1821	1.555	0.824
Ca K	6.853	2599	2.390	1.236
Ti K	2.418	917	1.173	0.507
Mn K	1.938	735	1.481	0.559
Fe K	11.022	4180	8.945	3.320
			100.000	100.000

تتكون اللقطة الأولى من العينة الأولى من حوالى ٥٨% أكسجين وحوالى ٩% كربون وحوالى ١٦% سيليكون وحوالى ٣% حديد وحوالى ٦% ألومونيوم والباقى شوائب من الصوديوم و والماغنسيوم والفسفور والكلور والبوتاسيوم والكالسيت والتيتانيوم والمنجنيز.



Element	Base(1)_pt2			
	Intensity	Net Counts	Weight %	Atom %
C K	1.897	569	2.965	3.607
O K	91.760	27528	50.230	65.856
F K (D)	0.000	0	----	----
Na K	3.430	1029	1.181	1.077
Mg K	8.890	2667	2.104	1.816
Al K	33.853	10156	6.390	4.968
Si K	115.253	34576	21.027	15.704
Cl K	1.910	573	0.382	0.226
K K	8.000	2424	1.743	0.935
Ca K	4.610	1383	1.070	0.560
Ti K	1.177	353	0.377	0.165
Mn K	12.800	3840	6.503	2.483
Fe K	12.823	3847	6.929	2.603
			100.001	100.000

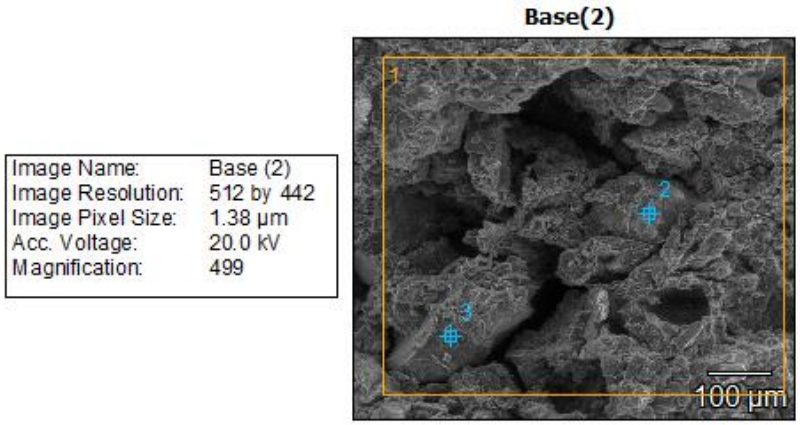
تتكون اللقطة الثانية من العينة الأولى من حوالى ٦٥% أكسجين وحوالى ٤% ألومنيوم وحوالى ١٥% سيليكون وحوالى ٢% منجنيز وحوالى ٢% حديد وحوالى ٣% كربون والباقى شوائب من الصوديوم والماغنسيوم والكلور والبوتاسيوم والتيتانيوم.

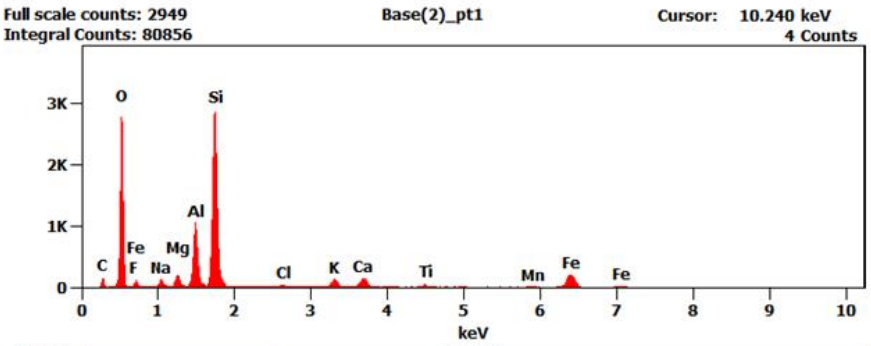


Element	Base(1)_pt3			
	Intensity	Net Counts	Weight %	Atom %
C K	2.353	706	3.140	5.373
O K	59.380	17814	46.030	59.120
F K (D)	0.000	0	----	----
Na K	11.267	3380	3.483	3.113
Mg K	1.548	462	0.354	0.299
Al K	70.533	21160	13.012	9.910
Si K	120.923	36277	24.112	17.642
K K	2.243	673	0.531	0.279
Ca K	25.227	7568	6.448	3.306
Mn K	0.670	201	0.375	0.140
Fe K	3.400	1020	2.022	0.744
Ba L	0.893	268	0.492	0.074
			99.999	100.000

تتكون اللقطة الثالثة من العينة الأولى حوالى ٦٠% أكسجين و٥% كربون و٩% ألومنيوم و٣% صوديوم و١٧% سيليكون و٣% كالسيت والباقى شوائب من الماغنيسيوم و البوتاسيوم ووالمنجنيز والحديد.

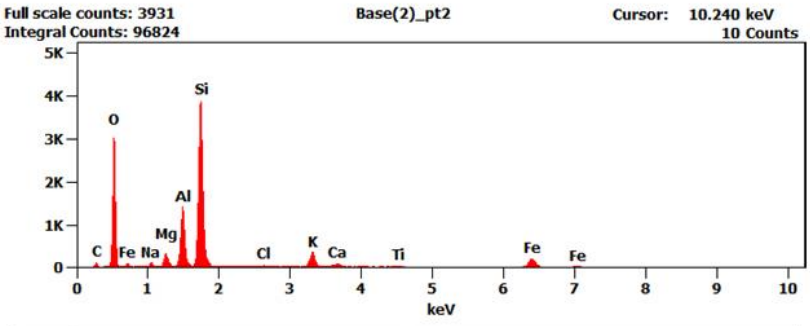
٤-٢-٢-٢ العينة الثانية:





Element	Base(2)_pt1			
	Intensity	Net Counts	Weight %	Atom %
C K	2.154	760	4.401	7.552
O K	41.417	14611	47.683	61.422
F K (D)	0.000	0	----	----
Na K	2.432	858	1.444	1.294
Mg K	3.739	1319	1.546	1.311
Al K	21.858	7711	7.215	5.511
Si K	69.471	24508	22.624	16.602
Cl K	1.497	528	0.545	0.317
K K	4.017	1417	1.573	0.829
Ca K	5.153	1818	2.175	1.118
Ti K	1.570	554	0.921	0.396
Mn K	0.794	280	0.732	0.275
Fe K	9.317	3287	9.141	3.373
			100.000	100.000

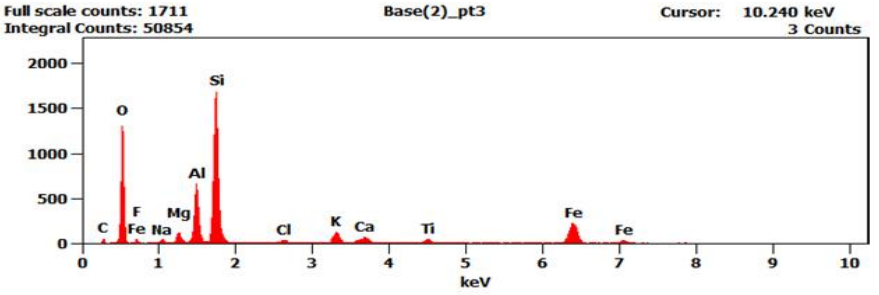
تتكون اللقطة الأولى من العينة الثانية من ٦١%أكسجين و٧% كربون و١٦% سيليكون و٥% ألومنيوم و٣% حديد والباقى شوائب من الصوديوم والماغنسيوم والبوتاسيوم والمنجنيز والتيتانيوم والكالسيت.



Element	Base(2)_pt2			
	Intensity	Net Counts	Weight %	Atom %
C K	1.993	598	3.280	5.666
O K	52.953	15886	46.670	60.531
Na K	2.237	671	0.927	0.837
Mg K	7.180	2154	2.085	1.780
Al K	34.003	10201	8.057	6.196
Si K	110.547	33164	26.413	19.515
Cl K	1.203	361	0.332	0.194
K K	12.213	3664	3.604	1.913
Ca K	2.733	820	0.874	0.452
Ti K	1.167	350	0.514	0.223
Fe K	9.903	2971	7.246	2.692
			100.002	99.999

نيوم

و٢% حديد و١٩% سيليكون والباقى شوائب من الصوديوم والماغنيسيوم والبوتاسيوم والكالسيت والتيتانيوم.



Element	Base(2)_pt3			
	Intensity	Net Counts	Weight %	Atom %
C K	0.957	287	3.059	5.743
O K	22.170	6651	39.609	55.827
F K (D)	0.000	0	----	----
Na K	0.967	290	0.905	0.888
Mg K	2.647	794	1.695	1.573
Al K	15.850	4755	8.044	6.723
Si K	47.463	14239	23.706	19.034
Cl K	1.097	329	0.600	0.381
K K	4.717	1415	2.757	1.590
Ca K	2.247	674	1.415	0.796
Ti K	1.587	476	1.370	0.645
Fe K	11.617	3485	16.841	6.800
			100.001	100.000

وتتكون اللقطة الثالثة من العينة الثانية من ٥٥% أكسجين و٥% كربون و٦% ألومنيوم و١٩%سيليكون و٦%حديد والباقى شوائب من الصوديوم والماغنيسيوم والبوتاسيومالكالسيت والتيتانيوم.

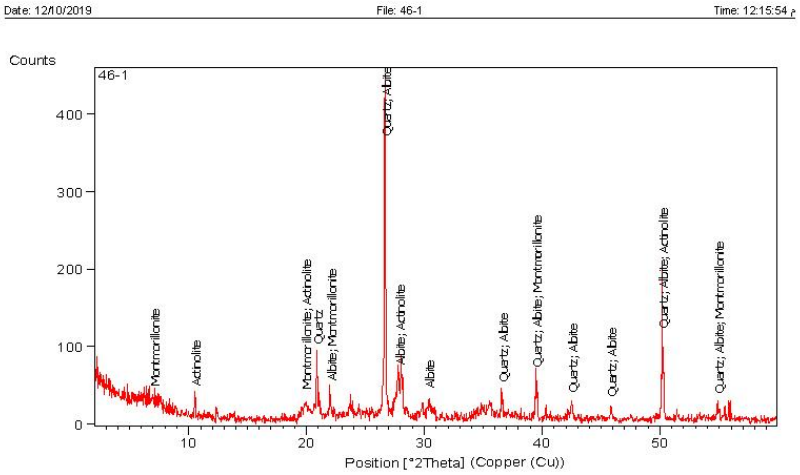
٤-٢-٣ التحليل بإستخدام حيود الأشعة السينية XRD:

تمت التحاليل بالهيئة المصرية العامة للثروة المعدنية بالمعامل المركزية وموديل و مواصفات الجهاز كالتالي:

X′Pert PRO

PANanalytical X-Ray Diffraction equipment model X′Pert PRO with Secondary Monochromator, Cu-radiation **(□□1.542Å)** at 45 K.V., 35 M.A. and scanning speed 0.02o/sec. were used. The diffraction peaks between **2□ =2o** and **60o**, corresponding spacing **(d, Å),** and relative intensities (I/Io) were obtained. The diffraction charts and relative intensities are obtained and compared with ICDD files

صورة رقم ٣ توضح جهاز حيود الأشعة السينية XRD المستخدم فى تحليل عينة الطوب اللبن.



Peak Number	Pos. [°2Th.]	d-spacing [?]	Height [cps]	Rel. Int. [%]
1	7.0414	12.54380	8.44	1.40
2	10.5170	8.41180	29.08	4.81
3	19.9246	4.45627	25.67	4.25
4	20.8917	4.25212	101.92	16.86
5	22.0119	4.03820	37.07	6.13
6	26.6615	3.34358	604.56	100.00
7	27.9350	3.19398	61.81	10.22
8	30.4065	2.93978	25.46	4.21
9	36.5764	2.45680	35.06	5.80
10	39.5101	2.28088	63.42	10.49
11	42.4704	2.12850	22.45	3.71
12	45.8102	1.98079	17.18	2.84
13	50.2011	1.81736	132.95	21.99
14	54.8893	1.67271	18.00	2.98

Pattern List: (Bookmark 4)

Ref. Code	Mineral Name	Chemical Formula	Semi Quant [%]
01-070-3755	Quartz	Si O2	82
01-070-3752	Albite	(Na0.98 Ca0.02) (Al1.02 Si2.98 O8)	8
00-058-2010	Montmorillonite	Na0.3 (Al, Mg)2 Si4 O10 (O H)2 ·x H2 O	5
00-003-0030	Actinolite	Ca (Mg, Fe +2) Si2 O6 ·2 (Mg, Fe) Si O3	5

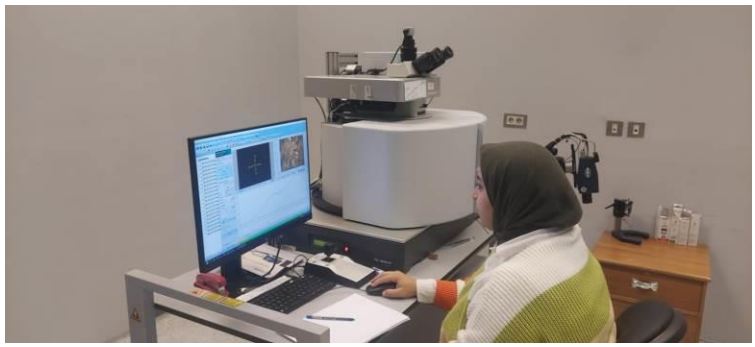
تتوافق نتيجة حيود الأشعة السينية مع تحليل الميكروسكوب الإلكتروني الماسح حيث تتضح معادن ومكونات الطين من سيليكون وألومنيوم وماغنيسيوم وكالسيت وحديد وصوديوم والذي يتضح من وجود مركبات **ثاني أكسيد السيليكون** و**الألبايت** الذى يتكون من عناصر الصوديوم والألومنيوم والكالسيت والسيليكون، و**المونتوموريلايت** والذي يتكون من عناصر الصوديوم والألومنيوم والماغنيسيوم والسيليكون، و**الأكتينولايت** والذي يتكون من الكالسيت والماغنيسيوم والحديد والسيليكون.

٤-٢-٤ التحليل بإستخدام الرامان Raman:

تم عمل تحليل لعينة الطوب اللبن بمعامل المتحف المصري الكبير بإستخدام الرامان للتأكيد على نتائج التحاليل السابقة وكانت مواصفات الجهاز كالتالي:

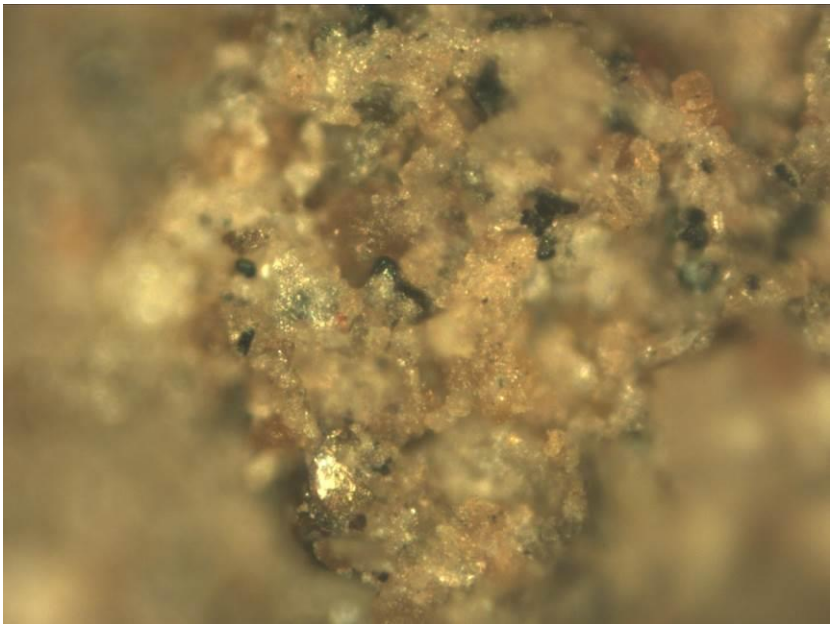
Device name: - Raman spectroscopy - BRUKER (SENTERRA II)

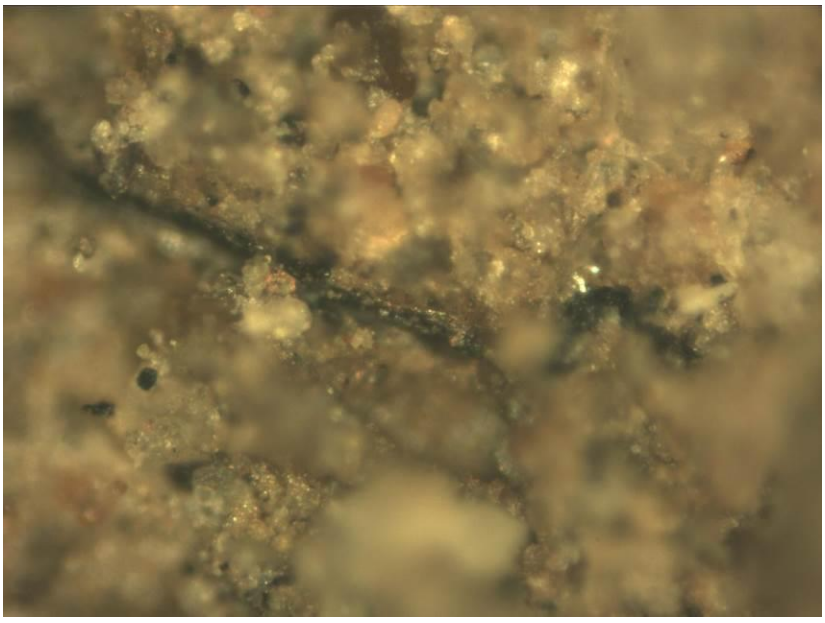
Sample	Measurement data
KAOLIN	Laser type: 785 nm Laser Power: 25% Integration time: 1500 ms Conditions: 1 Resolution: 4cm^{-1}



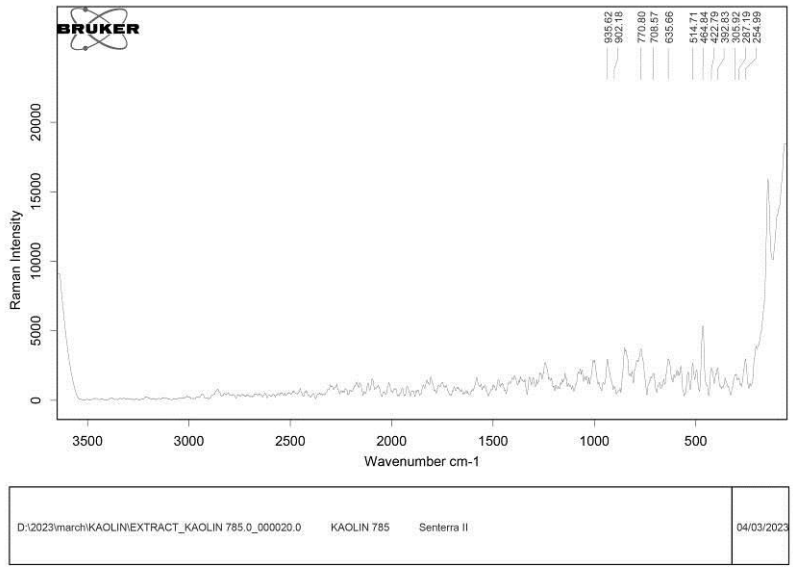
صورة رقم ٤ توضح جهاز الرامان المستخدم فى تحليل عينة الطوب اللبن.

تم أخذ عدة لقطات للعينة لرؤية أوضح ونتائج أدق.

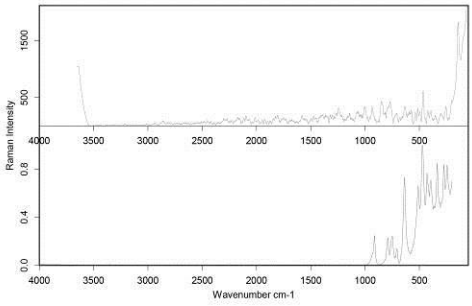




شكل رقم ١٠ يوضح تكبير عينة الطوب اللبن بإستخدام االرامان.



D:\2023\march\KAOLIN\EXTRACT_KAOLIN 785.0_000020.0 KAOLIN 785 Senterra II	04/03/2023



Compound Name	KAOLIN
Molecular Formula	Al2Si2O5(OH)4 x 2H2O
Molecular Weight	294.19
CAS Registry Number	1332-58-7
Sample Preparation	Raman
Reference	KUU179/ NDR5872
Copyright	(c) 2017 Nicodom
Entry No.	6671
Library name	RAMAN2512-2.S01
Library description	Raman Vol. 2

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
	470	KAOLIN	1332-58-7	Al2Si2O5(OH)4 x 2H2O	294.19

Color	File	Path	Spectrum Type
	EXTRACT_KAOLIN 785.0_000020.0	D:\2023\march\KAOLIN	Query Spectrum

يتأكد من تحليل الرامان وجود مركب الكاولين وهو مكون الطين والذى يتكون من عناصر الألومنيوم والسيليكون والماء.

٤-٢-٥ التحليل بإستخدام الأشعة تحت الحمراء FTIR:

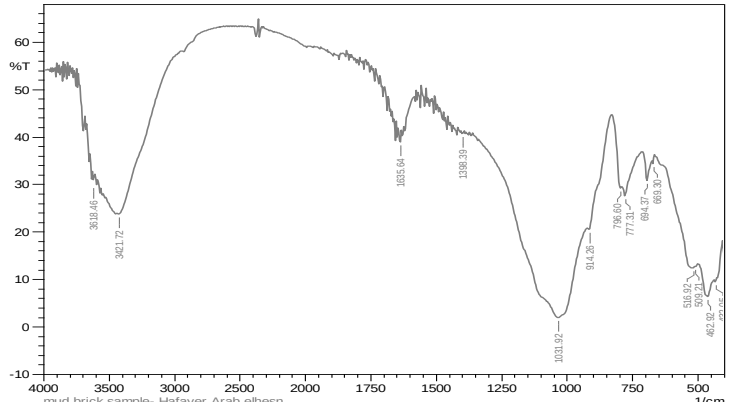
تم عمل التحليل بمعامل المتحف المصرى الكبير ومواصفات الجهاز المستخدم فى التحليل كالتالي:

KBr technique was used for sample preparation. Spectrum was measured at a resolution of 4 Cm-1 and 20 scans were recorded per sample. IRPrestige-21 FTIR Spectrometer and the IRsolution software were used. Spectrum in the range 4000-400 Cm-1 was baseline corrected and atmospheric compensation was done.

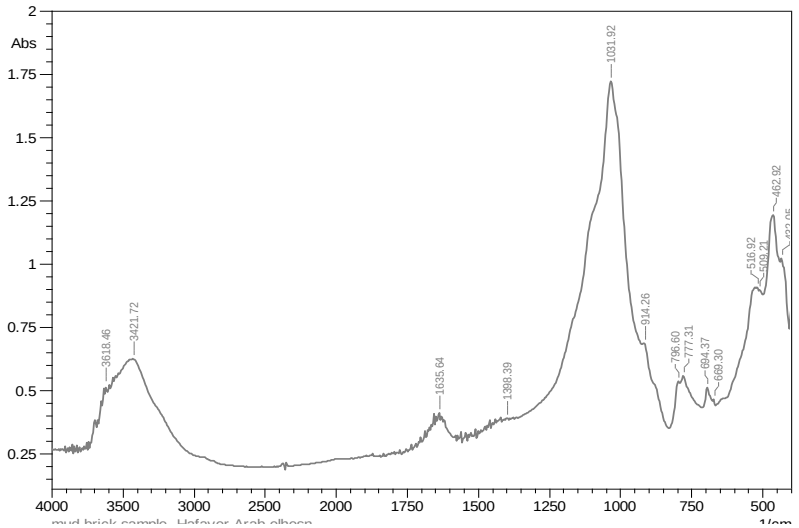
صورة رقم ٥ توضح جهاز الأشعة تحت الحمراء FTIR المستخدم فى تحليل عينة الطوب اللبن.

وكانت نتيجة التحليل كالتالي:

Transmittance:



Absorbance:



المجموعات الوظيفية	العينة	عينة من روث البهائم
O-H, NH	3618,46- cm^{-1} 3412,72 cm^{-1}	3400-3000cm^{-1}
H-O-H bend مجموعة مميزة للتبن وروث البهائم	1635,64 cm^{-1}	1635,64 cm^{-1}
Nitrates, C-O stretch	1398,39 cm^{-1}	1380 cm^{-1}
P-O stretch رابطة أيون الفوسفات	1031, 92 cm^{-1}	914- 1091- cm^{-1}

مما سبق يتضح وجود نسبة كشوائب من روث البهائم مع المكون الرئيسى للطوب اللبن وهو الطين وهو ما يتضح من المجموعات الوظيفية الواضحة فى تحليل الأشعة تحت الحمراء .

٤-٣ نتائج الفحوص والتحاليل:

عينة الطوب اللبن المأخوذة من فتات متساقط من قالب بأحد حوائط الطوب اللبن المكتشفة من حفائر عرب الحصن بمنطقة المطرية شمال غرب القاهرة، عبارة عن طين متجانس الحبيبات يوجد به مسافات بينية دقيقة وأحيانًا فجوات

وشقوق نتيجة فقد الماء وعوامل التجوية والطين مخلوط بالرمل وروث البهائم بنسب قليلة كمادة ربط.

٥-تقنيات صناعة الطوب اللبن القديمة:

٥-١ تأريخ مبانى الطوب اللبن بعرب الحصن:

جدران الطوب اللبن في الجهة الجنوبية الغربية من الموقع إلى الجنوب الغربي من مقصورة الإحتفالات التي تعود لعصر الرعامسة، المبنى مشيد من الطوب اللبن وتبلغ أبعاده نحو ٢٦.٢٠م بإتجاه شرقي غربي وحوالي ٢٢م بإتجاه شمالي جنوبي، تتكون بقايا المبنى من عدة غرف غير متصلة ببعضها سواء عن طريق أعتاب حجرية أو مداخل، يُعرف هذا المبنى بإسم casemate buildings أو المباني التي تحتوي على العديد من الغرف الصغيرة والتي كانت تخدم أغراض دينية وترتبط بوجود المعابد بالقرب منها فكان يتم فيها تخزين الموارد الإقتصادية وأوقاف المعابد، لم يتبق من المبنى سوى الأساسات التي مازالت ترتفع بنحو ٢م تقريبًا، كما أن معظم حجرات المبنى كانت ممتلئة ببقايا الطوب اللبن، وهذا الحشو لم يأت من تدمير البنية الفوقية للمبنى، ولكن من المرجح وفقًا لأمثلة أخرى لهذا النوع من المباني أن الحشو تم في وقت البناء، كما في إحدى حجراته إحتوت على بعض قطع الفخار المحلية والمستوردة، من بينها جزء من أواني التخزين (الأمفورات) الفينيقية، وبعض تكاسير الفخار المحلية المصنوعة من الطين الذي يحتوي على نسبة من الجير marl clay، مما سمح لنا بتأريخ مبدئي للمبنى من القرنين السادس والخامس قبل الميلاد[١].

أو الفترة الإنتقالية الثالثة لمصر القديمة والتى بدأت بوفاة الفرعون رمسيس الحادى عشر عام ١٠٧٠ق.م.

وبذلك قد إنتهت المملكة الحديثة وأعقبها العصر المتأخر والذى يرجع إلى تأسيس الأسرة السادسة والعشرين على يد بسماتيك الأول عام ٦٦٤ق.م ، وبعد ترحيل حكام كوش النوبيين من الأسرة الخامسة والعشرين على يد الآشوريين، وجرت صياغة مفهوم (الفترة الإنتقالية الثالثة) فى عام ١٩٧٨م

١ تقرير حفائر بعثة جامعة عين شمس بموقع عرب الحصن بالمطرية (هليوبوليس) موسم ٢٠١٨م.

من قبل عالم المصريات البريطانى كينيث كيتشن[١]

٥-٢تعريف الطوب اللبن:

هو الطوب المجفف بأشعة الشمس ،وقد إستخدم لبناء البيوت والإنشاءات الأخرى ،وإستخدم فى عصر القدماء المصريون[٢]،لقد تطورت تكنولوجيا البناء بالطين عن طريق التجربة والخطأ منذ البدايات المبكرة للجنس البشرى ،وإن كانت هناك فروق فى طرق البناء والتى تختلف طبقًا للطبيعة الجغرافية والثقافية لكل منطقة[٣]

٥-٣ تقنية البناء بالطوب اللبن Adobe:

وهو الطوب المصنوع من الطين بقوالب سابقة الإعداد بمقاس (٢٥×١٥×١٠سم) أو بأى مقاس آخر ويترك الطوب فى العراء عدة أيام ليجف ويقلب مرة واحدة فقط ويتم بعدها البناء بمونة من نفس مادة الطين ويستعمل نفس الطوب للأساسات[٤]، ومن إيجابيات هذا الأسلوب مقاومة مناسبة للحوائط

صورة رقم ٦ توضح تقنية صناعة الطوب اللبن.

الأمطار ،يحتاج إعادة بناء هذه الحوائط مهارة أكبر من الأساليب الأخرى مما يؤدى لزيادة التكلفة بسبب الحاجة للعمالة الماهرة.

٥-٤ دراسة العناصر الإنشائية والمعمارية للمبانى الطينية وخصائصها:

٥-٤-١ الأساسات Foundations: كانت تنفذ بعمل دكة من كسر الأحجار المرتبطة بالمونة الجيرية ضِعف سمك الحائط وبصفة عامة كانت الأساسات واسعة (عريضة) وأساسية فى عملية البناء وفى بعض الأحيان لم تكن الأساسات موجودة(تبنى الجدران مباشرةً بدون أساسات) وفى الغالب كانت تبنى أساسات المباني الطينية من كتل الطوب أو من أحجار محلية Fieldstones أو من جدران مجوفة (جدران مزدوجة بينها فراغ Cavity –walls–double) حيث يملأ هذه التجويف بالكسر الحجرية (الدبش أو نواتج الهدم والأنقاض) Rubble stone وكسر الطوب Tile fragments أو المحارات (الأصداف البحرية) Seashells ،والمتتبع لأساسات المبانى الطينية منذ عصورها الأولى يجد أن الحجر أو الطوب اللبن هما المادتان اللتان غلب إستخدامهما.

٥-٤-٢ الجدران Walls: تتألف جدران المباني الطينية من إتحاد مادة البناء وهى قوالب الطوب اللبن مع مادة الربط بين تلك القوالب وهى فى الغالب مونة الطين بالإضافة إلى بعض المواد الأخرى التى تستخدم فى عمليات التدعيم والتربيط كالأخشاب ونحوها.

٥-٤-٣ المونة المستخدمة فى البناء Mortar: مونة الطين هى المونة الشائعة الإستخدام فى ربط كتل الطوب اللبن فى المبانى الطينية وهى تشبه فى تركيبها الطوب اللبن نفسه وهى أصلح المواد لهذا الغرض حيث أنها تعطى نتيجة نهائية متجانسة(أى تجانس فى شكل البناء) وكانت تضاف إليها فى

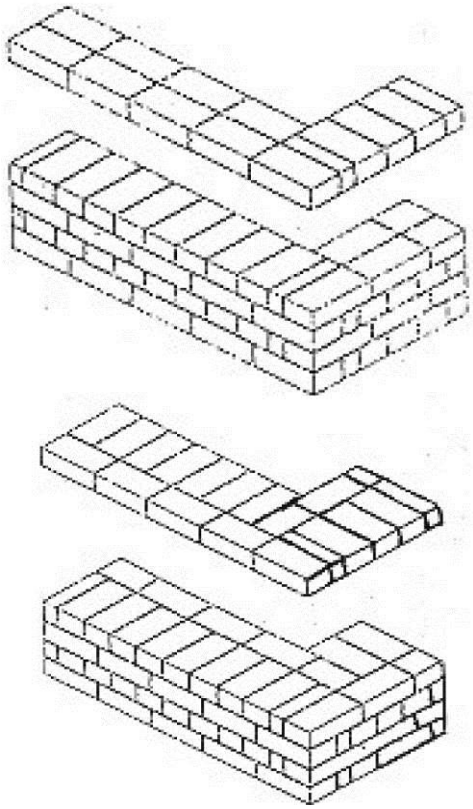
بعض الأحيان كسر الأحجار وفى بعض الأحيان الجير المطفى(هيدروكسيد الكالسيوم) وأيضًا يمكن أن تقوى المونة الطينية المستخدمة فى ربط كتل الطوب اللبن بالألياف النباتية مثل العشب Grass أو التبن Straw أو روث البهائم Dung، وعادة ما يكون سمك المونة بين صفوف الطوب اللبن من (١٢مم:٢٠مم) بحيث تكون طبقة المونة فى سمك الإصبع تقريبًا وتبدى مونة الطين نفس خواص الطوب اللبن والتى من أهمها الضعف النسبى Relative weak، وحساسيتها بنفس معدل الطوب اللبن من الهيجروسكوبية(إمتصاص الرطوبة) والإنتفاش والإنكماش Swelling and Shrinking، والتمدد والإنكماش الحراريين Thermal Expansion and Contraction، والتلف Deterioration (بمعنى أن معدل التلف فى كل من الطوب والمونة متساوى).

٥-٤-٤ طرق ربط الطوب اللبن في حوائط المبانى الطينية:

Mud brick Bond Methods in Adobe Walls:

تهدف أساليب ربط الطوب (البناء) أساسًا إلى رص وحدات الطوب في صفوف أو مجموعات ترتبط مع بعضها البعض بإستخدام مادة رابطة قوية (المونة) وذلك بهدف بناء جدار أو مبنى، وهى إلى جانب ذلك تهدف إلى تحسين المظهر العام للمنشأ وتعتمد عملية رص الطوب على نوع الجدار، سواء كان جدارًا مصمتًا Solid wall أو جدار أجوف Hollow wall أو جدار واجهة Faced wall، إلا أنه عادةً ما تبنى القوالب على أكبر مسطح فيها أى على المسطح المكون من طولها وعرضها (نظام الآديات والشناويات)، إلا في بعض الحالات التي تبنى فيها الطوبة على سيفها كما فى العراطيب (ربع طوبة)، وفي جلسات الشبابيك أو في العقود، وقد تبنى الطوبة قائمة رأسيًا وذلك في أعمال الحليات وفي العقود وفي الأسفال دون مراعاة المتانة ويراعى عند رص الطوب ألا تقع عراميس رأسية فوق بعضها وهو مايسمى (قطع الحل)، ومن هنا يتبين أن عملية رص الطوب ليست عملية عشوائية بل هي عملية مدروسة بدقة فطن إليها

القدماء وإستطاعوا أن يتوصلوا إلى أساليب للبناء تحقق لهم بغيتهم فى إنشاء مبنى يتحمل عوادي الزمن، وطريقة الرباط التى تسمى الطريقة الإنجليزى English Bond Method وهي الطريقة المصرية القديمة وهى من أقدم طرق البناء وهى تعتبر من أحسن الطرق المستعملة فى رباط الطوب، وذلك لعدم وجود لحامات رأسية مستمرة داخل الحائط، كما يقل فيها إستعمال كسور القوالب التي عادةً ما تكون مصدر ضعف للحائط، وطريقة البناء في هذا الأسلوب تتم برص الصف الأول (مدماك القد) من حائط الطوب اللبن فى شكل آديات Headers وتستخدم المونة فى الربط بين القوالب، ثم يرص الصف (المدماك) الثانى فى شكل شناويات Stretchers، فيتكون رباط بين الآدية والشناوي والذى يشار إليه (بالرباط الإنجليزي).



شكل رقم ١١ يوضح طرق ربط الطوب اللبن في حوائط المبانى الطينية

٦-تأثير التغيرات المناخية على مبانى الطوب اللبن بموقع حفائر عرب الحصن:

تُعد التغيرات المناخية واحدة من أهم القضايا العالمية المُلحة في وقتنا الحالي، مما وضعها في مكان الصدارة على أجندة كافة الإجتماعات الدولية والإقليمية، وصار العمل المناخي واحداً من أهداف التنمية المستدامة بشكل مباشر متمثلاً في الهدف الثالث عشر،

ومؤثرًا بشكل غير مباشر في باقي أهداف التنمية المستدامة.

وفيما يخص مصر، فوفقًا للدراسات المنشورة على المستويين المحلي والدولي تمثل الأحداث الجوية العنيفة (الموجات الحرارية، السيول، العواصف الترابية)، وكذا إرتفاع منسوب مستوى سطح البحر أهم التأثيرات السلبية الناتجة عن تغير المناخ على جمهورية مصر العربية على الرغم من أنها من أقل دول العالم إسهامًا في إنبعاثات غازات الإحتباس الحراري (بشرية المنشأ).

٦-١ أوجه الاختلاف بين التغيرات المناخية الطبيعية والناتجة عن الأنشطة البشرية:

يوجد عدد من الاختلافات التي رصدها العلماء بين التغيرات المناخية الطبيعية، وبشرية المنشأ، يمكن توضيحها فيما يلي:

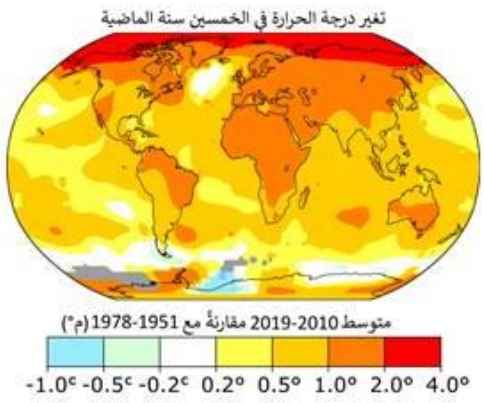
٦-١-١ التغيرات المناخية الطبيعية والاتزان الحراري للكرة الأرضية:

تعد ظاهرة الإحتباس الحراري إحدى الظواهر الطبيعية المهمة التي ساعدت الكائنات الحية في الإستمرار على وجه الأرض، حيث تعمل على تنظيم وتوازن فقد وإكتساب الطاقة داخل الغلاف الجوي من خلال وجود عدد من الغازات الطبيعية بالغلاف الجوي وهي: ثاني أكسيد الكربون، والميثان، وأكسيد النيتروز، والتي تعمل على حبس جزء كبير من الحرارة الناتجة عن إمتصاص الكرة الأرضية لأشعة الشمس، وهي عبارة عن أشعة مرئية، تُمتص بواسطة البحار والمحيطات واليابسة فتقوم الأرض بدورها بإصدار أشعة حرارية إلى الغلاف الجوي، ثم تقوم غازات الإحتباس الحراري بحبس أغلب تلك الحرارة داخل الغلاف الجوي، وتختلف سرعة وكمية الإشعاع الحراري من أسطح البحار والمحيطات واليابسة نتيجة إختلاف سطحها النوعي، وبالتالي تشع اليابسة الحرارة بعد إمتصاصها للأشعة الشمسية بوتيرة أسرع من البحار والمحيطات، وتلعب غازات الإحتباس الحراري الطبيعية دورًا مهمًا من خلال دورتها الطبيعية في الغلاف الجوي، حيث يتم إمتصاصها بواسطة الأراضي والأشجار الخشبية (الغابات)، والمحيطات، ثم يتم عودتها مرة أخرى للغلاف الجوي، نتيجة لتحلل أوراق وجزوع الأشجار، أو إحتراقها، أو ترسبها في أجسام بعض الكائنات الحية وموتها وتحللها، أو دخولها في

بعض التكوينات غير الحية مثل أصداف وحصى البحار والمحيطات، والتي تتحلل مع الوقت لتعود الغازات مرة أخرى للغلاف الجوي، كما تلعب أيضًا البحار والمحيطات والأقطاب الجليدية والغطاء النباتي للأرض (الغابات) دورًا في عملية التوازن وتقلب مناخ الأرض وتغيره الطبيعي، ويمكن القول إن زيادة الإشعاع الشمسي الواصل إلى الكرة الأرضية نتيجة دوران الكرة الأرضية حول الشمس على شكل قطع ناقص مما يجعلها تقترب من الشمس كل حوالي متوسط ١١ ألف عام، تسبب في إحترار الأرض، وبالتالي تغير مناخ الأرض بشكل طبيعي، وذلك نتيجة لزيادة الإشعاع الشمسي الواصل للأرض، وارتفاع متوسط درجة حرارتها السطحية، وأحيانًا أخرى يؤدي إلى تبريدها نتيجة للبراكين التي تطلق ملايين الأطنان من الأبخرة والغازات والأتربة التي تحجب أشعة الشمس عن الوصول إلى الأرض، وبالتالي يحدث إنخفاض في متوسط درجة الحرارة السطحية للأرض، ومن ثم يتضح أن الأرض مرت بدورات طبيعية لتغير المناخ خلال الـ ٦٥٠ ألف عام الماضية، حيث كان هناك حوالي سبعة عصور جليدية حتى الآن، وكان آخرها من ١٢ ألف عام.

٦-١-٢ ظاهرة تغير المناخ بشري المنشأ (الإحترار العالمي الحالي):

ثمة عدد من مظاهر التغير المناخي، التي رصدها العلماء، تتمثل في التسارع في إرتفاع متوسط درجة حرارة الأرض بمعدلات غير مسبوقة مقارنة بما سبق وحدث أثناء الدورات المناخية الطبيعية خلال القرون الماضية، وإرتفاع درجة حرارة المناطق القطبية والجليدية عن معدلاتها الطبيعية، مما أدى الى التسارع في ذوبان الصفائح الجليدية والأنهار الجليدية، وبالتالي الارتفاع في مستوى سطح البحر، وزيادة حدة وشدة وتكرارية الأحداث الجوية الجامحة مثل: الأعاصير، والسيول، والجفاف، والموجات الحارة والباردة، والعواصف الترابية، والرملية والجليدية، وحرائق الغابات...الخ، وزيادة حموضة المحيطات عن معدلاتها الطبيعية.



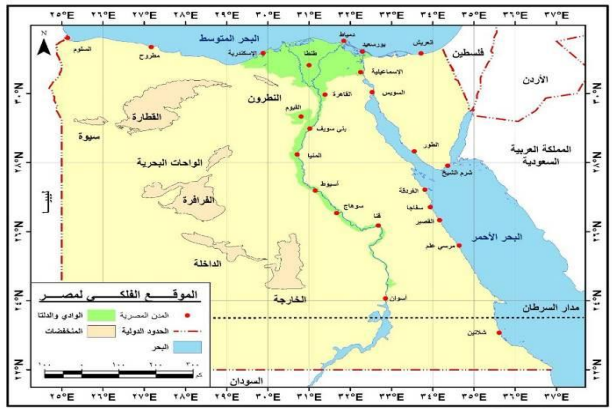
شكل رقم ١٢ يوضح تغيرات الحرارة فى الخمسين سنة الماضية.

كما أن الإرتفاع المتسارع لمتوسط درجة حرارة الكرة الأرضية يؤدي لحدوث تغيرات تعجز الكائنات الحية عن التكيّف معها مقارنة بالتغيرات الطبيعية، خاصة النباتات لأنها لا تتحرك من أماكنها، وبالتالي قدرتها على التكيف أقل مقارنة بباقي الكائنات الحية، وتُرجح التقارير العلمية الصادرة عن "الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ" أن ما يحدث الآن من إحترار عالمي هو نتيجة لأنشطة التنمية البشرية؛ وذلك لعدة أسباب: أولها، حرق الوقود الأحفوري من فحم وبنزين ومازوت وغاز وغيرها لإنتاج الطاقة، حيث يُعد حرق الوقود المتسبب الرئيسي حالياً لإصدار الإنبعاثات سواء كان إستخدم هذا الوقود لإنتاج الكهرباء أو تدوير المحركات الخاصة بالمصانع أو وسائل النقل المختلفة، بالإضافة إلى العمليات الصناعية ودفن المخلفات والتكثيف الزراعي. ثانيها قطع الغابات التي تخزن الكربون أو ممصات الكربون لإنتاج الأخشاب أو إستخدام الأراضي في أنشطة زراعية أو صناعية أو للبناء والتوسع في المدن والطرق ،حيث تسببت هذه الأنشطة البشرية في تراكم الإنبعاثات الكربونية بكميات كبيرة من غازات الإحتباس الحراري (يطلق عليها بشرية المنشأ)، فتراكمت بالغلاف الجوي؛ نظرًا لعدم تمكن الأنظمة الطبيعية (الأراضي والأشجار والمحيطات) من إمتصاصها وتخزينها لزيادتها عن المعدلات الطبيعية، بالإضافة إلى قطع مساحات شاسعة من الغابات كانت تمثل ممصات للكربون، ثالثها فضلًا عن زيادة إنبعاثات الغازات الطبيعية مثل: ثاني أكسيد الكربون، والميثان، وأكسيد النيتروز عن معدلاتها بالغلاف الجوي، فقد قام البشر أيضًا بتخليق مجموعة من الغازات الصناعية، مثل

سادس فلوريد الكبريت، والذي يستخدم كمادة عازلة، ومجموعة غازات الهيدروفلوركاربونات، ومجموعة غازات البيروفلوركاربونات، والتي تستخدم في العديد من العمليات الصناعية التي تحتاج للتبريد مثل التكييفات، وتقوم تلك الغازات المُخلقة بفعل مشابه للغازات الكربونية الطبيعية وتحبس الحرارة المتصاعدة من سطح الكرة الأرضية، وبالتالي يؤدي حبس الحرارة أو الطاقة داخل الغلاف الجوي بنسب أكبر من المعدلات الطبيعية إلى حدوث خلل في مناخ الكرة الأرضية، وقد تم جمع العديد من الأدلة العلمية من زيارات الفضاء حول دور غازات الإحتباس الحراري في رفع درجة حرارة الكواكب المختلفة بالمجموعة الشمسية، وكذا عن علاقة تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي الأرضي عبر الزمن مقارنة ما بين قبل عصر الثورة الصناعية الثالثة وما بعدها، والتي بينت زيادة تركيزات غازات الإحتباس الحراري بالمقاطع الجليدية التي تمثل عصور مختلفة بإستخدام الكربون المشع من ٢٨٠ جزء في المليون قبل عصر الصناعة إلى حوالي ٤١٧ جزء في المليون حالياً، وهو ما يؤكد وجود إرتباط بين الإنبعاثات الكربونية، وزيادة الإحترار العالمي، وقد رصدت تقارير "الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ" عددًا من الظواهر التي تشير إلى تغير المناخ بشري المنشأ، والتي تتمثل في إرتفاع معدل الحرارة العالمية منذ عام ١٨٨٠ حوالي واحد درجة فاصل إثنان من عشرة مئوية، ويتوقع أن يزداد ما بين درجتين وخمس درجات مئوية بحلول سنة ٢١٠٠ طبقًا للسيناريوهات العلمية المختلفة، وشهد العقدان الأولان من هذا القرن معظم السنوات الأعلى حرارة في التاريخ المسجل؛ حيث قدرت التقارير البيئية العالمية أن أكثر من ١٥٠ مليون شخص سيصبحون لاجئين بيئيين بحلول سنة ٢٠٥٠ نتيجة تغير المناخ، كما أن منسوب أسطح البحار والمحيطات قد إرتفع بمعدل ١٩ سنتيمترًا خلال القرن الماضي بسبب تمدد المياه وذوبان الجليد، ويتوقع إرتفاعه متراً أو أكثر بحلول سنة ٢١٠٠ طبقاً للسيناريو الأسوأ، بالإضافة إلى أن ٣٢ دولة جزرية صغيرة يبلغ مجموع سكانها ٦٥ مليون نسمة تواجه أقسى الكوارث الطبيعية، وخطر الغرق مع إرتفاع مستوى البحار، ومنها أرخبيل كيريباتي في المحيط الهادئ، الذي يخطط سكانه لهجرة دولية إلى فيجي ونيوزيلندا وأستراليا، وقد أكدت "الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ" أنه يجب بحلول

عام ٢٠٣٠ خفض إنبعاثات غازات الإحتباس الحراري بشرية المنشأ بمقدار النصف من مستوياتها لعام ٢٠١٠ حتى نتجنب الوصول إلى الإرتفاع في متوسط درجة حرارة الكرة الأرضية بمقدار درجة ونصف مئوية، وبالتالي الحد من التأثيرات الكارثية المحتملة.

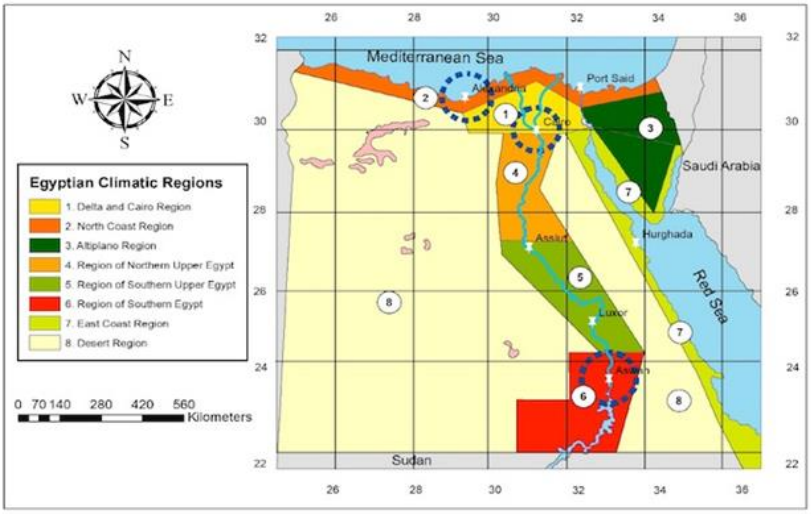
٦-٢ الآثار السلبية للتغيرات المناخية على مصر: تقع مصر في شمال أفريقيا، ويحدها البحر الأبيض المتوسط من الشمال، والبحر الأحمر من الشرق، السمة الغالبة للمنطقة الساحلية الشمالية هي دلتا نهر النيل المنخفضة، بمدنها الكبيرة، ومناطقها الصناعية، والزراعية، والسياحية. وتشكل الدلتا والوادي الضيق لنهر النيل ٥.٥ ٪ من مساحة مصر، ولكن بها أكثر من ٩٥٪ من سكانها وزراعتها، تقع مصر بين خطي عرض ٢٢ درجة، و٣٢ درجة شمالاً وخطي طول ٢٥ درجة، و٣٦ درجة شرقاً، والمنطقة المعروفة بإسم صعيد مصر تقع جنوب خط عرض ٣٠ درجة شمالاً، وهي منطقة حارة وجافة، الجزء الشمالي من دلتا النيل والساحل الشمالي المعروف بإسم الوجه البحري له مناخ البحر الأبيض المتوسط أو المناخ الساحلي، كما يُعد عدد سكان مصر الضخم (حوالي ١٠٤ مليون نسمة) من بين العوامل التي تجعل البلاد شديدة التأثر بتغير المناخ[١].



شكل رقم ١٣ يوضح خريطة لموقع مصر.

١ دورية الملف المصرى الإلكترونية – مقال – جزء من العدد رقم ٩٩ – نوفمبر ٢٠٢٢م-
https://acpss.ahram.org.eg/Esdarat/MalafMasry/99/files/downloads/Mallf-99-November-2022-Final.pdf

يوضح الشكل التالى المناطق المناخية الإقليمية الثمانية الرئيسية في مصر وفقًا لمركز أبحاث الإسكان والبناء (HBRC)، بناءً على درجات الحرارة والرطوبة والسطوع الشمسي.



شكل رقم ١٤ يوضح المناطق المناخية الإقليمية الثمانية الرئيسية في مصر.

وعلى الرغم من أن إنبعاثات مصر من غازات الإحتباس الحراري بشرية المصدر بلغت عام ٢٠١٨ طبقًا للبنك الدولي ٢٢٠.٠٠٠،٣٢٩ كيلو طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون ،بزيادة قدرها ٢.٧٦ ٪ عن عام ٢٠١٧، وهي حوالي ٠.٧ % من إجمالي الإنبعاثات العالمية طبقًا للبنك الدولي ،إلا أن دلتا النيل المكتظة بالسكان مهددة بشكل خطير بإرتفاع مستوى سطح البحر، وسيكون لتغير المناخ أيضًا تأثير على صحة المواطنين ،وقد أُجريت دراسات في محاولة لتحليل تدابير التكيف الممكنة، وتم تنفيذ بعض دراسات تقييم الضعف في القطاعات ذات الأولوية كجزء من تطوير خطة العمل الوطنية للتكيف مع تغير المناخ؛ حيث أكدت إلى أن قطاعات التنمية المختلفة سوف تكون عرضة للعديد من المخاطر نتيجة إرتفاع منسوب سطح البحر،وزيادة شدة وحدة وتكرارية الأحداث الجوية العنيفة، ومحدودية الموارد المائية، ومن المتوقع أن تؤثر تلك التغيرات على

الزراعة، والمناطق الساحلية ،والإستزراع المائي ومصايد الأسماك ،والمستوطنات البشرية والمناطق العمرانية ،والتنوع البيولوجي ،وصحة الإنسان ،وقد تقدمت مصر مركزًا واحدًا مقارنة بعام ٢٠١٩ لتحتل المرتبة ٢١ في مؤشر أداء تغير المناخ CCPI لعام ٢٠٢١، بتصنيف متوسط شامل ؛بالنسبة لإنبعاثات غازات الإحتباس الحراري وإستخدام الطاقة ،تم تصنيف أداء مصر على أنه مرتفع ،أما فيما يخص سياسة المناخ ،فقد حصلت مصر على مرتبة متوسط ،وفي الطاقة المتجددة على تصنيف منخفض للغاية. وقد أطلقت الحكومة المصرية إستراتيجية لتغير المناخ خلال مؤتمر COP26، فيما يخص تأثر مصر بتلك التغيرات المناخية ،فقد قامت الدولة من خلال الجامعات الأكاديمية، والمراكز البحثية، والهيئات الوطنية بتنفيذ العديد من الدراسات لرصد أهم التأثيرات (الراهنة والمحتملة) لتغير المناخ ، للعمل على وضع الإستراتيجيات والخطط اللازمة لمواجهتها ،ويمكن توضيح أبرز الآثار فيما يلي:

- زيادة شدة وتكرارية الأحداث الجوية العنيفة.
- إرتفاع منسوب مستوى سطح البحر وتأثيراته على المناطق الساحلية.
- زيادة معدلات التصحر.
- تأثر جودة الأراضي وتدهور الإنتاج الزراعي وتأثر الأمن الغذائي.
- تأثر الموارد المائية وزيادة معدلات شح المياه.
- تدهور الصحة العامة.
- تدهور المناطق الأثرية والحفائر وبالتالى السياحة.
- تأثر المدن والمجتمعات العمرانية[١].

١ دورية الملف المصرى الإلكترونية – مقال – جزء من العدد رقم ٩٩ – نوفمبر ٢٠٢٢م-
https://acpss.ahram.org.eg/Esdarat/MalafMasry/99/files/downloads/Mallf-99-November-2022-Final.pdf

٦-٣ تأثير التغيرات المناخية على تلف مبانى الطوب اللبن بحفائر عرب الحصن بالمطرية:

أثرت التغيرات المناخية فى زيادة وتيرة وحدة تأثير عوامل التلف المختلفة على الآثار بشكل عام ومبانى الطوب اللبن بشكل خاص ،حيث زيادة معدلات الأمطار والزلازل و درجات الحرارة والعواصف و السيول وغيرها، والإضطراب فى تلك الظواهر وزيادة حدتها وتغير أوقاتها زادت من تأثير عوامل التلف والتى تتمثل فيما يلى:

٦-٣-١ تأثير مصادر الرطوبة Moisture resources:

تلعب الرطوبة بمصادرها المختلفة دوراً فاعلاً فى تلف المنشآت الطينية، فالأمطار والسيول الجارية تتسبب فى إنهيار العديد من المبانى الطينية، ونحر جدران الطوب اللبن، كما تعمل المياه المتسربة من الرى الزراعى والصرف الصحى – سواء بالتأثير المباشر على المبانى أو نتيجة التسريب داخل التربة على تحلل الأساسات والجدران الطينية ومن ثم حدوث التصدعات والتداعيات أو ربما إنهيار المبانى الطينية أو أجزاء منها، ومما يزيد من خطورة فعل المياه كون التربة فى كثير من المواقع الطينية الآثارية من نوع التربة الطينية التى تتميز بالإنتفاش والإنكماش نتيجة عمليات البلل و الجفاف المتكرر، والماء هو أشد العوامل العدوانية للمبانى الطينية، فالماء يعمل على تحلل الطوب اللبن تحللاً كاملاً بسبب ما يحدث لمعادن الطين التى تعد المكون والرابط الأساسى لمكونات الطوب اللبن من إنتفاش (تمدد) بسبب إمتصاص المياه ،ثم إنكماشها بسبب ظروف الجفاف وتكرار دورات التمدد والإنكماش يؤدى إلى تفتت الطوب وتحلل مكوناته وفى كثير من المبانى الطينية التى تتعرض للتأثير المباشر لمياه الأمطار أو مياه الرى والصرف ونحوها تتحول كتل الطوب اللبن إلى ما يشبه العجين حيث تضيع معالم الطوب نتيجة التحلل بفعل المياه.

٦-٣-١-١تأثير المياه الأرضية Ground water effect:

إن المياه الأرضية لها دوراً خطيراً فى تدمير وتلف المنشآت الأثرية وبالأخص المبانى الطينية، وتتسبب المياه الأرضية ذات الملوحة العالية فى حدوث سلسلة كبيرة من التلف للتركيب المعدنى لمواد البناء من أحجار وطوب ومونات وشيد...إلخ ،كما تتسبب تلك المياه فى ضعف التركيب الفيزيائى Physical structure لهذه المواد[١]

ويعتبر تغير مناسيب المياه الأرضية بسبب تغير نظام الري كما حدث في مصر وبخاصة بعد بناء السد العالي وتغيير نظام الصرف الصحي وتغذية المباني بالمياه أدى إلى إرتفاع مناسيب المياه الأرضية فى التربة ،مما أدى إلى تسرب المياه إلى الحوائط والأسقف، وبالتالي حدوث هبوط غير منتظم فى بعض أجزاء المبنى التاريخي كالأرضيات والحوائط والأعمدة وغيرها من العناصر المعمارية، كما تتسبب تلك المياه فى تآكل الطوب وتفتتها ،فضلاً عما تسببه المياه الأرضية من تأثيرات سيئة على أنواع التربة المختلفة ، فتسبب سيولة فى التربة الرملية وإنتفاش فى التربة الطينية الأمر الذى يؤدى إلى حدوث ميول في العناصر المعمارية كالواجهات، وربما إنهيارها بمرور الوقت[٢]

ومن الجدير بالذكر أن ما يعزز من فعل المياه الأرضية على المنشآت الأثرية وخاصة الطينية هو وجود بعض البحيرات أو الترع حيث تسرب المياه المحملة بالأملاح إلى التربة أسفل المنشآت الأثرية[٣]

---

١ Abd elhady, M. (1993, May), The structural damage of the building stones as effects of the physio-chemical factors in stone material in monuments, diagnosis, and conservation, Second course, Heraklion-crete.

٢ القاضى، شوكت محم لطفى، عبد الوارث، أمل عبد الوارث محمد، أحمد، كامل عبد الناصر – تدهور المبانى التاريخية فى الدول العربية -الأسباب وطرق الوقاية-ورقة مقدمة إلى ندوة إدارة الكوارث وسلامة المبانى فى الدول العربية، الرياض، السعودية - يناير ٢٠٠٨م.

٣ محمود عبد الحافظ محمد آدم-الإرث المعمارى الطينى فى الواحات المصرية -المخاطر وسبل الحماية و الإرتقاء - ورقة مقدمة إلى ندوة إدارة الكوارث وسلامة المبانى فى الدول العربية، الرياض، السعودية-ندوة أمن وسلامة الآثارالسياحية، جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية، من ٤-٦ أغسطس٢٠١٥م.

٦-٣-١-٢ تأثير مياه الأمطار Rain water effect

الأمطار لها دور كبير فى تلف المنشآت الطينية الآثارية والتراثية سواء بتأثيرها الميكانيكى الناتج عن قوة إرتطام قطرات المطر بالمبانى الطينية والتى تترك أثرها فى صورة خطوط رأسية على الجدران عادة ما تتحول بمرور الوقت إلى شقوق وفواصل مما يضعف الخصائص الإنشائية للمبنى أو نتيجة التأثير الفيزيائى للأمطار حيث يؤدى جريان الماء وتجمعه أسفل أساسات المبانى الطينية إلى تحللها وضعفها بمرور الوقت، وقد يؤدى ذلك إلى إنهيار المبنى بالكامل[١].

٦-٣-٢ تأثير الرياح و العواصف Wind & storms effect

تتسبب الرياح فى تدمير المنشآت الآثارية والتراثية فالرياح بما تحمله من أتربة ورمال وحصى تعمل على تشويه أسطح وواجهات المبانى الآثارية ، كما تتسبب الأحمال والضغوط الريحية فى حدوث التصدعات والميول والإنهيارات للجدران والعناصر المعمارية المعرضة لهذه الضغوط بشكل مباشر، كما تعمل الرياح على إزالة طبقات الشيد الطينى فى المبانى المشيدة بالطوب اللبن [٢]، مما يجعل كتل الطوب عرضة للتلف بواسطة عوامل التجوية المختلفة[٣]، ومن جانب آخر تعتبر الرياح من عوامل الإرساب وتحريك الكثبان الرملية وسفى الرمال.[٤]

---

١ محمود عبد الحافظ محمد آدم-المرجع السابق -ص٨.

٢ Sandrolini, F., Franzoni, E., Cuppini, G., & Caggiati, L. (2007), Materials decay and environmental attack in the Pio Palace at Carpi: A holistic approach for historical architectural surfaces conservation, Elsevier, Building and Environment (42)

٣ سليم ،محمد صبرى محسوب (١٩٩٢) ،صحراء مصر الغربية ،دراسة فى الجغرافيا الطبيعية ،القاهرة ،كلية الآداب، جامعة القاهرة.

٤ صفى الدين ، محمد والدناصورى، جمال وعبد الحكيم ،محمد صبحى و عبد العاطى ،أبوبكر على (١٩٥٧) ،دراسات فى جغرافيا مصر ،دار مصر للطباعة.

٦-٣-٣ تأثير حشرات النمل الأبيض White ants effect

إذا ما تناولنا المخاطر التى يتعرض لها التراث المعمارى الطينى فلا ينبغى أن نغفل تأثير العوامل البيولوجية، خاصة تلك المتمثلة فى هجوم النمل الأبيض على المبانى الطينية وتغذيها على المادة السليولوزية الموجودة فى المواد العضوية بالطوب، أو تلك الموجودة فى العناصر الخشبية المستخدمة فى المبانى الطينية بكثرة، سواء فى الأعتاب أو الأبواب...إلخ ويعتبر النمل الأبيض والنحل البرى من أكثر العوامل البيولوجية تأثيراً على المنشآت الطينية بالمبانى الآثارية ،مما يؤدى لتجوية كتل الطوب والمونة وفقدها لخواصها الميكانيكية وقدرتها على تحمل الضغوط والأحمال الواقعة عليها كذلك أصبحت هذه الكتل أكثر عرضة لعوامل التلف الأخرى وأقل مقاومة لها، كل ذلك أدى إلى تهاوى العديد من الجدران والمبانى الطينية وتحولها إلى أكوام من التراب بعد أن أصبحت فريسة سهلة لتلك الحشرات[١].

٦-٣-٤ تأثير الزلازل Earthquakes effect

تعتبر المخاطر الناتجة عن الزلازل من أشد المخاطر التى يتعرض لها الإنسان والمبانى والتراث، وذلك لفجأتها وسرعتها وقوتها التدميرية الكبرى وأيضاً صعوبة التنبؤ بحدوثها مهما تطورت أساليب الرصد الزلزالى ،ولذا تعد المخاطر الزلزالية من الصعوبات التى يقف الإنسان حيالها عاجزاً، ولا طاقة له بمجابهتها، إلا قليلاً من التدابير التى تحد من آثارها الضارة ،ولا تجدى فى كثير من الأحيان أمام الزلازل العاتية المدمرة.

٦-٣-٥ تأثير التلف البشرى Human damage factors

من أهم المخاطر الناتجة عن الفعل البشرى ما يتعلق بالسرقات والتعديات

١ عبد الحافظ، محمود (٢٠١٢) ،دراسة تحليلية مقارنة فى تلف و علاج و صيانة المبانى الأثرية متعددة مواد البناء بواحتى الخارجة و الداخلة – تطبيقاً على بعض المبانى الأثرية المختارة-رسالة دكتوراة غير منشورة – جامعة القاهرة-جمهورية مصر العربية.

على المبانى والمواقع الأثرية، فقد وجد البشر فى تلك المبانى مصدرًا سهلاً لنهب المواد التى يحتاجها جاهزة لإقامة مبانيه الجديدة.

ويمكن إنتزاع عناصر فنية جاهزة من المبانى الأثرية والتاريخية ليدخلوها بغير شرعية فى بيوتهم ومبانيهم لتزيينها ،كما وجد البشر إغراء لا يقاوم فى الثراء السريع عن طريق سرقة تلك المقتنيات ومواد البناء القديمة والإتجار بها، ويضاف إلى ذلك أعمال البحث والتنقيب غير المشروع عن الآثار وقد يؤدى الأمر إلى تدمير المنشأ الأثرى بأكمله من أجل التنقيب الغير قانونى ،كما يؤدى الإستخدام السيء للمبانى الأثرية أيضاً إلى إتلافها[١]

ومن جانب آخر فإن إهمال المبانى الأثرية والتراثية وهجرها وعدم إجراء أعمال الصيانة الدورية لها يعد من أكبر عوامل تلفها وخرابها.

٦-٤ الأسس والمنهجية العلمية عند الترميم والصيانة للمبانى الطينية: يجب عند تناول المبانى والمواقع الطينية الآثارية بالترميم والصيانة مراعاة الأسس العلمية المعتبرة فى هذا المجال والتى تضمن عدم إستخدام مواد غريبة أو مضرة بالمبنى على المدى القريب أو البعيد وأن يكون مشروع الترميم متكاملاً وشاملاً ومحققاً للهدف الأسمى من حماية التراث، ويجب أن يتضمن مخطط الترميم مراحل متتابعة وهى البدء أو المبادرة Initiation ،ثم التقييم أو التقدير Assessment ،ثم تعدد الإختيارات والحلول والحلول البديلة Options،وتطوير المشروع Project development ،والتفعيل أو العمل الفعلى Operation ،وإتباع متطلبات كل مرحلة بدقة يضمن نجاح مشروع الترميم للموقع الطينى الأثرى، كما يجب قبل الشروع فى ترميم المواقع الطينية عمل دراسة مستفيضة ومتعمقة لأبعاد عمليات الترميم والحفظ والصيانة وبعد عمل التوثيقات الشاملة للموقع والفحوص والإختبارات والتحاليل اللازمة قبل البدء فى التنفيذ.

---

١ القاضى ،شوكت محمد لطفى ،عبد الوارث ،امل عبد الوارث محمد ،كامل عبد الناصر (٢٠٠٨يناير) -تدهور المبانى التاريخية فى الدول العربية -الأسباب وطرق الوقاية -ورقة مقدمة إلى ندوة إدارة الكوارث و سلامة المبانى فى الدول العربية – الرياض – السعودية.

*نتائج البحث:

١- تم عمل التوثيق الفوتوجرافى والمعمارى والفوتوجرامترى والتوثيق ثلاثى الأبعاد لمبانى الطوب اللبن بحفائر عرب الحصن.

٢- تم عمل الفحوص والتحاليل اللازمة بإستخدام الميكروسكوبات المختلفة والتحليل بإستخدام حيود الأشعة السينية والأشعة تحت الحمراء والفحوص والتحاليل بالميكروسكوب الإلكترونى الماسح المزود بوحدة EDX والرامان.

٣- نتائج الفحوص والتحاليل أن عينة الطوب اللبن هى عبارة عن طين متجانس الحبيبات يوجد به مسافات بينية دقيقة وأحيانًا فجوات وشقوق نتيجة فقد الماء وعوامل التجوية والطين مخلوط بالرمل وروث البهائم بنسب قليلة كمادة ربط .

٤- تمت دراسة تقنيات صناعة الطوب اللبن القديمة، وتمت دراسة تأريخ وتقنيات بناء مبانى الطوب اللبن بحفائر عرب الحصن.

٥- تمت دراسة تأثير التغيرات المناخية على تلف مبانى الطوب اللبن بموقع حفائر عرب الحصن.

٦- تم إقتراح الأسس والمنهجية العلمية عند الترميم والصيانة للمبانى الطينية.

*المراجع العربية:

١ القاضى، شوكت محم لطفى، عبد الوارث، أمل عبد الوارث محمد، أحمد، كامل عبد الناصر – تدهور المبانى التاريخية فى الدول العربية –الأسباب وطرق الوقاية–ورقة مقدمة إلى ندوة إدارة الكوارث وسلامة المبانى فى الدول العربية، الرياض، السعودية – يناير ٢٠٠٨م.

٢ تقرير حفائر بعثة جامعة عين شمس بموقع عرب الحصن بالمطرية (هليوبوليس) موسم ٢٠١٨م.

٣ دورية الملف المصرى الإلكترونية – مقال – جزء من العدد رقم ٩٩ – نوفمبر ٢٠٢٢م– https://acpss.ahram.org.eg/Esdarat/MalafMasry/99/files/downloads/Mallf-99-November-2022-Final.pdf

٤ سليم ،محمد صبرى محسوب (١٩٩٢) ،صحراء مصر الغربية ،دراسة فى الجغرافيا الطبيعية ،القاهرة ،كلية الآداب، جامعة القاهرة.

٥ صفى الدين ، محمد والدناصورى، جمال وعبد الحكيم ،محمد صبحى و عبد العاطى ،أبوبكر على (١٩٥٧) ،دراسات فى جغرافيا مصر ،دار مصر للطباعة.
٦ عبد الحافظ، محمود (٢٠١٢) ،دراسة تحليلية مقارنة فى تلف و علاج و صيانة المبانى الأثرية متعددة مواد البناء بواحتى الخارجة و الداخلة – تطبيقاً على بعض المبانى الأثرية المختارة–رسالة دكتوراة غير منشورة – جامعة القاهرة–جمهورية مصر العربية.
٧ محمد عادل محمد عبد المنعم ،العمارة فى تل بسطة (المبانى المشيدة بالطوب اللبن) ،كلية الآداب ،جامعة الزقازيق،١٩٨٩م.
٨ محمود عبد الحافظ محمد –دراسة علاج وصيانة المنشآت الطينية التاريخية–تطبيقاً على بعض المواقع الأثرية لمدينة القصر الإسلامية بواحة الداخلة –– رسالة ماجستير –كلية الآثار – جامعة القاهرة –قسم الترميم –٢٠٠٧م .
٩ محمود عبد الحافظ محمد آدم–الإرث المعمارى الطينى فى الواحات المصرية –المخاطر وسبل الحماية و الإرتقاء – ورقة مقدمة إلى ندوة إدارة الكوارث وسلامة المبانى فى الدول العربية، الرياض، السعودية–ندوة أمن وسلامة الآثارالسياحية، جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية، من ٤–٦ أغسطس٢٠١٥م.

*References:

1 Abd elhady, M. (1993, May), The structural damage of the building stones as effects of the physio-chemical factors in stone material in monuments, diagnosis, and conservation, Second course, Heraklion-crete.
2 Historiographie in der Antike, Herausgegeben von, Klaus Adam, Walter de Gruyter.Berlin. New York, 2008
3 Mamdouh El-Damaty, "The Throne Chapel of Ramesses II in Arab El-Hisn", in Ayman Wahby and Penelope Wilson, The Delta Survey Workshop: Proceedings from Conferences held in Alexandria (2017) and Mansoura (2019), in Archaeopress Egyptology 41, 2022
4 Sandrolini, F., Franzoni, E., Cuppini, G., & Caggiati, L. (2007), Materials decay and environmental attack in the Pio Palace at Carpi: A holistic approach for historical architectural surfaces conservation, Elsevier, Building and Environment.