

" حساب عامل تراكم الجرعة والطاقة الممتصة لأشعة كاما في الكونكريت الاعتيادي "

* سليم حمزة طيرير

* علي عبد أبوجاسم الحميداوي

جامعة القادسية- كلية العلوم - قسم الحاسبات

جامعة الكوفة- كلية العلوم- قسم الفيزياء

الخلاصة :

تم في هذه الدراسة ، حساب عاملي تراكم الجرعة الممتصة والطاقة الممتصة لأشعة كاما الصادرة من مصدر نقطي ولمدى من الطاقات من (0.015 MeV) إلى (15 MeV) وبمعدل مسار حر يصل إلى (40 mfp) ، وذلك من خلال استخدام معادلة شبه تجريبية تسمى معادلة (تايلور) واستخدم في هذه المعادلة اعلومات نشرت في إحدى الدراسات السابقة . أثبتت هذه الدراسة بان عامل تراكم لكل من الجرعة الممتصة ، والطاقة الممتصة يزداد مع زيادة معدل المسار الحر ويزداد كذلك مع زيادة طاقة الفوتون الساقط ولمدى من الطاقات الواطئة من (0.015 MeV) إلى (0.2MeV) ، ويقل بزيادة طاقة الفوتون الساقط ولمدى من الطاقات المتوسطة والعالية أي من (0.3 Mev) إلى (15 Mev) ، كما وأثبتت هذه الدراسة بان عامل تراكم الطاقة الممتصة أكبر من عامل تراكم الجرعة الممتصة وهذه النتيجة التي أثبتت في هذه الدراسة تتفق مع أغلب النتائج المنشورة في الدراسات السابقة .

"Calculation Gamma Ray of Dose & Energy Absorber Buildup Factor for Ordinary Concrete"

Abstracts:

In this study , gamma ray dose and energy absorber buildup factors in ordinary concrete calculated for point isotropic source , the range energy from (0.015 MeV) to (15 MeV) and the mean free path arrived to (40 mfp).

Semiempirical equation was used called "Taylor equation" and used in this equation parameters in one literature survey.

This study , prove that all gamma ray dose and energy absorber buildup factors in ordinary concrete increased with an in creasing the mean free path , the incident photon energy for a low energy range from (0.015 MeV) to (0.2 MeV) and decreased with an increasing the incident photon energy for middle and high ranges from (0.3 MeV) to (15 MeV) .Also , its prove that the absorber energy buildup factor was larger than the absorber dose buildup factor , and this results which prove in this study are agree with more results in literature survey.

1- المقدمة:

تبرز أهميته عامل التراكم في تصحيح الحسابات المتعلقة في السمك الملائم لتدريع أشعة كاما ، وتوجد ثلاثة صيغ أساسية لحساب عامل التراكم هي عامل تراكم الجرعة (Dose of Buildup Factor) وعامل تراكم الطاقة الممتصة (Energy Absorption of Buildup Factor) وعامل التراكم العددي (الطاقة) Number of Buildup Factor(Energy) ، وقد نشرت دراسات عديدة حول هذه الصيغ ولمواد تدريع مختلفة ، ومصادر مشعة ذات طاقات مختلفة. ففي عام (1993) قام كل من Faw & Shultis [1] بنشر دراسة تتضمن حساب عامل تراكم الجرعة الممتصة لأشعة كاما الصادرة من مصدر نقطي وللمدى الطاقى (10-100) MeV وذلك باستخدام Code EGS4 .

كما نشر M.Ivan في عام (1994) [2] دراسة تضمنت صيغة رياضية يمكن من خلالها حساب عامل تراكم أشعة كاما للمواد (الماء و الحديد و الرصاص و الكونكريت). وكذلك في عام (2001) قام O.Chibani [3] باستخدام طريقة جديدة لطريقة (مونت كارلو) EGS4 تدعى EB4F لحساب عامل تراكم أشعة كاما لمصدر نقطي مدى طاقته من 20 Kev إلى 10 MeV و لسمك يصل إلى 60 mfp لمواد (الماء و الحديد و الرصاص و الكونكريت و الهواء). وفي عام (2004) قام كل من A.Shimizu , T.Onda & Y.Sakm [4] باستخدام طريقة (Invariant Embedding III) لحساب عامل تراكم أشعة كاما لمصدر نقطي لسمك يصل إلى (100 mfp) و لمدى طاقي من 0.015 MeV إلى 15 MeV باستخدام دروع من (الماء و الكونكريت و الرصاص و الحديد).

2- الهدف من البحث:

كما هو واضح في أعلاه إن أغلب الدراسات المتعلقة بعامل التراكم العملية منها والنظرية هي دراسات حول عامل التراكم العددي (الطاقة) ، و قليلاً ما نجد دراسات حول عامل تراكم الجرعة الممتصة وعامل تراكم الطاقة الممتصة ، لذلك جاء هذه العمل متضمنا حساب عامل تراكم الجرعة الممتصة والطاقة الممتصة لمادة الكونكريت لأهميتهما في الوقاية من الإشعاع.

3- طريقة الحساب :

تم حساب عامل تراكم الجرعة الممتصة والطاقة الممتصة لأشعة كاما الصادرة من مصدر نقطي في الكونكريت الاعتيادي باستخدام معادلة تايلور حيث تعبر هذه المعادلة عن صيغة التجريبية والتي يمكن من خلالها حساب عامل التراكم للطبقات المنفردة ، إذا توفرت اعلومات هذه المعادلة وتكتب المعادلة بالشكل التالي [7, 6, 5]:

$$B=A \exp (-\alpha_1 \mu x)+ (1-A) \exp (-\alpha_2 \mu x).....(1)$$

حيث إن A و α_1 و α_2 هي اعلومات خاصة بالمعادلة تعتمد على طاقة المصدر المشع والشكل الهندسي للمصدر وتعتمد على نوع المادة المستخدمة كدرع. الجدولين (1,2) يوضح الأعلومات الخاصة بهذه المعادلة لحساب عامل تراكم الجرعة الممتصة والطاقة الممتصة لمادة الكونكريت الاعتيادي على التوالي ولمدى من الطاقة من

0.015MeV إلى 15MeV ، ولسمك يصل إلى (40 mfp). ومن خلال هذه المعلومات انشأ برنامج حسابي يمكن من خلاله حساب عامل تراكم الجرعة الممتصة والطاقة الممتصة ولكلاً المدى الطاقوي ومعدل المسار الحر المذكورين .

جدول (1) يوضح المعلومات الخاصة لعامل تراكم الجرعة الممتصة في الكونكريت الاعتيادي ولمعدل مسار حر

[8] .(0-40)mfp

Source energy (MeV)	Parameter for eq.(2)		
	A	α_1	α_2
0.015	0.925500	-0.00399	0.01695
0.020	1.244000	-0.00102	0.09200
0.030	1.595100	-0.00488	0.32336
0.040	2.280400	-0.01543	0.36340
0.050	3.923300	-0.02303	0.21256
0.060	5.083300	-0.04230	0.23264
0.080	18.70800	-0.03768	0.04497
0.100	39.15470	-0.04819	0.00151
0.050	175.7968	-0.06063	-0.04698
0.200	142.3797	-0.07402	-0.05642
0.300	129.0785	-0.07579	-0.05671
0.400	135.8676	-0.06865	-0.05205
0.500	104.0646	-0.06391	-0.04423
0.600	101.6332	-0.05752	-0.03888
0.800	110.2822	-0.04654	-0.03200
1.000	101.4567	-0.03845	-0.02457
1.500	32.81170	-0.03522	-0.00174
2.000	39.30720	-0.02468	-0.00162
3.000	13.75790	-0.02849	0.02761
4.000	14.22410	-0.02223	0.02316
5.000	9.268000	-0.02666	0.03280
6.000	8.869400	-0.02358	0.03132
8.000	7.003300	-0.02304	0.03323
10.000	5.318700	-0.02652	0.03799
15.000	4.758800	-0.02340	0.02849

جدول (2) يوضح المعلومات الخاصة لعامل تراكم الطاقة الممتصة في الكونكريت الاعتيادي ولمعدل مسار حر

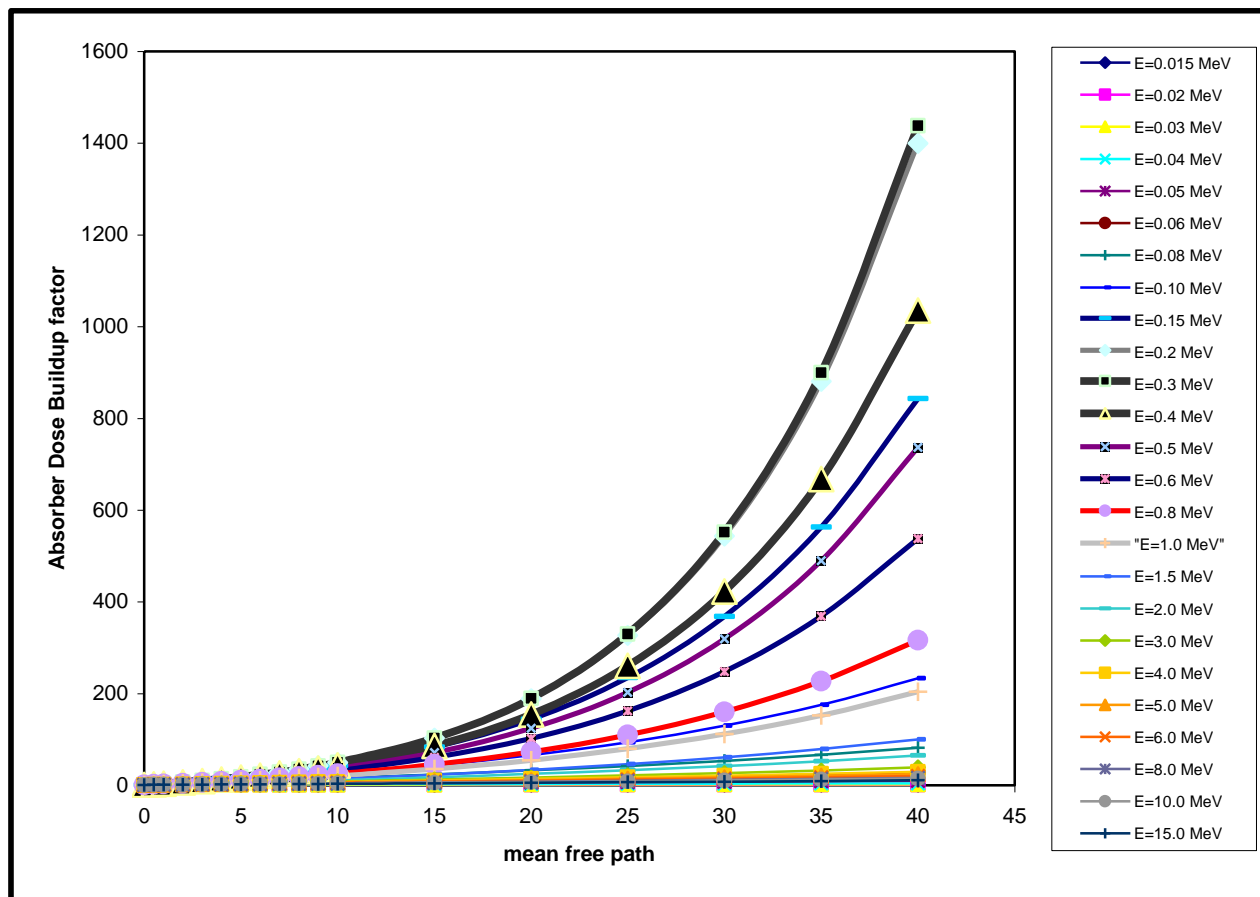
[8].(0-40)mfp

Source energy (MeV)	Parameter for eq.(2)		
	A	α_1	α_2
0.015	0.92550	-0.00399	0.01695
0.020	1.24400	-0.00102	0.09200
0.030	1.63980	-0.00415	0.30337
0.040	2.31790	-0.01513	0.36734
0.050	7.05810	-0.00761	0.10777
0.060	7.14210	-0.03187	0.17851
0.080	24.0233	-0.04028	0.05210
0.100	61.6796	-0.04981	0.00324
0.050	260.7346	-0.06637	-0.04993
0.200	143.4989	-0.08494	-0.05484
0.300	224.3679	-0.08069	-0.06453
0.400	161.8871	-0.07486	-0.05567
0.500	137.5574	-0.06805	-0.04841
0.600	105.9964	-0.06268	-0.04019
0.800	108.5616	-0.05015	-0.03239
1.000	90.92270	-0.04207	-0.02410
1.500	78.09600	-0.02849	-0.01322
2.000	87.71790	-0.01974	-0.00878
3.000	45.79640	-0.01509	0.00062
4.000	39.56780	-0.01080	0.00468
5.000	25.81840	-0.01094	0.00909
6.000	28.03380	-0.00751	0.00874
8.000	33.12790	-0.00639	0.00399
10.00	18.23830	-0.00933	0.00637
15.00	12.15890	-0.01149	0.00466

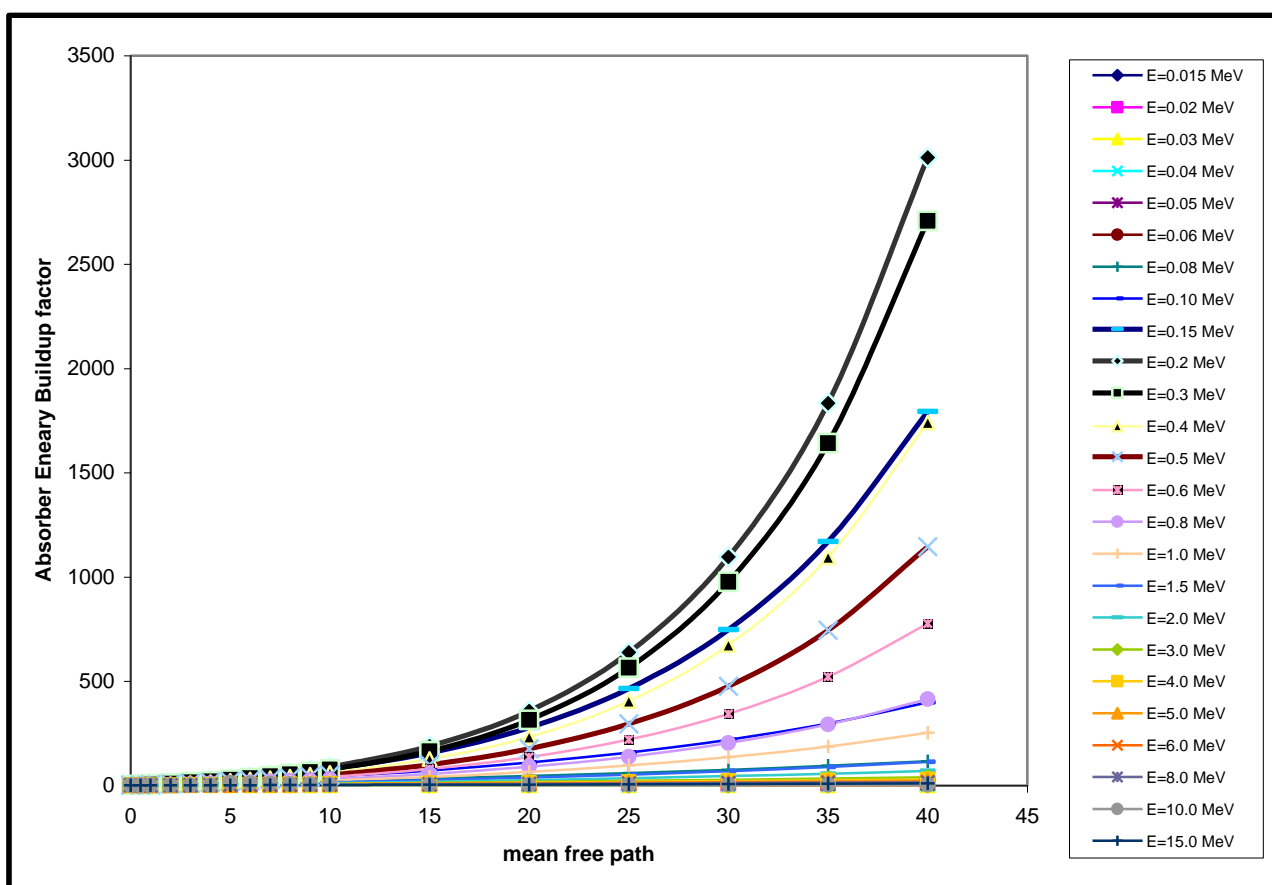
4- النتائج والمناقشة:

تم حساب كل من عامل تراكم الجرعة الممتصة وعامل تراكم الطاقة الممتصة باستخدام طريقة شبه تجريبية لتايلر كما في المعادلة (1) وبالاعتماد على معلومات نشرت في الدراسات السابقة، كما هو واضح في الجدول (3) الذي يبين قيم عامل تراكم الجرعة الممتصة في الكونكريت الاعتيادي ، والجدول (4) يبين عامل

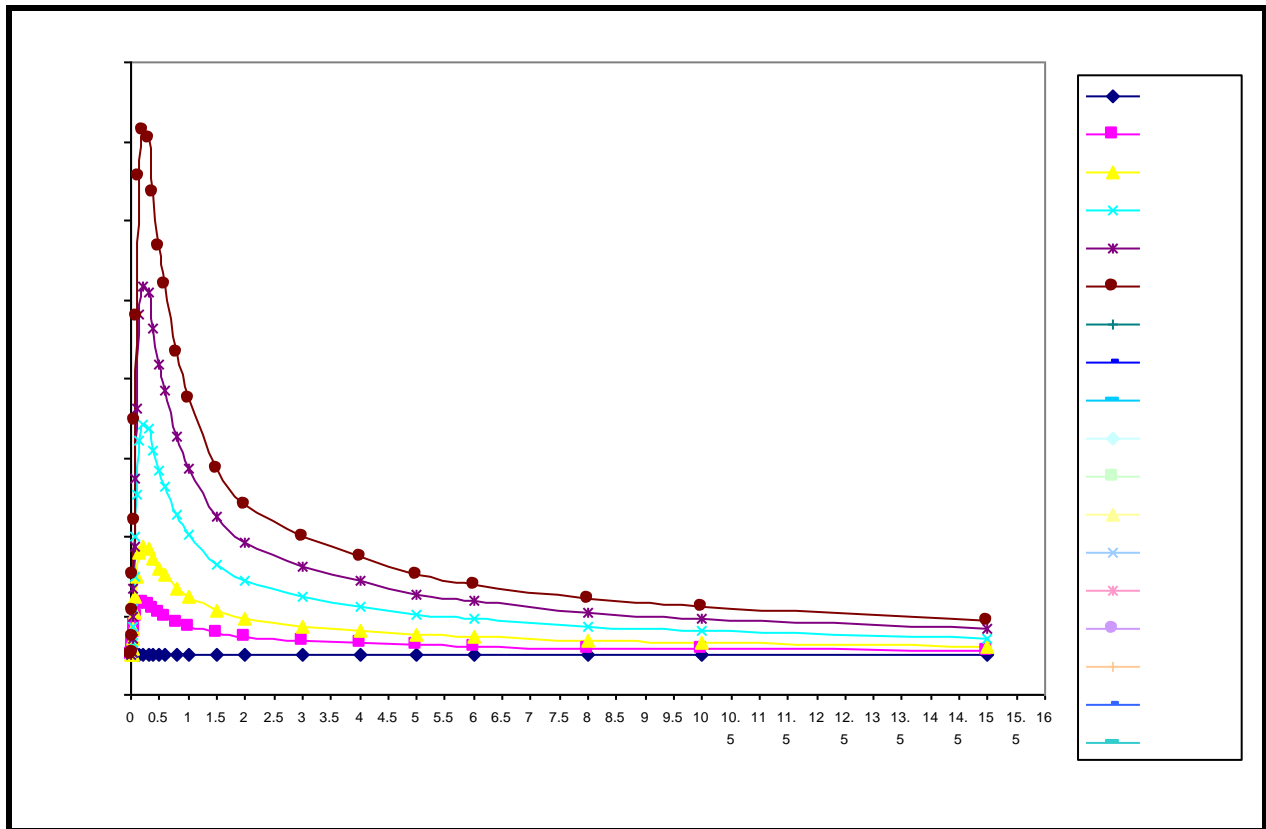
تراكم الطاقة الممتصة في الكونكريت الاعتيادي . إذ يلاحظ من الجدولين (3) و (4) إن هناك تأثير واضح لكل من سمك الدرع (معدل المسار الحر) وطاقة المصدر المشع على قيمة عامل التراكم ، ومن خلال الشكلين (1) و (2) نجد إن قيمة عامل التراكم تزداد مع زيادة سمك الدرع وهذا يتفق مع جميع الدراسات السابقة ، وكذلك من الشكلين (3) و (4) إن قيمة عامل التراكم تزداد بزيادة طاقة المصدر المشع من 0.015 MeV إلى 0.2 MeV ومن ثم تقل قيمته من 0.3 MeV إلى 15MeV. ويمكن تفسير الحالة الأولى (زيادة عامل التراكم مع زيادة معدل المسار الحر) على انه عند زيادة سمك الدرع سوف تزداد عدد الالكترونات المدارية لمادة الدرع التي تتفاعل مع فوتونات أشعة كاما الساقطة على الدرع ، وبالتالي سوف تزداد الفوتونات المستطارة وهذا يؤدي بالنتيجة إلى زيادة عامل التراكم لان عامل التراكم يعتمد على عدد الفوتونات المستطارة. أما الحالة الثانية (زيادة عامل التراكم بزيادة الطاقة لمدى من الطاقات الواطئة من (0.015MeV) إلى (0.2 MeV) ويقل بزيادة الطاقة لمدى من الطاقات العالية من (0.3 MeV) إلى (15 MeV) . ويمكن تفسير ذلك على إن عامل التراكم يعتمد بصورة أساسية على استطارة كومبتن وفي هذه الظاهرة تتوزع طاقة الفوتون الساقط على الفوتون المستطار وعلى الإلكترون المتحرر ، فطاقة الفوتون التي تقل كثيراً عن طاقة السكون للإلكترون ، يكسب الفوتون المستطار معظم الطاقة وهذا يفسر زيادة عامل التراكم مع زيادة طاقة الفوتون الساقط. أما عند مدى الطاقات المتوسطة والطاقات التي تزيد على الطاقة السكونية للإلكترون فإن الإلكترون المرتد يكسب معظم طاقة الفوتون الساقط ، ولا يبقى للفوتون المستطار إلا ما يقارب نصف طاقة سكون الإلكترون [9] وهذا يفسر نقصان عامل التراكم مع زيادة طاقة الفوتونات الساقطة ضمن مدى الطاقات المتوسطة والعالية. ومن الملاحظ في الجدولين (3) و (4) إن قيمة عامل تراكم الطاقة الممتصة أكبر من عامل تراكم الجرعة الممتصة وهذا شئ طبيعي ، لان الجرعة الممتصة تعرف على إنها الطاقة الممتصة لوحة الكتلة.



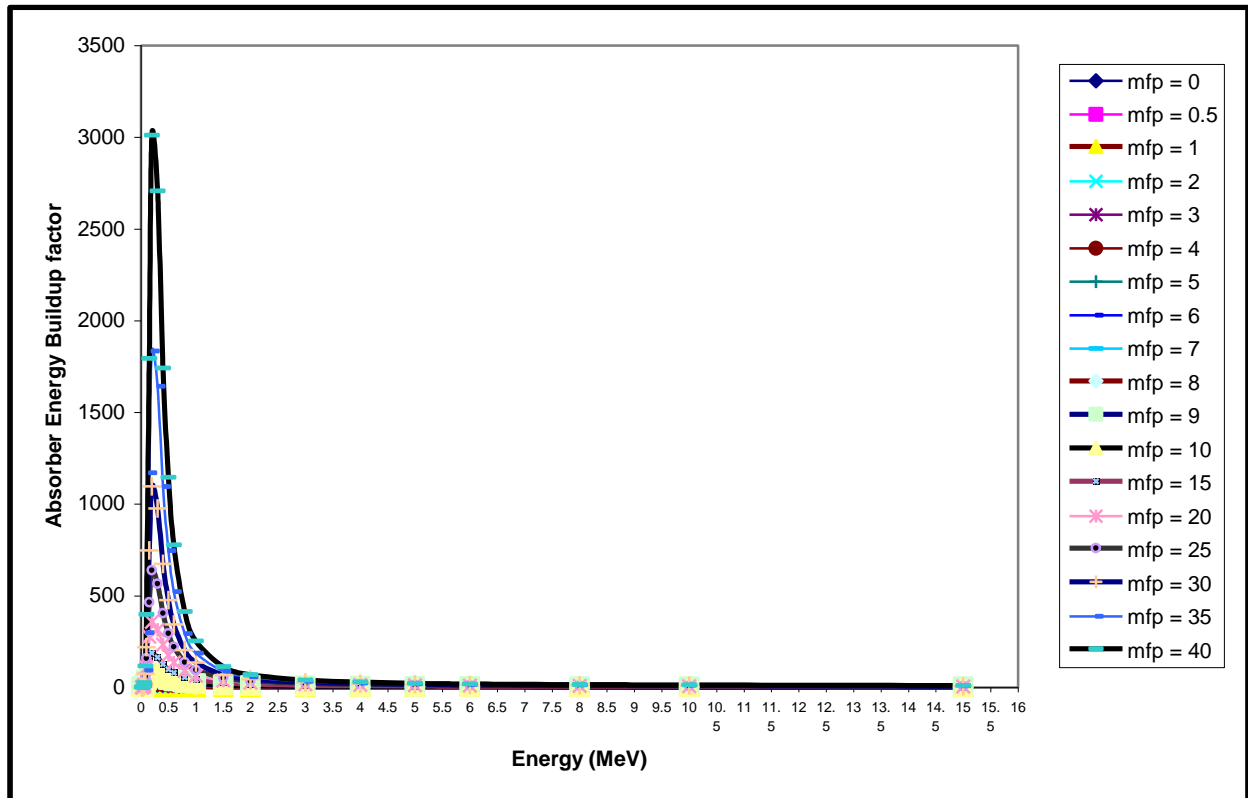
شكل (1) يوضح تأثير معدل المسار الحر على عامل تراكم الجرعة الممتصة.



شكل (2) يوضح تأثير معدل المسار الحر على عامل تراكم الطاقة الممتصة.



شكل (3) يوضح تأثير طاقة الفوتون الساقط على عامل تراكم الجرعة الممتصة.



شكل (4) يوضح تأثير طاقة الفوتون الساقط على عامل تراكم الطاقة الممتصة.

جدول (3) يوضح قيم عامل تراكم الجرعة لأشعة كاما في الكونكريت الاعتيادي
Gamma-Ray Dose Buildup Factors for Concrete

Energy MeV	Thickness (mfp)								
	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7
0.015	1	1.001219	1.002448	1.004932	1.007451	1.010006	1.012595	1.015220	1.017878
0.020	1	1.011604	1.022716	1.043548	1.062662	1.080209	1.096327	1.111142	1.124768
0.030	1	1.092737	1.172221	1.299054	1.393050	1.463291	1.516352	1.556990	1.588649
0.040	1	1.230398	1.425587	1.732856	1.958036	2.126316	2.255216	2.356920	2.439902
0.050	1	1.340186	1.651179	2.197298	2.658930	3.052722	3.392144	3.688097	3.949406
0.060	1	1.557043	2.067171	2.967916	3.739159	4.410263	5.004601	5.540810	6.033772
0.080	1	1.749521	2.497055	3.987453	5.473758	6.958510	8.444228	9.933412	11.42855
0.100	1	1.983686	2.990638	5.076625	7.262673	9.553725	11.95497	14.47186	17.11009
0.150	1	2.256300	3.580395	6.443194	9.611872	13.11166	16.96964	21.21492	25.87874
0.200	1	2.323089	3.732840	6.829800	10.32780	14.26713	18.69169	23.64938	29.19236
0.300	1	2.301648	3.689894	6.743938	10.19969	14.09820	18.48427	23.40683	28.91929
0.400	1	2.188618	3.449163	6.199424	9.278970	12.71835	16.55067	20.81178	25.54052
0.500	1	2.074423	3.207032	5.656544	8.368918	11.36608	14.67160	18.31084	22.31104
0.600	1	1.989960	3.027666	5.253424	7.692096	10.35950	13.27254	16.44921	19.90875
0.800	1	1.833780	2.700258	4.535255	6.513157	8.642578	10.93260	13.39279	16.03325
1.000	1	1.727653	2.478184	4.050106	5.720329	7.493619	9.374951	11.36952	13.48275
1.500	1	1.555243	2.120819	3.283706	4.490173	5.741785	7.040163	8.386988	9.783999
2.000	1	1.457015	1.920064	2.864569	3.834127	4.829369	5.850936	6.899490	7.975708
3.000	1	1.372297	1.745027	2.492083	3.241758	3.994644	4.751337	5.512436	6.278543
4.000	1	1.311235	1.622493	2.245243	2.868569	3.492792	4.118232	4.745211	5.374048
5.000	1	1.258859	1.517199	2.032555	2.546528	3.059576	3.572150	4.084702	4.597676
6.000	1	1.227464	1.454276	1.906119	2.355880	2.803907	3.250543	3.696127	4.140994
8.000	1	1.180065	1.359441	1.716273	2.070795	2.423300	2.774078	3.123412	3.471584
10.00	1	1.152255	1.303929	1.605698	1.905634	2.204059	2.501288	2.797634	3.093403
15.00	1	1.109169	1.218246	1.436194	1.653991	1.871782	2.089712	2.307925	2.526565

Gamma-Ray Dose Buildup Factors for Concrete

Energy MeV	Thickness (mfp)								
	8	9	10	15	20	25	30	35	40
0.015	1.020571	1.023298	1.026059	1.040357	1.055462	1.071347	1.087989	1.105369	1.123468
0.020	1.137310	1.148863	1.159515	1.201794	1.230887	1.251667	1.267212	1.279464	1.289650
0.030	1.613820	1.634307	1.651415	1.711584	1.757708	1.801887	1.846546	1.892186	1.938929
0.040	2.510057	2.571488	2.627048	2.868781	3.103912	3.353678	3.622790	3.913374	4.227246
0.050	4.183218	4.395324	4.590418	5.421603	6.176879	6.963058	7.824016	8.782733	9.855926
0.060	6.495406	6.935280	7.361111	9.462911	11.80672	14.62349	18.07899	22.34064	27.60363
0.080	12.93213	14.44663	15.97451	23.90213	32.54381	42.23475	53.34195	66.27840	81.51866
0.100	19.87567	22.77489	25.81436	43.37009	65.62987	93.87593	129.7399	175.2979	233.1917
0.150	30.99462	36.59855	42.72912	82.84000	143.7690	234.6396	368.2697	562.6026	842.6776
0.200	35.37747	42.26658	49.92708	102.6037	188.7532	326.5875	543.5245	880.6538	1399.313
0.300	35.07988	41.95214	49.60532	102.4759	189.5466	329.8010	552.0269	899.6804	1438.105
0.400	30.77893	36.57249	42.97043	86.04829	154.3417	260.4283	422.7060	667.9752	1035.138
0.500	26.70149	31.51366	36.78134	71.32074	123.9857	202.8683	319.4208	489.7991	736.7299
0.600	23.67167	27.75982	32.19654	60.53818	102.1034	162.1095	247.6866	368.5518	537.9172
0.800	18.86462	21.89810	25.14552	45.05136	72.48334	109.8143	160.1082	227.3137	316.5095
1.000	15.72029	18.08805	20.59219	35.39369	54.69691	79.63444	111.6022	152.3185	203.8954
1.500	11.23300	12.73586	14.29450	22.99726	33.42778	45.91923	60.86891	78.75062	100.1294
2.000	9.080282	10.21392	11.37736	17.66831	24.82450	32.95989	42.20341	52.70091	64.61741
3.000	7.050265	7.828216	8.613012	12.66174	16.97828	21.64902	26.76773	32.43743	38.77247
4.000	6.005067	6.638589	7.274939	10.51052	13.86621	17.38457	21.11010	25.08971	29.37339
5.000	5.111520	5.626674	6.143581	8.769774	11.50572	14.40710	17.53150	20.93957	24.69623
6.000	4.585478	5.029909	5.474613	7.713557	10.00742	12.39572	14.91820	17.61552	20.52996
8.000	3.818871	4.165547	4.511880	6.247690	8.014050	9.842458	11.76401	13.80998	16.01245
10.00	3.388897	3.684417	3.980257	5.474430	7.019611	8.650862	10.40340	12.31345	14.41910
15.00	2.745775	2.965699	3.186478	4.308193	5.472717	6.698164	8.003198	9.407323	10.93119

جدول (4) يوضح قيم عامل تراكم الطاقة الممتصة لأشعة كاما في الكونكريت الاعتيادي
Gamma-Ray Energy Absorption Buildup Factors for Concrete

Energy MeV	Thickness (mfp)								
	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7
0.015	1	1.001219	1.002448	1.004932	1.007451	1.010006	1.012595	1.01522	1.017878
0.020	1	1.011604	1.022716	1.043548	1.062662	1.080209	1.096327	1.111142	1.124768
0.030	1	1.093452	1.174238	1.304696	1.402836	1.477124	1.533808	1.577502	1.611614
0.040	1	1.238731	1.440493	1.756969	1.987728	2.159298	2.290055	2.392727	2.476133
0.050	1	1.344709	1.672848	2.282875	2.836543	3.339657	3.797426	4.21453	4.595171
0.060	1	1.639181	2.235422	3.314172	4.263333	5.105603	5.860021	6.542564	7.166649
0.080	1	2.080747	3.156214	5.293677	7.417070	9.530988	11.63995	13.74843	15.86081
0.100	1	2.653640	4.346346	7.852934	11.52798	15.38013	19.41846	23.65251	28.09231
0.150	1	3.231753	5.594374	10.73573	16.47347	22.86098	29.95596	37.82075	46.52265
0.200	1	3.264282	5.688540	11.05203	17.16492	24.10910	31.97455	40.86021	50.87469
0.300	1	2.912715	4.965547	9.523070	14.73956	20.68880	27.45197	35.11841	43.78636
0.400	1	2.633063	4.373429	8.197760	12.51884	17.38672	22.85595	28.98606	35.84192
0.500	1	2.415227	3.91326	7.172677	10.80962	14.85801	19.35454	24.33884	29.85375
0.600	1	2.243285	3.550742	6.368432	9.474517	12.89201	16.64557	20.76167	25.26866
0.800	1	2.000456	3.042236	5.255040	7.649341	10.23670	13.02935	16.04023	19.28302
1.000	1	1.842693	2.713258	4.540872	6.488752	8.563082	10.77034	13.11730	15.61107
1.500	1	1.609146	2.230977	3.513525	4.849349	6.240204	7.687897	9.194295	10.76132
2.000	1	1.488534	1.984019	2.996158	4.037052	5.107350	6.207714	7.338821	8.501361
3.000	1	1.360725	1.724073	2.458716	3.204090	3.960358	4.727686	5.506243	6.296199
4.000	1	1.304387	1.609724	2.223272	2.840700	3.462061	4.087413	4.716811	5.350311
5.000	1	1.254157	1.508581	2.018254	2.529071	3.041087	3.554353	4.068923	4.584851
6.000	1	1.223345	1.446572	1.892690	2.338384	2.783684	3.228619	3.673218	4.117512
8.000	1	1.170044	1.340300	1.681452	2.023466	2.366354	2.710127	3.054794	3.400368
10.00	1	1.140097	1.280419	1.561745	1.843998	2.127197	2.411363	2.696514	2.982671
15.00	1	1.096024	1.192391	1.386164	1.581341	1.777939	1.975981	2.175486	2.376475

Gamma-Ray Energy Absorption Buildup Factors for Concrete

Energy MeV	Thickness (mfp)								
	8	9	10	15	20	25	30	35	40
0.015	1.020571	1.023298	1.026059	1.040357	1.055462	1.071347	1.087989	1.105369	1.123468
0.020	1.137310	1.148863	1.159515	1.201794	1.230887	1.251667	1.267212	1.279464	1.289650
0.030	1.638658	1.660491	1.678485	1.738364	1.780229	1.818743	1.857137	1.896132	1.935900
0.040	2.546383	2.607713	2.663057	2.903093	3.136134	3.383368	3.649374	3.93618	4.245508
0.050	4.943120	5.261764	5.554146	6.708534	7.516531	8.127653	8.629334	9.072795	9.488135
0.060	7.743553	8.282766	8.792283	11.09757	13.33678	15.77264	18.55138	21.77824	25.54946
0.080	17.98147	20.11473	22.26490	33.41934	45.64365	59.50190	75.60944	94.66135	117.4635
0.100	32.74840	37.63186	42.75435	72.40302	110.1544	158.3044	219.7985	298.4147	398.9996
0.150	56.13433	66.73423	78.40699	156.3221	278.2449	465.2785	747.9043	1169.977	1794.377
0.200	62.13732	74.77904	88.94358	188.6917	357.8407	638.3565	1096.064	1833.796	3011.658
0.300	53.56378	64.56931	76.93324	164.6523	314.8088	565.6082	976.9749	1642.388	2706.991
0.400	43.49420	52.01990	61.50285	126.7679	233.6472	404.8793	674.7599	1094.785	1741.983
0.500	35.94555	42.66421	50.06369	99.48093	176.9034	295.8661	475.9879	745.6011	1145.492
0.600	30.19695	35.57909	41.45000	79.54115	136.7346	221.1925	344.3328	522.084	776.6134
0.800	22.77217	26.52298	30.55162	55.49518	90.40181	138.6127	204.5094	293.826	414.0526
1.000	18.25907	21.06907	24.04923	41.81444	65.29269	96.02047	135.9194	187.3899	253.4266
1.500	12.39094	14.08521	15.846230	25.73062	37.63793	51.91268	68.95452	89.22683	113.2666
2.000	9.696040	10.92358	12.184710	19.02106	26.81665	35.68223	45.7405	57.12744	69.99370
3.000	7.097728	7.911006	8.736213	13.04762	17.68569	22.67605	28.04635	33.82639	40.04832
4.000	5.987972	6.629851	7.276006	10.57302	13.98604	17.52307	21.19249	25.00312	28.96425
5.000	5.102190	5.620996	6.141322	8.767674	11.44033	14.16641	16.95321	19.80826	22.73933
6.000	4.561530	5.005302	5.448856	7.664395	9.878891	12.09597	14.31925	16.55233	18.79879
8.000	3.746859	4.094278	4.442637	6.198911	7.980363	9.788438	11.62462	13.49042	15.38740
10.00	3.269855	3.558084	3.847379	5.310566	6.803519	8.328917	9.889528	11.48821	13.12793
15.00	2.578969	2.782989	2.988558	4.040381	5.134248	6.273107	7.460073	8.698433	9.991660

5- الاستنتاجات :

1. عامل تراكم الجرعة الممتصة والطاقة الممتصة لأشعة كاما في الكونكريت الاعتيادي يزداد بزيادة معدل المسار الحر.
2. عامل تراكم الجرعة الممتصة والطاقة الممتصة لأشعة كاما في الكونكريت الاعتيادي يزداد بزيادة طاقة الفوتون الساقط في مدى الطاقات التي تقل كثيراً عن الطاقة السكونية للإلكترون .
3. عامل تراكم الجرعة الممتصة والطاقة الممتصة لأشعة كاما في الكونكريت الاعتيادي يقل بزيادة طاقة الفوتون الساقط في مدى الطاقات المتوسطة والعالية.
4. عامل تراكم الطاقة الممتصة أكبر من عامل تراكم الجرعة الممتصة.

References:

- [1] J.K.Faw, R.E.Shultis, Nucl.Sci.Eng., Vol.114, No.1, P.76, (1993).
- [2] M.Ivan, Nucl. Sci. Eng, Vol. 117, No.2, P.110 (1994).
- [3] O.Chibani, Nucl. Sci. Eng, Vol. 137, No.2, P.215, (2001).
- [4] A.Shimizu, T.Onda, Y.Sakm, Nucl. Sci. Teach., Vol. 41, No.4, P.413, (2004).
- [5] J.Wood, "Computational Method in Reactor Shielding" (Pergamon Press U.K) P.108, (1982).
- [6] A.Foderaro & R.J.Hall, Nucl. Sci. Eng, Vol. 78, P.74, (1981).
- [7] J.Kenneth & E.Richard, Health.Phys., Vol. 88, P.297, (2005).
- [8] K.Shure & O.J.Wallace, Nucl. Sci. Eng, Vol. 62, P.736, (1977).
- [9] د.شذى الدركزلي، "الكشف عن الأشعة النووية" جامعة بغداد، (1987).