



انجمن حفاظت در برابر اشعه ایران

## مقاله کنفرانسی



مجله سنجش و ایمنی پرتو، جلد ۱۱، شماره ۴، زمستان (ویژه نامه) ۱۴۰۱، صفحه ۱۶۷-۱۷۲

ششمین کنفرانس سنجش و ایمنی پرتوهای یون ساز و غیر یون ساز (مردادماه ۱۴۰۰)

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۷/۱۴، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۵/۰۹

# بررسی تأثیر افزودن اکسیدهای مختلف بر ضریب تضعیف بتن های متفاوت برای تابش های فوتونی با استفاده از کد محاسباتی MCNPX

سینا نیکو روان، عباس قاسمی زاد\* و سید مهدی تیموری سندسی

گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان، رشت، گیلان، ایران.

\*گیلان، رشت، دانشگاه گیلان، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک، کد پستی: ۱۹۱۴-۴۱۳۳۵.

پست الکترونیکی: ghasemi@guilan.ac.ir

### چکیده

توسعه روزافزون جنبه های مختلف کاربرد فناوری هسته ای از جمله استفاده از آن در صنایع مختلف، پزشکی، تولید برق و ... سبب افزایش میزان انتشار پرتوها می گردد، از این رو حفاظت در برابر تشعشعات ساطع شده اهمیت مضاعفی پیدا می کند. بنابراین تحقیقات بسیاری بر روی ترکیبات، مخلوط ها و مواد خالص مختلف برای ساخت حفاظ های مختلف در حال انجام است. در این مقاله از ۸ اکسید مختلف و ۳ بتن با ترکیبات متفاوت برای ساخت حفاظ های بتنی مختلف استفاده شده که ضریب تضعیف این حفاظ ها، برای دو انرژی ۶۶۲ و ۱۴۶۰ کیلو الکترون ولت محاسبه گردیده است. نتایج به دست آمده نشان دهنده این موضوع هستند که ترکیب اکسیدتالیم با هر سه نوع بتن در مقایسه با سایر اکسیدها به دلیل دارا بودن بالاترین چگالی بیشترین ضریب تضعیف را در برابر تابش های فوتونی از خود نشان می دهد. در بین بتن ها نیز، بتن Mo به دلیل داشتن بالاترین چگالی در بین سایر بتن ها بالاترین ضریب تضعیف را از خود نشان می دهد که دلیل آن می تواند، درصد بالای آهن در ترکیبات آن باشد. در نتیجه بالاترین ضریب تضعیف به دست آمده در این پژوهش مربوط به حفاظ بتنی جدید حاصل از ترکیب بتن Mo و اکسیدتالیم است. از نتایج این پژوهش می توان در چگونگی ساخت حفاظ های مختلف و میزان اختلاط مواد تشکیل دهنده آن استفاده نمود.

کلیدواژگان: ضریب تضعیف، تابش های فوتونی، کد MCNPX، حفاظ های هسته ای، ترکیبات بتنی.

### ۱. مقدمه

اصل ALARA میزان پرتوگیری را می توان با سه عامل زمان، فاصله و حفاظ گذاری به حداقل رساند. زمان و مسافت پارامترهای قابل تغییر توسط فرد و حفاظ گذاری پارامتر از پیش تعیین شده در هنگام قرار گرفتن در معرض تابش می باشد. بدین منظور، حفاظ گذاری و تعبیه حفاظ برای کاهش آسیب های ناشی از اشعه ها، بسیار ضروری است. خواص حفاظتی مناسب بتن در

امروزه، نقش اشعه در زندگی روزمره انسان ها غیر قابل انکار است. علاوه بر انسان ها، حیوانات نیز به دلیل افزایش سطح استفاده از تکنولوژی های مدرن در زندگی بشر و پیشرفت های روزافزون بشری، در معرض تابش های فراوانی در محیط زندگی شان قرار می گیرند. بنابراین، هدف اصلی از محافظت در برابر اشعه، حفاظت از تمامی موجودات زنده است [۱]. بر اساس

دارد و تغییر آن‌ها دارای انعطاف می‌باشد، می‌تواند خصوصیات محافظت در برابر اشعه را از منابع فراهم کند [۵-۶].

برای رسیدن به میزان مناسبی از تضعیف تشعشع، انتخاب مواد و افزودنی‌های مناسب در ترکیبات بتن، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است [۷].

تاکنون، مطالعات بسیاری بر روی ضریب تضعیف انواع بتن‌ها و تأثیر افزودن مواد مختلف، بر مقدار ضریب تضعیف بتن انجام شده است که از جمله آن‌ها، می‌توان به پژوهش تکین و همکارانش (۲۰۱۷) اشاره کرد. در این پژوهش، ضریب تضعیف بتن معمولی با درصد‌های مختلف اکسید سرب و تری اکسید تنگستن به دست آمده است [۸].

در این پژوهش، قصد داریم با استفاده از کد MCNPX، اکسیدهای مختلف را تحت عنوان مواد افزودنی به بتن‌های مختلف اضافه کنیم و ضریب تضعیف بتن‌های جدید را به دست آوریم.

## ۲. روش انجام پژوهش

ضریب تضعیف، یکی از مهم‌ترین پارامترها برای توصیف نفوذ و انتشار پرتو در ماده است. ضرایب تضعیف مواد، با توجه به قانون Lambert-Beer که به صورت معادله ۱ نشان داده شده است، تعیین می‌شوند:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

در این رابطه، شدت پرتو عبوری  $I$ ، شدت پرتو فرودی  $I_0$  و ضریب تضعیف خطی  $\mu$  است که به ضخامت ماده جاذب ( $x$ ) و جنس آن و هم‌چنین انرژی فوتون‌های فرودی بستگی دارد [۹،۸].

برای شبیه‌سازی اهداف، طراحی حفاظ و فعل و انفعالات تابش با ماده می‌توان از بسته‌های محاسباتی با روش مونت‌کارلو مانند PHITS، MARS، MCNP، GEANT4، FLUKA یا PHITS استفاده نمود [۱۰].

برابر پرتوها باعث شده است که این ماده، به‌طور وسیعی برای حفاظ‌گذاری در نیروگاه‌های هسته‌ای، شتاب‌دهنده‌های ذرات، راکتورهای تحقیقاتی، سلول‌های داغ آزمایشگاهی و امکانات پزشکی در نظر گرفته شود. بتن، علاوه بر دارا بودن خواص حفاظتی مناسب، یک ماده نسبتاً ارزان قیمت به حساب می‌آید که به راحتی می‌توان مواد تشکیل دهنده آن را تهیه و کنترل نمود و به شکل‌های پیچیده تبدیل کرد. بتن، مخلوطی از عناصر سبک، مانند هیدروژن و عناصر سنگین، مانند آهن است. از این رو، دارای خواص هسته‌ای خوبی برای تضعیف فوتون‌ها و نوترون‌ها می‌باشد. لذا می‌توان گفت ویژگی‌های محافظتی بتن، می‌تواند با طیف وسیعی از کاربردهای گوناگون، سازگاری برقرار کند [۳-۱].

هنگامی که بتن به عنوان یک حفاظ تابشی مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید مواد تشکیل دهنده آن به گونه‌ای باشند که بتوانند هر دو تابش گاما و نوترون را تضعیف نمایند. در بتن، برای انرژی اشعه گاما در محدوده یک تا ده مگا الکترون ولت، میرایی تقریباً به‌طور کامل، ناشی از جذب و پراکندگی کامپتون است. در انرژی بیش از ۱۰ مگا الکترون ولت، روند تولید جفت اهمیت بیش تری پیدا می‌کند. برای ضخامت مشابه فولاد و بتن، پرتوهای گاما تقریباً متناسب با تراکم مواد ضعیف می‌شوند [۴].

امتیاز قابل توجه و چشمگیر بتن به عنوان یک حفاظ، استفاده از انواع مختلف سنگدانه‌ها در ترکیبات آن و تغییر در مواد تشکیل دهنده آن می‌باشد که منجر به تغییر خصوصیات حفاظتی بتن می‌شود. علاوه بر این، چون انتخاب ماده محافظ تابش، بر اساس نوع تابش و انرژی تابش، صورت می‌گیرد و در واقع اصطلاح محافظت در برابر تشعشع، نتیجه تعامل تابش با ماده است، مقدار کنش متقابل به شدت به ویژگی‌های اتمی از جمله تعداد و چگالی ماده محافظ بستگی دارد. بنابراین، محافظت در برابر اشعه با استفاده از بتن که انواع مختلف ترکیبات، و مواد را

جدول (۱): چگالی و درصد جرمی مواد تشکیل دهنده بتن‌ها به همراه هوای خشک درون محفظه [۱۳].

چگالی (gr/cm <sup>3</sup> )	بتن معمولی	آهن-لیمونت	Mo	هوای خشک
۲/۳	۴/۴	۵/۵	۰/۰۱۲۰۵	
H	۰/۰۲۲۱	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۵	-
C	۰/۰۰۲۴۸۴	-	-	۰/۰۱۲۴
N	-	-	-	۷۵/۵۲۶۸
O	۰/۵۷۴۹۳۰	۰/۱۷۹۹۱۰	۰/۰۶	۲۳/۱۷۸۱
Na	۰/۰۱۵۲۰۸	-	-	-
Mg	۰/۰۰۱۲۶۶	۰/۰۰۱۹۹۹	۰/۰۳۷	-
Al	۰/۰۱۹۹۵۳	۰/۰۰۴۹۹۸	-	-
Si	۰/۳۰۴۶۲۷	۰/۰۱۳۹۹۳	-	-
S	-	۰/۰۰۱	-	-
Cl	-	-	۰/۰۱۳	-
Ar	-	-	-	۱/۲۸۲۷
K	۰/۰۱۰۰۴۵	-	-	-
Ca	۰/۰۴۲۹۵۱	۰/۰۶۰۹۷۰	-	-
Mn	-	۰/۰۱۵۹۹۲	۰/۰۰۴	-
Fe	۰/۰۰۶۴۳۵	۰/۷۲۰۶۴۰	۰/۸۸۱	-

ضریب تضعیف هر یک از این بتن‌ها، با توجه به این موضوع که نوع و انرژی ذره فرودی، چگالی و ضخامت هر لایه دارای مقداری ثابت است، تقریباً برای تمامی لایه‌ها باید یکسان باشد، بنابراین از مجموع ضرایب تضعیف پنج لایه بتن برای انرژی‌های ۶۶۲ keV و ۱۴۶۰ keV که به ترتیب برای Cs-۱۳۷ و K-۴۰ هستند، میانگین‌گیری شده و نتایج آن‌ها در جدول ۲ قابل مشاهده است.

جدول (۲): ضرایب تضعیف بتن‌های مورد استفاده بر حسب انرژی

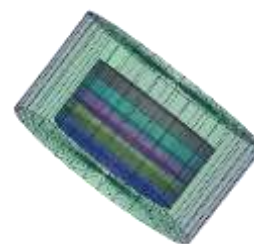
چشمه

انواع بتن	ضریب تضعیف برای انرژی ۶۶۲ keV	ضریب تضعیف برای انرژی ۱۴۶۰ keV
بتن معمولی	۰/۱۶۴	۰/۱۲۲
آهن-لیمونت	۰/۲۸۸	۰/۲۱۷
Mo	۰/۲۹۷	۰/۲۶۴

در ادامه، درصد ترکیب اکسیدها با بتن‌ها برای به دست آوردن مخلوط‌های مورد نظر به صورت ۵۰-۵۰ قرار داده شد که برای به دست آوردن چگالی این مخلوط‌ها از معادله ۲ استفاده شده است.

در این پژوهش، برای محاسبه ضریب تضعیف ماده حفاظ، از کد محاسباتی MCNPX [۱۱] که یک کد مونت کارلو تراپرد تابش است و برای ردیابی انواع ذرات در طیف وسیعی از انرژی طراحی شده، استفاده شده است.

در استفاده از این کد باید سه بخش سلول‌ها، سطوح و داده‌ها برای شبیه‌سازی تعریف شوند. هندسه آزمایش که بر اساس سلول‌ها و سطوح تعریف می‌شود، به صورت یک استوانه، پر از هوای خشک می‌باشد که درون آن، یک چشمه دیسکی تک انرژی در مقابل پنج لایه از بتن که هر یک ۱۰ سانتی متر ضخامت دارند، قرار گرفته است. نمای دو و سه بعدی هندسه آزمایش، که توسط نرم افزار VISUAL EDITOR MCNPX [۱۲] نگاشته شده است، در شکل ۱ قابل مشاهده است.



(الف)



(ب)

شکل (۱): تصاویر هندسه آزمایش نگاشته شده توسط MCNPX VISUAL EDITOR [۱۲] الف: نمای سه بعدی ب: نمای دو بعدی.

سپس در بخش داده که جزئیات مواد، چشمه و آزمایش تعریف می‌شوند، انواع بتن‌های مورد استفاده و چشمه دیسکی با انرژی ثابت تعریف شده‌اند. علاوه بر این فوتون‌های تولیدی از چشمه مورد نظر با استفاده از دستور PHYS تعریف و کنترل شده‌اند. ابتدا سه نوع بتن مختلف، بر اساس مواد تشکیل دهنده آن‌ها به همراه مواد تشکیل دهنده هوای خشک درون محفظه که در جدول ۱ آورده شده‌اند، شبیه‌سازی گردیدند.

جدول (۴): ضرایب تضعیف ترکیبات بتنی جدید برحسب انرژی چشمه.

انرژی چشمه انواع بتن	ضریب تضعیف برای انرژی ۶۶۲ keV	ضریب تضعیف برای انرژی ۱۴۶۰ keV
Ordinary – Cr <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	μ = ۰/۲۵۹	μ = ۰/۱۹۲
Ordinary – MnO	μ = ۰/۲۶۷	μ = ۰/۱۹۵
Ordinary – ZrO <sub>۲</sub>	μ = ۰/۲۷۸	μ = ۰/۲۰۵
Ordinary – Ag <sub>۲</sub> O	μ = ۰/۳۴۳	μ = ۰/۲۳۹
Ordinary – WO <sub>۳</sub>	μ = ۰/۳۵۹	μ = ۰/۲۴۷
Ordinary – Bi <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	μ = ۰/۴۸۶	μ = ۰/۳۰۲
Ordinary – PbO	μ = ۰/۵۲۲	μ = ۰/۳۲۱
Ordinary – Ti <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	μ = ۰/۵۲۹	μ = ۰/۳۳۱
Iron Limonite – Cr <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	μ = ۰/۳۲۹	μ = ۰/۲۳۵
Iron Limonite – MnO	μ = ۰/۳۳۱	μ = ۰/۲۳۸
Iron Limonite – ZrO <sub>۲</sub>	μ = ۰/۳۳۹	μ = ۰/۲۴۷
Iron Limonite – Ag <sub>۲</sub> O	μ = ۰/۴۱۵	μ = ۰/۲۷۵
Iron Limonite – WO <sub>۳</sub>	μ = ۰/۴۳۱	μ = ۰/۲۷۷
Iron Limonite – Bi <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	μ = ۰/۵۵۶	μ = ۰/۳۴۳
Iron Limonite – PbO	μ = ۰/۵۹۱	μ = ۰/۳۶۰
Iron Limonite – Ti <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	μ = ۰/۵۹۷	μ = ۰/۳۷۲
Mo – Cr <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	μ = ۰/۳۵۴	μ = ۰/۲۶۰
Mo – MnO	μ = ۰/۳۵۵	μ = ۰/۲۶۳
Mo – ZrO <sub>۲</sub>	μ = ۰/۳۸۴	μ = ۰/۲۶۹
Mo – Ag <sub>۲</sub> O	μ = ۰/۴۴۲	μ = ۰/۳۰۶
Mo – WO <sub>۳</sub>	μ = ۰/۴۶۰	μ = ۰/۳۱۸
Mo – Bi <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	μ = ۰/۵۹۷	μ = ۰/۳۶۹
Mo – PbO	μ = ۰/۶۳۷	μ = ۰/۳۹۰
Mo – Ti <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	μ = ۰/۶۳۷	μ = ۰/۴۰۳

$$\rho = \frac{v_1 \rho_1 + v_2 \rho_2}{v_1 + v_2} \quad (۲)$$

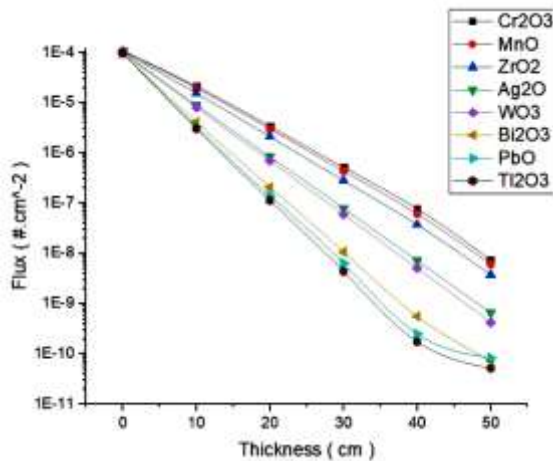
در این معادله،  $\rho_1$  و  $\rho_2$  به ترتیب چگالی بتن و چگالی اکسید مورد نظر می‌باشند که واحد آن‌ها  $\text{g/cm}^3$  بوده و  $v_1$  و  $v_2$  به ترتیب حجم بتن و حجم اکسید، در یک گرم از این مخلوط می‌باشند که واحد آن‌ها  $\text{cm}^3$  است. چگالی مخلوط‌های به‌دست آمده را می‌توان در جدول ۳ مشاهده نمود.

جدول (۳): چگالی بتن‌های به‌دست آمده از ترکیب بتن‌های مختلف با اکسیدهای متفاوت برحسب ( $\text{g/cm}^3$ ).

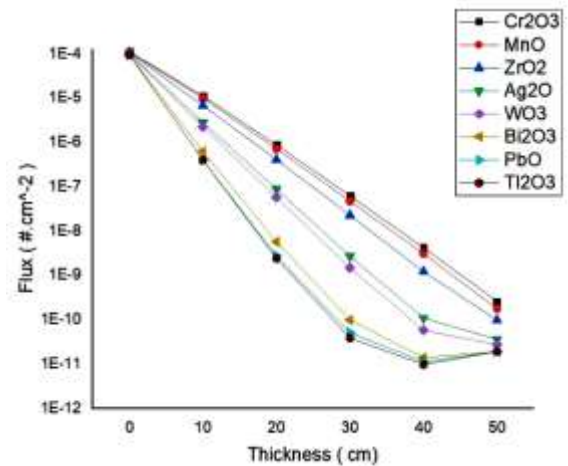
اکسید	بتن معمولی با ۵۰ درصد اکسید	بتن آهن-لیمونیت با ۵۰ درصد اکسید	بتن Mo با ۵۰ درصد اکسید
Cr <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	ρ = ۳/۷۶۰	ρ = ۴/۸۱۰	ρ = ۵/۳۶۰
MnO	ρ = ۳/۸۶۵	ρ = ۴/۹۱۵	ρ = ۵/۴۶۵
ZrO <sub>۲</sub>	ρ = ۳/۹۹۰	ρ = ۵/۰۴۰	ρ = ۵/۵۹۰
Ag <sub>۲</sub> O	ρ = ۴/۷۲۰	ρ = ۵/۷۷۰	ρ = ۶/۳۲۰
WO <sub>۳</sub>	ρ = ۴/۷۳۰	ρ = ۵/۷۸۰	ρ = ۶/۳۳۰
Bi <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	ρ = ۵/۶۰۰	ρ = ۶/۶۵۰	ρ = ۷/۲۰۰
PbO	ρ = ۵/۹۱۵	ρ = ۶/۹۶۵	ρ = ۷/۵۱۵
Ti <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	ρ = ۶/۲۴۵	ρ = ۷/۲۹۵	ρ = ۷/۸۴۵

در آخرین گام پس از شبیه‌سازی بتن‌های جدید، با استفاده از قانون Lambert-Beer ضریب تضعیف این بتن‌ها برای هر یک از انرژی‌های چشمه محاسبه گردید که می‌توان این ضرایب تضعیف را در جدول ۴ مشاهده نمود.

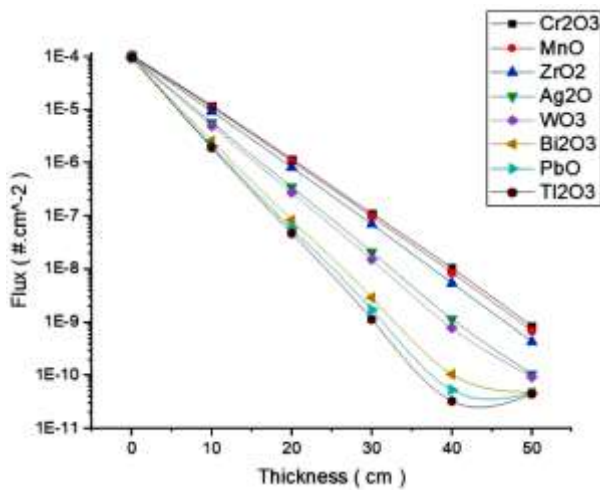
سپس با استفاده از نرم‌افزار ORIGIN [۱۴]، نمودارهای شار عبوری برحسب ضخامت برای هر یک از این ترکیب‌های جدید، برای یک نوع بتن به‌صورت جداگانه برای انرژی‌های ۶۶۲ keV در شکل‌های ۲، ۳ و ۴ و ۱۴۶۰ keV در شکل‌های ۵، ۶ و ۷ رسم شدند که می‌توان به‌ترتیب این نمودارها را مشاهده نمود.



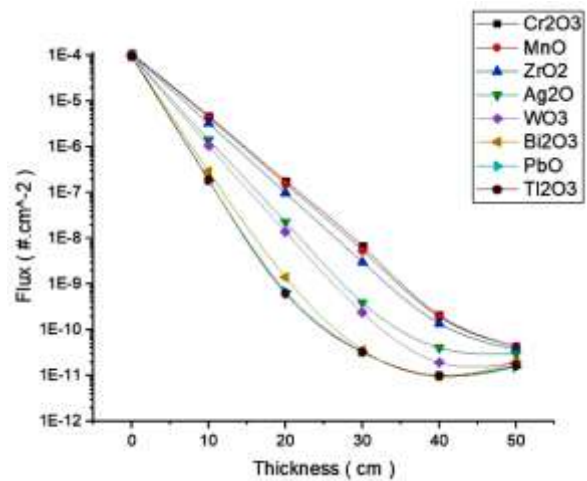
شکل (۱): شار عبوری برحسب ضخامت برای بتن‌های معمولی جدید ترکیب شده با اکسیدهای مختلف برای انرژی ۱۴۶۰ keV.



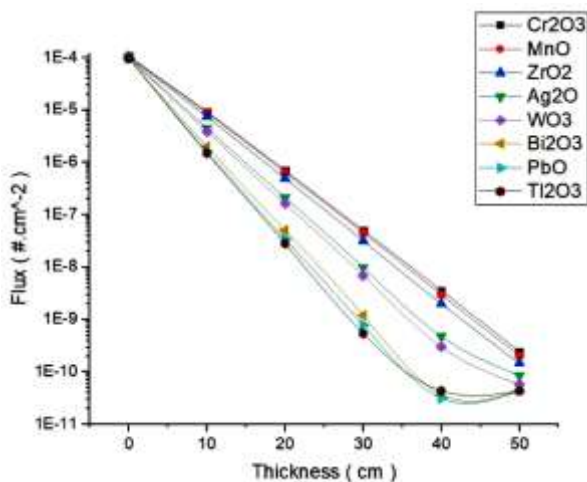
شکل (۲): شار عبوری برحسب ضخامت برای بتن‌های معمولی جدید ترکیب شده با اکسیدهای مختلف برای انرژی ۶۶۲ keV.



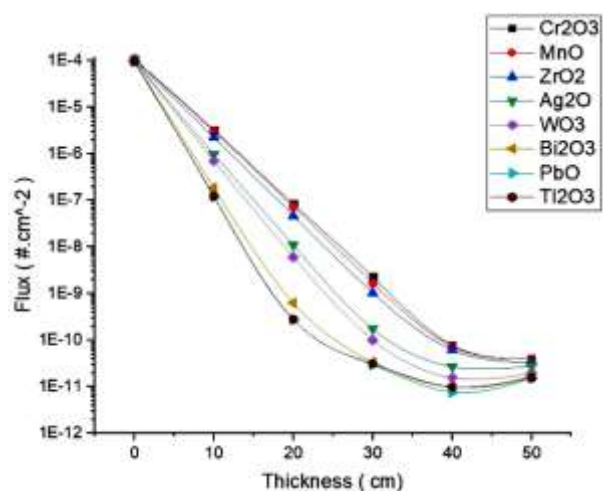
شکل (۳): شار عبوری برحسب ضخامت برای بتن‌های آهن-لیمونیتر جدید ترکیب شده با اکسیدهای مختلف برای انرژی ۱۴۶۰ keV.



شکل (۴): شار عبوری برحسب ضخامت برای بتن‌های آهن-لیمونیتر جدید ترکیب شده با اکسیدهای مختلف برای انرژی ۶۶۲ keV.



شکل (۵): شار عبوری برحسب ضخامت برای بتن‌های Mo جدید ترکیب شده با اکسیدهای مختلف برای انرژی ۱۴۶۰ keV.



شکل (۶): شار عبوری برحسب ضخامت برای بتن‌های Mo جدید ترکیب شده با اکسیدهای مختلف برای انرژی ۶۶۲ keV.

## ۳. نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده، افزایش انرژی چشمه سبب کاهش ضریب تضعیف می‌شود. در بین اکسیدها نیز، اکسید تالیم بهترین روند تضعیف و بزرگترین ضریب تضعیف را سبب می‌شود که دلیل آن، می‌تواند بالا بودن چگالی آن نسبت به سایر مواد باشد. در واقع با افزایش چگالی اکسیدها و بتن‌ها، ضریب تضعیف افزایش و با افزایش ضخامت، شار عبوری به‌صورت نمایی کاهش پیدا می‌کند.

از نتایج به‌دست آمده به‌خوبی می‌توان برای انتخاب بتن مورد نظر تصمیم گرفت. در بین بتن‌ها، بتن Mo به‌دلیل فراوانی آهن در ترکیباتش، چگالی بالاتری دارد که ترکیب آن با اکسیدهای

## ۴. مراجع

1. M. F. Kaplan. Concrete Radiation Shielding: Nuclear Physics, Concrete Properties, Design and Construction. John Wiley & Sons, New York, 1989.
2. K. Singh, S. Singh, A. S. Dhaliwal, G. Singh. Gamma radiation shielding analysis of lead-flyash concretes. *Appl. Radiat. Isot.* 95 (2015) 174-179.
3. D. A. Schauer. NCRP Releases Report No. 151, Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X-and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities.
4. L. E. Copeland, D. L. Kantro, G. Verbeck. Chemistry of hydration of portland cement. Fourth International Symposium of the Chemistry of Cement, U.S. National Bureau of Standards, Washington, DC 1 (1960) 429- 431.
5. S. Kilincarslan, I. Akkurt, C. Basyigit. The effect of barite rate on some physical and mechanical properties of concrete. *Mater. Sci. Eng. A424* (1-2) (2006) 83-86.
6. H. O. Tekin, V. P. Singh, T. Manici. Effects of micro-sized and nano-sized WO<sub>3</sub> on mass attenuation coefficients of concrete by using MCNPX code. *Appl. Radiat. Isot.* 121 (2017) 122-125.
7. M. Medhat. An investigation of some properties of heavy weight concrete mixes in Egypt, HPRC J., 1990.
8. H. O. Tekin, M. I. Sayyed, E. E. Altunsoy, T. Manici. Shielding properties and effects of WO<sub>3</sub> and PbO on mass attenuation coefficients by using MCNPX code. *Dig. J. Nanomater Biostruct.* 12 (3) (2017) 861-867.
9. G. Lakshminarayana, S. O. Baki, A. Lira, M. I. Sayyed, I. V. Kityk, M. K. Halimah, M. A. Mahdi. X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) and radiation shielding parameters investigations for zinc molybdenum borotellurite glasses containing different network modifiers. *J. Mat. Sci.* 52 (12) (2017) 7394-7414.
10. A. Ferrari, P. Sala, A. Fassò, J. Ranft. Fluka: a multi-particle transport code. Tech. Rep. CERN-2005-10, INFN/TC-05/11, SLAC-R-773, 2005.
11. D. B. Pelowitz. MCNPXTM user's manual. Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, 2005.
12. L. L. Carter, R. A. Schwarz. MCNP Visual Editor Computer Code Manual. No. WHC-SD-GN-SWD-30005. Westinghouse Hanford Co., Richland, WA (United States), 1995.
13. R. J. McConn, J. G. Christopher, T. Richard, R. A. Pagh. Rucker, and Robert Williams III. Compendium of material composition data for radiation transport modeling. No. PNNL-15870 Rev. 1. Pacific Northwest National Lab.(PNNL), Richland, WA (United States), 2011.
14. Origin (Pro). Version 2019b. OriginLab Corporation, Northampton, MA, USA.

سرب و تالیم، می‌تواند ترکیبات بتنی مناسب‌تری برای محافظت در برابر تابش‌های فوتونی در اختیار ما قرار دهد. در مورد صرفه اقتصادی این بتن‌های جدید نیز می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که به‌دلیل بالا بودن ضریب تضعیف آن‌ها نسبت به سایر بتن‌ها، به ضخامت کم‌تری از آن‌ها برای تضعیف مقدار معینی از تابش نیاز است که کاهش این ضخامت می‌تواند باعث کاهش حجم اشغالی توسط بتن و نیز کاهش مدت زمان ساخت این بتن‌ها شود. هم‌چنین به‌دلیل بالا بودن ضریب تضعیف، زمان بیشتری نیاز است تا تابش‌های فوتونی بتوانند ساختار بتن را تخریب کنند که در نتیجه مدت زمان تعویض این بتن‌ها بیش‌تر خواهد شد.