

التقويم المختبري لاستخدام الرواسب الطينية النيوجينية في تصنيع طابوق البناء

خلدون عباس معة*، قيس جاسم سعود**، ضياء بدر خميس***
باسم روفائيل جبو**، نوال احمد السعدي*** و ماجد عبد الأمير كاظم****

المستخلص

تناولت هذه الدراسة تقويم الخواص الفيزيائية والكيميائية والمعدنية للرواسب الطينية النيوجينية وإمكانية استخدامها كمادة أولية في تصنيع طابوق البناء الطيني بدلا من رواسب السهل الفيضي الحديثة. اعتمدت الدراسة على الاستطلاع الميداني لخمسة مواقع ضمن نطاق أقدام التلال وجمع 20 نموذج قناتي من أفضل مكاشف لهذه الرواسب وتقييم 300 عينة من الطابوق بالحجم المختبري (7 x 3.72 x 2.5 سم) ابتداء من مراحل التجفيف والفخار ثم مرحلة التقويم. بينت نتائج الدراسة إن الرواسب الطينية النيوجينية لتكويني انجانة وباي حسن المتكشفة في نطاق أقدام التلال توفر مادة أولية لتصنيع طابوق البناء من الصنفين أ و ب وفق متطلبات المواصفة القياسية العراقية رقم 25 لسنة 1993 كما امتازت هذه الرواسب بتوفير صنفين نسبتيين هما الوحل والوحل الرملي واحتوائهما على أكثر من 50% من المعادن غير الطينية وقل من ذلك من المعادن الطينية، تتغلب فيها المعادن المختلطة (باليكورسكايت - ايلاييت) ذات اللدونة المناسبة والحساسية الضعيفة تجاه التجفيف. وإن أفضل درجة حرارة لفخار الطابوق بالحجم المختبري هي 950°م للمادة الأولية المتواجدة في الأجزاء الجنوبية لنطاق أقدام التلال والتي أدت إلى ظهور طور معدني جديد تمثل بالـ اوجايت و 850°م للمادة الأولية المتواجدة في الأجزاء الشمالية منه والتي أدت إلى ظهور طور معدني جديد يمثل ولوستونايت و كهلنايت - دايبسايد.

LABORATORY ASSESSMENT FOR UTILIZATION OF NEOGEN MUDSTONES IN MANUFACTURING OF BUILDING BRICKS

Khaldoun A. Ma'ala, Qais J. So'od, Dea`a B. Khames
Basem R. Jabo, Nawal A. Al-Saade and Majed A. Kadhum

ABSTRACT

This paper deals with evaluation of the physical, chemical and mineralogical properties of mudstones sediments of Neogene age (Injana and Bai Hassan formations) and their suitability to use them as raw material in manufacturing of building bricks, instead of recent sediments of alluvial plain. The study based on the field reconnaissance for five sites within the Foothill Zone. Twenty channel samples were collected from the best exposures of these sediments and 300 brick samples of laboratory size (7 x 3.72 x 2.5 cm) were evaluated, starting from drying and firing stages to evaluating stage.

* خبير، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، ص.ب. 986، علوية، بغداد. العراق

** رئيس جيولوجيين أقدم، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين

*** رئيس كيميائيين أقدم (متقاعدة)، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين

**** جيولوجي أقدم، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين

The results show that the sediments are suitable raw material for manufacturing of building bricks of classes A and B, according to the requirements of specification of the Iraqi standard No.25 for the year 1993. These sediments are characterized by presence of two textural classes: mud and sandy mud, which contain no more than 50% of non-clay minerals and less than 50% of clay minerals. The latter dominated of mixed layer of Palygorskite – Illite, with proper plasticity and exhibited low sensitivity for drying. The best temperature for firing bricks is 950° C for the raw material in the southern parts of the Foothill Zone, which led for appearance of new mineral state represented by Augite and 850° C for the raw material of its northern parts which is attributed for disappearance of the original composition of the raw material and appearance of new minerals state, represented by Wallastonite and Gehlenite – Diopside.

المقدمة

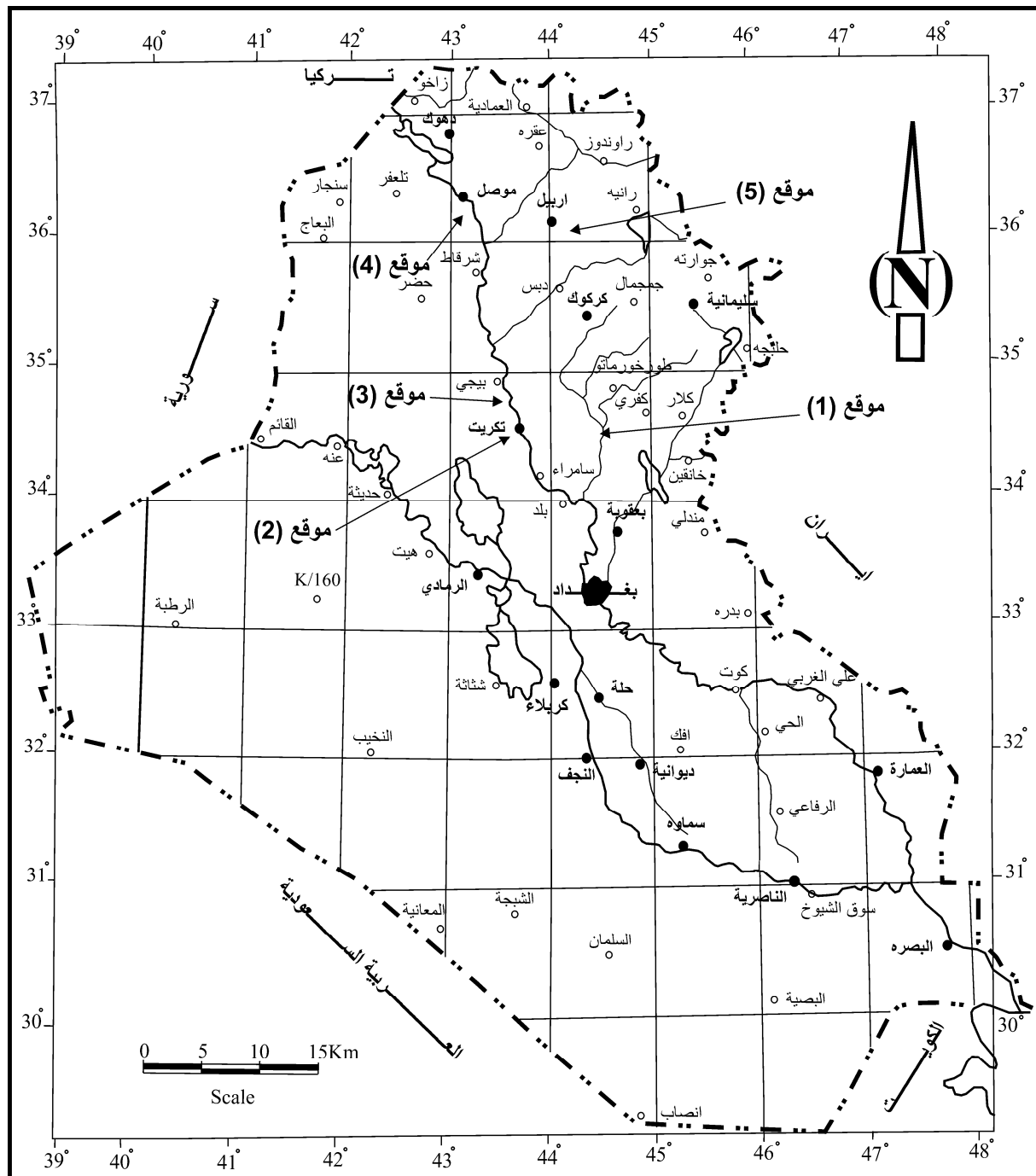
تعتبر الرواسب الطينية المتطبقة جزءاً من التتابع الطباقى للتكوينات الجيولوجية التي ترسبت على هيئة طبقات طينية في بيئة فيضية قديمة أو بيئة بحيرية شاطئية قديمة وتعرضت للطمير والرص الطبيعي، وعند تعرضها للتجوية تصبح مكاشفها ضعيفة (Taker, 1985) وعند خلطها مع الماء تبدي لدونة معينة (Bates, 1969). تعد الرواسب الطينية المتطبقة في العمود الطباقى لعصر النيوجين الأكثر انتشاراً في نطاق إقدام التلال (Foothill Zone) حيث تشكل (20 – 50) % من تتابعات الصخور الفتاتية (Lateef, 1976)، ولما تتمتع به هذه التربة من خواص معدنية وفيزيائية وكيميائية مناسبة وجد الباحثون وميرزا (1997) والبيداري (1997) والحكيم (1998) وحمادي (2002) ورسرسم (2004) ضرورة التحقق المختبري من مكونات الرواسب المتطبقة وإمكانية استخدامها كمادة أولية في تصنيع طابوق البناء الطيني بدلاً من الرواسب الطينية حديثة التكوين، إضافة إلى أن المناطق التي تتكشف فيها الرواسب الطينية النيوجينية تفتقر لصناعة طابوق البناء بسبب ضيق مساحة الرواسب الفيضية الحديثة وتأثيرها على التربة الزراعية.

أسلوب العمل

اعتمدت هذه الدراسة على الاستطلاع الميداني لخمسة مواقع منتخبة ضمن نطاق أقدام التلال الموضحة في الشكل (1)، والقيام بنمذجة كل موقع وبواقع أربعة نماذج قناتية متفرقة لكل موقع ليكون المجموع الكلي 20 نموذج وكما مبين في الجدول (1). إن اختيار المواقع كان على أساس توفر الامتداد الواسع والسمك الكافية للرواسب الطينية المتطبقة إضافة إلى توفر الظروف المنجمية الملائمة (قلة سمك الطبقة الغطائية وتوفر الطرق) إضافة إلى نتائج الفحوصات للمواد الأولية والطابوق المختبري المنتج منها.

جدول(1): مواقع الدراسة وأرقام نماذجها والتكوين الجيولوجي

مواقع الدراسة	رقم الموقع	أرقام النماذج في هذه الدراسة	التكوين الجيولوجي
محافظة ديالى (منطقة انجانة)	موقع (1)	4 - 1	انجانة
محافظة صلاح الدين (شرق مدينة تكريت)	موقع (2)	8 - 5	انجانة
محافظة صلاح الدين (شمال شرق تكريت)	موقع (3)	12 - 9	انجانة
محافظة الموصل (جنوب مدينة الموصل)	موقع (4)	16 - 13	انجانة
محافظة أربيل (شرق مدينة أربيل)	موقع (5)	20 - 17	باي حسن



شكل (1): خريطة موقعية لمواقع الدراسة

خضعت نماذج الرواسب الطينية النيوجينية المتفرقة لثلاثة أنواع من الفحوصات المختبرية المبينة أدناه وجميعها تمت في مختبرات الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين:

■ فحوصات تقويم الرواسب الطينية النيوجينية

شملت تحليل التدرج الحجمي المنخلي والهيدرومتر للتعرف على نسب محتواها من الطين والغرين والرمل حسب تقسيمات (Atterberg 1911) والتصنيف النسيجي لهذه الرواسب من خلال رسم العلاقة بين النسب المئوية الوزنية للمكونات الأساسية (طين، رمل وغرين) على مثلث (Folk 1974)، إضافة إلى فحص لدونتها وفق (Atterberg 1911). كما اجري فحص الأشعة السينية الحادثة (XRD) شبه الكمي للتعرف على أنواع المعادن الطينية وغير الطينية ونسبها وكذلك إجراء التحليل الكيميائي لبيان محتواها من أكاسيد العناصر الأساسية (Na_2O , K_2O , L.O.I., SO_3 , MgO , CaO , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , SiO_2) بواسطة جهاز طيف الامتصاص الذري (Atomic Absorption Spectrophotometer).

■ اختبارات التجفيف والفخر

تضمنت تفتيت النماذج الطينية المتماصة وتخديرها بالماء لمدة 72 ساعة وبدون إضافة مواد مساعدة (كالرمل) لغرض تهيئتها لعملية البثق والتقطيع مختبرياً. أنتجت 300 عينة طابوق غير مفخورة بالحجم المختبري ($2.5 \times 3.72 \times 7$ سم) ثم عرضت للتجفيف في الهواء الطلق لمدة 48 ساعة ومراقبة مظهرها العام. وقد وجدت جميعها سليمة بحيث لم تتعرض للتشقق أو التلم أو أي تشويه آخر. في اليوم الثالث وضعت كافة العينات في فرن كهربائي بدرجة حرارة 950° م لمدة ساعة واحدة وبفترة إنضاج أمدها ثلاثة ساعات.

■ فحوصات تقويم الطابوق المنتج

تضمنت إجراء فحص الانكماش الطولي والحجمي، فحص قوة تحمل الضغط، فحص امتصاص الماء، فحص التزهير (معياري وصفي). كذلك جرى تقويم المظهر العام للطابوق الذي بقي سليماً بعد عملية الفخر من حيث اللون وقياس الأبعاد، والزوايا، والحافات والسطوح، إضافة إلى فحص الأشعة السينية الحادثة لخمس عينات للتعرف على أطوارها المعدنية بعد عملية الفخر. أخيراً صنف الطابوق المنتج وفق المواصفة العراقية المبينة في الجدول (2).

جدول (2): المواصفة العراقية رقم (25) لسنة (1993) لصناعة طابوق البناء

الأصناف	أحد الأدنى لتحمل الضغط (نيوتن/م ²) (لطابوقة واحدة)	أحد الأعلى للنسبة المئوية بالوزن لامتصاص الماء% (لطابوقة واحدة)	التزهير (الحد الأعلى)
أ	16	22%	خفيف
ب	11	26%	متوسط
ج	7	28%	عالي

الوضع الجيولوجي

تواجدت مواقع الدراسة ضمن نطاق أقدام التلال (Foothill Zone) العائد لنطاق الرصيف غير المستقر (Buday and Jassim, 1987) الذي كان في عصر النيوجين حوضاً يستقبل المولاس النهري. يضم هذا النطاق عدد كبير من الطيات المحدبة التي تمتد باتجاه شمال غرب – جنوب شرق والتي تعكس تأثير الطور الثلاثي للحركات البنيوية الالابية، وقد تعرضت هذه الطيات لعوامل التعرية الشديدة خلال العصر الرباعي والتي أدت إلى انجراف العديد من الطبقات الصخرية الهشة خاصة في المناطق المفصلية (hinge zones) لهذه الطيات. تتكشف التكوينات الجيولوجية على هيئة أحزمة الكويستا (cuesta) ذات السفوح المتباينة الانحدار والمناسيب وميل طبقاتها يتراوح ما بين 5° – 40°، كما ساعدت الكسور الثانوية وتباين صلادة الصخور على تشكل الوديان المضربية والمستعرضة وبكثافات متباينة. فيما يلي وصف موجز لأهم تكوينات عصر النيوجين المكتشفة في مواقع النمذجة من الأقدم إلى الأحدث:

■ تكوين الفتحة (المايوسين الأوسط)

يتكشف الجزء الأعلى من هذا التكوين في محور كل من طية حميرين الجنوبي (جنوب منطقة انجانة)، طية حميرين الشمالي شرق وشمال شرق مدينة تكريت. يتألف من مجموعة دورات رسوبية، كل دورة رسوبية تتألف من طبقات طينية خضراء ورصاصية وحمراء اللون وطبقات الحجر الجيري والجبس في الأعلى. تتكشف الطبقات الطينية باتجاه الشمال والشمال الشرقي وتحتوي على عروق جبسية نحيفة. يتراوح سمك الطبقة الطينية ما بين (1 - 3) متر (Lattif, 1975 ; Beleen, et al., 1951; Dannington, 1953).

■ تكوين انجانة (المايوسين الأعلى)

يتكشف في محور كل من طية حميرين الجنوبي (جنوب منطقة انجانة)، طية حميرين الشمالي (شرق وشمال شرق مدينة تكريت) وطية حاوي أصلان (جنوب الموصل). يتألف من مواد فتاتية منقولة والتي يتراوح حجم حبيباتها من الطين إلى الرمل الخشن والتي ترسبت على هيئة تعاقب من صخور طينية بنية اللون متماسكة وجافة وتحتوي على كرات طينية، سمك الطبقة الواحدة يتراوح ما بين (2.5 - 4) متر مع صخور الرمل أو الغرين، بنية اللون، كتلية، ومتشققة تحتوي على عروق جبسية نحيفة، سمك الطبقة الواحدة يتراوح ما بين (2 - 5) متر. سمك التكوين يتراوح ما بين (300 - 500) متر (Jassim, 1976) ومعلة وآخرون، (2005).

■ تكوين المقدادية (المايوسين - البلايوسين)

يتكشف في الأجزاء الخارجية لكل من طية حميرين الجنوبي وطية حميرين الشمالي وفي محور طية ديمرداغ المحدبة (غرب مدينة أربيل). يتألف من مواد فتاتية منقولة والتي يتراوح حجم حبيباتها من الطين إلى الحصى وقد ترسبت على هيئة تعاقب طبقات من صخور الغرين الرملية والرمل الغريني مع طبقات الرمل الحصى. سمك التكوين يتراوح ما بين (450 - 1200) متر (Jassim, 1976) ومعلة وآخرون، (2005).

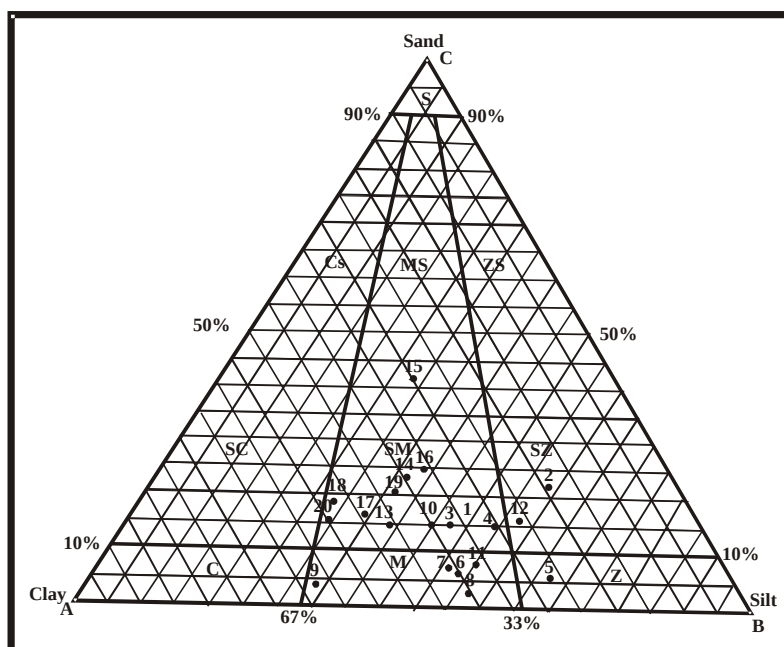
■ تكوين باي حسن (البلايوسين - البلايستوسين)

يتكشف في الجزء الخارجي من طية ديمرداغ المحدبة ويتألف من جزأين، الأسفل يتألف من تعاقب صخور المدملكات مع الرمل والأعلى يتألف من مواد فتاتية منقولة والتي يتراوح حجم حبيباتها من الطين إلى الحصى الخشن والذي ترسب على هيئة تعاقب صخور الوحل الكلسي حمراء فاتحة اللون، متماسكة، وتراوح سمك الطبقة الواحدة ما بين (2 - 10) متر. مع صخور المدملكات، سمك الطبقة الواحدة يتراوح ما بين (5 - 10) متر وسمك التكوين المكتشف 266 متر (معلة وآخرون، 2005).

النتائج

اعتبر معللة وآخرون (أ، ب، ج، 2001 و 2004) والحكيم (1998) إن كل من تكويني انجانة وباي حسن مصادر واعدة للمواد الأولية التي يمكن استخدامها في تصنيع طابوق البناء الطيني لاحتوائها على رواسب طينية ذات بيئة نهريّة قديمة، ولكنها سريعة التغيرات السحنية الجانبية بسبب وجود الألسن أو العدسات الرملية، إضافة إلى تلوث بعض طبقات تكوين انجانة بالجبس الثانوي الذي يملأ بعض الفواصل أو سطوح التطبق على هيئة عروق عمودية أو أفقية. خضعت التربة الطينية ألتطبيق لتكوين باي حسن والأجزاء غير الملوثة بالجبس الثانوي لتكوين انجانة للفحوصات المختبرية. بينت فحوصات التدرج الحجمي للنماذج التي تناولتها الدراسة (الجدول 3). إن نسبة الغرين هي السائدة من المكونات الحجمية في المواقع 1 و 2 و 3 (الجدول 1) والتي تمثل الأجزاء الجنوبية لنطاق أقدام التلال وكانت نسبته 63.2%، أما نسبة الطين فيها فتمثل 37.4% والرمل 10.25% كمعدل عام. أما الموقعين 4 و 5 (الجدول 1) واللذان تمثلان الأجزاء الشمالية لنطاق أقدام التلال فإن نسبة الطين فيها هي السائدة ضمن المكونات الحجمية وتمثل بنسبة 44% ونسبة الغرين 33.85% والرمل 22.3% كمعدلات عامة. يلاحظ بأن نسبة الغرين تقل باتجاه الأجزاء الشمالية بينما نسبة الطين تزداد باتجاه الأجزاء الشمالية. في حين نلاحظ تباين نسبة الرمل كثيراً حيث تباينت معدلاته في الأجزاء الجنوبية 10.25% وفي الأجزاء الشمالية 22.3%، كما إن هذه الترسبات تفتقر للحصى. ونظراً للتشابه الكبير في صخارية الرواسب الطينية ألتطبيق اعتمد مثلث التصنيف للترسبات الفتاتية (Folk, 1974) الموضح في الشكل (2) ومنه تبين أن نماذج الدراسة تتكون من صنف الوحل الرملية وهي المتغلبة ويليهها صنف الوحل ثم نموذج واحد يعود لصنف الغرين الرملية ونموذج واحد لصنف الغرين.

الصفة النسيجي	التوزيع الحبيبي (%)			رقم النموذج
	الرمل أكبر من 0.02 ملم	الغرين (0.02 – 0.002) ملم	الطين أقل من 0.002 ملم	
وحل رملي	15	50	35	1
وحل رملي	22	58	20	2
وحل رملي	15	47	38	3
وحل رملي	15	64	31	4
غرين	6	68	26	5
وحل	6	54	40	6
وحل	7	51	42	7
وحل	4	56	40	8
وحل	4	33	63	9
وحل رملي	15	45	40	10
وحل	7	46	47	11
غرين رملي	16	57	27	12
وحل رملي	15	39	46	13
وحل رملي	24	36	40	14
وحل رملي	42	28	31	15
وحل رملي	25	39	36	16
وحل رملي	17	34	49	17
وحل رملي	19	28	53	18
وحل رملي	21	38	43	19
وحل رملي	16	29	55	20



رمل = S
 غرين = Z
 طين = C
 وحل = M

6

بينت نتائج الأشعة السينية الحادة (شبه الكمي) (الجدول 4) إن النماذج التي تناولتها الدراسة تشمل المعادن الطينية وغير الطينية التي تمثل النشأة المنقولة، كما أن هناك معادن غير منقولة أي موقعية المنشأ. إن نسب المعادن غير الطينية المنقولة تتراوح بين (44 - 60) % وتتكون من الكربونات (الكالسايت والدولومايت) بنسبة (22 - 41) % والكوارتز بنسبة (15 - 25) % والفلدسبار (2 - 8) %، إضافة إلى المعادن المتكونة موقعياً وهي الجبس وينسب متباينة (0 - 5) %. أما نسبة المعادن الطينية المنقولة فتتراوح ما بين (38 - 55) % وتتكون من معادن مختلطة الطبقات (Mixed layers) وإن المعدن الطيني السائد فيها هو الباليكورسكايت - ايلاييت ويليه المونتموريلونايت - كلورايت ثم الكاؤولينايت وهو اقل المعادن وجوداً.

جدول (4): نتائج فحص الأشعة السينية الحادة (شبه الكمي) لكافة نماذج الدراسة باستثناء نماذج موقع ديمرداغ

رقم النموذج	المعادن الطينية (%)			المعادن غير الطينية (%)			
	K	P + I	M+Ch	Q	C	F	G
1	12	25	4	18	-	5	26
2	18	22	5	20	-	8	21
3	12	12	14	23	-	2	26
4	13	17	19	18	-	2	24
5	16	22	12	21	-	3	26
6	16	22	7	24	-	6	24
7	17	22	13	19	-	3	26
8	18	23	7	21	-	4	26
9	15	11	29	20	-	-	22
10	12	19	10	18	-	3	34
11	9	17	9	-	-	-	-
12	13	22	-	25	-	5	30
13	8	11	22	21	30	2	-
14	6	21	18	20	30	2	-
15	7	22	19	20	26	-	-
16	10	14	11	15	41	3	-

حيث ان :

C = الكالسايت	F = الفلدسبار	Ch = الكلورايت	K = الكاؤولينايت	P = الباليكورسكايت
D = الدولومايت	G = الجبسوم	I = ايلاييت	M = المونتموريلونايت	Q = الكوارتز

بين فحص اللدونة (الجدول 5) إن النماذج التي تناولتها الدراسة تتألف من مجموعتين من الرواسب الطينية عالية ومتوسطة اللدونة (CH و CL) حسب التصنيف الموحد للترب (U.S.C.S). وقد لوحظ أن الأجزاء الجنوبية من منطقة الدراسة (الموقعين 1 و 2) تحتوي على كميات مهمة من المعادن الطينية المختلطة بالباليكورسكايت - ايلاييت ونسبة (11 - 25) % والتي تميل بطبعها نحو اللدونة الواطنة نسبياً، ولكنها تزداد تدريجياً باتجاه الأجزاء الشمالية من منطقة الدراسة (الموقعين 4 و 5) لتشكل قيم عالية بسبب التقارب النسبي بين نسب المعادن المختلطة بالباليكورسكايت - ايلاييت و المونتموريلونايت - كلورايت وكذلك انخفاض نسب الكاؤولينايت والتي تشكل نسبة (6 - 15) % . كما أن الترسبات الطينية تقتقر لوجود المايكا والبيرايت ذات التأثير السلبي في تصنيع طابوق البناء.

بين التحليل الكيميائي للرواسب الطينية أمتطبة (الجدول 6) إن نسبة السليكا تراوحت ما بين (36 - 45.5) % وهي تشكل النسبة الرئيسة لكافة نماذج الدراسة، فضلاً عن احتواء النماذج التي تناولتها الدراسة على نسب متفاوتة من الألومينا وأكاسيد الكالسيوم، الحديد والمغنسيوم. إن نسبة الكبريتات تراوحت بين (0 - 3) % وتراكم القلويات (Na_2O و K_2O) تراوحت بين (0.2 - 2.5) %، أما نسبة الكالسايت (CaO) فتزداد تدريجياً باتجاه الأجزاء الشمالية، وتراوحت نسبة أكسيد الحديد بين (3 - 5.6) % وأخيراً نسبة المغنيسيا (MgO) تراوحت بين (3.45 - 8.65) % . كما أن هذه الترسبات تقتقر لوجود المواد العضوية.

جدول (5): نتائج فحص اللدونة للرواسب الطينية النيوجينية

رقم النموذج	حد السيولة L.L %	حد اللدانة P.L %	معامل اللدونة P.I %	نوع التربة U.S.C.S
1	31.24	18.65	12.59	CL
2	28.37	18.8	9.57	CL
3	35.15	20.9	14.25	CL
4	33.85	22.66	11.19	CL
5	45.85	24.23	21.62	CL
6	36.16	23.56	12.6	CL
7	42.12	25.02	17.1	CL
8	45.77	25.92	19.85	CL
9	43.2	25.9	17.3	CL
10	50.08	23.65	26.43	CH
11	51.8	26.9	24.9	CH
12	54.77	29.5	25.27	CH
13	54.58	26.88	27.7	CH
14	58.28	29.52	28.76	CH
15	30.79	21.3	9.49	CL
16	49.61	25.24	24.37	CL
17	53.37	24.81	28.56	CH
18	53.114	24.9	28.218	CH
19	51.9	24.95	26.95	CH
20	51.33	25.1	26.22	CH

حيث ان :

CL: تربة متوسطة اللدونة	CH: تربة عالية اللدونة
-------------------------	------------------------

أما الطابوق المنتج بعد عملية الفخر فقد خضع لتقييم **مظهره العام** الذي أشار إلى إن لونه السائد يتراوح بين البيج الفاتح والأصفر وبعضها بني محمر، وذو إبعاد منتظمة وزوايا قائمة وحافات مستقيمة وسطوحا مستوية وعديمة التشقق باستثناء الطابوق المحضر من موقع الموصل الذي تعرضت بعض عيناته للانفتاح الجزئي مع شقوق قليلة إلى كثيرة.

أجريت مجموعة من الفحوصات المختبرية لتخمين متانة الطابوق المحضر بطريقة البثق وكما مبين في الجدول (7).

من خلال قياس **أبعاد وحجم** الطابوق المنتج سليما قبل الفخار وبعده تبين أن نسبة الانكماش الطولي يتراوح ما بين (0.4 - 1.8) % والانكماش الحجمي يتراوح بين (4.5 - 11.9) %. وكذلك إن **تحمل الضغط** للطابوقة الواحدة يتراوح بين (16 - 42) نيوتن/م² و**فحص امتصاص الماء** يتراوح بين (18 - 33) %. أما فحص **التزهير** فكانت النتائج تتراوح بين خفيف – متوسط باستثناء عينتين من طابوق موقع الموصل حيث ظهرت فيهما العيوب التالية أثناء هذا الفحص: عدم استواء أسطح الطابوق بسبب ظهور انتفاخات جزئية ترافقها عقد ببيضاء اللون بحجوم مختلفة تراوحت بين (1 - 5) ملم يرافقها شقوق مفتوحة وتتلحم حافتها.

جدول (6): نتائج التحليل الكيميائي للرواسب الطينية النيوجينية

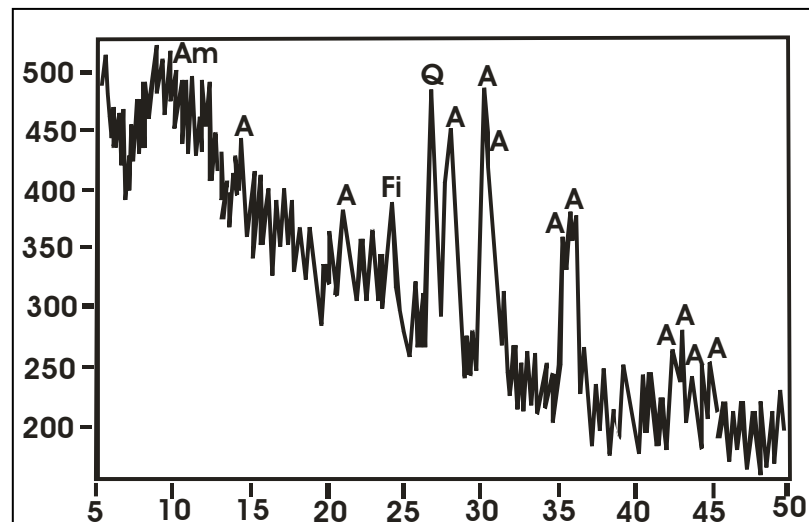
نسبة مئوية وزنية (%)										رقم النموذج
Na ₂ O	K ₂ O	L.O.I	SO ₃	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Total	
1.52	1.87	16.21	1.38	5.65	14.02	4.6	10.15	42.64	98.04	1
1.74	1.8	15.13	1.96	5.5	12.69	4.7	10.96	43.02	97.5	2
1.8	1.74	16.17	0.65	5.1	15.14	4.6	9.44	43.88	98.52	3
1.34	1.28	18.05	3.05	7.7	14.86	5.23	10.56	35.98	98.14	4
1.27	2.6	15.53	0.48	6.9	11.2	5.82	12.98	42.18	98.96	5
0.9	1.96	15.21	0.09	6.7	12.88	5.52	12.51	42.68	98.45	6
1.11	2.28	16.16	0.5	7.2	12.88	5.28	11.36	42.54	99.31	7
1.16	2.52	15.03	0.12	6.6	12.32	5.6	13.22	42.44	99.01	8
0.8	1.78	14.36	<0.07	8.2	10.92	5.4	14.4	42.96	98.89	9
1.48	1.13	18.23	1.86	7.2	16.8	5.26	10.62	36.98	99.56	10
1.7	1.54	16.78	1.5	6.3	15.0	2.9	11.09	41.12	97.93	11
1.87	1.54	15.05	1.8	8.65	14.0	3.1	11.33	41.28	98.62	12
0.73	1.16	17.59	<0.07	4.6	17.92	4.82	10.6	41.82	99.13	13
0.46	1.23	17.52	<0.07	3.95	17.36	4.75	10.39	43.76	99.03	14
0.8	1.46	16.64	<0.07	3.9	15.68	4.42	9.44	45.54	97.95	15
0.4	0.66	22.95	<0.07	3.45	23.52	3.55	8.2	35.92	98.72	16
0.24	1.0	21.5	<0.07	5.2	20.07	4.65	8.73	38.0	99.16	17
0.31	0.93	21.3	<0.07	4.6	21.0	4.65	8.73	38.02	99.95	18
0.34	0.96	21.55	<0.07	5.0	20.18	5.02	8.73	38.0	99.85	19
0.41	1.36	21.38	<0.07	3.9	20.98	5.4	10.15	36.4	100	20

لغرض التعرف على الأطوار المعدنية لبنية الطابوق المنتج بعد الفخار في فرن كهربائي بدرجة 950° م لمدة ساعة واحدة وبفترة إنضاج ثلاث ساعات، خضعت خمسة عينات من الطابوق المفخور بالحجم المختبري وبواقع نموذج واحد من كل موقع لفحص الأشعة السينية الحادثة (XRD) وقد تبين تكوين طور بلوري جديد هو طور الـ أوجايت (Augite)، وهو احد معادن مجموعة البايروكسين (الشكل 3).

يبين الجدول (8) نتائج تصنيف طابوق البناء المنتج مختبرياً وفق المواصفة القياسية العراقية رقم 25 لسنة 1993 ويتضح منه بان كل موقع يحتوي على صنف أ و ب باستثناء الموقع رقم 5 الذي يحتوي على الأصناف أ و ب و ج مع فشل عينة واحدة بامتصاص الماء.

جدول(7): نتائج فحص الطابوق الطيني بالحجم المختبري

رقم النموذج	أبعاد الطابوقة				الخواص الفيزيائية للطابوقة		
	الطول (سم)	العرض (سم)	الارتفاع (سم)	الانكماش الطولي (%)	الانكماش الحجمي (%)	تحمل الضغط لطابوقة واحدة (نيوتن / م ²)	امتصاص الماء لطابوقة واحدة (%)
1	7.02	3.72	2.5	1.1	1.3	29.1	19
2	تكسر اثناء الحرق						
3	7.29	3.64	2.46	0.4	2.0	20.4	21
4	6.97	3.68	2.38	0.7	3.5	26.5	23
5	7.09	3.72	2.42	0.6	4	38.7	23
6	7.06	3.7	2.4	1.1	5.3	42.9	19
7	7.11	3.72	2.45	1.1	4.4	40.8	20
8	7.07	3.74	2.43	1	4.5	39.7	22
9	7.04	3.53	2.3	1.5	8.4	31.4	21
10	6.9	3.63	2.36	0.4	3.6	26	25
11	7.22	3.63	2.36	1.8	4.6	16	23
12	7.27	3.56	2.44	0.7	1.0	24.5	22
13	6.82	3.57	2.3	1.5	5.2	30.4	19
14	6.87	3.58	2.31	1.7	7.4	31.7	20
15	6.94	3.63	2.34	0.7	4.2	31.8	20
16	6.97	3.64	2.36	0.8	4	31.1	23
17	6.49	3.56	2.33	0.3	7.3	20.3	25
18	6.44	3.53	2.31	2.1	11.1	23.8	23
19	6.49	3.54	2.36	3.0	11.9	20	33
20	6.43	3.56	2.35	1.8	8.4	22.7	18



حيث أن:

Filerite =Fi	Quartz =Q	Amorph =Am	Augite =A
--------------	-----------	------------	-----------

شكل (3): مخطط الحيود السيني يبين الأطوار المعدنية لعينة طابوق مفخورة بدرجة 950° م

جدول (8): تصنيف طابوق البناء (بالحجم المختبري) حسب المواصفة العراقية رقم 25 لسنة 1993

رقم النموذج	الحد الأدنى لتحمل الضغط (لطابوقة واحدة) (نيوتن/ملم ²)	الحد الأعلى للنسبة المئوية بالوزن لامتصاص الماء (لطابوقة واحدة) %	ألتزهـر (الحد الأعلى)	أصنف
1	أ	أ	خفيف	أ
2	تكسر أثناء الحرق		خفيف	
3	أ	أ	خفيف	أ
4	أ	ب	خفيف	ب
5	أ	ب	خفيف	ب
6	أ	أ	خفيف	أ
7	أ	أ	خفيف	أ
8	أ	أ	خفيف	أ
9	أ	أ	خفيف	أ
10	أ	ب	متوسط	ب
11	أ	أ	خفيف	أ
12	أ	ب	خفيف	ب
13	أ	أ	خفيف	أ
14	أ	أ	خفيف	أ
15	أ	أ	خفيف	أ
16	أ	أ	خفيف	أ
17	أ	ب	خفيف	ج
18	أ	ب	متوسط	ب
19	أ	ج	متوسط	فاشل
20	أ	أ	خفيف	أ

المناقشة

تعتبر مرحلة تجفيف الطابوق غير المفخور (green-bricks) بصورة عامة من أكثر مراحل إنتاج الطابوق حرجية بسبب احتفاظ الطابوق غير المفخور ببعض الماء الذي لا يمكن التخلص منه حتى بالمراحل الأولى من عملية الفخر نتيجة الانغلاق الكلي للنسيج اللدن (البصام، 2004). أشار فتوحي وآخرون (1989) بأن الطين عندما يجف ينكمش وان مقدار هذا الانكماش يعتمد على كمية الماء المخزون في المسامات التي يحتويها أو التي تكون ضمن التركيب الجزيئي للمعادن الطينية. إن فحص معامل اللدونة هو مؤشر على نسبة الرطوبة التي تبقى فيها التربة بحالة اللدونة. بينت نتائج فحص اللدونة (الجدول 5) إن معامل اللدونة يتراوح بين (11.19 - 28.76) % وتعتبر هذه النسبة قليلة وهي تتناسب مع المحتوى السائد للمعادن الطينية (الباليكوسكايت - إيليت) حيث أن التركيب الجزيئي لهذه المعادن لا قدرة له على سحب الماء وتشكيل حاله الانتفاخ. أشار (Al-Kass and Al-Khalisi, 1983) إلى أن تشقق الطابوق غير المفخور يعود إلى كثرة تركيز المونتموريلونايت و توزيع التدرج الحجمي. وكما تم توضيحه سابقا فإن محتوى المعادن المختلطة (المونتموريلونايت - كلورايت) يأتي بالمرتبة الثانية وتركيزها تعتبر قليلة حيث يكون تركيز أطيان الكاؤولينايت هي الأعلى مقارنة بمحتواها في ترب السهل الفيضي الحديث.

أما التدرج الحجمي (الجدول 3) فقد تبين أن المحتوى العالي كان في الغرين والطين باستثناء النموذج رقم 2 (سيتم شرحه لاحقا) وقلة محتوى الرمل الذي تراوح ما بين (4 - 24) % وهي قيمة واطئة للترب المستخدمة في صناعة طابوق البناء. كما أن 50% من SiO₂ الموجودة في الرواسب الطينية المتطبقة توجد على هيئة سليكا حرة (كوارتز) والتي تقوم على تقليل لدونتها وبالتالي تقليل الانكماش في عملية التجفيف. بين التحليل الكيميائي (الجدول 6) إن محتوى النماذج التي تناولتها الدراسة من أكسيد الكالسيوم تراوح بين (12.32 - 23.42) % وهذه النسبة ربما تقلل من الانكماش وتسهل عملية التجفيف في درجات حرارة تحت 17° م (Al-Kass and Al-Khalisi, 1983).

تعتبر عملية فخار الطابوق مرحلة ثانية في عملية تصنيع طابوق البناء الطيني، والتي تهدف إلى إنتاج زجاج كاف لربط الأجزاء غير الملتحمة مع بعضها، إن الحرارة تعمل على إحداث تغيرات كبيرة في الأطوار المعدنية عند تعرض المعادن الأولية الموجودة في الرواسب الطينية أمتطبة القديمة إلى درجات حرارة 950° م ، حيث تتكون هذه الرواسب من معادن طينية (الباليكوسكايت - ايلاييت و المونتموريلونايت - كلورايت و الكاولينايت) ومعادن غير طينية (الكوارتز، الكالساييت، الفلدسبار و الجبس). إن هذه المعادن الأولية تتحول في درجة الحرارة أعلاه إلى طور الـ Augite وينتمي إلى مجموعة البايروكسين (Ca Mg Fe Al₂ Si₂ O₆) (Bates and Jackson, 1983) والسليكا الحرة واتحاد بعض العناصر القلوية مع السليكا الحرة لتكوين أطوار زجاجية مثل سليكات الصوديوم أو سليكات البوتاسيوم (الشكل 3).

بين التحليل الكيميائي للرواسب الطينية أمتطبة (الجدول 4) إن محتوى أوكسيد السليكون لم يتغير كثيرا في كافة النماذج التي تناولتها الدراسة وتراوح بين (35 - 45) % وكذلك الألومينا مع وجود علاقة طردية بينهما وهما يشكلان المكونات الأساسية للمعادن الطينية، وبعدان كماد مقاومة للانصهار وإن كافة النماذج تحتوي على نسب شبه عالية لأكاسيد كل من CaO, Fe₂O₃ و MgO حيث أنها تقع ضمن المدى (2.9 - 23.5) % والتي بدورها ستؤدي إلى زيادة درجة حرارة التزجيج.

إن التكسرات التي تحصل لعينات الطابوق أثناء الفخار تعود إلى زيادة أملاح الصوديوم والبوتاسيوم الموجودة في المواد الأولية وبسبب التفاعلات الكيميائية التي تحدث في إحدى مراحل الفخر (الرمضاني و عبد القادر، 1995)، وكذلك أضاف البصام (2004) إن تفكك الكلوريدات إلى غاز الكلور وايونات الصوديوم والبوتاسيوم يتم بدرجة حرارة (650 - 700)° م. أما البصام (2004) فقد أعزى أسباب التكسر إلى الكالساييت والكبريتات والأملاح الذائبة والكلوريدات وحجم الغرين، حيث إن الكالساييت تحرر غاز CO₂ والكبريتات تحرر H₂O + SO₂ والذان يعملان على زيادة المسامية، إن هذه الأسباب لا تنطبق على تكسر النموذج رقم 2 لأن نسب كل من الكالساييت و الكبريتات سائدة في كافة النماذج التي تناولتها الدراسة والتي لم تتعرض إلى الكسر. إن رأي الباحثين حول تكسر العينة أعلاه أثناء الفخار يعود ابتداء إلى مرحلة التجفيف حيث أن النموذج له معامل لدانة 9.57 وهي نسبة واطنة بسبب قلة حجم الطين (20%) وزيادة نسبة أجزاء الغرين (58%) إضافة إلى حجم الرمل (22%) وجميعها أدت إلى تكوين الشقوق الشعرية أثناء التجفيف ثم توسعها أثناء الفخار ولربما في مراحله الأولى. أشار البصام (2004) إلى أن الرطوبة الناشئة عن وجود الماء في فراغات ومسامات عينة الطابوق تزال بدرجة حرارة (100 - 150)° م وتؤدي إلى حصول تقلص أولي في الحجم. أما ألتكسرات التي تحصل للعينات بعد الفخر وكما حصل للعينتين 16 و 13 وتعرض أسطحها للانتفاخ الجزئي مع وجود شقوق قليلة - كثيرة وظهور ندب بيضاء اللون داخل بعض عينات الطابوق وانهارها أثناء فحصي ألتزهر وامتصاص الماء فيعود إلى ضعف مقاومة عينات الطابوق للرطوبة. بعد استقصاء العيوب بواسطة فحص الأشعة السينية الحادثة للمادة الأولية (الرواسب الطينية أمتطبة) وجد خلوها من شوائب الأملاح والكبريتات (الجبس).

تم فحص الندب البيضاء الموجودة داخل بعض عينات الطابوق بواسطة الأشعة السينية الحادثة وتبين أنها كالساي (CaO) تكون بعد عملية الفخار وعند الترطيب تتحول إلى هيدروكسيد الكالسيوم الذي بدوره سيتحول إلى مسحوق أبيض اللون في حالة الجفاف، وهذا دليل على تأثير خواص الطابوق بوجود نسبة عالية من CaCO₃ وبأكثر من 30%، إذ أن هذه المادة تتحول أثناء الفخر عند درجة حرارة 950° م إلى كالساي وتحرر غاز CO₂ وبدوره يؤدي إلى زيادة مسامية الطابوق (البصام، 2004) ونقصان قوتها (معلقة وآخرون، 2001 ب و ج). أما CaO يؤدي إلى تقطيت الطابوق بعد الفخر والذي يعرف بتفجير الجير (Lime blowing) وسببه اتحاد CaO مع الماء أو الرطوبة في الجو وتكوين Ca(OH)₂ وينتج عنه زيادة بالحجم مما يؤدي إلى تلف الطابوق والتي سيتم توضيحها لاحقاً.

إن المواصفة القياسية العراقية رقم 25 لسنة 1993 تربط بين المكونات الكيميائية والمعدنية والتدرج أألحجي الحبيبي الموجودة أصلاً في الرواسب الطينية، فالمقاومة الإنضغاطية للطابوق المنتج ترتبط إيجابياً مع نسبة حجم الطين الذي يتكون من المعادن الطينية بشكل رئيسي ويتحكم بتراكيز الألومينا والمغنيسيا. أما نسبة امتصاص الماء (هو تعبير عن مسامية الطابوق المنتج) فترتبط مع الكالسايا والكبريتات ونسبة الغرين الذي تتغلب فيه المعادن الكربونائية والمعادن الملحية من نوع الجبس. بين البصام (2004) إن المسامية تزداد بتحرر غاز CO₂ من الكربونات وكذلك تحرر الماء من الكبريتات بعد الفخار و ذلك سيؤدي بدوره إلى تكوين المسامات من خلال الفراغات التي ستتركها. إن سبب فشل عينة الطابوق رقم 19 يعود إلى نسبة المسامية العالية 33% والتي تعود إلى احتواء هذه العينة على نسب عالية من المعادن الكربونائية وخاصة الكالساييت حيث عملت الغازات المتحررة على تفكك هذه المعادن بدرجة حرارة 950° م وتكون مسامية ثانوية. من الجدير بالذكر إن تأثير الكربونات أكبر من تأثير الكبريتات لأن كمية الكربونات تصل إلى 40% أما الكبريتات فلا تتجاوز 5% وإن كمية CO₂ في الكالساييت 44% بينما كمية الماء في الجبس فهي 21%.

أما التزهير الذي يسبب فشل الطابوق العراقي المنتج من ترسبات السهل الفيضي الحديث فيرتبط سلبا مع الكبريتات وحجم الغرين. وقد بين ألبصام (2004) إن المعادن الطينية ذات القابلية العالية على التبادل الأيوني مثل الباليكورسكايت تحمل أيونات للعناصر القلوية والقلوية الأرضية (Ca, K, Na) في مواقع بلورية غير ثابتة وبالتالي قد يكون تحرر هذه العناصر مصدرا لزيادة التزهير في الطابوق المفخور في حرارة واطئة نسبيا 950°م، بين (1962) Grim انه بالإمكان تجاوز ذلك بزيادة درجة حرارة الفخار أو زيادة وقت الإنضاج.

إن الانكماش الطولي والحجمي لعينات الطابوق يرتبط بعلاقة ايجابية مع نسبة المعادن الطينية، حيث أشار ألبصام (2004) بان الانكماش الطولي والحجمي للطابوق بعد الفخار يعود إلى وجود نسبة عالية من المعادن الطينية في المادة الأولية التي تفقد الماء الموجود فيها في احد الأطوار وبالتالي يؤدي إلى تقلص حجم الطابوق. إن عينة الطابوق رقم 19 تميزت بأعلى انكماش طولي (3%) وحجمي (11.9%) وربما يعود ذلك إلى وجود نسب عالية من المعادن الطينية في الرواسب الطينية المتطبقة لتكوين باي حسن.

يفترض أن يكون اللون السائد للطابوق المنتج بين البيج الفاتح والأصفر، ولكن استخدام فرن قديم في عملية الفخار أدى إلى عدم انتظام توزيع الحرارة داخله وبالتالي أدى إلى إنتاج بعض عينات الطابوق بلون بني محمر.

إن عملية معالجة عينات الطابوق بالحجم المختبري للعينتين رقم 13 و 16 والتي ظهر على أسطحهما إنتفاخات وندب بيضاء اللون داخل جسم الطابوق تم من خلال إيجاد العلاقة بين جودة الطابوق ونسبة السليكات إلى الكربونات حيث أن السليكات تشمل الكوارتز، المعادن الطينية والفلسبار والكربونات تشمل الكالساييت، وجد معلة وآخرون (أ، 2001) أن هذه العلاقة تساوي تقريبا 2 وكلما قلت هذه النسبة أدت إلى إنتاج طابوق خارج حدود المواصفة المطلوبة، إن قلة هذه النسبة تكون احتمالية بقاء قسما من CaO غير متفاعل والذي سيؤثر على مقاومة الطابوق للرطوبة (الجدول 9). بالإمكان التخلص من ظاهرة الإنتفاخات والندب البيضاء وذلك بالطحن الناعم وخفض درجة حرارة الفخار إلى 850 ° م ، وبهذا يبقى CaCO₃ على حاله وبدون تفكك والتي تحولت مكوناتها الأولية إلى الأطوار المعدنية (ولوستونايت و كهلنايت - دايبوسايد)، ودرجة الحرارة أعلاه تلائم الترب الطينية للأجزاء الشمالية من نطاق أقدام التلال.

جدول(9): تقييم جودة عينات الطابوق في موقع الموصل

رقم النموذج	المعادن غير الطينية (%)			المعادن الطينية (%)			مجموع السليكات	السليكات إلى الكربونات	ملاحظات عن الجودة
	C	Q	F	M+Ch	I+P	K			
13	40	15	1	14	18	8	55	1.4	غير جيد يحتاج إلى رمل
14	30	20	2	18	21	6	67	2.23	جيد
15	26	20	=	19	22	7	68	2.6	جيد
16	41	15	5	11	14	10	55	1.36	غير جيد يحتاج إلى رمل

حيث أن :

C = الكالساييت	Q = الكوارتز	F = الفلسبار	M = المونتوريلونيت
Ch = الكلورايت	I = الايلايت	P = الباليكورسكايت	K = الكاؤولينايت

ولغرض تطوير أداء المادة الأولية وإمكانية استخدامها في تصنيع الطابوق تطلب الأمر إضافة رمل ناعم (بمناز بفعاليته في تغيير السلوك الحراري لكربونات الكالسيوم) ونسبه 1 : 1 ومزجه بصورة جيدة مع الرواسب الطينية المتطبقة (المطحونة)، ونتيجة لعملية المزج هذه وبعد عمل عينات وفخرها بدرجة حرارة 950°م وجد بان صنف الطابوق المنتج انخفض من صنف أ إلى الصنف ب، إن مصدر الرمل الناعم كان من الطبقات الرملية المتعاقبة مع الرواسب الطينية المتطبقة في نفس الموقع.

الاستنتاجات

- إن الرواسب الطينية النيوجينية العائدة لتكويني انجانة و باي حسن المكتشفة في نطاق أقدام التلال توفر مادة أولية لتصنيع طابوق البناء ومن الصنفين أ و ب وفق متطلبات المواصفة القياسية العراقية رقم 25 لسنة 1993.
- تمتاز الرواسب الطينية النيوجينية بتوفر صنفين نسيجين هما الوحل والوحل الرملي وتحتوي على أكثر من 50 % معادن غير طينية و أقل من 50% معادن طينية تتغلب عليها المعادن المختلطة (باليكورسكايت - ايليت) ذات اللونة المناسبة والحساسية الضعيفة تجاه التجفيف.
- إن أفضل درجة حرارة لفخر طابوق البناء بالحجم المختبري هي 950° م للمادة الأولية المتوفرة في الأجزاء الجنوبية لنطاق أقدام التلال و 850° م بالنسبة للمادة الأولية المتوفرة في الأجزاء الشمالية منه.
- إن تفاعل المعادن الطينية مع المكونات الأخرى بدرجة حرارة 950° م أدى إلى اختفاء المكونات الأولية وظهور طور معدني جديد هو الـ اوجايت، في حين أن الفخر بدرجة حرارة 850° م أدى إلى اختفاء المكونات الأولية وظهور أطوار معدنية جديدة تمثلت بـ ولوستونايت و كهلنايت - دايوبسايد.

التوصيات

نوصي بإجراء تجربة صناعية لإنتاج طابوق البناء في المواقع المدروسة للتحقق من نوع المنتج، حيث أن الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين قامت بتجربة صناعية لإنتاج طابوق البناء من أطيان منطقة داقوق جاي في محافظة كركوك وكان الطابوق المنتج من الصنفين (أ ، ب) (الياس وآخرون، 2004).

المصادر

- الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، 1993. المواصفات القياسية العراقية رقم 25 الطابوق المصنع من الطين (الاجر). البصام، خلدون صبحي، 2004. تقييم المواصفات الفيزيائية والكيميائية للمواد الأولية المستعملة في صناعة الطابوق المفخور. جيسيرف، رقم التقرير 2873.
- الحكيم، فرهاد عبد الأحد، 1998. تقييم بعض أطيان النيوجين في شمال العراق للإغراض السيراميكية، أطروحة ماجستير غير منشورة، جامعه بغداد، 100 صفحة.
- البيداري، ازهار بولص بلدا، 1997. معدنية وجيوكيميائية وتقييم الصخور الطينية لتكوين انجانة في منطقة النجف - كربلاء. أطروحة دكتوراه (غير منشورة)، جامعة بغداد، 208 صفحة.
- الرمضاني، خيرية عبد الله وعبد القادر، سعد عبد الوهاب، 1995. تأثير المواد الأولية على طابوق البناء الطيني. ندوة الطابوق العراقي في مجال الاستخدام والخواص وأساليب تطور صناعته، المركز القومي للمختبرات الإنشائية، بغداد.
- الياس، جعفر حميد وخميس، ضياء بدر ولفته، أحلام عبد الله ومحمود، زياد كاظم، 2004. التجربة الصناعية لإنتاج الطابوق الفخاري لأطيان منطقة داقوق جاي بطريقة البثق في محافظة التاميم. جيسورف، رقم التقرير 2861. بغداد، العراق.
- حمادي، احمد عبد، 2002. تطوير خامات عراقية لإنتاج البلاط السيراميكي بالحرق السريع المنفرد، أطروحة ماجستير غير منشورة، جامعة بغداد.
- سرسم، نجلة متي، 2004. معدنية وجيوكيميائية ترسبات النيوجين قرب الرمادي وصلاحياتها للإغراض السيراميكية، أطروحة ماجستير غير منشورة، جامعة بغداد.
- فتوح، زهير وثابت، كنانة محمد والجسار، سنان و مشكور مصطفى، 1989. الجيولوجيا الهندسية والتحري الموقعي. إصدار مديرية دار الكتب للطباعة والنشر في جامعة الموصل، العراق.
- معة، خلدون عباس، جبو، باسم روفائيل، السعدي، نوال احمد، لفته، أحلام عبد الله و فياض، كوكب حمد، 2001 أ. التقييم النوعي والكمي للترب الطينية المتطبقة لإغراض صناعة طابوق البناء الطيني في جنوب الموصل، محافظه نينوى. جيسورف، رقم التقرير 2725، بغداد، العراق.
- معة، خلدون عباس، سعود، قيس جاسم، خميس، ضياء بدر، السعدي، نوال احمد ولفته، أحلام عبد الله، 2001 ب. التقييم النوعي والكمي للترب الطينية المتطبقة لأغراض صناعة طابوق البناء الطيني في شمال شرق تكريت. جيسورف، رقم التقرير 2714. بغداد، العراق.
- معة، خلدون عباس، سعود، قيس جاسم، خميس، ضياء بدر، السعدي، نوال احمد ولفته، أحلام عبد الله، 2001 ج. التقييم النوعي والكمي للترب الطينية المتطبقة لأغراض صناعة طابوق البناء الطيني في منطقة إنجانة، محافظة ديالى. جيسورف، رقم التقرير 2715. بغداد، العراق.
- معة، خلدون عباس، خميس، ضياء بدر، سعود، قيس جاسم، السعدي، نوال احمد وعبد الزهرة، عماد كاظم، 2002. التقييم النوعي والكمي للترب الطينية المتطبقة لأغراض صناعة طابوق البناء الطيني في شرق تكريت محافظة صلاح الدين. جيسورف، رقم التقرير 2807. بغداد، العراق.
- معة، خلدون عباس وكاظم، ماجد عبد الأمير وعبد الحسن، علي خضير وخوشناو، عزيز إسماعيل، 2005. المسح الجيولوجي التفصيلي لطية دميرداغ المحدبة (الجزء الشرقي). أربيل، كردستان. جيسورف، رقم التقرير 2960. بغداد، العراق.
- ميرزا، تولة احمد، 1997. تقييم بعض أطيان الكريتاسي الأعلى والثلاثي في شمال شرق العراق للإغراض السيراميكية. رسالة ماجستير غير منشورة، جامعه بغداد، 106 صفحة.
- Al-Kass, R.M. and Al-Khalissi, F.Q., 1983. Drying Properties of Brick-Clays in Iraq. Scientific Research Center, Iraq.
- Bates, R.L., 1969. Geology of Industrial Rocks and Minerals. Dover Publication INC, New York, 459pp.
- Bates, L.R. and Jackson, A. J., (Editors), 1983. Dictionary of Geological Terms. American Geological Institute.
- Buday, T., and Jassim, S.Z., 1987. The Regional Geology of Iraq. Vol. 2, Tectonism, Magmatism, and Metamorphism, GEOSEURV, 352pp.

- Bellen, R.C., Dunnington, H.V., Wetzel, R. and Morton, D.M., 1959. Lixique Stratigraphique International. VIII, Aasie, Fasc.10a, Iraq. Paris, 333pp.
- Dunnington, H.V., 1958. Generation, migration, accumulation and dissipation of oil in northern Iraq. In Weeks, L.G.(ed.), Habitat of oil symposium, A.A.P.G., Spec. Publ., S 251, 1194pp.
- Folk, R.L., 1974. Petrology of Sedimentary Industrial Rocks and Minerals. Hemphill Publ.Co., Texas, USA, 182pp.
- Grim, R.E., 1962. Applied Clay Mineralogy. McGraw Hill Co.Inc., USA.
- Jassim, S.Z., 1976. Hydrocarbon Explosions Crater Injana area, Hemrin South Iraq. Jour. Geol. Soc. of Iraq, Vol. IX.
- Kingery, W.D., 1967. Indroduction to Ceramics. John Willey and Sons INC., New York, 781pp.
- Lambe, T.W. and Whitman, R.V., 1969. Soil Mechanics. John Willey and Sons Inc., New York, London, Sydney, Toronto.
- Lateef, A.S.A., 1976. Report on the Regional Geological Mapping of Hamrin Range. GEOSURV, int. rep. no. 772.
- Tucker, M.E., 1985. Sedimentary Petrology, An Introduction. Blackwell Scien. Publ., Oxford, 252pp.