

التقييم الكيميائي والمعدني للمواد الأولية لصناعة الإسمنت في معامل إسمنت الكوفة

* صفاء حسين العلي

* ستار جبار الخفاجي

** ذنون عبد الرحمن ذنون

* قسم علم الأرض - كلية العلوم - جامعة البصرة.

** قسم علم الأرض - كلية العلوم - جامعة البصرة.

المستخلص

يتناول البحث الحالي دراسة الخواص الكيميائية والمعدنية للمواد الأولية الداخلة في صناعة الأسمنت البورتلاندي الإعتيادي المنتج من معامل إسمنت الكوفة. أوضحت التحاليل الكيميائية لـ (6) نماذج من الحجر الجيري/ تكوين الفرات (منطقة بحر النجف) و (4) نماذج من المواد الطينية (منطقة الكفل)، أوضحت النتائج إرتفاع محتواها من (CaO) في جميع نماذج الحجر الجيري مع زيادة محتوى (MgO) في البعض منها. أما المواد الطينية فكان محتوى (SiO₂) فيها مرتفعاً، أما محتواها من الأكاسيد الأخرى (Al₂O₃, CaO, Fe₂O₃, MgO, SO₃, K₂O, Na₂O) فكان واطناً نسبياً. بينت الدراسة المعدنية سيادة معدن الكالسيت في معظم نماذج الحجر الجيري، بينما كان الدولومايت في نماذج أخرى منه هو المعدن السائد. في حين كانت معادن الالاييت - مونتموريلونايت، والمونتموريلونايت والكاؤولينايت والكلورايت والباليكورسكايت هي المعادن الطينية السائدة وينسب مختلفة مترافقة مع كل من الكوارتز والكالسايت في معظم النماذج. إن التركيب الكيميائي والمعدني للمواد الأولية يظهران ملائمتها لصناعة الاسمنت، إذ يلاحظ اقتراب معظم نسب الأكاسيد في خلطة المزيج الخام من المديات المسموح بها في صناعة الاسمنت عالمياً.

Chemical and mineralogical assessment of raw materials for cement industry at Kufa cement plants

S. H. Al-Ali

S. J. Al-Khafaji

T. A-R. Thannon

Abstract

Raw materials which used in the industry of ordinary Portland cement produced at Kufa cement plants were studied chemically & mineralogically.

Chemical analysis of six limestone samples selected from Euphrates formation at Bahr Al-Najaf area shows an increases in the concentration of CaO in some samples and an increases in MgO concentration in other samples.

Clay samples have high concentration of SiO₂ in comparison with Al₂O₃, Fe₂O₃, SO₃ concentrations.

Calcite is the dominant mineral in most limestone samples, while dolomite is the dominant mineral in other samples. Illite-montmorillonite, montmorillonite, kaolinite, chlorite and palygorskite are most important clay minerals recognized in clays associated quartz and calcite.

Chemical and mineralogical analysis of raw materials shows their suitability for cement industry, most of oxides in the raw mix materials at Kufa cement plants meet the international specifications needed for cement production.

المقدمة

الإسمنت من المواد الإنشائية الأساسية اللازمة للبناء كونه يساهم مساهمة فعالة في دعم خطط التنمية وتطوير مشاريع الإعمار المختلفة كأبنية المدارس والدور السكنية والمصانع والسدود ومشاريع الطرق والجسور والخزانات سواء كان على شكل ملاط (Mortar) أو خرسانة (Concrete). مما يتطلب الاهتمام بإنتاج إسمنت ذي مواصفات عالية الجودة والذي يتطلب مواد أولية وظروف إنتاج ملائمة لصناعته تتوافق مع المواصفات القياسية الخاصة بالإسمنت.

يعتمد التركيب الكيميائي للإسمنت البورتلاندي بالدرجة الأساس على التركيب الكيميائي للمواد الأولية الداخلة في إنتاجه، وإن معرفة التركيب الكيميائي لتلك المواد يعطي معلومات أولية عن نوعية هذه المواد ومدى ملائمتها لصناعة الإسمنت، علاوة على المكونات الأخرى كالمغنيسيا والكبريتات والقلويات والكلوريدات التي يجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار لما لها من تأثير على نوعية وجودة الإسمنت فضلاً عن إنها تسبب بعض المشاكل التشغيلية في الفرن (Schafer, 1987; السقا، 2002).

لإستمرار الجودة العالية للإسمنت من الضروري إجراء التحاليل الكيميائية والمعدنية للمواد الأولية وبشكل دوري لتحديد تركيبها الكيميائي والمعدني وبالتالي تحديد نسب الخلط لتشكيل المزيج الخام، فضلاً عن تحديد نوع المعادن المكونة لها لأن بعضها يكون غير مرغوب بها كالدولومايت والكلورايت والباليكورسكايت التي تشكل مصدراً مهماً لأوكسيد المغنيسيوم الذي يعد مضرراً في حالة وجوده بنسبة عالية في الخلطة المغذية للفرن (Grim, 1962; السقا، 2002).

أهداف البحث

1. دراسة التركيب الكيميائي والمعدني للمواد الأولية (الأطيان والحجر الجيري) الداخلة في صناعة الأسمنت البورتلاندي الاعتيادي في معامل اسمنت الكوفة.
2. تحديد مدى ملائمة المواد الأولية لصناعة الاسمنت وذلك بمقارنتها مع الحدود والمديات العالمية للمكونات الكيميائية لخلطة المزيج الخام.

الوضع الجيولوجي لمنطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة والمتمثلة بمقلعي المواد الأولية (الحجر الجيري والطين) في محافظة النجف شكل (1)، إذ يقع مقلع الحجر الجيري المتمثل بتكوين الفرات (Euphrates Formation) في منطقة الخريبة (جنوب غرب النجف)، في حين يقع مقلع المواد الطينية والذي يمثل أطيافاً لترسبات حديثة لنهر الفرات في منطقة الكفل. تغطي المنطقة والتي وصفها (Barwary & Naseira, 1995) من خلال التقرير الجيولوجي لرقعة النجف حيث شملت كل من (النجف وأبو صخير و الديوانية) أكثر من (25%) من ترسبات العصر الرباعي (Quaternary)، أما عصر ما قبل الرباعي (الايوسين - البلايوسين) فانه يتمثل بتكاوين (الدمام، الغار، الفرات، الفتحة، انجانة، دبدة)، كما موضح في المقطع الطباقى شكل (2).



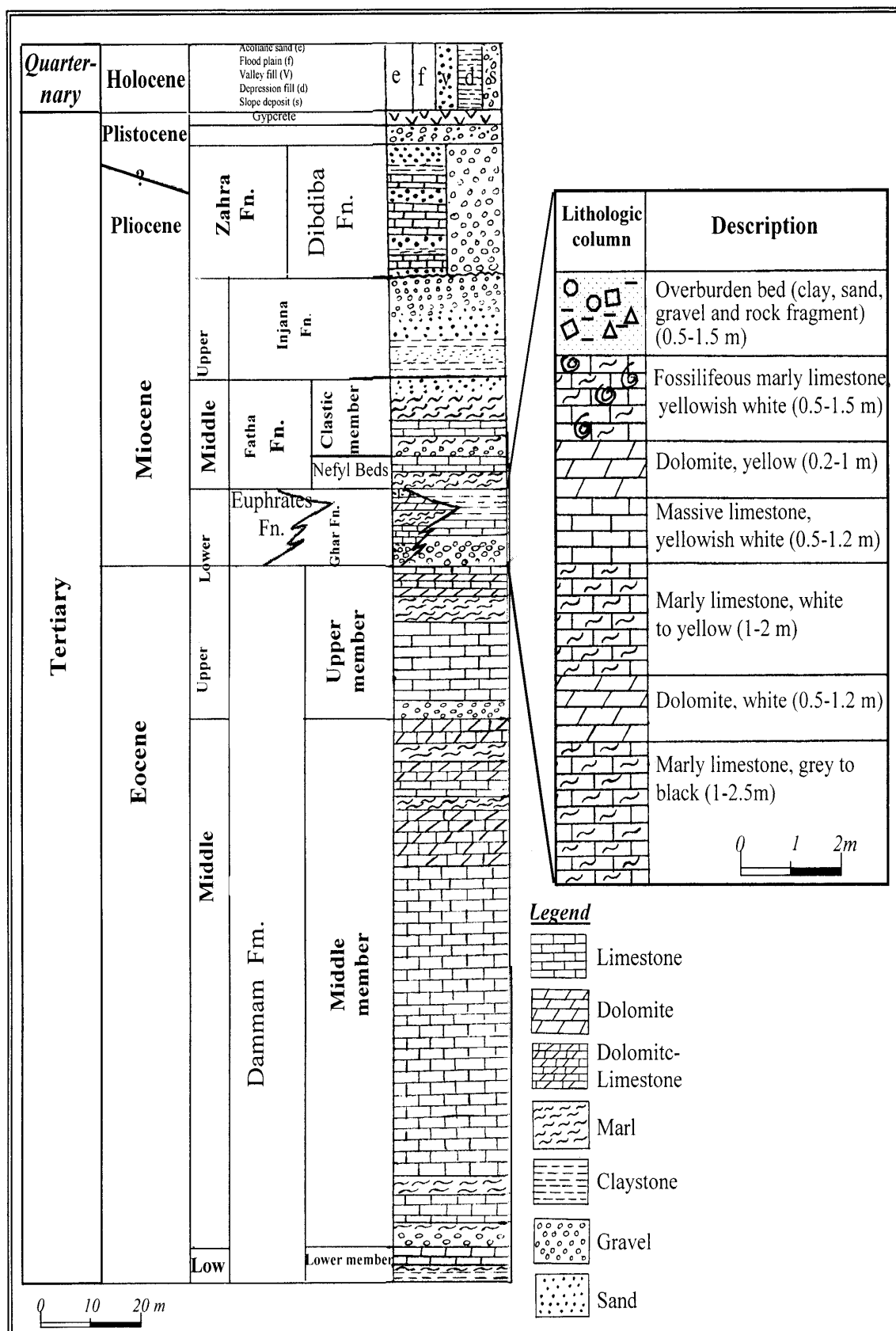
شكل (1) مواقع مقالع المواد الأولية (الحجر الجيري والأطيان)

يقع المقطع النموذجي لتكوين الفرات Euphrates Formation (المايوسين الأسفل) في وادي الفحيمي - خان البغدادي ويسمك (8m)، وقد قسم Al-Mubarek, 1971; Al-Jumaili, 1974; Tyracek & Youbert, 1975 In: Jassim et al. (1984) تكوين الفرات الى ثلاث وحدات (A, B, C)، إذ تمتاز الوحدة السفلى (A) منه بالتغيرات الجانبية، وتتألف من البريشيا القاعية والحجر الرملي الجيري والحجر الجيري الرملي،

أما الوحدة الوسطى (B) فتتكون من الحجر الجيري الصلب الحاوي على متحجرات عادة وهي غالباً ما تتداخل مع تكوين الغار في أجزاء من الصحراء الجنوبية الشرقية، أما الوحدة العليا (C) فهي واسعة الانتشار من تكوين الفرات.

أما Buday, 1980 In: Jassim *et al.* (1984) فقد قسم التكوين إلى خمس وحدات وهي من الأسفل إلى الأعلى:

1. دولومايت ذو لون أصفر إلى أصفر داكن مع مدملكات قاعية.
 2. دولومايت.
 3. حجر جيري أبيض ناعم غني بالمتحجرات.
 4. حجر جيري طباشيري و سري (Chalky and Oolitic Limestone).
 5. دولومايت ذو لون بني.
- أما في منطقة الدراسة وكما وصفها (العلي، 2004) فينكشف هذا التكوين على شكل شريط يمتد من الشمال الغربي - الجنوب الشرقي موازياً لحد التماس بين ترسبات العصر الرباعي وقبل الرباعي ويتراوح سمكه بين (4-10m). ويتألف من الحجر الجيري والحجر الجيري الدولومايتي والدولومايت مع حجر جيري مارلي، كما تغطي طبقة الحجر الجيري مواد غطاء (Overburden material) تتألف من خليط غير متجانس من الأطنان والجرين والرمل مع قطع متكسرة من الحجر الجيري، شكل (2).



شكل (2) مقطع طباقى لرقعة النجف وتكوين الفرات في مقلع الحجر الجيري

(العلي، 2004، Barwary & Naseira, 1995)

طرائق العمل

النمذجة: جمعت (4) نماذج من من المواد الطينية من مقلع الكفل و(6) نماذج من الحجر الجيري من مقالع الحجر في منطقة بحر النجف، وتمت النمذجة اعتماداً على التغيرات الفيزيائية في المكشف الطبقي لتكوين الفرات.

التحليل الكيميائي والمعدني: أُجري التحليل الكيميائي لكل من نماذج الحجر الجيري والمواد الطينية في مختبرات معمل إسمنت الكوفة القديم /محافظة النجف، إذ تم تحليل أكاسيد العناصر الرئيسية بالاعتماد على الطرائق الوارد ذكرها في (Vogel *et. al.*, 1978)، فقد تم تحليل (SiO_2 , SO_3) باستخدام الطرائق الوزنية و (Fe_2O_3 , CaO) MgO بالطرائق الحجمية و (Al_2O_3) بالطريقة اللونية فضلاً عن القلويات (K_2O , Na_2O) للنماذج (A1, S6, S4, S2) والتي جرى تحليلها في كلية الزراعة/ جامعة البصرة باستخدام جهاز طيف اللهب نوع (Corning 400 Flame Photometer)، كما اشتمل ايضاً على حساب نسبة الفقدان بالحرق (L.O.I.) وذلك بحرق النموذج في فرن نوع (Gallenkamp, Muffle furnace) لدرجة حرارة (1050°C) ولمدة ساعتين ونصف (Cox *et al.*, 1977).

أما التحليل المعدني للحجر الجيري والمواد الطينية فقد تم باستخدام جهاز حيود الأشعة السينية (X.R.D) من نوع (Philips Type PW 1352)، لغرض تشخيص وتقدير مكوناتها المعدنية فضلاً عن تحديد نوع المعادن الطينية للجزء الطيني المفصول، إذ حُضرت شرائح رقيقة موجهة (Oriented slides) بالاعتماد على الطرائق الواردة في (Carroll, 1970; Folk, 1974)، ومن ثم فحصت بجهاز الأشعة السينية الحادثة وبمراحلها المختلفة (الشرائح غير المعاملة، الشرائح المعاملة بالاثلين كلايكل والشرائح المسخنة الى درجة حرارة (500°C) ولمدة ساعتين).

النتائج والمناقشة

يُظهر الجدولان (1) و (2) نتائج التحليل الكيميائي لنماذج المواد الأولية (الحجر الجيري والأطيان) على التوالي، أظهرت النتائج أن الأوكسيد السائد في نماذج الحجر الجيري هو أوكسيد الكالسيوم والذي يكون ذا محتوى عالٍ في النماذج (S4, S3, S1)، إذ تتراوح نسبته بين (48.22-51.74%) وبمعدل (38.76%)، وكما موضح في الجدول (1) عدا النموذجان (S2, S5) اللذان تنخفض فيهما نسبته إذ تصل إلى (28.09, 24.77%) على حساب زيادة محتوى أوكسيد المغنيسيوم والتي تصل إلى (15.55, 17.24%) وهذا يعود الى المحتوى العالي للدولومايت في هذه النماذج، بينما إنخفاض محتوى أوكسيد الكالسيوم في النموذج (S6) قد يعود إلى إرتفاع محتوى السليكا (22.06%) والألومينا (7.46%).

جدول (1) التحليل الكيميائي لنماذج الحجر الجيري

Oxides Wt% Sample No.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	L.O.I
S1	5.14	1.01	0.36	49.17	0.62	0.61	-	-	42.63
S2	10.32	2.34	1.56	24.77	17.24	0.47	0.22	0.20	41.51
S3	4.36	0.98	0.24	51.74	0.55	0.13	-	-	41.65
S4	6.24	0.96	0.64	48.22	0.88	0.34	2.70	0.32	39.04
S5	5.68	1.52	0.56	28.09	15.55	0.36	-	-	41.51
S6	22.06	7.46	0.66	30.58	2.38	0.32	0.78	0.43	30.57
Range	4.36 - 22.06	0.96 - 7.46	0.24 - 1.56	24.77- 49.17	0.62 - 17.24	0.13 - 0.61	0.22 - 2.70	0.20 - 0.43	30.57- 42.63
Average	8.95	2.37	0.67	38.76	6.20	0.37	1.23	0.31	39.48

- أكاسيد غير محللة

لوحظ انخفاض نسبة أكسيد السليكون في نماذج الحجر الجيري جميعاً، إذ بلغ معدلها (8.95%) عدا النموذجان (S6, S2) اللذان يصل فيهما إلى (10.32%, 22.06%) على التوالي. أما أكسيد الألمنيوم فيزداد محتواه في النموذج (S6) فقط إذ تبلغ قيمته فيه حوالي (7.46%) وذلك لزيادة محتواها من الأطنان، أما أكسيد الحديد فكان منخفضاً وبلغ معدل (0.67%).

أما نسبة الكبريتات فكانت منخفضة في جميع النماذج وبمعدل (0.37%)، كما تنخفض نسبة القلويات (Na₂O, K₂O) في النماذج المقاسة عدا النموذج (S4) الذي يزداد فيه محتوى (Na₂O) إذ يصل إلى (2.70%). وبشكل عام فإن هذه النسب تكون ضمن المديات المسموح بها في صناعة الإسمنت عالمياً (Schafer, 1987) لأن النسب العالية منها لها تأثير سلبي على العمليات التشغيلية للفرن فضلاً عن تأثيرها على نوعية الإسمنت، إذ أنه أثناء عملية حرق المواد الأولية في الفرن الدوار يحصل تطايراً لأجزاء من القلويات في نطاق الحرق مؤديةً إلى تكوين دورة القلويات والكبريتات والكلوريدات والتي قد تترسب على جدار الفرن في المناطق الباردة منه نتيجة تكاثفها مما يؤدي إلى تكوين الحلقات (Rings) داخل الفرن وبالتالي يعرقل سير المزيج الخام، ومن ناحية أخرى فإن القلويات المتحررة من الإسمنت لها قابلية على التفاعل مع الركام الحاوي على أشكال فعالة من السليكا مثل الاوبال والفلنت، وناتج هذا التفاعل يكون هلام سيلكي - قلوي والذي يسبب قوة تمددية تؤدي إلى حدوث تشقق في المنشآت الخرسانية (Duda, 1977; Schafer, 1987).

لوحظ إستقرار نسب الأكاسيد المختلفة في نماذج المواد الطينية جميعاً، إذ تكون السليكا المكون الرئيس لهذه النماذج (39.12%)، بينما تنخفض نسبة الالومينا وأكسيد الحديد فيها، فقد بلغ معدلها

(6.33, 11.93%) على التوالي. كذلك لوحظ إرتفاع نسبي في محتوى اوكسيد المغنيسيوم الذي يصل معدله الى (5.92%) بسبب ارتباطه بالباليكورسكايت والمونتموريلونايت الذي ظهر في مخططات الأشعة السينية، أما الكبريتات (SO_3) فيكون معدلها (1.3%) لإرتباطه بمعدن الجبس في حين كانت نسبة القلويات (Na_2O, K_2O) في المواد الطينية أعلى مما هي عليه في الحجر الجيري والتي تكون (4.52, 3.00%) على التوالي لإرتباطها بالمعادن الطينية من جهة والفلدسبار من جهة أخرى.

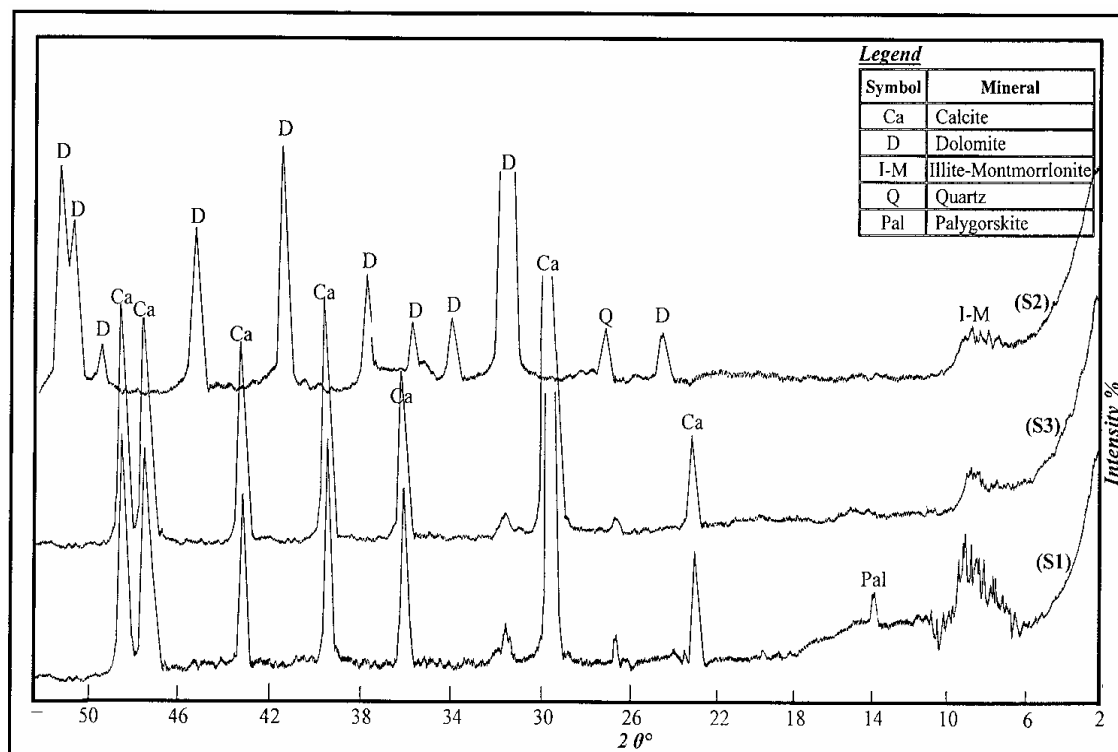
جدول (2) التحليل الكيميائي لنماذج المواد الطينية

Oxides Sample No.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	L.O.I
A1	39.78	13.18	5.36	12.01	6.22	0.32	4.52	3.00	15.35
A2	39.26	11.24	6.48	12.32	5.75	2.12	-	-	16.48
A3	38.44	11.07	7.03	13.87	6.02	1.53	-	-	15.73
A4	39.02	12.23	6.47	13.43	5.72	1.49	-	-	16.3
Range	38.44- 39.78	11.07- 13.18	5.36- 7.03	12.01- 13.87	5.72- 6.22	0.32- 2.12	-	-	15.35- 16.48
Average	39.21	11.93	6.33	12.90	5.92	1.3	-	-	15.96

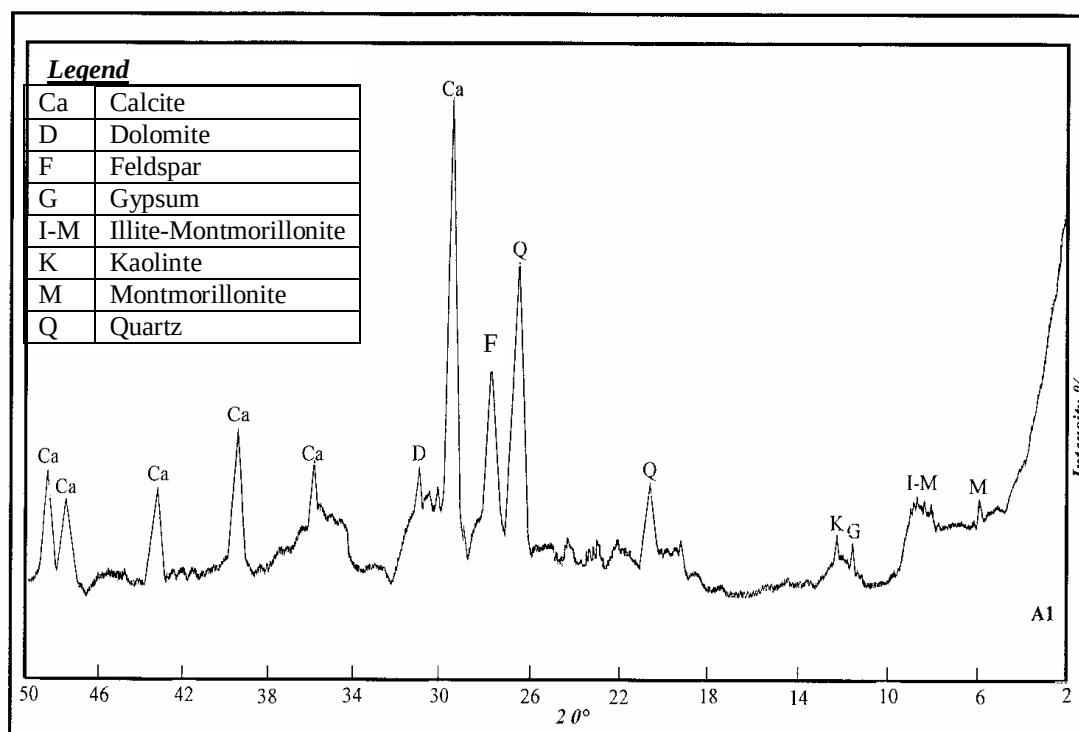
- أكاسيد غير محللة

أظهرت أنماط حيود الأشعة السينية لنماذج الحجر الجيري (S1, S2, S3) شكل (3)، إن المعدن السائد فيها هو الكالساييت، في حين كان الدولومايت والكوارتز هي المعادن الشائعة في النموذج (S2) والذي شخص حقلياً بأنه عبارة عن حجر جيري دولومايتي وهو ربما كان المشكلة لزيادة تركيز (MgO) في التحليل الكيميائي فضلاً عن ظهور بعض المعادن الطينية المختلفة (معدن الالاييت - مونتموريلونايت والباليكورسكايت) بنسبة ضئيلة.

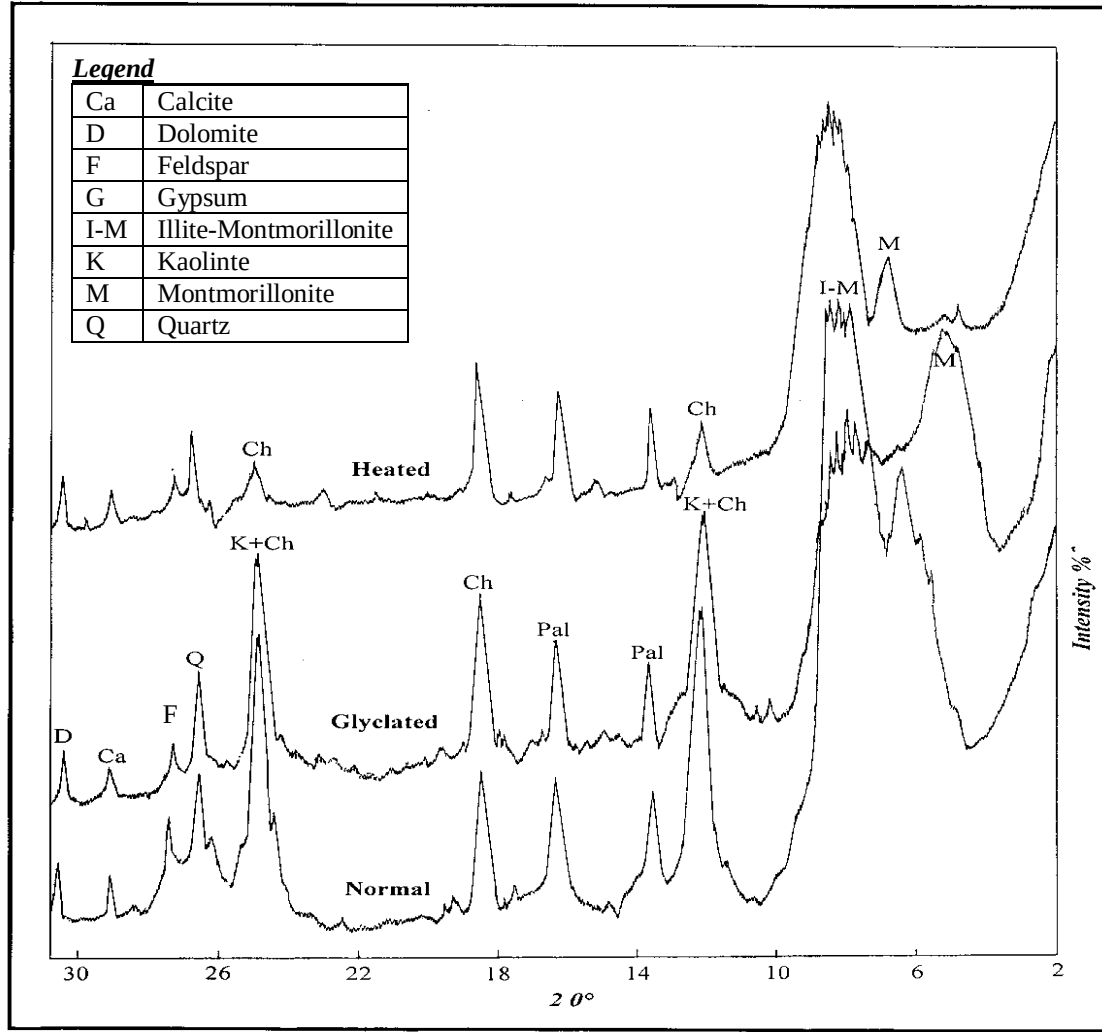
أظهر نمط حيود الأشعة السينية لنماذج المواد الطينية شكل (4) وجود معادن الكوارتز والكالسايت والدولومايت ونسبة قليلة من الفلدسبار، في حين كانت المعادن الطينية السائدة في الجزء الطيني المفصول شكل (5) هي المونتموريلونايت والالاييت - مونتموريلونايت المختلطة والكاؤولينايت والكلورايت والباليكورسكايت، إذ ارتبط الارتفاع النسبي لـ (MgO) في المواد الطينية بوجود كلاً من الباليكورسكايت والكلورايت.



شكل (3) أنماط حيود الأشعة السينية للمعادن الرئيسة في نماذج الحجر الجيري



شكل (4) أنماط حيود الأشعة السينية للمعادن الرئيسة في أحد نماذج المواد الطينية (A1)



شكل (5) أنماط حيود الأشعة السينية للمعادن الطينية في الجزء الطيني المفصول من أحد نماذج المواد الطينية (A1) عند المعاملات المختلفة

تقييم المواد الأولية

من الناحية التقييمية فإن التركيبين الكيميائي والمعدني للمواد الأولية يُظهران ملائمتها لصناعة الإسمنت رغم وجود بعض الانحرافات وكما موضح في الجدول (3)، إذ يلاحظ إرتفاع محتوى أوكسيد الكالسيوم في نماذج الحجر الجيري والذي يشكل حوالي (75%) من خلطة المزيج الخام (اتصال شخصي)، كما تزداد نسبة السليكا في المواد الطينية والتي تعد المصدر الرئيس للمزيج الخام بالمكون السليكي والذي تكون نسبة الأتيطان فيه (25%) فضلاً عن إعتدال نسب أكاسيد الألمنيوم والحديد والكبريتات والفلويات فيها.

إلا إنه من جانب آخر، نجد إن الزيادة الملحوظة في نسبة أوكسيد المغنيسيوم في بعض نماذج الحجر الجيري قد يكون غير مرغوب بها في صناعة الإسمنت كونها تسبب تمدد الإسمنت والخرسانة المستعمل فيها إسمنت عالٍ المغنيسيا، إذ إن المغنيسيا الذائبة في السائل والمتكونة أثناء عملية الحرق تميل للتفاعل مع طور

(C₃S) عند درجات الحرارة العالية مما يؤدي إلى تحوله إلى طور (C₂S) وكلس حر (Free CaO) ونتيجة لذلك تقل المقاومة المبكرة للإسمنت في الأيام الأولى كنتيجة لإنخفاض نسبة (C₃S) وارتفاع نسبة الكلس الحر والتي تسبب مشاكل عند صب الخرسانة نتيجة التمدد الحجمي الناتج من جراء تحولها إلى هيدروكسيد الكالسيوم، علاوة على ذلك فإن المغنيسيا الحرة (Periclase) المتكونة عند تفاعلها مع الماء يزداد حجمها، إذ يتكون معدن البروسايت (Mg(OH)₂) الذي يؤدي إلى حدوث تشققات في الملاط أو الخرسانة وبالتالي حدوث فشل فيها (Grim, 1962; Duda, 1984)، لذا ننصح بالإبتعاد عن الطبقات ذات التراكيز العالية بالمغنيسيا (كالدولومايت والحجر الجيري الدولومايتي) أثناء عملية القلع أو إجراء خلط جيد مع طبقات ذات محتوى عالٍ من أكسيد الكالسيوم.

جدول (3) التركيب الكيميائي لخلطة المواد الأولية (الحجر الجيري والأطيان) ومقارنتها مع المديات العالمية (Chatterjee, 1979)

Oxides	Range in raw meal (%) (Chatterjee, 1979)	This study %
CaO	63.0-67.0	60.7-61.4
SiO ₂	21.0-24.0	20.5-21.5
Al ₂ O ₃	4.0-7.0	5.5-6.0
Fe ₂ O ₃	2.0-4.0	3.1-3.2
MgO	5.0-6.0 (max)	4.3-4.9
SO ₃	1.5	1.2-1.5
R ₂ O (Na ₂ O + K ₂ O)	1.2	1.1

الاستنتاجات

1. أظهرت نتائج التحليل الكيميائي للمواد الأولية إن (CaO) هو المكون السائد في معظم نماذج الحجر الجيري مع إرتفاع محتوى (MgO) في البعض منها في حين إن الأكاسيد الأخرى كان محتواها واطناً نسبياً، أما المواد الطينية فكان محتوى (SiO₂, Al₂O₃) فيها ضمن الحدود المقبولة، كما يلاحظ أيضاً إرتفاعاً نسبياً في محتوى الأكاسيد (Fe₂O₃, MgO, Na₂O, K₂O, SO₃) وأن هذه النسب تتوافق مع إرتفاع النسبة المئوية للأكاسيد المكونة للمزيج الخام الداخل في صناعة إسمنت معامل الكوفة إذ إن (CaO) يمثل المكون السائد للحجر الجيري الذي تكون نسبته (الحجر الجيري) في المزيج الخام (75%)، أما (SiO₂) فيمثل المكون الرئيس للأطيان التي تكون نسبتها (25%).

2. إن المعدن السائد في الحجر الجيري هو الكالسايت وفي نماذج قليلة يكون الدولومايت هو المعدن السائد فضلاً عن وجود نسبة قليلة من معدن الكوارتز، بينما كانت معادن الالاييت-مونتموريلونايت والمونتموريلونايت

والكاؤولينايت والكلورايت والباليكورسكايت هي المعادن الطينية السائدة مع مرافقة بعض المعادن غير الطينية الأخرى كالكوارتز والكالسايت والدولومايت والبلاجيوكليز والجبس بنسب قليلة.

3. إن التركيب الكيميائي والمعدني للمواد الأولية يُظهران ملائمتها لصناعة الإسمنت رغم وجود بعض الانحرافات، إذ يلاحظ اقتراب معظم نسب الأكاسيد في خلطة المزيج الخام من المديات المسموح بها في صناعة الإسمنت عالمياً.

المصادر العربية

- اتصال شخصي بالشركة العامة للإسمنت الجنوبية/ البحث والتطوير (2004).
- السقا، هاشم، 2002، عمليات ضبط جودة الإسمنت، عالم الإسمنت ومواد البناء، العدد 9، ص ص 11-17.
- العلي، صفاء حسين علي، 2004، دراسة تقييمية للإسمنت المنتج من معامل إسمنت الكوفة والمواد الخام الداخلة في صناعته، جامعة البصرة، رسالة ماجستير غير منشورة، 100 ص.

المصادر الأجنبية

- Barwary, A.M. & Naseira, A.S., 1995, "The geology of Al-Najaf quadrangle". State Establishment of Geological Survey and Mining (Internal report). 20P.
- Carroll, D., 1970, "Clay minerals: A guide to their X-ray identification". Geol. Soc. Amer., special paper, 126, Colorado, 80P.
- Chatterjee A. K., 1979, "Cement raw materials and raw mixes", A review of diagnostic interrelations: the physicochemical characteristics of raw materials and the reactivity of raw mixes, Journal of pit and quarry, part 1, Sep., PP.103-111.
- Cox, F. C., Bridge, D. McC. And Hull, .H., 1977, "Procedure for the assessment of limestone resources", Min. Assess. Rep., Inst. of Geol. Sci., No.30.
- Duda, W.H., 1977, "Cement-Data-Book", International process engineering in the cement industry, 2nd edition, Bauverlag, GmbH. Wiesbaden and Berlin Macdonald and Evans, London, 539p.
- Duda, W.H., 1984, "Cement-Data-Book", Electrical engineering, automation, storage, transportation, dispatch, Vol.2, 1st edition, Bauverlag, GmbH, 456p.
- Folk, R.L., 1974, "Petrology of sedimentary rocks", Hemphill, Texas, 182P.
- Grim, R.E., 1962, "Applied clay mineralogy", McGraw-Hill Book Co. Inc. New York, 422P.
- Jassim, S.Z., Karim, S., Basi, M., Al-Mubarak, M. and Munir, J., 1984, "Final report on the regional geological survey of Iraq", Vol.3, Unpub. Report, SOM Library, Baghdad.
- Schafer, H.U., 1987, "Assessment of raw materials for the cement industry", Reprint from the journal "World Cement", No.7, PP.273-283, Cement and Concrete Association, London.
- Vogel, A. I., Bassett, J., Denney, R. C., Jeffery, G. H., and Mendham, J., 1978, "Vogel's textbook of quantitative inorganic analysis including elementary instrumental analysis", 4th edition, New York, Longman, 925 p.