

## الاستغلال الأمثل للصخور النارية (البازلت والفونولايت) في إنتاج الاسمنت البورتلاندى العادي

أ.الصدىق محمد الزنداح<sup>1</sup> د. محمد محمد ميلاد<sup>2</sup> م. ريماء عمر المزوغى<sup>3</sup>

### Abstract

In general Normal Portland cement and to a certain limit most of special Portland cement utilize for their production specific raw materials such as limestone, clay, and in some cases iron ore, bauxite and silica sand were added as a correction factor for  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ , and  $SiO_2$  content. The clay raw materials represents the main source of these oxides. For the cement industry the final raw mix depends on the percentages of these oxides in the used materials.

The aim of this paper is to show the possible utilization of igneous rocks (Phonolites and Basalt) from Gharyan area as an alternative source for the Wadi Ghan clay materials which recently used by Suk El. Khamis cement plant.

The calculated raw mixes were based on limestone from (Ras Mnebbba) quarry and Wadi Ghan clay both were used by Suk El. Khamis cement plant in addition the correction materials of hematite Wadi Ashatti iron ore and silica sand of Enaim area to get the best ratio of cement phases. The whole work were repeated by using different mixes with the replacement of Phonolites and Basalt up to 100% from the used clay materials.

It has been found that all the mixes satisfy the Libyan and International standards where  $C_3S$  found to be more than 50%,  $C_2S$  (20 - 30%) with a good ratio of  $C_3A$ .

<sup>1</sup> - عضو هيئة تدريس - كلية الهندسة - جامعة طرابلس - ليبيا

<sup>2</sup> - عضو هيئة تدريس - كلية الهندسة - جامعة طرابلس - ليبيا

<sup>3</sup> - عضو هيئة تدريس - كلية الهندسة - جامعة طرابلس - ليبيا

## ملخص

قد لا تأتي بجديد عندما نقول أن صناعة الاسمنت والبورتلاندي العادي بصفة عامة والبورتلاندي الخاص جدول حد ما يعتمدان في إنتاجهما علي خامات الحجر الجيري، الطين، ومواد مصححة إن لزم الأمر مثل الحديد، البوكسيت، ورمال السيليكا حيث تعتمد هذه الإضافات علي نسبة أكسيد الحديد، الألمنيوم والسيليكا في الخلطة النهائية. وتمثل خامة الطين بأنواعها المصدر الأساسي لهذه الاكاسيد.

تهدف هذه الورقة جدول دراسة إيجاد بدائل أخرى كمصدر جيد لهذه الاكاسيد وقريبة منها من حيث التحليل الكيميائي الكمي. وقد تم الاستعانة في هذه الورقة بالصخور البركانية الفونولايت (Phonolites)

والبازلت (Basalt) من منطقة غريان، وذلك كبديل للطين التي تستخدم حجدولا بمصنع سوق الخميس للاسمنت. قد تم تصميم خلطات مختلفة من الحجر الجيري لمصنع سوق الخميس (راس منبه) مع خامة الطين المستخدم حجدولا بالمصنع، بالإضافة جدول مواد مصححة من خام حديد الهيماتيت وغيرها وذلك بهدف الحصول علي أفضل نسبة من أطوار الاسمنت الرئيسية ذات العلاقة المباشرة بخواص الاسمنت الفيزيائية، ثم مقارنة هذه النتائج مع خلطات أخرى من الصخور النارية بنسبة إحلال للطين تصل جدول 100 % ومقارنة انعكاس ذلك علي نسب الأطوار الإسمنتية المتحصل عليها.

لقد تبين من نتائج الحسابات لجميع الخلطات بأنه هناك إمكانية ممتازة للحصول علي اسمنت بورتلاندي تفوق فيه نسبة  $C_3S$  نسبة 50% ، و  $C_2S$  ما بين 20% و 30% مع نسبة جيدة من  $C_3A$  وجميعها تتوافق مع اشتراطات المواصفات القياسية الليبية والعالمية اللازمة للاسمنت البورتلاندي العادي.

## مقدمة

ترتبط الخواص الفيزيائية للاسمنت البورتلاندي العادي أو الخاص ارتباطا مباشرا علي نسبة مكونات الأطوار الإسمنتية الأربعة والمتمثلة في سيليكات ثلاثي الكالسيوم  $C_3S$ ، سيليكات ثنائي الكالسيوم  $C_2S$ ، الومينات ثلاثي الكالسيوم  $C_3A$  والومينات الحديد رباعية الكالسيوم  $C_4AF$  وارتباطها بمعامل التشبع للكلس ، *Lime (LSF)* و *Saturation Factor* ومعامل السيليكا والالومينا و *Silica Module (SM) & Alumina Module (AM)* بالإضافة جدول تأثير بعض الخواص الفيزيائية الأخرى مثل النعومة ومساحة السطح النوعي للاسمنت. إلا أن الطور الرئيسي الذي له تأثير بالغ علي قوة التحمل بعد 28 يوم هو  $C_3S^{(1,2)}$  في حين أن  $C_3A$  له تأثير مباشر علي مقاومة الأملاح المتمثلة في نسبة الكبريتات الدائبة، أما كلا من  $C_3A$  و  $C_4AF^{(3)}$  فكلهما له تأثير مباشر علي زمن الشك الابتدائي والنهائي وبناء عليه تشترط المواصفات القياسية الليبية، والعالمية دون استثناء أن تكون نسبة  $C_3S$  اعلي ما يمكن ليحقق الاسمنت القوة القصوى بعد 28 يوم ولأجل الاستفادة من الخامات ذات العلاقة بهذه الأطوار والتي تحتوي في تركيبها علي نسبة عجدولة من  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$  و  $SiO_2$  فقد جعلت من خامة الطين ذات التركيب الكيميائي سيليكات الالومنيوم من أهم المواد الخام الأساسية في صناعة الاسمنت البورتلاندي العادي

تم التركيز علي الصخور النارية المتمثلة في البازلت والفونولايت من منطقة غريان كبديل جيد لهذه الخامة الطين (وادي-غان) المستخدم بمصنع اسمنت سوق الخميس وذلك للأسباب الآتية:

- 1- يلاحظ أن الفونولايت والبازلت قريب جدا في التركيب الكيميائي من الطين فكلهما غني بأكسيد السليكون وأكسيد الألمنيوم

- 2- نقص القلويات والكبريت في تلك الصخور يساعد في تقليل كمية التراب المتخلف عن صناعة الاسمنت (كمية الغبار المتخلف عن المصنع في جدولوم الواحد من 300 طن جدول 40 طن)
- 3- لا يوجد اختلاف في تكنولوجيا التصنيع بين الاسمنت من البازلت مثلا والآخر من الطين فإذا كان تصنيع الاسمنت من الطين يعتمد أولا علي تحويلها جدول مسحوق ثم حرقها عند 1450 درجة مئوية, فإن الأمر لا يختلف بالنسبة للبازلت او الفونولايت.
- 4- زيادة نسبة أكسيد الحديد في البازلت بالمقارنة بنظيره في الطين تؤدي جدول توفير ثمن أكسيد الحديد المضاف جدول المخلوط بما لا يقل عن 10% من إجمجدول التكلفة.
- 5- ان استخدام الصخور النارية المتمثلة في البازلت والفونولايت يوفر 25 قرابة % عن الوقود المستخدم في حالة استخدام الطين الذي يتطلب كمية من للتخلص من ماء اللدونة والتبر للمعدن الطيني.

### تصميم خلطة المواد الخام

يتضح من خلال نوعية المواد الخام المستخدمة بأنها تخص محاجر مصنع اسمنت سوق الخميس للاسمنت حيث أخذت عينات الحجر الجيري من محجر راس منبه أما الطين فهي أخذت عينات من محجر وادي غان المستخدم من قبل المصنع أما المواد المصححة فهي تخص عينات من خام حديد وادي الشاطئ وبالنسبة لتعديل نسبة السيليكا فقد تم الاستعانة برمال النعم من منطقة سيدي السانح , ويمثل جدول رقم 1 التحليل الكيميائي لهذه العينات، أما في يتعلق بالمواد الخام من الصخور النارية المتمثلة في الفونولايت و البازلت فقد أخذت عينات من الإدارة العامة للبحوث الجيولوجية والتعدين / مركز البحوث الصناعية لأحد المواقع بمنطقة غريان.

يمثل الجدول رقم 2 برنامج الخلطات المستخدم حيث يتضح من خلاله حساب الخلطة الأساسية من الحجر الجيري مع الطين والمواد المصححة التي أعطت أفضل النتائج بالنسبة لمكونات الأطوار الإسمنتية الأربعة و نسبة الإحلال للطين مع الصخور النارية المتمثلة في الفونولايت من منطقة غريان وذلك علي أساس التدرج بنسبة إحلال بواقع 20% من خلطة الطين الأساسية مع إعادة لبرنامج الخلط باستخدام البازلت بدلا من الفونولايت وبنفس النسبة السابقة المبينة في الجدول المشار جدوله وتبين الجداول 3 و 4 التحليل الكيميائي بعد الخلط .

بالاستعانة ببرنامج حاسوب تم تصميمه خصيصا لحساب نسبة الأطوار الإسمنتية الأربعة فقد تم حساب هذه الأطوار (4) لجميع الخلطات مع الحجر من محجر راس منبه ، وتبين الجدول رقم 6 خلاصة هذه النتائج بالنسبة للفونولايت، و البازلت.

### مناقشة النتائج

1- يتضح من خلال المخطط رقم 1 و 2 إن الخواص الفيزيائية للاسمنت البورتلاندي العادي يتأثر جدول حد بعيد بنسبة مكونات الأطوار الإسمنتية الأربعة المتمثلة في  $C_3S$  ،  $C_2S$  ،  $C_3A$  و  $C_4AF$  فعلي سبيل المثال ان الطور المؤثر فعلا في خاصية قوة التحمل تتمثل في مدى ارتفاع نسبة  $C_3S$  و  $C_2S$  أي يمكن أن تتحقق قوة التحمل القصوى بعد 28 يوم في حالة ارتفاع نسبة  $C_3S$  إلا انه لا يمكن أن تتحقق هذه القوة في حالة ارتفاع  $C_2S$  مقابل انخفاض  $C_3S$  وفي هذه الحالة يمكن أن تتحقق القوة المطلوبة بعد شهر بدلا من 28 يوم . ومن ناحية أخرى فإن زمن الشك الابتدائي والنهائي يرتبطان بمدى سرعة الإماهة *hydration* لأطوار الاسمنت الأربعة حيث يلاحظ من المخطط رقم 2 أن العامل المؤثر في هذه الحالة هي نسبة  $C_3A$  و  $C_4AF$  ولهذا السبب يتم إضافة نسبة من خامة الجبس  $CaSO_4.2H_2O$  أثناء

الطحن مع الكلنكر *Clinker* كي يتفاعل مع  $C_3A$  مكونا الاترنجيت *Ettringite* لتأخير زمن الشك الابتدائي قليلا

2-..تشير نتائج التحليل الكيميائي للمواد الخام للحجر الجيري والطين مع المواد المصححة لخام الحديد بالجدول (1) بأنها علي درجة عالية من النقاوة وبالإمكان الاعتماد عليها في صناعة الاسمنت حيث يمكن بسهولة تصميم خلطة تكون فيها نسبة الأطوار الإسمنتية ضمن المدى المطلوب في صناعة الاسمنت

3- . كما تشير نتائج التحليل الكيميائي بالجدول المشار جدوله لخامات الفونولايت والبازلت بأنهما يحتويان علي نسبة جيدة من الاكاسيد  $Al_2O_3$  ,  $Fe_2O_3$  و  $SiO_2$  وهي قريبة جدا من النسب الموجودة في الطين المستخدم في الخلطة الرئيسية من الحجر الجيري والطين

4- يلاحظ من نتائج الجدول رقم 5 بان جميع نسب الإحلال من خامة الطين باستخدام الفونولايت أو البازلت قد أعطت جميعها نتائج جيدة ومقاربة لمكونات الاسمنت المطلوبة الرئيسية .

5- يلاحظ إن جميع النتائج تقع ضمن النطاق المتعارف عليه المطلوب بالجدول رقم 6.

### الخلاصة

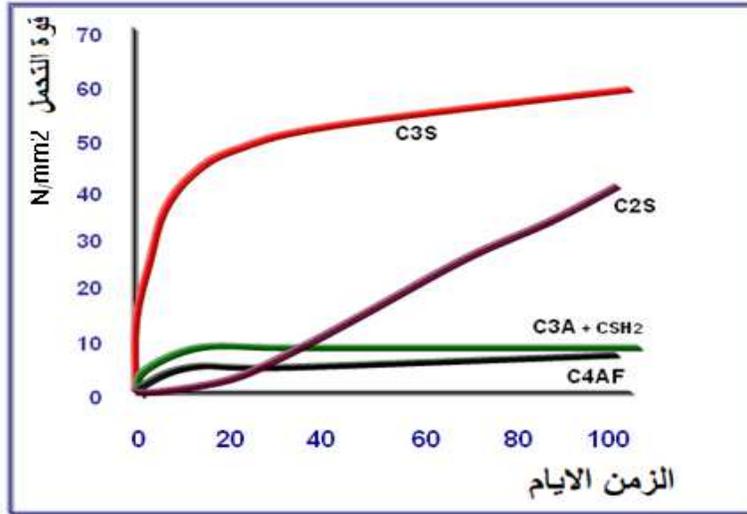
- 1- تمثل خامات الصخور النارية احد البدائل الجيدة للطين وخاصة في المناطق التي تعاني من نقص في مثل هذه الخامات.
- 2- بالإمكان تصميم أي خلطة من الصخور النارية لتعطي المتطلبات اللازمة من الأطوار الإسمنتية كبديل للطين وبنسبة إحلال كاملة لهذه الخامة
- 3- علي الرغم من أن ارتباط الخواص الفيزيائية للاسمنت البورتلاندي العادي يعتمد علي نسبة الأطوار الإسمنتية المتكونة في خلطة الكلنكر إلا ان معظم الخواص

النهائية تتأثر بطريقة التصنيع من حيث برنامج درجة حرارة الحرق بداخل الفرن , أسلوب التبريد المفاجئ للكلنكر المتكون بالإضافة جدول برنامج الطحن للحصول علي النعومة اللازمة من حيث مساحة السطح النوعي للاسمنت بعد الطحن .

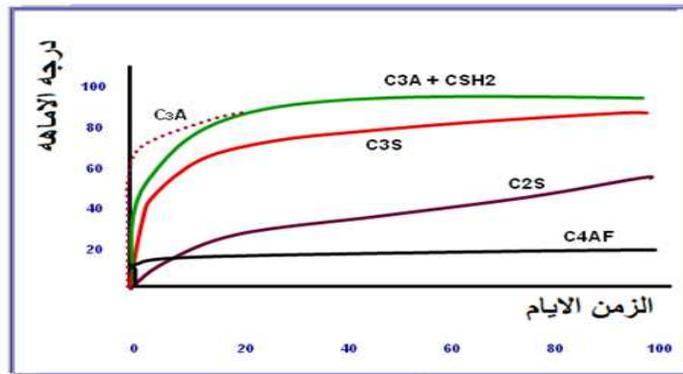
### المراجع

- 1) **R. M. Diamond** 'The chemistry of building materials BUSINESS BOOKS LIMITED, LONDON
- 2) **F. M. Lea** ' The chemistry of Cement and Concrete' Third edition ,Edward Arnold Publishers Ltd
- 3) **H. F. W. TAYLOR** 'The chemistry of CEMENTS' Volume 1, Academic Press –LONDON and NEWYORK
- 4) **Dipl-Ing Walter H. Duda**, "Cement data book" International Process Engineering in the Cement Industry , Buaver GmbH – Wiesbaden and Berlin , 3<sup>rd</sup> edition

### المخطط رقم 1



المخطط رقم 2



جدول (1) التحليل الكيميائي للمواد الخام

البازلت	الفونولايت	الطين	خام الحديد	رمال السيليكا	الحجر الجيري
Basalt	Phonolite	Clay	Iron Ore	Silica Sand	Limestone

L.O.I	41.78	0.00%	9.32	6.38	1.57%	0.95%
CaO	52.27		1.94	4.84	2.72%	9.47%
SiO <sub>2</sub>	1.12	96.60%	11.68	58.72	56.19%	49.20%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.19	2.10%	4.31	15.58	19.04%	15.74%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.64	1.30%	68.88	6.94	2.79%	3.79%
FeO					2.03%	7.13%
SO <sub>3</sub>	0.05		0.2	0	0.00%	0.00%
MgO	1.29		0.44	3.43	1.07%	0.95%
Na <sub>2</sub> O	0				7.79%	2.91%
K <sub>2</sub> O	0				5.24%	1.10%
Cl <sup>-</sup>	0				0.00%	0.00%
TiO <sub>2</sub>	0				0.62%	0.62%
	98.34	100.0%		95.89	99.10%	91.90%

جدول (2) نسبة إحلال الفونولايت والبازلت مع الطين

خام الحديد Iron Ore	الطين Clay	رمال السيليكا Silica Sand	البازلت Basalt	الفونولايت Phonolite	الخلطات	
5.0%	0.0%	15.0%	---	80.0%	A	الفونولايت Phonolite
5.0%	20.0%	15.0%	---	60.0%	B	
5.0%	40.0%	15.0%	---	40.0%	C	
5.0%	60.0%	15.0%	---	20.0%	D	
5.0%	80.0%	15.0%	---	0.0%	E	
5.0%	0.0%	15.0%	80.0%	---	F	البازلت Basalt
5.0%	20.0%	15.0%	60.0%	---	G	
5.0%	40.0%	15.0%	40.0%	---	H	

5.0%	60.0%	15.0%	20.0%	---	I
5.0%	80.0%	15.0%	0.0%	---	J

جدول (3) التحليل الكيميائي لمجموعة الفونولايت

E	D	C	B	A	المجموعة التحليل
4.11	3.65	3.19	2.74	2.29	CaO
64.25	63.31	62.38	61.47	60.57	SiO <sub>2</sub>
13.46	14.08	14.70	15.30	15.90	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
9.52	8.60	7.70	6.80	5.92	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	SO <sub>3</sub>
2.86	2.36	1.86	1.37	0.89	MgO
					Others

جدول (4) التحليل الكيميائي لمجموعة البازلت

J	I	H	G	F	المجموعة التحليل
4.11	5.11	6.13	7.17	8.22	CaO
64.25	62.80	61.33	59.84	58.31	SiO <sub>2</sub>
13.46	13.60	13.75	13.90	14.06	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
9.52	8.94	8.35	7.75	7.15	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	SO <sub>3</sub>
2.86	2.37	1.87	1.36	0.84	MgO
					Others

جدول رقم (5) الأطوار الإسمنتية للخلطات

C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	SM	AM	LSF	% الحجر الجيري	% الخليط	
55	17.73	12.73	8.09	2.25	2.45	0.95	68.1	31.9	A
55	18.42	11.73	8.93	2.26	2.15	0.93	68.2	31.8	B
55	19.12	10.72	9.78	2.27	1.90	0.92	68.3	31.7	C
54.8	20.01	9.70	10.63	2.28	1.69	0.90	68.4	31.6	D
54.8	20.71	8.68	11.50	2.29	1.51	0.88	68.4	31.6	E
54.9	18.87	10.93	9.63	2.26	1.94	0.92	66.2	33.8	F
54.9	19.34	10.32	10.13	2.27	1.81	0.91	66.8	33.2	G
54.9	19.79	9.74	10.61	2.27	1.69	0.90	67.4	32.6	H
54.9	20.21	9.19	11.06	2.28	1.59	0.89	67.9	32.1	I
54.9	20.62	8.67	11.49	2.29	1.51	0.88	68.5	31.5	J

جدول (6) نطاق نسب الأطوار الإسمنتية المستخدمة بمصانع الاسمنت والمتحصل عليها

حسابيا بالخلطات

النسبة المئوية المتحصل عليها لجميع الخلطات تتراوح ما بين %	النسبة المئوية المستخدمة في صناعة الاسمنت تتراوح ما بين %	اختصار الرمز	التركيب
56 - 55	60 - 37	C <sub>3</sub> S	3CaO.SiO <sub>2</sub>
10 - 6	15 - 6	C <sub>3</sub> A	3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
26 - 21	37-15	C <sub>2</sub> S	2CaO.SiO <sub>2</sub>
10 - 7	18 - 7	C <sub>4</sub> AF	4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>

