دراسة تحليل لمكونات اناء زجاجي لحفظ بقايا الموتى من العصر الروماني، منطقة تل عيون موسى ،جنوب سيناء،مصر

An Analytical Study of a Glass Vessel Preserving Mortal Remains from the Roman Period, Tell Ayun Musa, South Sinai, Egypt

أ.د/ نجوى سيد عبدالرحيم
استاذ ترميم الاثار. كلية.الاثار.جامعة الفيوم.مصر
Prof. Nagwa Sayed Abdel Rahim
Professor of Restoration, Faculty of Archaeology, Fayoum University, Egypt
nsa00@fayoum.edu.eg

ملخص:
فى اثناء حفائر أثرية اشرف عليها المجلس الأعلى للآثار بمصر تم العثور على مجموعات كبيرة من القطع الأثرية الزجاجية الملونة، إلى جانب كتل من قطع الزجاج، وخبث رماد الوقود، وبقايا فرن معالجة الزجاج،وافران لتصنيع الفخار في الموقع الأثري تل عيون موسى ، جنوب سيناء يعود إلى العصر الروماني .يهدف البحث إلى دراسة تقنية تصنيع والتركيب الكيميائى لبقايا اناء زجاجى .كما تم رصد عمليات التآكل والتحلل التى تظهر على بعض اجزاء الزجاج .وقد تم فحص وتحليل الزجاج باستخدام الميكروسكوب الضوئي optical microscope، والميكروسكوب الإلكتروني الماسح - المزود الأشعة السينية المشتتة للطاقة (SEM-EDS)، وتفلور الأشعة السينية .(XRF)و تشير النتائج التحليلةإلى أن زجاج سيليكات الصودا والكالسيوم مع وجود الالومنيوم ، مع استخدام بعض أكاسيد المعادن الانتقالية و اكاسيدملونة كالحديدوالنحاس والكروم وذلك للحصول على درجة من اللون الاخضر المائل الى الزرقة .كما تشير الأدلة التركيبية التي جُمعت إلى أن الأنيةالزجاجية منتجة محليًا بطريقة النفخ وان الزجاج يعانى من ظاهرة صدأ الزجاج حيث يظهر بوضوح التغيير فى التركيب الكيميائى وقد تم تفسير هذا التغيير حبث اعتمد ذلك على ظاهرة التبادل الايونى بين مكونات الزجاج والجو المحيط حيث يتكون الزجاج الهيدروجينى ثم يتحد مع غازات التلوث ليكون طبقة تلف تغطى بعض اجزاء الزجاج الى ان يتحول الى نواتج التلف.

الكلمات المفتاحية :
العصر الروماني ,منطقة عيون موسى؛ انية الزجاج؛ التركيب الكيميائي؛ التحليلات الكيميائية ,صدأ الزجاج.

Abstract
During archaeological excavations supervised by the Supreme Council of Antiquities in Egypt, large collections of colored glass artifacts were found, along with large blocks of glass fragments, fuel ash slag, and fragments of glass processing furnaces and pottery kilns at the archaeological site of Tell Ayun Musa, South Sinai, dating back to the Roman period. The study aims to understand the manufacturing technique and chemical composition of the glass vessel fragments and provide some insights into their possible origin. The processes of erosion and decomposition were also evaluated to determine the effect of the skeletal preservation rituals on the structure of the glass. The materials used in the glass manufacturing process were identified using optical microscopy, scanning electron microscopy (SEM-EDS), and X-ray

fluorescence (XRF). Mold blowing was the primary technique used in glass formation. Analytical results indicate that the glass was made of soda-calcium silicate with the presence of aluminum, along with the use of some transition metal oxides and colored oxides such as iron, copper, and chromium. The structural evidence collected also indicates that the glass vessels were locally produced and that the glass suffered from the phenomenon of glass corrosion .

Keywords:
Roman period; glass vessels; chemical composition; chemical analysis; glass Corrosion.

المقدمة:

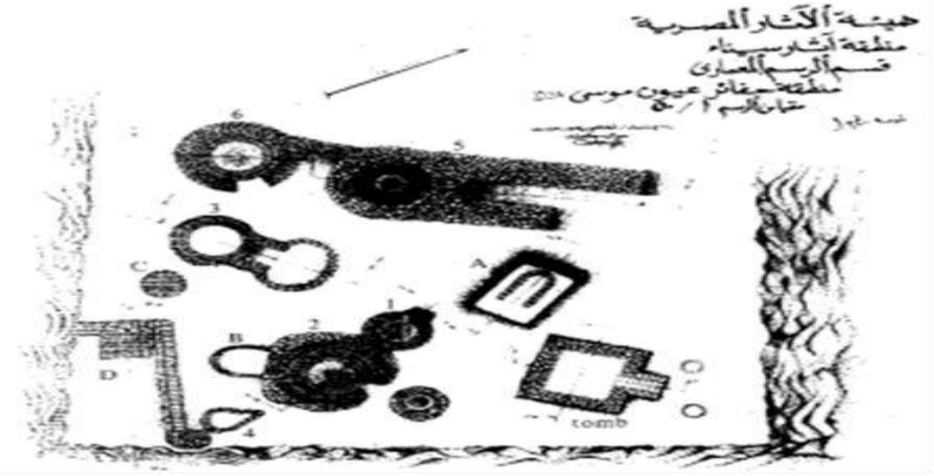
1.1 الدراسات التاريخية:

لقد كانت الصلة بين مصر وسيناء موجودة منذ أقدم العصور فقد كانت وما زالت حلقة اتصال بين قارة اسيا والجسر الذى عبرت عليه حضارات عصور ما قبل التاريخ فقد عثر في كثير من ارجائها على كميات كبيرة من الات الظران وخصوصا في وادى العريش من العصر (الباليوليتى) العصر الحجري القديم كل هذا أهلها لتكون طريقا لمرور التجارة و الجيوش والهجرات القادمة الى مصر والخارجة منها ، ولم تكن صحرائها في يوم من الأيام حائلا بين سكانها وبين هجراتها الى وادى النيل [1]

.منطقة حفائر عيون موسى

تقع منطقة عيون موسي إلي الجنوب من مدينة السويس الحالية , وعلي مسافة تقدر بحوالي 50كم ويفصلها عنها خليج السويس وقد سميت بهذا الاسم (عيون موسي أو ينابيع موسي أو عين موسي)نظرا لوجود عيون وأبار بها مياه بين الملوحة والعذبة ,وقد وجدت علاقة بين هذه الآبار وما جاء ذكره في الكتب السماوية المقدسة التوراة والإنجيل والقران [2]

واهم مايميز هذه المنطقة هو وجود رواسب صحراوية وكثبان رملية ورواسب من الحجر الجيري نتيجة لقربها من خليج السويس ,حيث يفصل بين عيون موسي وخليج السويس مسافة لاتتعدي 3كم شرقا, مما تسبب في وجود نوع من أنواع الحجر الجيري النيموليتي [3] و مكون عيون موسي الجيولوجي فهو عبارة عن صلصال اخضر جبسي احفوري به تداخلات من الحجر الرملي والمال , ولقد ساهمت هذه الطبيعة الجيولوجية في إن يتكون سطح التل الأثري من تلال وكثبان رملية sand dunes والتي يصل ارتفاعها من 2-10م , وهو ماساهم في تغطية الإطلال الاثريةبالرمال ,وخاصةالابار والأفران , والمباني الحجرية , وهو ما ساهم في تلف تلك المباني , وأيضا وقعت سيناء تحت الاحتلال الإسرائيلي واستخدموا هذه الواحة كموقع عسكري هام مما ترتب عليه حدوث إضرار بالغة بالمنشات الأثرية وذلك في الفترة من 1967وحتي 1973,وبعد تحرير سيناء قامت هيئةالاثار المصرية بعمل أول حفائر علمية في هذا الموقع نتج عنها مجموعة الأفران الأثرية لحرق الفخار وورشة لتصنيع الفخار بها العديد من قطع الفخار قبل الحرق وبعد التجفيف ومجموعة الآبار,كما كشفت الحفائر عن مجموعة من أساسات المباني المشيدة من الطوب اللبن والحجر الجيري وهي بقايا منازل العمال القائمين علي صناعة الفخار بالمنطقة وتم العثور على مجموعات كبيرة من القطع الأثرية الزجاجية الملونة، إلى جانب كتل كبيرة من قطع الزجاج، وخبث رماد الوقود، وبقايا أفران معالجة الزجاج , كما تم الكشف عن مقبرة جماعية مستطيلة الشكل يعلوها سقف مقبب وتحتوي علي هياكل أدمية و يرجع تاريخها للعصر الروماني المتأخر وقد تم استخدام هذا المصنع في العصر اليوناني الروماني المتأخر حتى العصر الإسلامي[4]، كما في الشكل رقم(1).



شكل رقم(1) توضح رسم معمارى ومخطط للموقع والحفائر الفعلية بمنطقة الحفائر بعيون موسى

طريقة الحرق لدفن الموتى فى مصر فى العصر الرومانى:.

كان الاجانب وعلى الاخص الاغريق منهم يفضلون احراق جثث موتاهم ثم جمع الرماد المتخلف وحفظه فى اوان على شكل قدوراو جرار وهذه الجرار توجد على قدر قيمة الميت وعادات بلاده وتغطى وتوضع فى فجوات داخل المقبرة ولعل هذه العادة مستمرة من عادات الجنود الذين جاءوا الى البلاد فى العصر البطلمى من اهالى كاريا بأسيا الصغرى التى عرفت عنها عادة الحرق وقد وجد بقايا لحرق الجثث فى مقابر كوم الشقافة ومنطقة الحضرة بالاسكندرية وفى البهنسا حيث الحفائر التى تمت فى المقابر.(5)

مع استمرارالدفن بالتحنيط والدفن العادى اما عن الحرق فهو العرف السائد فى الامبراطورية الغربية الرومانية وذلك فى بدايات العصر الرومانى (وكان لكل طبقات الشعب الاغنياء والفقراء وفى القرن الثانى الميلادى ساد هذا العرف فى الامبراطورية الشرقية واصبح شامل انحاء الامبراطورية الرومانية كلها ومنها مصر وليبيا وكانت الجثة توضع على مذبح يبنى من كومة خشب ويكون متساوى الجوانب الاربعة وعلى جانبى المذبح يوضع الخشب الغير مصقول ويضعوا اخشاب شجر السرو ويشعلون النار بها وكانوا يتلون نصوص جنائزية اثناء الحرق ثم يلقون بزجاجات العطور واطباق الطعام وكل مايحتاجه المتوفى فى العالم الآخر.والصوره رقم (2)توضح مكان وكيفيةعمليه الحرق. (6)

بعد مرحلة الحرق تجمع عظام ورماد المتوفى ويرشوا عليها عطور وتوضع فى جراروكان الفقراء يستخدمون زجاجات النبيذ [1]الفارغة لدفن موتاهم اما الاغنياء فكانوا يدفنون موتاهم فى جرار من الرخام او المرمر او الزجاج فهي تتعلق بشكل اساسي بمرتبه **وغناه كما ان بعض هذة الجرار كان يوضع فيها الزيت اثناء الطقوس الجنائزيه** وكانت هذه الجرار توضع فى القبر مع غيرها من المقتنيات الجنائزية والمفروشات التى يحتاجها المتوفى واغلب ماوصلنا من هذه الجرار تعود الى القرون ما بين (4-6) م سواء كانت فى الشرق او الغرب.[1]

صوره1(1)توضح بقايا ومكان الحرق

جرار الدفن الزجاجية من العصر الروماني

حكم الرومان امبراطورية عظيمة تعد من اكبر امبراطوريات العالم القديم فقد حكموا لمدة تقارب الخمسمائة عام وذلك فيما بين القرن الاول قبل الميلاد ومنتصف القرن الرابع الميلادى.

ومع بداية هذا العصر تحولت صناعة الزجاج الى صناعة ضخمة نتيجة اكتشاف ومعرفة اسلوب تشكيل الآوانى بطريقة النفخ Blowing Technique ونتيجة لمعرفة هذا الاسلوب زاد أنتاج الاوانى الزجاجية المخفضة الثمن ولم يعد استعمال الآوانى الزجاجية قاصراً على انتاج الآوانى الفاخرة لموائد الاغنياء وتميزت الوانى الزجاجية الرومانية بالرشاقة والجمال والشفافية ورقة الجدران. [7].

وتقدمت صناعة الزجاج ذو النمط الموجى حتى انتجت منه بلاطات تحمل صورا حيوانية وزخارف نباتية وبلغ من تقدم مصر فى صناعة الزجاج فى فى ذلك العصر ان فرض عليها ان تقدم جزءاً من الجزية المفروضة عليها للامبراطورية الرومانية فى صورة مصنوعات زجاجية.

وذاعت شهرة مصر بزجاجها فى العصر الرومانى حتى ان جانباً من اموال الضرائب المفروضة على مصر والتى كانت ترسل سنوياً الى روما ،كانت تجبى من الزجاج المصرى.

ومن اشهر مناطق صناعة الزجاج فى مصر كانت الاسكندرية وكانت مركزاً مهماً لهذه الصناعة ومشهوراً فى الامبراطورية الرومانية. [8].

وتعددت أشكال المنتجات الزجاجية منهاالزجاجات والقوارير والأكواب والأنفورات والمرايا وغيرها من الاشكال كما تم انتاج جرار لجمع رماد الميت بعد الحرق او وضع بقايا العظام هي انيه زجاجيه لا تزال بعضها يحتفظ ببقايا رماد وعظام المتوفي،وبعض القطع من الاسبستوس المنسوج الذي كان يستخدم كأكفان ،وتم تصنع هذة الانيه لهذاالغرض الجنائزي ومقابضها علي شكل حرف (u)،هذا النوع من الجرار كان يستخدم في رانيلاند،وانحاء ايطاليا ،وشمال افريقيا ،ومقاطعات الامبراطوريه الغربيه ،فى مصر وطرابلس في ليبيا. [9].

والصورة رقم (3) توضح بعض أشكال جرارالدفن الزجاجية.

صورة رقم (2)توضح بعض اشكال جرار الدفن الزجاجية

2.المواد والطرقMaterials and Methods

1-2 : الفحص بالميكروسكوب الرقمي المحمول USB Digital Microscope

تم استخدام ميكروسكوب لفحص وتصوير مظاهرالتلف التى يصعب رىيتها بالعين المجردة.ومواصفاته

from (50X-500X) , Model: PZ01.))USB 2.0 interface, Linux, Mac OS & above

2-2 الفحص بالميكروسكوب الضوئى Optical Microscope

a NIKON ECLIPSE ME 600 microscope equipped with an

Olympus e-410 digital camera. The magnification varied from x100 to x400 depending on the size of the samples.

3-2 الفحص والتحليل بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح المزود بوحدة(SEM –EDX) :

يعتبرا لميكروسكوب الإلكترونى الماسح من أهم الوسائل المستخدمة فى الفحص وذلك لأنه يحتاج الى عينات متناهية الصغر للسطح الخارجى للآثر فقط وليست للطبقات الداخلية ، كما يستخدم فى التعرف على أهم التغيرات التى طرأت على سطح الزجاج والكشف عن السطح المتآكل للزجاج وملاحظة أهم مظاهر تلفه مثل الخدوش والحفر والشقوق الدقيقة بالإضافة إلى وحدة تشتت الأشعة السينيةEDX من التقنيات التحليلية غير الهامة للمادة الأثرية ومفيدة للتعرف على النسب المئوية لها سواء فى صورة عناصرمفردة أو أكاسيد هذه العنا صر

SEM-EDX were performed with JEOL 5410 scanning electron microscope equipped with an Oxford (England) EDX microanalysis system(25 kV, 0.28 nA, ~1 µm beam diameter, 60 s counting time). Elemental analysis was obtained using the Oxford INCA- Energy software

4-2التحليل بتفلور الأشعة السينية .X- ray fluorescence (XRF)

وهى من طرق التحليل الغير متلفة والتى تستخد م فى معرفة المركبات التى تتكون منها عينات المواد

وذلك عن طريق تفلور الأشعة السينية من المسطحات الغيرالبلورية للعينة

X-ray fluorescence spectrometer (WDXRF) with a Bench top spectrometer sequential type, wavelength dispersive. The system is equipped with 3 crystals Analyses

(exchange automated): LIF (200) for heavy elements (Ti–U), PET and RX 25 for light elements (O–Mg and Al–Sc),

X- ray tube of Pd 200W power (voltage. 50KV, ext. 4mA), and detection limit: 1 ppm – 10 ppb; Accuracy <0.1–0.5%.

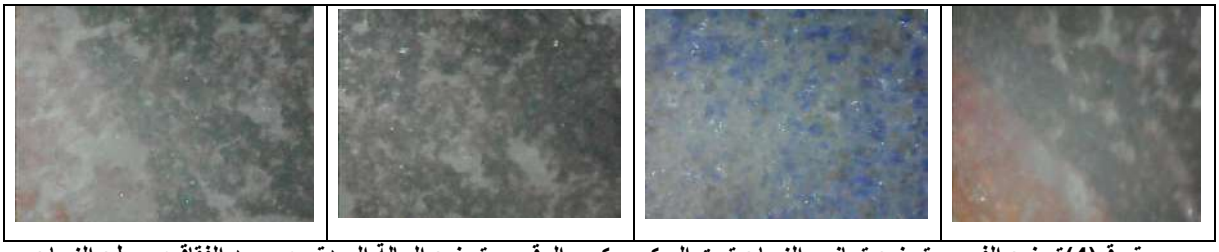
3-النتائج والمناقشات:

1-3 الفحص بالعين المجردة:

والتى من خلاله تم رصدتجانس سطح الزجاج مع وجود تغير مظهر السطح مع تواجد طبقة من الزجاج الهيدروجينى على سطح أكثر من جزء بالأثر ، بالإضافة إلى تواجد حالة التهشم للأثر

1-3 :الفحص بإستخدام الميكروسكوب الرقميUSB Digital Microscope :

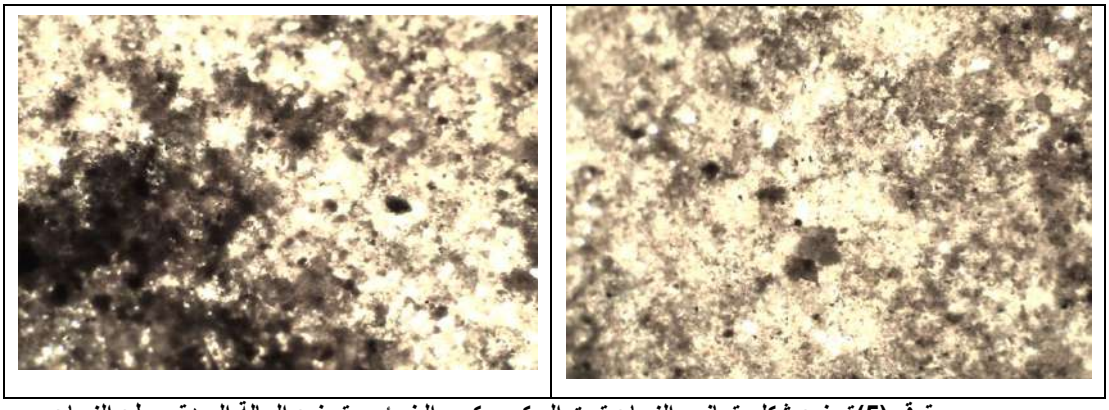
-حيث تم عمل فحص بإستخدام الميكروسكوب الرقمي وتم رصد الفقاقيع الهوائية متواجدة فى شكل دائرى مما يدل على إستخدام أسلوب النفخ فى الصناعة.



صورة رقم(4)توضح الفحص توضح تجانس الزجاج تحت الميكروسكوب الرقمى وتوضح الحالة الجيدة مع وجود الفقاقيع بسطح الزجاج

2-3 الفحص بإستخدام الضوئى Optical microscopic study

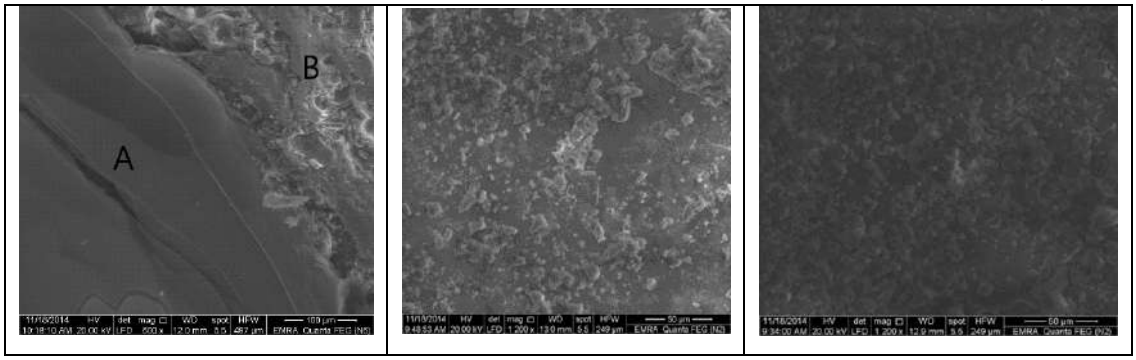
حيث تم عمل فحص بإستخدام الميكروسكوب الضوئى وتم رصد وجود الفقاقيع الهوائية وتواجدها فى شكل دائرى مما يؤكد تقنية الفخ فى التصنيع وأيضاً الحالة الجيدة لسطح الأثر .



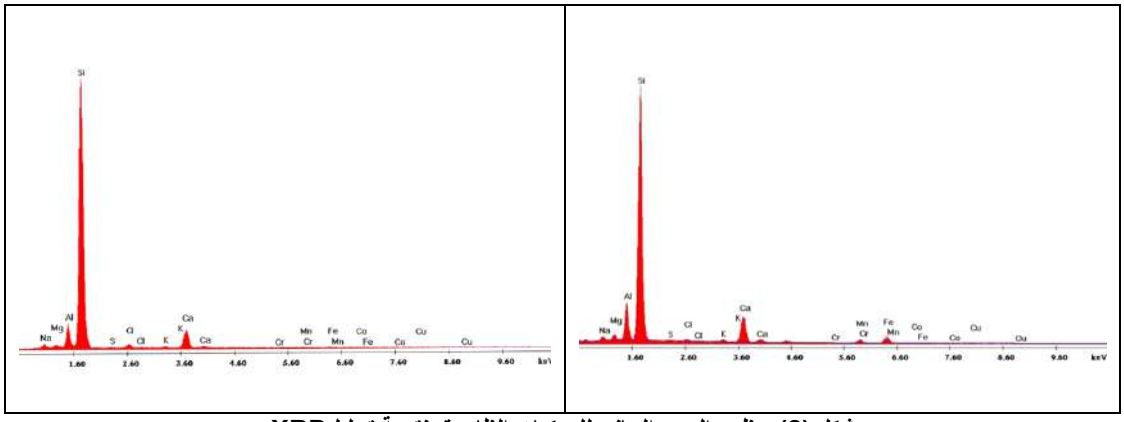
صورةرقم (5)توضح شكل تجانس الزجاج تحت الميكروسكوب الضوئى وتوضح الحالة الجيدة بسطح الزجاج

3-3 - الميكروسكوب الإلكتروني الماسح المزود بوحدة-EDX– SEM

ومن خلال الفحص بإستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح ظهور بعض الشروخ والشقوق الدقيقة



صورة رقم (6)توضح العينة باستخدام اليكروسكوب الماسح وتوضح الفرق بين جزئين(A,B)داخل نفس العينة



شكل (2) يظهر الرسم البيانى للمركبات الظاهرة بنتيجة تحليلXRD

CoO	Al2O	SiO2	MgO	SO3	Cl2O	K2O	CaO	Cr2O3	Fe2O3	CuO	MnO	Co2	Na2	Elements
0.18	9.15	74.97	1.88	-	-	1.99	9.07	1.29	8.56	1.56	0.97	6.38	3.38	A
0.12	4.56	56.69	1.55	0.62	7.51	1.81	7.04	1.10	7.02	1.10	0.73	14.63	0.58	B

EDX أما بالنسبة لنتائج التحليل انخفاض نسبه السليكا Si من 74.97%

إلى 56,69 % مما يشير لتعرضها للتلف ، كما نجدأن الالمنيوم 9.15Al2O% قد انخفض 4.56%

بالأضافة إلى انخفاض الصوديوم % Na حيث بلغت 3,38 %

يوضح خروجه من التركيب الشبكى للزجاج ونزوحه إلى السطح مما يزيد من سرعة تعرض طبقة الزجاج

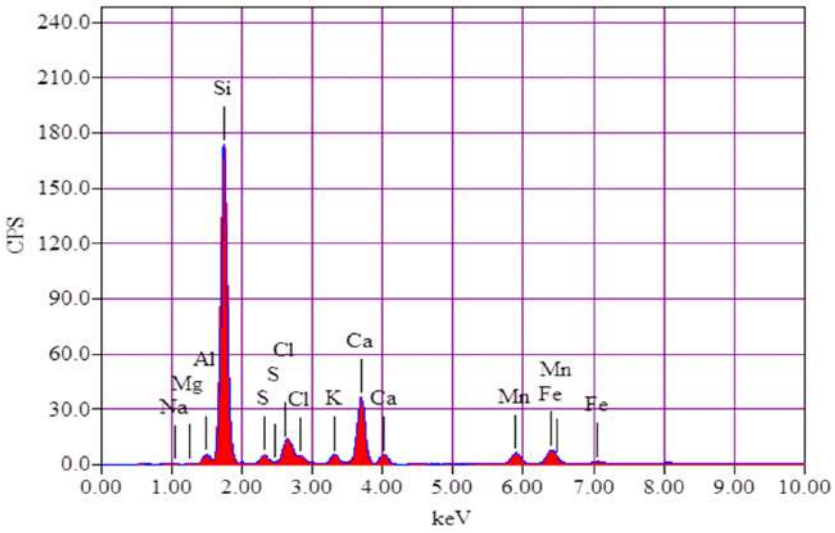
إلى Si السطحية للتآكل) انخفاض ملحوظ فى نسبة السليكا

إلى Ca 2,49 إلى 9,34 % بالأضافة إلى انخفاض نسبة الكالسيو م 26,53%Na مع انخفاض نسبة الصوديوم

% والذى يعمل كعامل مثبت ، حيث أن تلك النسب المنخفضةلاتعمل على ثبات الزجاج وحمايته من الذوبان . وسجل

الكربون ارتفاعافى نسبته من6.38%الى 14.63 % والذى يمكن إرجاعه لتكون نواتج تلف مختلفة من الكربونات

2-2-5 تحليل العينة بطريقة تفلور الاشعة السينية



شكل رقم (3)يوضح الرسم البيانى لنتيجة تحليل العينة بتفلور الأشعة السينية

تفسير ظاهرة صدأ الزجاج

ويمكن القول أن ميكانيكية التفاعل التى تتم فى الزجاج أو طبقة التزجيج والتى تؤدى الى تلفه تعتبر غير مفهومه الى حد كبير إلا انه على أية حال يحدث التلف نتيجة لعملية تبادل الأيونات . [10].

ويمكن أن يحدث تفاعل بين أيونات الأملاح والأيونات المتوفرة فى التربة ومكونات السطح من طبقة التزجيج وخاصة أيونات القلوى فى حالة التزجيج القلوى حيث يمكن أن تتكون طبقة على السطح من المكونات الناتجة كما يمكن أن تفل المواد القابلة للذوبان تفل وتنزح بعيدا عن السطح ويتم التفاعل تبعا للمعادلة التالية :

$$Si\text{-}OX + H_2O \rightarrow Si\text{-}O\text{-}H + XOH$$

وفى مرحلة تالية يتم لأيونات القلوى الأرضية)الصوديوم والبوتاسيوم(أن تترك التركيب الشبكى وذلك لأن ذرات الهيدروجين تكون أصغر من أيونات القلوى وبعد ذلك يتم تحطم التركيب الشبكى للسيليكا ويمكن أن ذلك تبعا للمعادلة

$$Si\text{-}O\text{-}Si + XOH \rightarrow Si\text{-}O\text{-}H + Si\text{-}O\text{-}X$$

$$\mathbf{Si\text{-}O\text{-}X + H_2O \rightarrow Si\text{-}OH + X\ O\ H}$$

Sodium or Potassium hydroxide (Na OH) or (KOH) عند وجود .أو البوتاسيوم على السطح ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى فإنه يتحد طبقة الهيدروكسيد مكونةكربونات الصوديوم أو البوتاسيوم

(Sodium or Potassium Carbonate (Na2 Co3 or K2 Co3[11].

وكلا منهما) كربونات الصوديوم أو البوتاسيوم (على درجة كبيرة من الخطورة حيث يمتاز كلا منهما بالقدرة الكبيرة على امتصاص الرطوبة من الجو أو ما يعرف بالخاصية الهيجروسكوبية .[12]

$$Na^+ + H_2O \rightarrow H^+ + NaOH$$

Sodium Water Hydrogen Sodium Hydroxide

$$2NaOH + CO2 \rightarrow Na2CO3 + H2O$$

Sodium Hydroxide Carbon Dioxide Sodium Carbonate Water

تفسير اللون ا لأزرق المخضرزجاج

استخدام أكاسيد الحديد للحصول على اللون الأخضر من المعروف أن أيون الحديدوز يعطى اللون أزرق وهو يدخل كمطور للتركيب الشبكى كما فى العينة الثالثة بينما أيون الحديديك يعطى لون أصفر حيث يدخل كمكون ومطور للتركيب الشبكى وعلى ذلك فان اللون الناتج عن إجتماعهما اللون الأخضر وقد وجد انه عند وجود زيادة نسبه أيون الحديدوز عن **60%** من وزن الحديد الموجود فى الزجاج يتلون باللون الأزرق .[13]

كذلك أكسيد النحاسيك والذى أستخدم للحصول على اللون الأخضر خام النحاس ولقد وجد أن أكسيد النحاسيك عند دخوله فى التركيب الشبكى كمطور فانه يعطى لون اخضر قد يتدرج الى الأزرق ويعتمد ذلك على الشوائب الموجودة وكذلك نسبة أكسيد الصوديوم يوم . كما أنه وجد أن النحاس عندما يدخل فى السيليكا على صورة أيونات النحاس الأحادية التكافؤ **Cu** وفى هذه الحالة يكون اللون الناتج أخضر مصفر ولامع مع وجود نسبة من الكروم.[14]

حيث تظهر نتيجة التحليل أن المكون الأساسى بالعينة هى مادة السليكا وأن المادة القلوية المستخدمة هى الصوديوم وأن المادة المثبتة هى الكالسيوم ، وأنه تم إستخدام أكسيد الحديد والنحاس لإعطاء اللون الأخضر وأن أكسيد المنجنيزهو المسئول إن درجة الغمقان للون الأخضر.كما ان وجود نسبة من اكسيد الكروم من العوامل المسببة للون الأخضر.

كما أن نسب السليكا والمادة القلوية والمادة المثبتة بالإضافة إلى تواجد الألومنيوم بنسبة جيدة يشير إلى أن جسم الزجاج بحالة جيدة ماعدا الاجزاء التى التى تعانى من التلف

وان هناك تغيير فى نسب كل من السيلكا والالمنيوم وكذلك الكالسيوم والصويوم مع الزيادة الواضحة فى نسبة الكربون مما يؤكد اصابة الزجاج بظاهرة صدا الزجاج. .[15]

4.الأستنتاجات :

تؤكد الدراسة الحالية أن منطقة سيناء لها علاقة وثيقة بوادى النيل عبر العصور المختلفة وان منطقة عيون موسى تحوى العديد من الاثار المتنوعة اومنها الزجاجية ذات تقنية عالية بالإضافة إلى زخرفتها وطريقة

تنفيذها ، حيث تم دراسة بقايا اناء يستخدم لحفظ بقابا حرق متوفى يرجع الى العصر الرومانى من خلال الفحص عينة من الاناء بعدة طرق ،حيث اظهر الفحص البصرى جودة الصناعة بينما اظهر الفحص بالميكرسكوب الرقمى والضوى وجود بعض الفقاعات الهوائية الدقيقة مما يؤكد استخدام طريقة النفخ فى عمل الاناء وهو ماكان شائعا فذلك العصر. كما اترح من خلال طرق الفحص والتحليل المستخدمة ان الاناء ينتمى الى الزجاج السيلكا والصوديوم والامنيوم والكالسيوم كما يظعر تعرض الانية الزجاجية للعديد من مظاهر التلف المختلفة ،

أهمها ارتفاع نسبة الرطوبة النسبية فى الوسط المحيط بها ، ويظهر ذلك من خلال نتائج تحليل العينة الزجاجية حيث نجد انخفاض نسبة السليكا فى تحليل **EDX**

يدل على تعرضها تلف ، بالأضافة إلى أننا نجد انخفاض فى نسبة الصوديو م والالمنيوم ذلك يزيد من احتمالية تعرضها للتآكل وتكون صدأ الزجاج .

References:

1. Abdo Shasta, Geology of Sinai, Encyclopedia of Sinai, General Organization of the Book, 1982, pp. 166-167.
2. Scheel , B., Egyptian metalworking and tools , Shire publications LTD. , Great Britain ,1989, p. 19 .
3. Muhly.J. , source of tin and the beginning of bronze metallurgy, in American journal of Archaeology, Vol. 89, No. 2 , 1985 ,
p.232.
4. Abdel-Motelib,A.,Bode,M, Hartmann,R., Ulrich HartungAndreas Hauptmann & Pfeiffer,K.,(2012).Archaeometallurgical
expeditions to the Sinai Peninsula and the Eastern Desert of Egypt, Metalla (Bochum) 19.1/2, 3-5,pp.3-59.
5. Ahmed Salah Mohamed Attia, An Applied Scientific Study on the Restoration, Maintenance and Rehabilitation of Ancient
Buildings in Some Ancient Sites of the Sinai Peninsula, PhD Thesis, Faculty of Archeology, Cairo University, Department of
Restoration, 2009, pp. 38-39.
6, Nagwa. S . Abed El Rahim1,Walid.K. ELghareb2*, Hamada. S. Ramadan3, Mohamed Salah4, Analytical Study and Deterioration of some Firing Pottery kilns in Tel Ayon Mousa in Southern Sinai: Case Study, American International Journal of Research in Formal, Applied& Natural Science, ISSN (Print): 2328-3777, ISSN (Online): 2328-3785, ISSN (CD-ROM): 2328-3793.
7. Al-Ahmed, Z., and Z. A. Al-Muheisen, 1995. Chemical and technological study of Roman glasses excavated from Yasileh archaeological site, Jordan. Mu'tah Journal 11 (2), 5-28.
8. Davison, S., & Newton, R. G: Conservation and restoration of glass. Routledge , (2008), p 235
9.Mass, J. L: Instrumental methods of analysis applied to the conservation of ancient and historic glass. In The conservation of glass and ceramics: research, practice and training ,
(1999) , pp15-41
10. Moropoulou, A., Avdelidis, N. P., Delegou, E. T., Gill, C. H., & Smith, J : Study of deterioration mechanisms of vitreous tesserae mosaics. Proc. Scienza e Beni Culturali, 18, (2002), pp 843-851.
11.Spencer, H. M., Murdoch, K. R., Buckman, J., Forster, A. M., & Kennedy, C. J:
Compositional Analysis by p-XRF and SEM–EDX of Medieval Window Glass from Elgin Cathedral, Northern Scotland. Archaeometry, 60(5), (2018), pp 1018-1035.
12..Baky: A Study of degradation phenomena of the stained glass in some cairo palaces from1850 to 1950 , p107 .
13. Maisa M.A. Mansour, Nagwa S. Abdel-Rahim and.,Mohamed Z.M. Salem, Study of the Biodeterioration of some Stained Glasses by the Fungus Stemphylium

.Botryosum , Current Science International ISSN 2077-4435 , Volume : 05 | Issue : 02 | April-June 2016, Pages: 119-129.

14. نجوي سيد عبد الرحيم، دراسة علمية لعلاج وصيانة المواد المصنوعة المستخدمة في تركيب المشغولات الأثرية في مصر خلال الدولة الحديثة والعصر المتأخر، القاهرة،2003 ، ص.57

15. 11. Loukopoulou . P: gold tesserae from roman times to modern era : the investigation of luxury material , Iccom , (2017) .

---

[2]**http://www.romanglass.net/pages/4/index.htm1**