

## طينة التدرّيع الإشعاعي باستخدام رمل البارييت والهيمايتيت

عمر حمّاد علي<sup>(1)</sup>

تاريخ الإيداع 2014/05/25

قبل للنشر في 2014/09/25

### الملخص

هدفت هذه الدراسة إلى إيجاد أفضل خلطة من الطينة (اسمنت، رمل، ماء) باستعمال مواد طبيعية محلية، واختيار الخلطة الفضلى من حيث الخصائص الإشعاعية والفنية ليصار إلى استعمالها في التدرّيع من الإشعاع، وخاصة في تدرّيع المنشآت التي لم تصمم بالأساس كي تحوي أجهزة أشعة أو مصادر مشعة.

حُضرت في هذا البحث عينات من الطينة الإسمنتية ذات نسب خلط مختلفة وتحوي ثلاثة أنواع من الرمال هي رمل البارييت ورمل الهيمايتيت والرمل العادي، ودُرس تأثير زيادة نسبة الرمل في العينات في معاملات توهين الأشعة السينية ذات الطاقة 80, 100, 120 keV وأشعة غاما ذات الطاقة 662 keV، وقد استعملت طريقة الأشعة النافذة والبرنامج XCOM لحساب هذه المعاملات.

دلت النتائج أن إضافة كل من رمل البارييت ورمل الهيمايتيت إلى الخلطة الإسمنتية يزيد من كثافة هذه الخلطة مقارنة بالخلطات التي تحوي الرمل العادي، وأن قيم معامل التوهين الخطي تزداد مع زيادة كثافة العينات وتتناقص مع زيادة طاقة الأشعة السينية (وطاقة الفوتونات غاما)، وتكون عينات البارييت أكثر توهيناً من عينات الهيمايتيت وعينات الرمل العادي.

الكلمات المفتاحية: طينة إسمنتية، بارييت، هيمايتيت، معامل التوهين الخطي، الخصائص الفيزيائية والميكانيكية.

<sup>(1)</sup> ماجستير في الفيزياء، قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة دمشق، سورية.

## Radiation Shielding Mortar using Barite and Hematite Sand

O. Ham mad-Ali<sup>(1)</sup>

Received 25/05/2014

Accepted 25/09/2014

### ABSTRACT

This study aims to find the best mixture of Mortar (cement + sand + water) using local natural materials, and choose the best mix in terms of radiation and technical properties, so that they can be used for radiation shielding, especially in shielding facilities which are not designed primarily to contain radiation.

In this study samples of mortar with different mixing ratios were prepared using three different types of sands: Barite, Hematite and Normal sand. We focused in this study on the effect of increasing sand proportion in each sample on the linear attenuation coefficient for x-rays with energy 80,100,110,120keV and gamma- photons with energy 662keV, using trans-rays method and using X-COM to calculate these coefficient.

Results showed that the addition of Barite and Hematite sands to concrete mix increases the density of samples compared with Normal sand samples, and the linear attenuation coefficient values increases with increase of samples density and decreases with the increase of X-rays energy (and gamma photons energy) and Barite samples attenuate more than Hematite and Normal sand samples.

**Key words:** Cement mortar, Barite, Hematite, Linear attenuation coefficient, Physical and mechanical properties

---

<sup>(1)</sup> MCS., Physics, Department of Physics, Faculty of Sciences, Damascus University, Syria.

## 1. المقدمة

منذ اكتشاف الأشعة السينية على يد الفيزيائي الألماني وليم رونتجن في العام 1895 وعلم الأشعة يتطور بشكل سريع. وقد كان لاكتشاف الأشعة منذ بداية هذا القرن أثراً كبيراً في تطوير مجالات التشخيص الطبي واستخدام التقنيات الإشعاعية والنووية.<sup>[1]</sup> يمثل الإشعاع المؤين خطراً أكيداً على الأنظمة البيولوجية إذ يتناسب هذا الخطر مع مقدار جهل العاملين في حقول الإشعاع لطبيعة هذا الإشعاع وكيفية التعامل معه واتقاء المخاطر الناجمة عنه، ويمكن اختزال الخطر الإشعاعي إلى الحدود الدنيا المقبولة بمراعاة قواعد السلامة وأساليبها. ومن هنا جاءت أهمية إيجاد الأدوات اللازمة للحد من الآثار المرافقة للإشعاع. ويعدّ التدريب الإشعاعي من أهم الطرائق والوسائل المستعملة في الوقاية من الإشعاع.<sup>[2][3]</sup>

تعدّ الخرسانة مادة ممتازة ومتعددة الميزات للاستعمال كمادة تدريعية للوقاية من الإشعاع المؤين وتستهمل بشكل واسع في تدريب مفاعلات الطاقة ( Nuclear Power plants) ومفاعلات البحوث، والمسرعات (Accelerators) والمخابر، والخلايا الحارة (Hot Cells)، والمرافق الطبية التي تستعمل فيها الأشعة.<sup>[4]</sup>

والخرسانة عموماً هي من المواد منخفضة الكلفة نسبياً ومن السهل التعامل معها إذ يمكن صبها بأشكال معقدة وبسماكات مختلفة<sup>[5]</sup> مقارنةً بطبقات من الرصاص Pb التي تحتاج إلى طرائق خاصة للتثبيت على الجدران والسقوف، فضلاً عن ذلك يعدّ الرصاص من المعادن الثقيلة السامة كيميائياً، ولكن كفاءته العالية في توهين الأشعة تجعل من الصعوبة بمكان الاستعاضة عنه بأي مادة أخرى، وبالمقابل تحتوي الخرسانة على مزيج من عناصر خفيفة وثقيلة مما يجعلها ذات خصائص توهين جيدة للإشعاع المؤين مثل الفوتونات والنترونات، كما يمكن التحكم بتركيبها وكثافتها ومنه تكييفها لاستعمالها في مجال واسع من التطبيقات.<sup>[6]</sup>

## 2. المونة البنائية (الطينة):

المواد البنائية هي نوع من أنواع الخرسانة التي تمتاز بأنها أكثر رطوبة وطواعية من الخرسانة العادية وذات خصائص ترابطية جيدة. وتتكون الطينة الإسمنتية التي جرى تحضيرها في هذا البحث من الاسمنت والرمل (خليط مغربل) مع الماء.

وتستهمل عادة النسب الشائعة للخلط للأوزان الجافة بحيث يكون للرمل ضعف كمية الإسمنت أو ثلاثة أضعافه إذ تراوح نعومة الحصى في الطينة من 0.1 إلى 3mm، وفي بعض الأحيان تبلغ 7mm في خرسانة الأبنية الضخمة<sup>[7]</sup>. وتلقى الطينة (المونة البنائية) استعمالاً واسعاً مثل الربط بين الحصى والبلوكات الإسمنتية وفي أعمال الإكساء

وتلبس الجدران، كما تستعمل كطبقات عازلة للصوت وطبقات تدرجية للوقاية من الإشعاع؛ وذلك بإضافة حصويات ذات كثافة عالية إليها والتي هي غرض هذا البحث<sup>[8]</sup>. تتميز المونة البنائية بالخصائص الآتية:

- 1- جيدة الطوعية والفاعلية (عملية).
- 2- قليلة التغير الحجمي.
- 3- عديمة الذوبان (الانحلال).
- 4- جيدة الترابط والتحمل للإجهاد المطبق.
- 5- مقاومة عالية للعوامل الجوية<sup>[9]</sup>.

### 3. غرض البحث

تتكون الحصيات الطبيعية الخاصة المستعملة لزيادة كفاءة الخرسانة في توهين الإشعاع المؤين بشكل رئيسي من فلزات المعادن الثقيلة كالباريت  $BaSO_4$ ، والماغنيتيت  $Fe_3O_4$ ، والهيمايت  $Fe_2O_3$ ، والإلمنيت  $Al_2SO_4(OH)_4 \cdot 7H_2O$ . في هذا البحث:

- حُضرت مجموعتان من العينات الإسمنتية تحوي إحداها رمل الباريت (ملح كبريتات الباريوم  $BaSO_4$  يراوح وزنه النوعي بين  $3.6-4.5 \text{ g/cm}^3$ ) في حين تحوي الأخرى رمل الهيمايت (فلز الحديد  $Fe_2O_3$  يراوح وزنه النوعي بين  $2.5-4.0 \text{ g/cm}^3$ ).
- حُضرت مجموعة من العينات الإسمنتية التي تحوي الرمل العادي (صخر الدولوميت  $CaMg(CO_3)_2$  وزنه النوعي  $2.9 \text{ g/cm}^3$  وهو الرمل المستعمل عادة في أعمال البناء) كعينات للمقارنة.
- دُرست إمكانية استعمال هذه العينات للتدرج ضد الأشعة السينية ذات الطاقة 80,100, 120 keV والأشعة غاما ذات الطاقة 662 keV.
- استُعملت طريقة الأشعة النافذة لقياس معاملات التوهين الخطية والبرنامج XCOM لحساب معاملات التوهين الكتلية للعينات.

### 4. تحضير الخلطات والحصول على العينات الإسمنتية:

للحصول على العينات الإسمنتية المعتمدة في هذا البحث غُيرت نسب الخلط بين عينات كل من (الرمل - إسمنت) و(الماء - إسمنت)؛ وذلك باستعمال نوعين من الرمل، وأعطيت نسبة الرمل للإسمنت في العينات الرمز (S/C) ونسبة الماء للإسمنت الرمز (W/C). حضرت العينات في قوالب معدنية على شكل متوازي مستطيلات مساحة قاعدته  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  وبسماكات مختلفة.

وحُضِرَت خمس عينات تحوي نسباً مختلفةً من رمل الباريت التي أعطيت الرموز (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>4</sub>, B<sub>5</sub>) كما هو معطى في الجدول (1)، وخمس عينات تحوي نسباً مختلفةً من رمل الهيماتيت وأعطيت الرموز (H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>, H<sub>4</sub>, H<sub>5</sub>) كما هو معطى في الجدول (2)، وثلاث عينات تحوي نسباً مختلفةً من الرمل العادي وأعطيت الرموز (N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>) كما هو معطى في الجدول (3).

وحُسِبَت كثافة العينات بقياس الكتلة m والحجم v لكل عينة من العينات ثلاث مرات، ثم أخذ متوسط هذه القيم للحصول على متوسط الكتلة الحجمية (الكثافة) لنسبة الخلط الواحدة باستعمال العلاقة الآتية:

$$\rho = m/v \quad \dots\dots(1)$$

وضعت العينات بعد إزالتها من القوالب الخاصة في حمام مائي في درجة حرارة المخبر مدة 72 ساعة، ثم تركت لتجف في حرارة الغرفة مدة 24 ساعة قبل بدء الاختبارات التجريبية.

### 5. الخصائص الفيزيائية والميكانيكية:

تعدُّ الخصائص الفيزيائية والميكانيكية عنصراً مهماً لدراسة الخرسانة المستعملة في البناء لما لها من أهمية على سلامة المنشأة وديمومتها مدة طويلة. أُجريت بعض الاختبارات الميكانيكية على العينات المحضرة ونوجزها بما يأتي<sup>[10]</sup>.

#### 1.5. المتانة (الكسر على الانعطاف) Flexural Strength:

بهدف دراسة متانة العينات حُضِرَت عينات خاصة متعددة على شكل متوازيات مستطيلات أبعادها (30×8×8cm). وقيست متانة العينات باستعمال الجهاز الخاص بقياس الانعطاف (الموجود في مخابر هيئة الطاقة الذرية نموذج Controls-MCC8) إذ وضعت كل عينة بين مسندي الجهاز الذي تبلغ المسافة بينهما 30cm كما هو موضح في الشكل (1). وأخضعت العينة لقوة (حمولة) ناجمة عن مسندي الذراع الضاغط، وتزداد تدريجياً بمقدار (0.05MPa/s) حتى بلوغ قوة حرجة F تتكسر عندها العينة.

وحُسِبَت قوة الانعطاف  $\sigma$  باستعمال العلاقة الآتية:

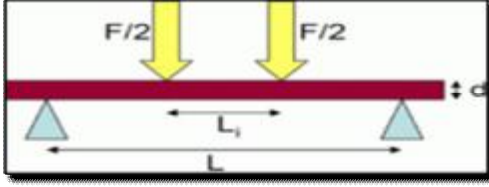
$$\sigma = 3F(1 - L_i) / (2b \times d^2) \quad (2)$$

إذ:  $\sigma$ (MPa): قوة الانعطاف، F (kN): الحمولة المطبقة،

L (m): البعد بين المسندين،  $L_i$  (m): البعد بين مسندي الذراع الضاغط،

b (m): عرض العينة، d (m): سمك العينة.

واعتمدت القيمة  $L_i=0.15$  m للمسافة بين الذراعين الضاغطين.



الشكل (1) رسم تخطيطي لقوة الانعطاف المطبقة على العينات الإسمنتية

## 2.5. حساب معامل التوهين الخطي:

أولاً- تعيين معاملات التوهين الخطية باستعمال طريقة الأشعة النافذة:

حُسبت معاملات التوهين الخطية لحزم الأشعة السينية ذات الطاقة 80 keV (الصادرة عن جهاز توليد الأشعة السينية الذي يوجد في المخبر الوطني للقياسات الإشعاعية التابع لهيئة الطاقة الذرية (تصنيع شركة GEINSPECTION نموذج TECHNOLOGIES ذو مهبط من التنغستين) ولحزمة الأشعة غاما ذات الطاقة 662 keV الصادرة عن مصدر السيزيوم  $^{137}\text{Cs}$ ، واستعملت حبيرة التأيين ذات الحجم  $75 \text{ cm}^3$  لقياس الجرعات الإشعاعية (تصنيع شركة PTW Freiburg نموذج Diagnostic Chamber-TW34060 وملحق بها جهاز إلكتروميتر نموذج PTW-UNIDOS لقراءة النتائج).

وحُسبت معاملات التوهين الخطية لحزمة الأشعة بقياس معدل الجرعة  $I_0$  (دون وجود عينة) ومعدل الجرعة لحزمة الأشعة النافذة من كل عينة (كرر القياس ثلاث مرات لكل عينة، ومنه حُسب معدل الجرعة الوسطي  $I_x$ ) وبقياس السمك  $x$  لكل عينة حسبت معاملات التوهين الخطية الموافقة للطاقات المعتمدة في كل عينة  $i$  من العلاقة الآتية:

$$\mu_{i,j} = \frac{\text{Ln}(I_0/I_x)}{x} \quad (3)$$

ثانياً- تعيين معاملات التوهين الكتلية باستعمال البرنامج XCOM:

استعمل برنامج المحاكاة XCOM لحساب معاملات التوهين الخطية الموافقة للطاقات زلحزم الأشعة المعتمدة في كل عينة  $i$ . واحتوى ملف الدخل على كل من الصيغة الكيميائية لمكونات كل عينة والنسبة المئوية الوزنية لكل مركب في العينة والطاقات keV (80,100,120,662). ومن خرج البرنامج تم الحصول على قيمة معامل التوهين الكتلي لكل طاقة  $z$  ولكل عينة  $i$ . استعملت العلاقة الآتية لحساب معاملات التوهين الخطية:

$$\mu_{i,j} (\text{cm}^{-1}) = \rho (\text{g/cm}^3) \mu_{m(i,j)} (\text{cm}^2/\text{g}) \quad (4)$$

إذ:  $\mu_{i,j}$  - معامل التوهين الخطي للعينة  $i$  عند الطاقة  $z$  للأشعة السينية،  
 $\mu_{m(i,j)}$  - معامل التوهين الكتلي للعينة  $i$  عند الطاقة  $z$  للأشعة السينية،  
 $\rho$  - كثافة العينة.

## 6. النتائج والمناقشة:

تعطي الجداول (1) و(2) و(3) النسب الوزنية والكثافة والخطأ بحساب الكثافة للعينات الإسمنتية التي حُضرت، وتبين هذه الجداول أن زيادة نسبة الرمل بأنواعه الثلاثة تؤدي إلى زيادة كثافة العينات، إذ إنَّ زيادة نسبة الرمل الذي يحوي الباريت إلى الإسمنت (S/C) في العينات بنسبة 57.14% يؤدي إلى زيادة كثافة العينات بنسبة 10.75%، وزيادة نسبة الرمل الذي يحوي الهيماتيت إلى الإسمنت (S/C) في العينات بنسبة 57.14% يؤدي إلى زيادة كثافة العينات بنسبة 8.40%، في حين تؤدي زيادة نسبة الرمل العادي إلى الإسمنت (S/C) في العينات بنسبة 40% إلى زيادة كثافة العينات بنسبة 7.0%.

الجدول (1) النسب الوزنية والكثافة للعينات والخطأ بحساب الكثافة التي تحتوي على رمل الباريت

كثافة العينة g/cm <sup>3</sup>	S/C	النسب الوزنية للعينات			رمز العينة
		نسبة الرمل %S	نسبة الإسمنت %C	نسبة الماء %W	
2.75±0.07	3	65.2	21.2	13.1	B1
2.77±0.07	4	70.2	17.2	12.2	B2
2.82±0.07	5	73.5	14.5	11.8	B3
2.95±0.07	6	76.0	12.5	11.4	B4
3.08±0.07	7	78.6	10.8	10.2	B5

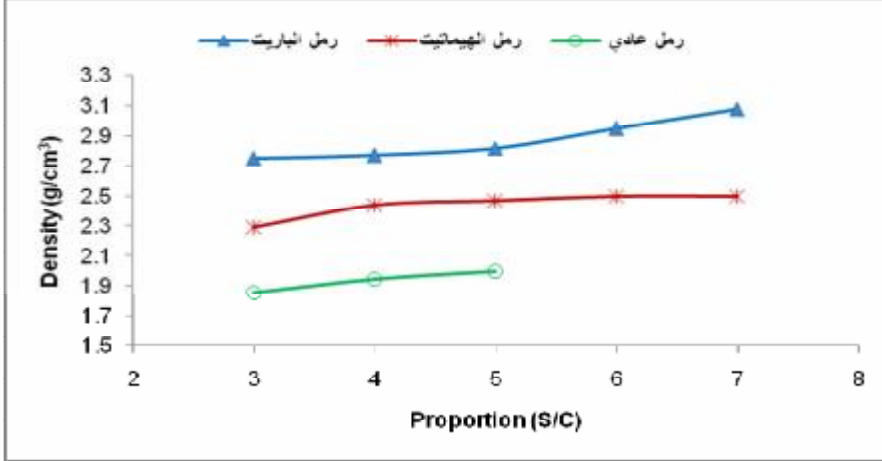
الجدول (2) النسب الوزنية والكثافة والخطأ بحساب الكثافة للعينات التي تحتوي على رمل الهيماتيت

كثافة العينة g/cm <sup>3</sup>	S/C	النسب الوزنية للعينات			رمز العينة
		نسبة الرمل %S	نسبة الإسمنت %C	نسبة الماء %W	
2.29±0.07	3	63.8	21.7	15.0	H1
2.44±0.07	4	68.9	17.6	13.9	H2
2.47±0.07	5	72.5	14.7	13.0	H3
2.50±0.07	6	75.0	12.6	12.5	H4
2.50±0.07	7	76.1	10.8	13.1	H5

الجدول (3) النسب الوزنية والكثافة والخطأ بحساب الكثافة للعينات التي تحتوي على الرمل العادي

كثافة العينة g/cm <sup>3</sup>	S/C	النسب الوزنية للعينات			رمز العينة
		نسبة الرمل %S	نسبة الإسمنت %C	نسبة الماء %W	
1.86	3	61.2	20.4	18.4	N1
1.95	4	65.6	16.4	18.0	N2
2.00	5	69.4	13.9	16.7	N3

ويوضح الشكل (2) أن تغير قيمة النسبة (S/C) من 3 إلى 7 يؤدي إلى زيادة كثافة الخلطات الإسمنتية باستعمال الأنواع الثلاثة من الرمال (الباريت - الهيمايت - العادي) مع ملاحظة أن العينات التي تحوي رمل الباريت هي الأكثر كثافة (متوسط كثافة هذه العينات  $2.87 \text{ g/cm}^3$ ) تليها العينات التي تحوي رمل الهيمايت (متوسط كثافة هذه العينات  $2.44 \text{ g/cm}^3$ )، ثم العينات التي تحوي الرمل العادي (متوسط كثافة هذه العينات  $1.94 \text{ g/cm}^3$ )؛ ويفسر ذلك بالوزن النوعي المرتفع لرمل الباريت ( $3.6 \text{ g/cm}^3$ ) بالنسبة إلى رمل الهيمايت ( $3.0 \text{ g/cm}^3$ ) والرمل العادي ( $2.5 \text{ g/cm}^3$ )، أي إن زيادة كل من كثافة الرمل ونسبة الرمل في الطينة الأسمنتية له تأثير إيجابي في زيادة كثافة الخلطة.



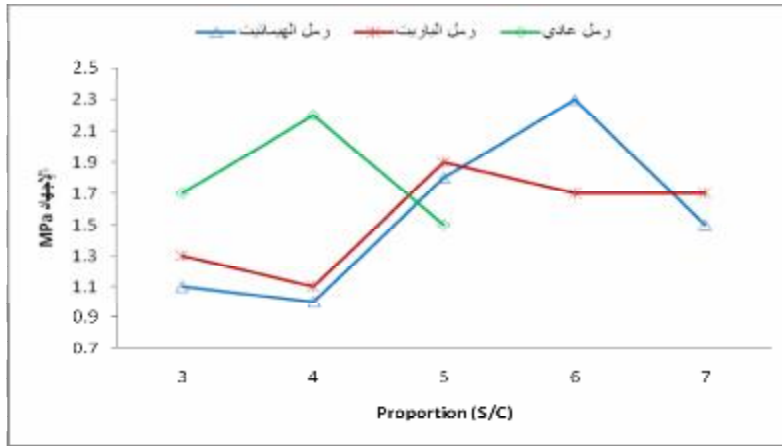
الشكل (2) تغير كثافة العينات مع تغير قيمة النسبة (S/C)

يوضح الشكل (3) والجدول (4) مقارنة لنتائج قياس الإجهاد للعينات بدلالة قيم النسبة (S/C) للأنواع الثلاثة للرمل، ويلاحظ من هذا الشكل أن عينات الرمل العادي أكثر متانة من عينات الرمل الباريتي والرمل الهيمايتي من أجل نسبتي الخلط 3 و4، وأن عينات الرمل الهيمايتي هي الأكثر متانة من أجل نسبة الخلط 6 في حين تكون عينات الرمل الباريتي أكثر متانة من أجل نسبة الخلط 5.

الجدول (4) قيم الإجهاد للعينات الإسمنتية المدروسة ذات نسب الخلط المختلفة

نسبة الخلط (الرمل - إسمنت) S/C				
7	6	5	4	3
الإجهاد (N/cm <sup>2</sup> )				
1.5	2.3	1.8	1	1.1
1.7	1.7	1.9	1.1	1.3
-	-	1.5	2.2	1.7





الشكل (3) مقارنة بين نتائج قياس الإجهاد بدلالة قيم النسبة (S/C) للأنواع الثلاثة للرمال

تعطي الجداول (5) و(6) و(7) مقارنة بين قيم معاملات التوهين الخطية للعينات الإسمنتية المحسوبة تجريبياً بقياس معدل الجرعة لحزمة الأشعة النافذة، ونظرياً باستعمال البرنامج XCOM.

يلاحظ من الجداول (5) و(6) و(7) أن هناك ازدياداً في معامل التوهين الخطي مع ازدياد كثافة العينات من أجل أنواع الرمال الثلاثة، وأن هناك انخفاضاً في معامل التوهين الخطي بازدياد طاقة حزمة الأشعة الواردة على حد سواء بالقياس التجريبي لمعاملات التوهين، وبالحسابات النظرية لها باستعمال البرنامج XCOM.

ويلاحظ أن هناك تقارباً بين قيم معاملات التوهين الخطية المحسوبة باستعمال البرنامج XCOM وبين تلك المحسوبة بقياس معدل الجرعة لحزمتي الأشعة ذات الطاقتين  $80,662\text{keV}$  إذ بلغ متوسط الفرق النسبي بين معاملات التوهين الخطية التجريبية والنظرية القيمة  $15.2\%$  عند الطاقة  $80\text{keV}$  والقيمة  $7.0\%$  عند الطاقة  $662\text{keV}$  لعينات البارييت، والقيمة  $28.4\%$  عند الطاقة  $80\text{keV}$  و  $7.2\%$  عند الطاقة  $662\text{keV}$  بالنسبة إلى العينات التي تحوي الهيماتيت، والقيمة  $46.2\%$  عند الطاقة  $80\text{keV}$  و  $10.3\%$  عند الطاقة  $662\text{keV}$  بالنسبة إلى عينات الرمل العادي.

يعزى الاختلاف بين قيم معاملات التوهين الخطية المحسوبة بطريقة الأشعة النافذة وباستعمال البرنامج XCOM بشكل رئيسي إلى سببين، الأول: أن المواد المستعملة في البحث ليست نقية تماماً وتحتوي على مواد أخرى وشوائب لها تأثيرها في نتيجة الحساب، ولم يتسن لنا معرفة هذه المواد ومنه التركيب الدقيق للعينات، في حين أدخلت المواد بشكلها النقي في ملف الدخل للبرنامج X-COM، وثانياً: أن حزمة الأشعة الصادرة عن أنبوبة توليد الأشعة السينية وعلى الرغم من استعمال المرشحات إلا أنها تبقى ذات عرض

طيفي، في حين أدخلت حزم الأشعة على شكل حزم وحيدة الطاقة في البرنامج XCOM، أما عند استعمال حزمة الأشعة غاما وحيدة الطاقة (662 keV) فنجد أن قيم متوسط الفرق النسبي لمعاملات التوهين تكون متقاربة فيما بينها بالنسبة إلى العينات جميعها.

الجدول (5) معاملات التوهين الخطية للعينات التي تحوي رمل الباريات المحسوبة بقياس الأشعة النافذة والبرنامج XCOM

معامل التوهين الخطي ( $\mu$ cm <sup>-1</sup> )						
120 keV	100 keV	Cs (662 keV)		80 keV		رمز العينة
XCOM	XCOM	XCOM	تجريبياً	XCOM	تجريبياً	
1.717	2.62	0.214	0.198±0.007	4.54	5.61±0.007	B1
1.83	2.81	0.216	0.204±0.007	4.89	5.85±0.007	B2
1.93	2.97	0.221	0.208±0.007	5.10	6.185±0.007	B3
2.06	3.18	0.231	0.213±0.007	5.57	6.38±0.007	B4
2.21	3.42	0.240	0.220±0.007	6.00	6.7±0.007	B5

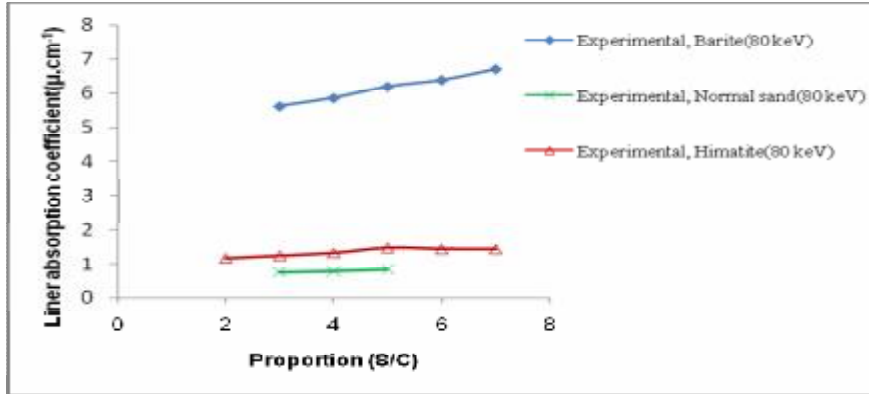
الجدول (6) معاملات التوهين الخطية للعينات التي تحوي رمل الهيمايتيت المحسوبة بقياس الأشعة النافذة والبرنامج XCOM

معامل التوهين الخطي ( $\mu$ cm <sup>-1</sup> )						
120 keV	100 keV	Cs (662 keV)		80 keV		رمز العينة
XCOM	XCOM	XCOM	تجريبياً	XCOM	تجريبياً	
0.472	0.592	0.176	0.165±0.007	0.845	1.157±0.007	H1
0.483	0.611	0.177	0.166±0.007	0.884	1.235±0.007	H2
0.521	0.664	0.187	0.171±0.007	0.967	1.315±0.007	H3
0.532	0.681	0.189	0.175±0.007	0.996	1.465±0.007	H4
0.542	0.695	0.191	0.177±0.007	1.022	1.433±0.007	H5
0.536	0.697	0.191	0.177±0.007	1.025	1.430±0.007	H6

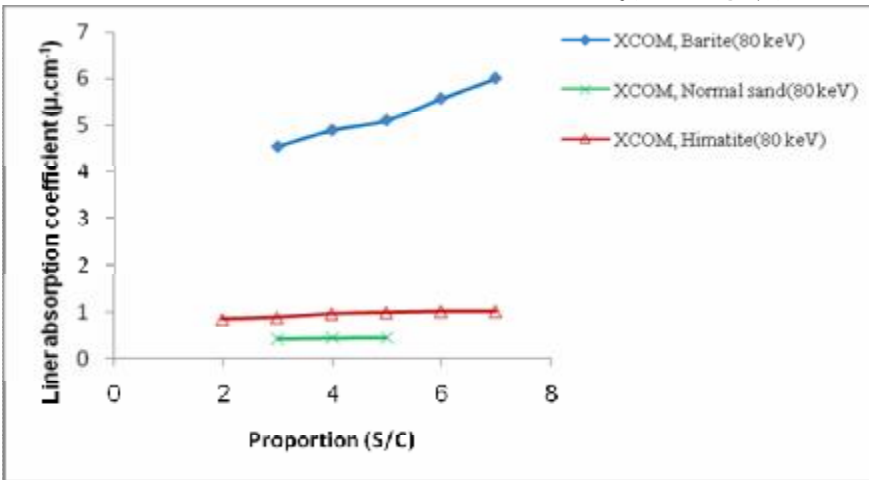
الجدول (7) معاملات التوهين الخطية للعينات التي تحوي الرمل العادي المحسوبة بقياس الأشعة النافذة والبرنامج XCOM

معامل التوهين الخطي ( $\mu$ cm <sup>-1</sup> )						
120 keV	100 keV	Cs (662 keV)		80 keV		رمز العينة
XCOM	XCOM	XCOM	تجريبياً	XCOM	تجريبياً	
0.306	0.343	0.146	0.131±0.005	0.414	0.755±0.005	N1
0.319	0.357	0.153	0.137±0.005	0.429	0.79±0.005	N2
0.326	0.365	0.157	0.141±0.005	0.437	0.837±0.005	N3

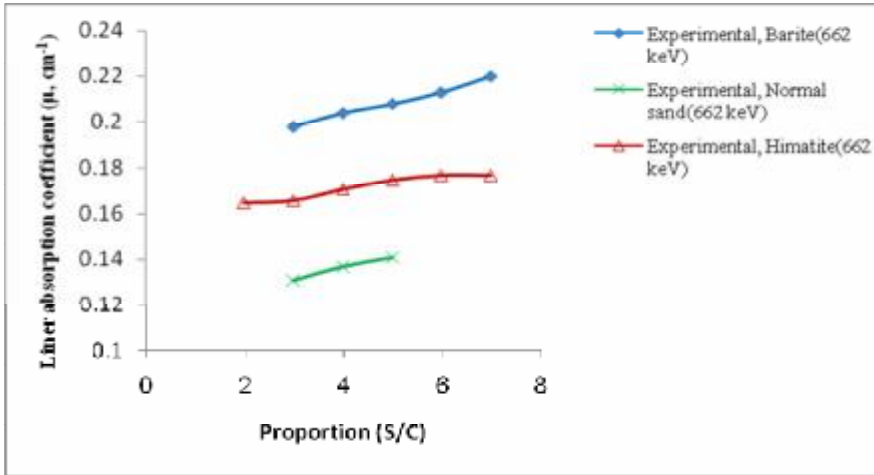
توضح الأشكال (4) و(5) و(6) و(7) معاملات التوهين الخطية من أجل الطاقين keV 80, 662 المحسوبة بقياس معدل الجرعة للأشعة النافذة وبالبرنامج XCOM للعينات الإسمنتية المعتبرة. وتوضح هذه الأشكال أن معاملات التوهين الخطية (المحسوبة على حد سواء من قياس معدل الجرعة وباستعمال البرنامج XCOM) للعينات الإسمنتية التي تحوي رمل الباريت هي الكبرى بالنسبة إلى العينات الإسمنتية التي تحوي كلاً من رمل الهيماتيت والرمل العادي، وأن هذه المعاملات تزداد بازدياد كثافة العينات بالنسبة إلى كل نوع من أنواع الرمال الثلاثة المستعملة في العينات.



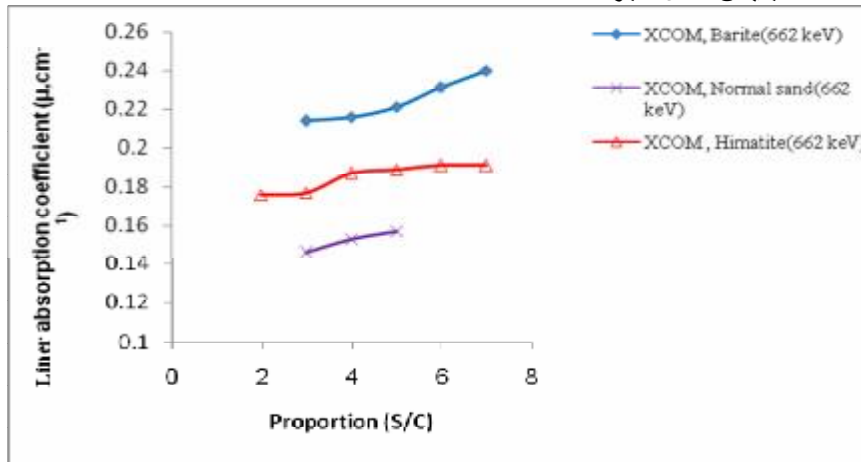
الشكل (4) معاملات التوهين الخطية للعينات الإسمنتية المحسوبة من أجل الطاقة 80 keV بقياس معدل الجرعة للأشعة النافذة.



الشكل (5) معاملات التوهين الخطية للعينات الإسمنتية المحسوبة من أجل الطاقة 80 keV باستعمال البرنامج XCOM



الشكل (6) معاملات التوهين الخطية للعينات الإسمنتية المحسوبة من أجل الطاقة 662keV بقياس معدل الجرعة للأشعة النافذة.

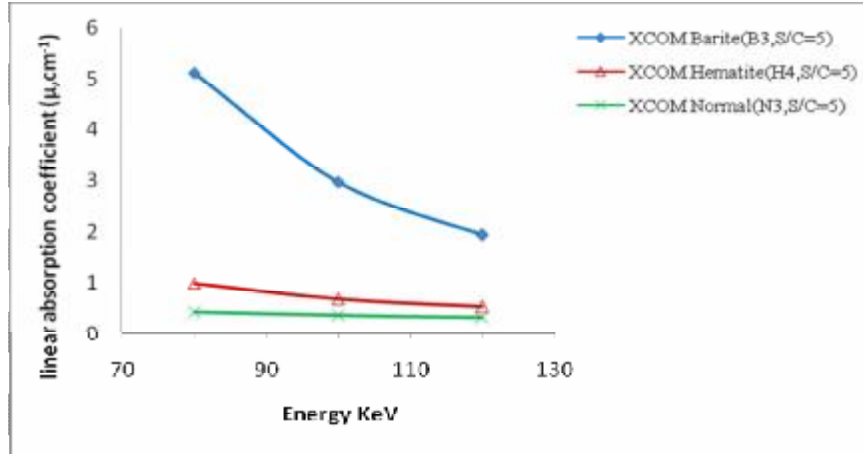


الشكل (7) معاملات التوهين الخطية للعينات الإسمنتية المحسوبة من أجل الطاقة 662 keV باستخدام البرنامج XCOM

قُورن بين قيم معاملات التوهين الخطية المحسوبة باستخدام البرنامج XCOM من أجل حزم الأشعة السينية ذات الطاقات 80, 100, 120 keV وللعينات جميعها ذات نسبة الخلط S/C=5. يوضح الشكل (8) تغير معاملات التوهين الخطية لهذه العينات بدلالة طاقة الأشعة السينية.

يلاحظ من الشكل (8) أن هناك انخفاضاً في قيم معامل التوهين الخطي بزيادة طاقة الأشعة السينية، وأن نسبة هذا الانخفاض تبلغ القيمة %62.1 من أجل العينات التي تحوي رمل الباريت، والقيمة %46.5 في حالة عينات رمل الهيماتيت، والقيمة %25 في حالة عينات الرمل العادي.

ويمكن تفسير القيمة الكبيرة لمعامل التوهين الخطي عند الطاقة 80 keV لعينات الباريت بوجود حافة الامتصاص (Absorption Edge) لعنصر الباريوم التي توافق الطاقة 37keV.



الشكل (8) معاملات التوهين الخطية محسوبة باستخدام البرنامج XCOM للعينات الإسمنتية بدلالة طاقة الأشعة السينية من أجل نسبة الخلط S/C=5.

## 7. الاستنتاجات:

دلّت نتائج هذا البحث أن إضافة كل من رمل الباريت ورمل الهيماتيت إلى الخلطة الإسمنتية يزيد من كثافة هذه الخلطة بنسبة %40 و %23 على الترتيب عن استعمال الرمل العادي، وأن زيادة نسبة الرمل في الطينة يزيد أيضاً من كثافة الطينة الأسمنتية.

ويلاحظ ازدياد قيم معامل التوهين الخطي مع زيادة كثافة العينات، وبالعكس تناقصه مع زيادة طاقة الأشعة السينية (وطاقة الفوتونات غاما) وبالنسبة إلى أشعة غاما ذات الطاقة 662keV تكون عينات الباريت أكثر توهيناً من عينات الرمل العادي بنسبة %50 و عينات الهيماتيت أكثر بنسبة %26. لم نلاحظ تغيراً جذرياً في متانة العينات لتعلقها بعدة عوامل ومتغيرات مثل نعومة الرمل وكثافته وكمية الماء ونسبته في الخلطة الإسمنتية.

## المراجع References

- 1-IAEA TRS-457, 2007. Dosimetry in diagnostic radiology: an internal codepractice, Vienna.
- 2-Akkurt, I., Basyigit, C., Kılmarslan, S., Mavi, B., 2005. The Shielding of  $\gamma$  Rays by Concretes Produced with BariteProgress in Nuclear Energy 44,p1-11.
- 3-Osman GENCEL, Witold BROSTOW, Cengiz OZEL, Mümin FILIZ, 2010. Concretes Containing Hematite for Use as Shielding Barriers, MATERIALS SCIENCE (MEDZIAGOTYRA). Vol. 16, No. 3.
- 4-Jaeger, R. G., Blizard, E. P., Chilton, A. B., Grotenhuis, M., Hoenig, A., Jaeger, Th.A., 1975. Engineering Compendium on Radiation Shielding In: Shielding Materials, vol. II. Springer-Verlag, p253.
- 5-Imam, M., 2000. Concrete Book, Mansoura University, Cairo, p .30.
- 6-Rammah, S., Al-Hent, R., Yousef, S., 2003. Availability of Special Local Rock Materials for Using in Radiation Shielding Concrete, Department of Geology, A.E.C.S.
- 7-Baloot, M., 2007. Building Materials, Faculty of Civil Engineering, Damascus University.
- 8-Topcu, İ. B., 2003. Properties of Heavyweight Concrete Producedwith Barite Cement & Concrete Research33 :pp. 815-828
- 9-Tung-Chai Ling, Chi-Sun Poon, Wai-Shung Lam, Tai-Po Chan, Karl Ka-Lok Fung, 2013. X-ray radiation shielding properties of cement mortars prepared with different types of aggregates, Materials and Structures, p1133–1141.
- 10-Esen and Yilmazer, 2010. Investigation of some physical and mechanical properties of concrete produced with Barite aggregate, Scientific Research and Essays Vol. 5(24), pp. 3826-3833,Firat University.
- 11-Kharita, M. H., Takeyeddin, M., Alnassar, M., Yousef, S., 2008. Development of Special Radiation Shielding Concretes Using Natural Local Materials and Evaluation of Their Shielding Characteristics, Progress in Nuclear Energy50:pp. 33 –36.