



**Uniwersytecki Szpital Kliniczny im. Jana Mikulicza Radeckiego
we Wrocławiu
ul. Borowska 213, 50-556 Wrocław**

PRACOWNIA MEDYCYNY NUKLEARNEJ

**Klinika Endokrynologii, Diabetologii i Leczenia Izotopami
Ul. Wybrzeże L. Pasteura 4, 50-367 Wrocław**

**Dokumentacja techniczna
magazynu źródeł i odpadów promieniotwórczych.**

kwiecień – 2019

SPIS TREŚCI

I. Część opisowa	3
Zleceniodawca	3
Uzasadnienie wykonania obliczeń	3
Podstawa opracowania	3
Opis magazynu źródeł i odpadów promieniotwórczych	4
Lokalizacja	4
Powierzchnia	4
Wentylacja	4
Oznakowanie magazynu	4
Postępowanie z odpadami promieniotwórczymi	5
Postępowanie ze źródłami promieniotwórczymi	6
II. Część obliczeniowa	7
Obliczenia grubości osłon	7
Dane i wzory stosowane do obliczeń	7
Osłony przed promieniowaniem γ	7
Osłony przed promieniowaniem β	7
Dawka tygodniowa przyjmowana do obliczeń	8
Czas (t) narażenia na promieniowanie	9
Pomieszczenie 00/12 magazyn źródeł	9
Pomieszczenie 00/13 magazyn odpadów	18
III. Wnioski	30
IV. Załączniki	33

I. CZĘŚĆ OPISOWA

1. Zleceniodawca.

Uniwersytecki Szpital Kliniczny im. Jana Mikulicza – Radeckiego we Wrocławiu
Klinika Endokrynologii, Diabetologii i Leczenia Izotopami
ul. Wybrzeże L. Pasteura 4, 50-367 Wrocław.

2. Uzasadnienie wykonania obliczeń.

Obliczenia osłon stałych przed promieniowaniem jonizującym dla Pracowni Medycyny Nuklearnej z pracownią izotopową klasy drugiej i magazynem źródeł i odpadów promieniotwórczych wykonano w związku z planowaną modernizacją i przeniesieniem pracowni izotopowej do nowych pomieszczeń.

3. Podstawa opracowania.

Projekt modernizacji Kliniki Endokrynologii, Diabetologii i Leczenia Izotopami
Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego we Wrocławiu;

Polska Norma Obliczeniowa PN – 86/J-80001;

Ustawa z dnia 29 listopada 2000r. – Prawo atomowe (Dz. U. z 2018 r., poz. 792);

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 czerwca 2015 r. w sprawie dokumentów wymaganych przy składaniu wniosków o wydanie zezwolenia na wykonywanie działalności związanej z narażeniem na działanie promieniowania jonizującego albo przy zgłoszeniu wykonywania tej działalności (Dz. U. z 2015 r., poz. 1355);

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 12 lipca 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy ze źródłami promieniowania jonizującego (Dz. U. nr 140 z 2006r., poz. 994);

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. nr 180 z 2006r., poz. 1325);

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. Nr 20, poz.168).

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 29 grudnia 2015 r. w sprawie odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego (Dz. U. z 2015 r., poz.2267).

4. Opis magazynu źródeł i odpadów promieniotwórczych.

4.1. Lokalizacja.

Magazyn źródeł i odpadów promieniotwórczych zlokalizowany jest w przyziemiu budynku należącego do Kliniki Endokrynologii, Diabetologii i Leczenia Izotopami Szpitala Klinicznego we Wrocławiu przy ul. Wybrzeże L. Pasteura 4.

Budynek, w którym zlokalizowany jest magazyn źródeł i odpadów promieniotwórczych jest zaliczony do klasy B odporności przeciwpożarowej.

Pomieszczenia magazynu źródeł i odpadów zabezpieczone przed zalaniem wodą poprzez zastosowanie kratak odpływowych umieszczonych w podłodze.

Rozmieszczenie pomieszczeń przedstawia - **projekt budowlany**.

Ściany pomieszczeń magazynu źródeł i odpadów pomalowane farbą zmywalną, na podłodze wykładzina homogeniczna na masie samopoziomującej zawinięta na 10 cm, gładka, umożliwiająca usuwanie skażeń promieniotwórczych bez możliwości powstawania trwałych zanieczyszczeń.

Sufity we wszystkich pomieszczeniach należących do pracowni medycyny nuklearnej pomalowane farbą.

4.2. Powierzchnia.

Powierzchnia pomieszczenia magazynu źródeł i odpadów promieniotwórczych – przyziemie – 15.64 m²

- pomieszczenie nr 00/12 – 10.64 m² – magazyn źródeł promieniotwórczych;
- pomieszczenie nr 00/13 – 5 m² – magazyn odpadów promieniotwórczych.

Wysokość wszystkich pomieszczeń wynosi 3.2 m.

4.3. Wentylacja.

W magazynie źródeł i odpadów promieniotwórczych zapewnia się wentylację mechaniczną nawiewno-wyciągową zapewniającą 6-krotną wymianę powietrza w ciągu godziny. Włączenie wentylacji następuje na 10 min przed wejściem pracownika do magazynu

4.4. Oznakowanie magazynów.

Na drzwiach magazynu źródeł promieniotwórczych znajduje się tablica zgodna z załącznikiem nr 2 do Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 12 lipca 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy ze źródłami promieniowania jonizującego (Dz. U. Nr 140, poz. 994). Na drzwiach magazynu odpadów promieniotwórczych tablica zgodna z załącznikiem nr 4 do Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 29 grudnia 2015 r. w sprawie odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego (Dz. U. z 2015 r., poz.2267).



5. Odpady promieniotwórcze

5.1. Postępowanie z odpadami promieniotwórczymi.

Powstałe w wyniku prac odpady promieniotwórcze ciekłe i stałe kwalifikowane będą do odpowiedniej kategorii odpadów promieniotwórczych zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 29 grudnia 2015 r. (Dz. U. z 2015 r., poz. 2267) i przechowywane w magazynie odpadów promieniotwórczych mieszczącym się w pomieszczeniu nr 00/13 w przyziemiu budynku szpitala.

Pomieszczenie magazynu odpadów promieniotwórczych o powierzchni 7.67 m² wysokości 3.2 m i odporności przeciwpożarowej B zabezpieczone są przed zalaniem wodą poprzez zamontowanie kratak odpływowych. Ściany magazynu pomalowane farbą zmywalną zabezpieczającą przed powstaniem trwałych zanieczyszczeń i pozwalające na łatwe usuwanie skażeń promieniotwórczych. Ściany zewnętrzne i stropy magazynu odpadów promieniotwórczych zabezpieczone tak by zapobiegały otrzymaniu przez osoby z ogółu ludności rocznej dawki skutecznej przekraczającej 0.3 mSv. Obliczenia osłonności przedstawiono w części II niniejszego opracowania. W pomieszczeniu zainstalowano wentylację mechaniczną nawiewno - wyciągową gwarantującą 6 – krotną wymianę powietrza w ciągu godziny. Włączanie wentylacji następuje na 10 minut przed wejściem pracownika do magazynu. Magazyn zabezpieczony przed dostępem osób niepowołanych poprzez zastosowanie zamków oraz oznakowany zgodnie z załącznikiem nr 4 do Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 29 grudnia 2015 r. (Dz. U. z 2015 r., poz. 2267).

Stałe odpady promieniotwórcze przechowywane będą w workach foliowych z tworzyw sztucznych o grubości powyżej 0.5 mm oraz pojemnikach stalowych i ołowianych.

Odpady ciekłe wytworzone w pracowni izotopowej przechowywane będą w pojemnikach z tworzyw sztucznych.

Pojemniki z odpadami promieniotwórczymi będą odpowiednio opisane i oznakowane. Prowadzone będą odpowiednie karty ewidencyjne odrębne dla każdego opakowania z odpadami promieniotwórczymi zgodnie z załącznikiem nr 2 do Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 29 grudnia 2015 r. (Dz. U. z 2015 r., poz. 2267).

Po wygaśnięciu odpady stałe takie jak waciki, lignina, igły i strzykawki przekazane zostaną jako odpad medyczny do szpitalnej spalarni, a odpady ciekłe usunięte zostaną do kanalizacji ogólnej. Odpady stałe, których nie można będzie uznać jako odpad medyczny zostaną przekazane do Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów promieniotwórczych w terminie 2 lat od ich wytworzenia.

5.2. Odpady promieniotwórcze przechowywane w magazynie odpadów – pomieszczeniu 00/13.

W magazynie odpadów promieniotwórczych przechowywane będą następujące odpady:

- niewykorzystane kapsułki po I-131 w pojemniku osłonowym P15KN o grubości 15 mm Pb;



- zużyty generator Mo99/Tc-99m po 4 okresach półrozpadu czyli aktywności około 1 GBq (aktywność wyjściowa 15 GBq) w pojemniku osłonnym 5 mm Pb wg danych NCBJ Polatom
- igły, strzykawki, rękawiczki jednorazowe po Tc-99m w pojemniku osłonnym 1 mm Pb
- igły, strzykawki, rękawiczki jednorazowe, puste fiołki po Sm-153
- igły, puste fiołki, gaziki po Sr-89, Y-90.

6. Źródła promieniotwórcze przechowywane w magazynie źródeł promieniotwórczych- pomieszczenie 00/12.

6.1. Postępowanie ze źródłami promieniotwórczymi.

Źródła promieniotwórcze przechowywane będą w magazynie źródeł promieniotwórczych mieszczącym się w pomieszczeniu nr 00/12 w przyziemiu budynku szpitala.

Pomieszczenie magazynu źródeł promieniotwórczych o powierzchni 16.1 m² wysokości 3.2 m i odporności przeciwpożarowej B zabezpieczone są przed zalaniem wodą poprzez zamontowanie kratak odpływowych. Ściany magazynu pomalowane farbą zmywalną zabezpieczającą przed powstaniem trwałych zanieczyszczeń i pozwalającą na łatwe usuwanie skażeń promieniotwórczych. Ściany zewnętrzne i stropy magazynu źródeł promieniotwórczych zabezpieczone tak by zapobiegały otrzymaniu przez osoby z ogółu ludności rocznej dawki skutecznej przekraczającej 0.1 mSv. Obliczenia osłonności przedstawiono w części II niniejszego opracowania. W pomieszczeniu zainstalowano wentylację mechaniczną nawiewno - wyciągową gwarantującą 6 – krotną wymianę powietrza w ciągu godziny. Włączanie wentylacji następuje na 10 minut przed wejściem pracownika do magazynu. Magazyn zabezpieczony przed dostępem osób niepowołanych poprzez zastosowanie zamków oraz oznakowany zgodnie z załącznikiem nr 2 do Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 12 lipca 2006 r. (Dz. U. nr 140, poz. 996).

Źródła promieniotwórcze będą odpowiednio opisane i oznakowane. Prowadzone będą odpowiednie karty ewidencyjne zgodnie z załącznikami nr 6 do 12 Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 3 grudnia 2002 r. (Dz. U. nr 230, poz. 1925).

6.2. Źródła promieniotwórcze przechowywane w magazynie źródeł promieniotwórczych.

W magazynie źródeł promieniotwórczych przechowywane będą następujące źródła promieniotwórcze:

- 15 kapsułek I-131 o łącznej aktywności 10 GBq każda w pojemniku osłonnym P15KN grubości 15 mm Pb.

Kapsułki dostarczane są raz w tygodniu. Czas przechowywania jednej kapsułki w magazynie to maksymalnie 48 godzin - czas od dostarczenia kapsułki przez producenta do podania pacjentowi.

Jeżeli kapsułka nie zostanie podana pacjentowi w ciągu 48 godzin trafia do magazynu odpadów promieniotwórczych.

- Sr-89 o aktywności do 100 GBq w pojemniku osłonnym P5/6 o grubości 6 mm Pb.

Wszystkie źródła promieniotwórcze w magazynie źródeł umieszczone dodatkowo będą w szafie o wymiarach 77.5 x 61 x 92.7 cm z osłoną ołowianą 2.54 cm Pb.

II. CZĘŚĆ OBLICZENIOWA.

1. Obliczanie grubości osłon.

1.1. Dane i wzory stosowane do obliczeń.

Obliczenia wykonano w oparciu o normę PN-86/J-80001.

Grubość osłon określono na podstawie zawartych tam tabel i wykresów posługując się następującymi wzorami:

1.1.1. Osłony przed promieniowaniem γ .

Krotność k osłabienia promieniowania przez osłonę.

$$k = \frac{\Gamma \times A \times t}{D \times l^2}$$

gdzie:

Γ -równoważna wartość stałej ekspozycyjnej, wyrażona w ($cGy \times m^2 \times h^{-1} \times GBq^{-1}$)

A-aktywność źródła w GBq;

t-czas narażenia osób przebywających za osłoną;

D-dawka tygodniowa w cGy;

l- najmniejsza odległość od źródła promieniowania od miejsca osłanianego.

1.1.2. Osłony przed promieniowaniem β .

Minimalna grubość osłony a_{min} , która całkowicie pochłonie promieniowanie β :

$$R_{max} = a_{min}$$

$$R_{max} = a_{min} \times \rho$$

stąd minimalna grubość, która całkowicie pochłonie promieniowanie β wynosi

$$a_{min} = \frac{R_{max}}{\rho}$$

1.1.3. Dawka tygodniowa przyjmowana do obliczeń.

Zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. Nr 20, poz.168) do obliczeń przyjęto następujące wartości dawek:

Dla osób zatrudnionych w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące:

20 mSv/rok – 0.4 mSv/tydz. – 0.0348 cGy/tydz;

Dla osób z ogółu ludności:

1 mSv/rok – 0.02 mSv/tydz. – 0.00174 cGy/tydz;

Zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 12 lipca 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy ze źródłami promieniowania jonizującego (Dz. U. nr 140, poz. 994) do obliczeń przyjęto następujące wartości dawek:

Dla pomieszczeń sąsiadujących (budynki nie mieszkalne):

0.3 mSv/rok – 0.006 mSv/tydz. – 0.000522 cGy/tydz

Dla pomieszczeń sąsiadujących (budynki mieszkalne):

0.1 mSv/rok – 0.002 mSv/tydz.- 0.000174 cGy/tydz.

Zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 29 grudnia 2015 r. w sprawie w sprawie odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego (Dz. U. z 2015 r, poz.2267) do obliczeń przyjęto następujące wartości dawek:

Dla ścian zewnętrznych i stropów magazynu odpadów promieniotwórczych:

0.3 mSv/rok – 0.006 mSv/tydz. – 0.000522 cGy/tydz

1.1.3. Czas (t) narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia.

$$t = T \times U \times t_0$$

w którym:

T- współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu;

U- współczynnik określający prawdopodobieństwo skierowania użytecznej wiązki promieniowania w kierunku obliczonej osłony;

t₀- maksymalny czas pracy źródła promieniowania w ciągu tygodnia na jednej zmianie, s, min lub h.

Jeżeli nie udokumentowano innych wartości należy przyjmować:

T=1 – dla miejsc stałego przebywania ludzi (miejsca ciągłej pracy, pomieszczenia mieszkalne, miejsca przeznaczone dla dzieci);



T=0.25 – dla miejsc czasowo wykorzystywanych przez ludzi (np. korytarze, WC, stołówki itp.);

T=0.05 - dla miejsc krótkiego czasu przebywania (np. ulice, place, klatki schodowe);

U=1 – dla podłóg;

U=1 – dla ścian i sufitów jeżeli przewiduje się ich napromieniowanie wiązką główną przy pracach rutynowych;

U= 0.25 - dla ścian nie napromieniowanych wiązką główną przy pracach rutynowych;

U= 0.05 - dla sufitów nie napromieniowanych wiązką główną przy pracach rutynowych;

Dla osłon chroniących tylko przed promieniowaniem rozproszonym lub ubocznym **U=1**

Pomieszczenia nr 00/12 – magazyn źródeł promieniotwórczych

Pomieszczenie 00/12 sąsiaduje z:

Ściana A – podwórze;

Ściana B – podwórze, okno;

Ściana C – gabinet zabiegowy – 00/09;

Ściana D – pomieszczenie przygotowania radiofarmaceutyków – 00/11, drzwi;

Strop – gabinet;

Podłoga – ziemia – brak pomieszczeń

Obliczenia:

Czas (t) narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia od I-131 przechowywanego w magazynie źródeł promieniotwórczych .

$$t = T \times U \times t_0$$

$t_0 = 48 \text{ h /tydz}$

1) $T=1$ $U=1$;

$$t = 1 \times 1 \times 48 \frac{\text{h}}{\text{tydz}} = 48 \text{ h/tydz}$$

2) $T= 0.25$ $U=1$;

$$t = 0.25 \times 1 \times 48 \frac{\text{h}}{\text{tydz}} = 12 \frac{\text{h}}{\text{tydz}}$$

3) $T=0.05$ $U=1$;

$$t = 0.05 \times 1 \times 48 \frac{\text{h}}{\text{tydz}} = 2.4 \text{ h/tydz}$$



Ściana A – podwórze

I-131 (kapsułki w pojemniku P15KN o grubości 15 mm Pb + szafa ołowiana o grubości 2.54 cm Pb.)

$$A=10 \text{ GBq}$$

$$D=0.000522 \text{ cGy/tydz}$$

$$\Gamma = 5.4 \times 10^{-3} \text{ cGy} \times \text{m}^2 \times \text{h}^{-1} \times \text{GBq}^{-1}$$

$$E=0.4 \text{ MeV}$$

$$t= 2.4 \text{ h/tyg}$$

$$l = 0.8 \text{ m}$$

$$T=0.05$$

$$X_{\text{pb}}=4.04 \text{ cm Pb}$$

$X_{\text{sciany}}= 64 \text{ cm}$ cegła pełna - co odpowiada 53.3 cm betonu

$$k_{\text{pb}}= 5000 \text{ zgodnie z tab. 13 PN-86/J-80001}$$

$$k_{\text{bet}}= 2000 \text{ zgodnie z tab. 15 PN – 86/J-80001}$$

$$D = \frac{\Gamma \times A \times t}{k \times l^2}$$
$$D = \frac{5.4 \times 10^{-3} \times 10 \times 2.4}{10000000 \times 0.8^2} = \frac{0.1296}{6400000} = 2 \times 10^{-8} \frac{\text{cGy}}{\text{tydz}}$$

Ściana A wykonana z cegły pełnej o grubości 64 cm i gęstości 1.9 g/cm³ nie potrzebuje dodatkowej osłony.

Sr-89 (w pojemniku P 5/6 o grubości 6 mm Pb + szafa ołowiana o grubości 2.54 mm Pb)

$$R= 6.9 \times 10^2 \text{ mg/cm}^2 = 0.69 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Gęstość powietrza } \rho = 0.0013 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Gęstość ołowiu } \rho = 11.3 \text{ g/cm}^3$$

$$a_{\text{min}} = \frac{R_{\text{max}}}{\rho} = 0.06 \text{ cm} = 0.6 \text{ mm}$$

Pojemnik P5/6 wykonany z ołowiu o grubości 6 mm w całości pochłonie promieniowanie od źródła Sr-89.

Y-90 (w pojemniku o grubości 6 mm Pb + szafa ołowiana o grubości 2.54 cm)

$$R= 1.1 \times 10^3 \text{ mg/cm}^2 = 1.1 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Gęstość powietrza } \rho = 0.0013 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Gęstość ołowiu } \rho = 11.3 \text{ g/cm}^3$$



$$a_{min} = \frac{R_{max}}{\rho} = 0.097 \text{ cm} = 0.97 \text{ mm}$$

Pojemnik wykonany z ołowiu o grubości 6 mm w całości pochłonie promieniowanie od źródła Y-90.

WNIOSKI:

Otrzymana wartość dawki od źródeł promieniotwórczych przechowywanych w magazynie źródeł promieniotwórczych w miejscu osłanianym jest wartością mniejszą niż przewidziana w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 12 lipca 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy ze źródłami promieniowania jonizującego (Dz. U. nr 140, poz. 994) dla pomieszczeń sąsiadujących w budynkach nie mieszkalnych w związku z czym ściana A wykonana z cegły pełnej o grubości 64 cm i gęstości 1.9 g/cm^3 nie potrzebuje dodatkowej osłony.

Ściana B – podwórze, okno

I-131 (kapsułki w pojemniku P15KN o grubości 15 mm Pb + szafa ołowiana o grubości 2.54 cm Pb)

$$A=10 \text{ GBq}$$

$$D=0.000522 \text{ cGy/tydz}$$

$$\Gamma = 5.4 \times 10^{-3} \text{ cGy} \times \text{m}^2 \times \text{h}^{-1} \times \text{GBq}^{-1}$$

$$E=0.4 \text{ MeV}$$

$$t= 2.4 \text{ h/tyg}$$

$$l = 0.8 \text{ m}$$

$$T=0.05$$

$$X_{pb}=4.04 \text{ cm Pb}$$

$X_{sciany}= 64 \text{ cm}$ cegła pełna - co odpowiada 53.3 cm betonu

$$k_{pb}= 5000 \text{ zgodnie z tab. 13 PN-86/J-80001}$$

$$k_{bet} = 2000 \text{ zgodnie z tab. 15 PN – 86/J-80001}$$

$$D = \frac{\Gamma \times A \times t}{k \times l^2}$$

$$D = \frac{5.4 \times 10^{-3} \times 10 \times 2.4}{10000000 \times 0.8^2} = \frac{0.1296}{6400000} = 2 \times 10^{-8} \frac{\text{cGy}}{\text{tydz}}$$

Ściana B wykonana z cegły pełnej o grubości 64 cm i gęstości 1.9 g/cm^3 nie potrzebuje dodatkowej osłony.



Sr-89 (w pojemniku P 5/6 o grubości 6 mm Pb + szafa ołowiana o grubości 2.54 cm)

$R = 6.9 \times 10^2 \text{ mg/cm}^2 = 0.69 \text{ g/cm}^3$
Gęstość powietrza $\rho = 0.0013 \text{ g/cm}^3$
Gęstość ołowiu $\rho = 11.3 \text{ g/cm}^3$

$$a_{min} = \frac{R_{max}}{\rho} = 0.06 \text{ cm} = 0.6 \text{ mm}$$

Pojemnik P5/6 wykonany z ołowiu o grubości 6 mm w całości pochłonie promieniowanie od źródła Sr-89.

Y-90 (w pojemniku o grubości 6 mm Pb + szafa ołowiana o grubości 2.54 cm)

$R = 1.1 \times 10^3 \text{ mg/cm}^2 = 1.1 \text{ g/cm}^3$
Gęstość powietrza $\rho = 0.0013 \text{ g/cm}^3$
Gęstość ołowiu $\rho = 11.3 \text{ g/cm}^3$

$$a_{min} = \frac{R_{max}}{\rho} = 0.097 \text{ cm} = 0.97 \text{ mm}$$

Pojemnik wykonany z ołowiu o grubości 6 mm w całości pochłonie promieniowanie od źródła Y-90.

WNIOSKI:

Otrzymana wartość dawki od źródeł promieniotwórczych przechowywanych w magazynie źródeł promieniotwórczych w miejscu osłanianym jest wartością mniejszą niż przewidziana w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 12 lipca 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy ze źródłami promieniowania jonizującego (Dz. U. nr 140, poz. 994) dla pomieszczeń sąsiadujących w budynkach nie mieszkalnych w związku z czym ściana B wykonana z cegły pełnej o grubości 64 cm i gęstości 1.9 g/cm^3 nie potrzebuje dodatkowej osłony. Okna znajdują się poniżej poziomu ziemi – nie ma możliwości przebywania za oknem żadnych osób. Na oknach kraty antywłamaniowe.

Ściana C – gabinet zabiegowy – 00/09

I-131 (kapsułki w pojemniku P15KN o grubości 15 mm Pb + szafa ołowiana o grubości 2.54 cm Pb)

$A = 10 \text{ GBq}$

$D = 0.000522 \text{ cGy/tydz}$

$\Gamma = 5.4 \times 10^{-3} \text{ cGy} \times \text{m}^2 \times \text{h}^{-1} \times \text{GBq}^{-1}$

$E = 0.4 \text{ MeV}$

$t = 48 \text{ h/tyg}$

$l = 2.9 \text{ m}$

$T = 1$



$X_{pb}=4.04$ cm Pb

$X_{sciany}= 12$ cm cegła pełna co odpowiada 10 cm betonu

$k_{pb}= 5000$ zgodnie z tab. 13 PN-86/J-80001

$k_{bet} = 2$ zgodnie z tab. 15 PN – 86/J-80001

$$D = \frac{\Gamma \times A \times t}{k \times l^2}$$
$$D = \frac{5.4 \times 10^{-3} \times 10 \times 48}{10000 \times 2.9^2} = \frac{2.592}{84100} = 3.1 \times 10^{-5} \frac{cGy}{tydz}$$

Projektowana ściana C wykonana z cegły pełnej o grubości 12 cm i gęstości 1.9 g/cm³ nie potrzebuje dodatkowej osłony.

Sr-89 (w pojemniku P 5/6 o grubości 6 mm Pb + szafa ołowiana o grubości 2.54 cm Pb)

$R= 6.9 \times 10^2$ mg/cm²= 0.69 g/cm³

Gęstość powietrza $\rho = 0.0013$ g/cm³

Gęstość ołowiu $\rho = 11.3$ g/cm³

$$a_{min} = \frac{R_{max}}{\rho} = 0.06 \text{ cm} = 0.6 \text{ mm}$$

Pojemnik P5/6 wykonany z ołowiu o grubości 6 mm w całości pochłonie promieniowanie od źródła Sr-89.

Y-90 (w pojemniku o grubości 6 mm Pb + szafa ołowiana o grubości 2.54 cm)

$R= 1.1 \times 10^3$ mg/cm²= 1.1 g/cm³

Gęstość powietrza $\rho = 0.0013$ g/cm³

Gęstość ołowiu $\rho = 11.3$ g/cm³

$$a_{min} = \frac{R_{max}}{\rho} = 0.097 \text{ cm} = 0.97 \text{ mm}$$

Pojemnik wykonany z ołowiu o grubości 6 mm w całości pochłonie promieniowanie od źródła Y-90.

WNIOSKI:

Otrzymana wartość dawki od źródeł promieniotwórczych przechowywanych w magazynie źródeł promieniotwórczych w miejscu osłanianym jest wartością mniejszą niż przewidziana w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 12 lipca 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy ze źródłami promieniowania jonizującego (Dz. U. nr 140, poz. 994) dla pomieszczeń sąsiadujących w budynkach nie mieszkalnych w związku z czym ściana C wykonana z cegły pełnej o grubości 12 cm i gęstości 1.9 g/cm³ nie potrzebuje dodatkowej osłony.

Ściana D – pomieszczenie przygotowania radiofarmaceutyków, drzwi

I-131 (kapsułki w pojemniku P15KN o grubości 15 mm Pb + szafa ołowiana o grubości 2.54 cm Pb)

$$A=10 \text{ GBq}$$

$$D=0.000522 \text{ cGy/tydz}$$

$$\Gamma = 5.4 \times 10^{-3} \text{ cGy} \times \text{m}^2 \times \text{h}^{-1} \times \text{GBq}^{-1}$$

$$E=0.4 \text{ MeV}$$

$$t= 48 \text{ h/tyg}$$

$$l = 2.68 \text{ m}$$

$$T= 1$$

$$X_{\text{pb}}=4.04 \text{ cm Pb}$$

$X_{\text{ściany}}= 12 \text{ cm}$ cegła pełna co odpowiada 10 cm betonu

$k_{\text{pb}}= 5000$ zgodnie z tab. 13 PN-86/J-80001

$k_{\text{bet}}= 2$ zgodnie z tab. 15 PN – 86/J-80001

$$D = \frac{\Gamma \times A \times t}{k \times l^2}$$

$$D = \frac{5.4 \times 10^{-3} \times 10 \times 48}{10000 \times 2.68^2} = \frac{2.592}{71824} = 3.61 \times 10^{-5} \frac{\text{cGy}}{\text{tydz}}$$

Projektowana ściana D wykonana z cegły pełnej o grubości 12 cm i gęstości 1.9 g/cm³ nie potrzebuje dodatkowej osłony.

DRZWI

I-131 (kapsułki w pojemniku P15KN o grubości 15 mm Pb + szafa ołowiana o grubości 2.54 cm Pb)

$$A=10 \text{ GBq}$$

$$D=0.000522 \text{ cGy/tydz}$$

$$\Gamma = 5.4 \times 10^{-3} \text{ cGy} \times \text{m}^2 \times \text{h}^{-1} \times \text{GBq}^{-1}$$

$$E=0.4 \text{ MeV}$$

$$t= 48 \text{ h/tyg}$$

$$l = 2.68 \text{ m}$$

$$T= 1$$

$$X_{\text{pb}}=4.04 \text{ cm Pb}$$

$k_{\text{pb}}= 5000$ zgodnie z tab. 13 PN-86/J-80001



$$D = \frac{\Gamma \times A \times t}{k \times l^2}$$

$$D = \frac{5.4 \times 10^{-3} \times 10 \times 48}{5000 \times 2.68^2} = \frac{2.592}{35912} = 7.21 \times 10^{-5} \frac{cGy}{tydz}$$

Drzwi zabezpieczono 0.1 mm Pb.

Sr-89 (w pojemniku P 5/6 o grubości 6 mm Pb + szafa stalowa o grubości 3 mm)

$R = 6.9 \times 10^2 \text{ mg/cm}^2 = 0.69 \text{ g/cm}^3$
 Gęstość powietrza $\rho = 0.0013 \text{ g/cm}^3$
 Gęstość ołowiu $\rho = 11.3 \text{ g/cm}^3$

$$a_{min} = \frac{R_{max}}{\rho} = 0.06 \text{ cm} = 0.6 \text{ mm}$$

Pojemnik P5/6 wykonany z ołowiu o grubości 6 mm w całości pochłonie promieniowanie od źródła Sr-89.

Y-90 (w pojemniku o grubości 6 mm Pb + szafa stalowa o grubości 3 mm)

$R = 1.1 \times 10^3 \text{ mg/cm}^2 = 1.1 \text{ g/cm}^3$
 Gęstość powietrza $\rho = 0.0013 \text{ g/cm}^3$
 Gęstość ołowiu $\rho = 11.3 \text{ g/cm}^3$

$$a_{min} = \frac{R_{max}}{\rho} = 0.097 \text{ cm} = 0.97 \text{ mm}$$

Pojemnik wykonany z ołowiu o grubości 6 mm w całości pochłonie promieniowanie od źródła Y-90.

WNIOSKI:

Otrzymana wartość dawki od źródeł promieniotwórczych przechowywanych w magazynie źródeł promieniotwórczych w miejscu osłanianym jest wartością mniejszą niż przewidziana w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 12 lipca 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy ze źródłami promieniowania jonizującego (Dz. U. nr 140, poz. 994) dla pomieszczeń sąsiadujących w budynkach nie mieszkalnych w związku z czym ściana D wykonana z cegły pełnej o grubości 12 cm i gęstości 1.9 g/cm^3 nie potrzebuje dodatkowej osłony. Drzwi zabezpieczono 0.1 mm Pb.

Strop – gabinet

I-131 (kapsułki w pojemniku P15KN o grubości 15 mm Pb + szafa ołowiana o grubości 2.54 cm Pb)

$A = 10 \text{ GBq}$

$D = 0.000522 \text{ cGy/tydz}$

$\Gamma = 5.4 \times 10^{-3} \text{ cGy} \times \text{m}^2 \times \text{h}^{-1} \times \text{GBq}^{-1}$



$$E=0.4 \text{ MeV}$$

$$t= 48 \text{ h/tyg}$$

$$l = 3.5 \text{ m}$$

$$T=1$$

$$X_{\text{pb}}=4.04 \text{ cm Pb}$$

$$X_{\text{stropu}}= 3 \text{ cm beton}$$

$$k_{\text{pb}}= 5000 \text{ zgodnie z tab. 13 PN-86/J-80001}$$

$$k_{\text{bet}} = 1.5 \text{ zgodnie z tab. 15 PN - 86/J-80001}$$

$$D = \frac{\Gamma \times A \times t}{k \times l^2}$$
$$D = \frac{5.4 \times 10^{-3} \times 10 \times 48}{7500 \times 3^2} = \frac{2.592}{67500} = 0.000038 \frac{\text{cGy}}{\text{tydz}}$$

WNIOSKI:

Otrzymana wartość dawki od źródeł promieniotwórczych przechowywanych w magazynie źródeł promieniotwórczych w miejscu osłanianym jest wartością mniejszą niż przewidziana w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 12 lipca 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy ze źródłami promieniowania jonizującego (Dz. U. nr 140, poz. 994) dla pomieszczeń sąsiadujących w budynkach nie mieszkalnych w związku z czym strop typu Ackerman o grubości 18 cm + nadbeton o grubości 3 cm + posadzka nie potrzebuje dodatkowej osłony.

Pomieszczenia nr 00/13 – magazyn odpadów promieniotwórczych

Pomieszczenie 00/13 sąsiaduje z:

Ściana F1 – podwórze, okno;

Ściana C3 – pom. leczenia dużymi dawkami – 00/10;

Ściana G – magazyn podręczny – 00/14;

Ściana H – poczekalnia 3 – 00/08, drzwi;

Ściana I – śluza dozymetryczna – 00/22;

Strop – pracownia cytometrii

Podłoga – ziemia – brak pomieszczeń

Czas (t) narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia od odpadów przechowywanych w magazynie odpadów promieniotwórczych .

$$t = T \times U \times t_0$$

$$t_0= 168 \text{ h /tydz}$$



1) $T=1$ $U=1$;

$$t = 1 \times 1 \times 168 \frac{h}{tydz} = 168 h/tydz$$

2) $T=0.25$ $U=1$;

$$t = 0.25 \times 1 \times 168 \frac{h}{tydz} = 42 \frac{h}{tydz}$$

3) $T=0.05$ $U=1$;

$$t = 0.05 \times 1 \times 168 \frac{h}{tydz} = 8.4 h/tydz$$

Ściana F1 – podwórze, okno

Tc-99m (zużyty generator Mo99/Tc99 m w pojemniku osłonnym 5 mm Pb wg. danych z NCBJ Polatom na regale)

$A=1$ GBq

$D=0.000522$ cGy/tydz

$\Gamma = 1.4 \times 10^{-3}$ cGy $\times m^2 \times h^{-1} \times GBq^{-1}$

$E=0.1$ MeV

$T = 8.4$ h/tyg

$l = 1$ m

$T=0.05$

$X_{pb}=5$ mm Pb

$X_{bet} = 64$ cm cegły pełnej co odpowiada 53.3 cm betonu

$k_{pb} = 100$ zgodnie z tab. 13 PN-86/J-80001

$k_{bet} = 10^6$ zgodnie z tab. 15 PN-86/J-80001

$$D = \frac{\Gamma \times A \times t}{k_{pb} \times k_{bet} \times l^2}$$

$$D = \frac{1.4 \times 10^{-3} \times 1 \times 8.4}{100 \times 1000000 \times 1^2} = \frac{0.01176}{10^8} = 1.176 \times 10^{-10} \text{ cGy/tydz}$$

I-131 (niezużyte kapsułki I-131 w pojemniku osłonnym P15KN o grubości 15 mm Pb na regale)

$A=3$ GBq

$D=0.000522$ cGy/tydz



$$\Gamma = 5.4 \times 10^{-3} \text{ cGy} \times \text{m}^2 \times \text{h}^{-1} \times \text{GBq}^{-1}$$

$$E=0.4 \text{ MeV}$$

$$t = 8.4 \text{ h/tyg}$$

$$l = 1 \text{ m}$$

$$T=0.05$$

$$X_{\text{pb}}=1.5 \text{ cm Pb}$$

$X_{\text{bet}} = 64 \text{ cm}$ cegły pełnej co odpowiada 53.3 cm betonu

$k_{\text{pb}} = 20$ zgodnie z tab. 13 PN-86/J-80001

$k_{\text{bet}} = 2000$ zgodnie z tab. 15 PN-86/J-80001

$$D = \frac{\Gamma \times A \times t}{k \times l^2}$$

$$D = \frac{5.4 \times 10^{-3} \times 3 \times 8.4}{40000 \times 1^2} = \frac{0.136}{40000} = 0.0000034 \frac{\text{cGy}}{\text{tydz}}$$

Sr-89 (fiolki, igły, strzykawki w pojemniku z tworzywa sztucznego i pojemniku metalowym)

$$R = 6.9 \times 10^2 \text{ mg/cm}^2 = 0.69 \text{ g/cm}^3$$

Gęstość polietylenu $\rho = 0.95 \text{ g/cm}^3$

$$a_{\text{min}} = \frac{R_{\text{max}}}{\rho} = 0.7 \text{ cm} = 7 \text{ mm}$$

Gęstość żelaza $\rho = 7.9 \text{ g/cm}^3$

$$a_{\text{min}} = \frac{R_{\text{max}}}{\rho} = 0.09 \text{ cm} = 0.9 \text{ mm}$$

Pojemnik wykonany ze stali o grubości 1 mm Fe w całości pochłonie promieniowanie od źródła Sr-89.

Y-90 (fiolki, igły, strzykawki w pojemniku z tworzywa sztucznego i pojemniku metalowym)

$$R = 1.1 \times 10^3 \text{ mg/cm}^2 = 1.1 \text{ g/cm}^3$$

Gęstość polietylenu $\rho = 0.95 \text{ g/cm}^3$

$$a_{\text{min}} = \frac{R_{\text{max}}}{\rho} = 1.1 \text{ cm}$$

Gęstość żelaza $\rho = 7.9 \text{ g/cm}^3$



$$a_{min} = \frac{R_{max}}{\rho} = 0.14 \text{ cm} = 1.4 \text{ mm}$$

Pojemnik wykonany z ołowiu o grubości 6 mm w całości pochłonie promieniowanie od źródła Y-90.

WNIOSKI:

Otrzymana wartość dawki od odpadów promieniotwórczych przechowywanych w magazynie odpadów promieniotwórczych w miejscu osłanianym jest wartością mniejszą niż przewidziana w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 29 grudnia 2015 r. w sprawie w sprawie odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego (Dz. U. z 2015 r, poz. 2267) dla pomieszczeń sąsiadujących w budynkach nie mieszkalnych w związku z czym ściana F1 wykonana z cegły pełnej o grubości 64 cm nie potrzebuje dodatkowej osłony. Okno w przyziemiu osłonięte kratami antywłamaniowymi. Za oknem nie ma możliwości przebywania osób.

Ściana C3 – pom. leczenia dużymi dawkami -00/10

Tc-99m (zużyty generator Mo99/Tc99 m w pojemniku osłonnym 5 mm Pb wg. danych z NCBJ Polatom na regale)

$$A=1 \text{ GBq}$$

$$D=0.000522 \text{ cGy/tydz}$$

$$\Gamma = 1.4 \times 10^{-3} \text{ cGy} \times \text{m}^2 \times \text{h}^{-1} \times \text{GBq}^{-1}$$

$$E=0.1 \text{ MeV}$$

$$t= 168 \text{ h/tyg}$$

$$l=0.4 \text{ m}$$

$$T= 1$$

$$X_{pb}=5 \text{ mm Pb}$$

$$X_{bet} = 12 \text{ cm cegły pełnej co odpowiada 10 cm betonu}$$

$$k_{pb} = 100 \text{ zgodnie z tab. 13 PN-86/J-80001}$$

$$k_{bet} = 50 \text{ zgodnie z tab. 15 PN-86/J-80001}$$

$$D = \frac{\Gamma \times A \times t}{k_{pb} \times k_{bet} \times l^2}$$

$$D = \frac{1.4 \times 10^{-3} \times 1 \times 168}{5000 \times 0.4^2} = \frac{0.235}{800} = 0.00029 \text{ cGy/tydz}$$

Projektowana ściana C3 wykonana z cegły pełnej o grubości 12 cm i gęstości 1.9 g/cm³ nie potrzebuje dodatkowej osłony.



I-131 (niezużyte kapsułki w pojemniku osłonnym P15KN o grubości 15 mm Pb na regale za murkiem z cegieł ołowianych o grubości 4 cm)

$$A=3 \text{ GBq}$$

$$D=0.000522 \text{ cGy/tydz}$$

$$\Gamma = 5.4 \times 10^{-3} \text{ cGy} \times \text{m}^2 \times \text{h}^{-1} \times \text{GBq}^{-1}$$

$$E=0.4 \text{ MeV}$$

$$t= 168 \text{ h/tyg}$$

$$l=0.4 \text{ m}$$

$$T= 1$$

$$X_{\text{pb}}=5.5 \text{ cm Pb}$$

$X_{\text{bet}} = 12 \text{ cm}$ cegły pełnej co odpowiada 10 cm betonu

$$k_{\text{pb}}= 10^5 \text{ zgodnie z tab. 13 PN-86/J-80001}$$

$$k_{\text{bet}} = 2 \text{ zgodnie z tab. 15 PN-86/J-80001}$$

$$D = \frac{\Gamma \times A \times t}{k \times l^2}$$

$$D = \frac{5.4 \times 10^{-3} \times 3 \times 168}{200000 \times 0.4^2} = \frac{2.722}{32000} = 0.000085 \frac{\text{cGy}}{\text{tydz}}$$

Sr-89 (fiolki, igły, strzykawki w pojemniku z tworzywa sztucznego i pojemniku metalowym)

$$R= 6.9 \times 10^2 \text{ mg/cm}^2 = 0.69 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Gęstość polietylenu } \rho = 0.95 \text{ g/cm}^3$$

$$a_{\text{min}} = \frac{R_{\text{max}}}{\rho} = 0.7 \text{ cm} = 7 \text{ mm}$$

$$\text{Gęstość żelaza } \rho = 7.9 \text{ g/cm}^3$$

$$a_{\text{min}} = \frac{R_{\text{max}}}{\rho} = 0.09 \text{ cm} = 0.9 \text{ mm}$$

Pojemnik wykonany ze stali o grubości 1 mm Fe w całości pochłonie promieniowanie od źródła Sr-89.

Y-90 (fiolki, igły, strzykawki w pojemniku z tworzywa sztucznego i pojemniku metalowym)

$$R= 1.1 \times 10^3 \text{ mg/cm}^2 = 1.1 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Gęstość polietylenu } \rho = 0.95 \text{ g/cm}^3$$



$$a_{min} = \frac{R_{max}}{\rho} = 1.1 \text{ cm}$$

Gęstość żelaza $\rho = 7.9 \text{ g/cm}^3$

$$a_{min} = \frac{R_{max}}{\rho} = 0.14 \text{ cm} = 1.4 \text{ mm}$$

Pojemnik wykonany z ołowiu o grubości 6 mm w całości pochłonie promieniowanie od źródła Y-90.

WNIOSKI:

Otrzymana wartość dawki od odpadów promieniotwórczych przechowywanych w magazynie odpadów promieniotwórczych w miejscu osłanianym jest wartością mniejszą niż przewidziana w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 29 grudnia 2015 r. w sprawie w sprawie odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego (Dz. U. z 2015 r, poz. 2267) dla pomieszczeń sąsiadujących w budynkach nie mieszkalnych w związku z czym ściana C3 wykonana z cegły pełnej o grubości 12 cm i gęstości 1.9 g/cm^3 nie potrzebuje dodatkowej osłony.

Ściana H – poczekalnia 3 – pom. 00/08, drzwi

Tc-99m (zużyty generator Mo99/Tc99 m w pojemniku osłonnym 5 mm Pb wg. danych z NCBJ Polatom na regale)

A=1 GBq

D=0.000522 cGy/tydz

$\Gamma = 1.4 \times 10^{-3} \text{ cGy} \times \text{m}^2 \times \text{h}^{-1} \times \text{GBq}^{-1}$

E=0.1 MeV

t= 42 h/tyg

l=1 m

T=0.25

X_{pb}=5 mm Pb

X_{bet} = 12 cm cegły pełnej co odpowiada 10 cm betonu

k_{Pb} = 100 zgodnie z tab. 13 PN-86/J-80001

k_{bet} = 50 zgodnie z tab. 15 PN-86/J-80001

$$D = \frac{\Gamma \times A \times t}{k_{Pb} \times k_{bet} \times l^2}$$

$$D = \frac{1.4 \times 10^{-3} \times 1 \times 42}{5000 \times 1^2} = \frac{0.0588}{5000} = 0.000012 \text{ cGy/tydz}$$



Projektowana ściana H o grubości 12 cm i gęstości 1.9 g/cm³ stanowi wystarczającą osłonę.

I-131 (niezużyte kapsułki w pojemniku osłonnym P15KN o grubości 15 mm Pb na regale za murkiem z cegieł ołowianych o grubości 4 cm)

$$A=3 \text{ GBq}$$

$$D=0.000522 \text{ cGy/tydz}$$

$$\Gamma = 5.4 \times 10^{-3} \text{ cGy} \times \text{m}^2 \times \text{h}^{-1} \times \text{GBq}^{-1}$$

$$E=0.4 \text{ MeV}$$

$$t= 42 \text{ h/tyg}$$

$$l= 1 \text{ m}$$

$$T=0.25$$

$$X_{\text{pb}}=5.5 \text{ cm Pb}$$

$X_{\text{bet}} = 12 \text{ cm}$ cegły pełnej co odpowiada 10 cm betonu

$$k_{\text{pb}}= 10^5 \text{ zgodnie z tab. 13 PN-86/J-80001}$$

$$k_{\text{bet}} = 2 \text{ zgodnie z tab. 15 PN-86/J-80001}$$

$$D = \frac{\Gamma \times A \times t}{k \times l^2}$$

$$D = \frac{5.4 \times 10^{-3} \times 3 \times 42}{200000 \times 1^2} = \frac{0.680}{200000} = 0.0000034 \frac{\text{cGy}}{\text{tydz}}$$

Projektowana ściana H o grubości 12 cm i gęstości 1.9 g/cm³ stanowi wystarczającą osłonę.

Sr-89 (fiolki, igły, strzykawki w pojemniku z tworzywa sztucznego i pojemniku metalowym)

$$R= 6.9 \times 10^2 \text{ mg/cm}^2 = 0.69 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Gęstość polietylenu } \rho = 0.95 \text{ g/cm}^3$$

$$a_{\text{min}} = \frac{R_{\text{max}}}{\rho} = 0.7 \text{ cm} = 7 \text{ mm}$$

$$\text{Gęstość żelaza } \rho = 7.9 \text{ g/cm}^3$$

$$a_{\text{min}} = \frac{R_{\text{max}}}{\rho} = 0.09 \text{ cm} = 0.9 \text{ mm}$$

Pojemnik wykonany ze stali o grubości 1 mm Fe w całości pochłonie promieniowanie od źródła Sr-89.

Y-90 (fiolki, igły, strzykawki w pojemniku z tworzywa sztucznego i pojemniku metalowym)

$$R= 1.1 \times 10^3 \text{ mg/cm}^2 = 1.1 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Gęstość polietylenu } \rho = 0.95 \text{ g/cm}^3$$



$$a_{min} = \frac{R_{max}}{\rho} = 1.1 \text{ cm}$$

Gęstość żelaza $\rho = 7.9 \text{ g/cm}^3$

$$a_{min} = \frac{R_{max}}{\rho} = 0.14 \text{ cm} = 1.4 \text{ mm}$$

Pojemnik wykonany z ołowiu o grubości 6 mm w całości pochłonie promieniowanie od źródła Y-90.

DRZWI

Tc-99m (zużyty generator Mo99/Tc99 m w pojemniku osłonnym 5 mm Pb wg. danych z NCBJ Polatom na regale)

A=1 GBq

D=0.000522 cGy/tydz

$\Gamma = 1.4 \times 10^{-3} \text{ cGy} \times \text{m}^2 \times \text{h}^{-1} \times \text{GBq}^{-1}$

E=0.1 MeV

t= 42 h/tyg

l=1 m

T=0.25

X_{pb}=5 mm Pb

k_{pb} = 100 zgodnie z tab. 13 PN-86/J-80001

$$D = \frac{\Gamma \times A \times t}{k_{pb} \times k_{bet} \times l^2}$$

$$D = \frac{1.4 \times 10^{-3} \times 1 \times 42}{100 \times 1^2} = \frac{0.0588}{100} = 0.00059 \text{ cGy/tydz}$$

Drzwi zabezpieczono 0.5 mm Pb.

I-131 (kapsułki w pojemniku P15KN o grubości 15 mm Pb + szafa ołowiana o grubości 2.54 cm Pb)

A=3 GBq

D=0.000522 cGy/tydz

$\Gamma = 5.4 \times 10^{-3} \text{ cGy} \times \text{m}^2 \times \text{h}^{-1} \times \text{GBq}^{-1}$

E=0.4 MeV



$t = 42 \text{ h/tyg}$

$l = 1 \text{ m}$

$T = 0.25$

$X_{pb} = 4.04 \text{ cm Pb}$

$k_{pb} = 5000$ zgodnie z tab. 13 PN-86/J-80001

$$D = \frac{\Gamma \times A \times t}{k \times l^2}$$
$$D = \frac{5.4 \times 10^{-3} \times 10 \times 42}{5000 \times 1^2} = \frac{2.268}{5000} = 0.00045 \frac{\text{cGy}}{\text{tydz}}$$

Drzwi zabezpieczono 0.5 mm Pb.

Sr-89 (w pojemniku P 5/6 o grubości 6 mm Pb + szafa stalowa o grubości 3 mm)

$R = 6.9 \times 10^2 \text{ mg/cm}^2 = 0.69 \text{ g/cm}^3$

Gęstość powietrza $\rho = 0.0013 \text{ g/cm}^3$

Gęstość ołowiu $\rho = 11.3 \text{ g/cm}^3$

$$a_{min} = \frac{R_{max}}{\rho} = 0.06 \text{ cm} = 0.6 \text{ mm}$$

Pojemnik P5/6 wykonany z ołowiu o grubości 6 mm w całości pochłonie promieniowanie od źródła Sr-89.

Y-90 (w pojemniku o grubości 6 mm Pb + szafa stalowa o grubości 3 mm)

$R = 1.1 \times 10^3 \text{ mg/cm}^2 = 1.1 \text{ g/cm}^3$

Gęstość powietrza $\rho = 0.0013 \text{ g/cm}^3$

Gęstość ołowiu $\rho = 11.3 \text{ g/cm}^3$

$$a_{min} = \frac{R_{max}}{\rho} = 0.097 \text{ cm} = 0.97 \text{ mm}$$

Pojemnik wykonany z ołowiu o grubości 6 mm w całości pochłonie promieniowanie od źródła Y-90.

WNIOSKI:

Otrzymana wartość dawki od odpadów promieniotwórczych przechowywanych w magazynie odpadów promieniotwórczych w miejscu osłanianym jest wartością mniejszą niż przewidziana w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 29 grudnia 2015 r. w sprawie w sprawie odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego (Dz. U. z 2015 r, poz. 2267) dla pomieszczeń sąsiadujących w budynkach nie mieszkalnych w związku z czym projektowana



ściana H wykonana z cegły pełnej o grubości 12 cm i gęstości 1.9 g/cm³ stanowi wystarczającą osłonę. Drzwi zabezpieczono 0.5 mm Pb.

Ściana I – śluza dozymetryczna

Tc-99m (zużyty generator Mo99/Tc99 m w pojemniku osłonnym 5 mm Pb wg. danych z NCBJ Polatom na regale)

$$A=1 \text{ GBq}$$

$$D=0.000522 \text{ cGy/tydz}$$

$$\Gamma = 1.4 \times 10^{-3} \text{ cGy} \times \text{m}^2 \times \text{h}^{-1} \times \text{GBq}^{-1}$$

$$E=0.1 \text{ MeV}$$

$$t= 8.4 \text{ h/tyg}$$

$$l= 0.5 \text{ m}$$

$$T=0.05$$

$$X_{\text{pb}}=5 \text{ mm Pb}$$

$X_{\text{bet}} = 12 \text{ cm}$ cegły pełnej co odpowiada 10 cm betonu

$k_{\text{pb}} = 100$ zgodnie z tab. 13 PN-86/J-80001

$k_{\text{bet}} = 50$ zgodnie z tab. 15 PN-86/J-80001

$$D = \frac{\Gamma \times A \times t}{k_{\text{pb}} \times k_{\text{bet}} \times l^2}$$

$$D = \frac{1.4 \times 10^{-3} \times 1 \times 8.4}{5000 \times 0.5^2} = \frac{0.012}{1250} = 0.0000096 \text{ cGy/tydz}$$

Projektowana ściana I wykonana z cegły pełnej o grubości 12 cm i gęstości 1.9 g/cm³ stanowi wystarczającą osłonę.

I-131 (niezużyte kapsułki w pojemniku osłonnym P15KN o grubości 15 mm Pb na regale za murkiem z cegieł ołowianych o grubości 4 cm)

$$A=3 \text{ GBq}$$

$$D=0.000522 \text{ cGy/tydz}$$

$$\Gamma = 5.4 \times 10^{-3} \text{ cGy} \times \text{m}^2 \times \text{h}^{-1} \times \text{GBq}^{-1}$$

$$E=0.4 \text{ MeV}$$

$$t= 8.4 \text{ h/tyg}$$

$$l = 0.5 \text{ m}$$

$$T= 0.05$$

$$X_{\text{pb}}=5.5 \text{ cm Pb}$$



$X_{bet} = 12$ cm cegły pełnej co odpowiada 10 cm betonu

$k_{Pb} = 10^5$ zgodnie z tab. 13 PN-86/J-80001

$k_{bet} = 2$ zgodnie z tab. 15 PN-86/J-80001

$$D = \frac{\Gamma \times A \times t}{k \times l^2}$$

$$D = \frac{5.4 \times 10^{-3} \times 3 \times 8.4}{200000 \times 0.5^2} = \frac{0.136}{50000} = 0.0000027 \frac{cGy}{tydz}$$

Projektowana ściana I wykonana z cegły pełnej o grubości 12 cm i gęstości 1.9 g/cm^3 stanowi wystarczającą osłonę.

Sr-89 (fiolki, igły, strzykawki w pojemniku z tworzywa sztucznego i pojemniku metalowym)

$R = 6.9 \times 10^2 \text{ mg/cm}^2 = 0.69 \text{ g/cm}^3$

Gęstość polietylenu $\rho = 0.95 \text{ g/cm}^3$

$$a_{min} = \frac{R_{max}}{\rho} = 0.7 \text{ cm} = 7 \text{ mm}$$

Gęstość żelaza $\rho = 7.9 \text{ g/cm}^3$

$$a_{min} = \frac{R_{max}}{\rho} = 0.09 \text{ cm} = 0.9 \text{ mm}$$

Pojemnik wykonany ze stali o grubości 1 mm Fe w całości pochłonie promieniowanie od źródła Sr-89.

Y-90 (fiolki, igły, strzykawki w pojemniku z tworzywa sztucznego i pojemniku metalowym)

$R = 1.1 \times 10^3 \text{ mg/cm}^2 = 1.1 \text{ g/cm}^3$

Gęstość polietylenu $\rho = 0.95 \text{ g/cm}^3$

$$a_{min} = \frac{R_{max}}{\rho} = 1.1 \text{ cm}$$

Gęstość żelaza $\rho = 7.9 \text{ g/cm}^3$

$$a_{min} = \frac{R_{max}}{\rho} = 0.14 \text{ cm} = 1.4 \text{ mm}$$

Pojemnik wykonany z ołowiu o grubości 6 mm w całości pochłonie promieniowanie od źródła Y-90.



WNIOSKI:

Otrzymana wartość dawki od odpadów promieniotwórczych przechowywanych w magazynie odpadów promieniotwórczych w miejscu osłanianym jest wartością mniejszą niż przewidziana w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 29 grudnia 2015 r. w sprawie w sprawie odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego (Dz. U. z 2015 r, poz. 2267) dla pomieszczeń sąsiadujących w budynkach nie mieszkalnych w związku z czym ściana I wykonana z cegły pełnej o grubości 12 cm i gęstości 1.9 g/cm^3 nie potrzebuje dodatkowej osłony.

Ściana G – magazyn podręczny

Tc-99m (zużyty generator Mo99/Tc99 m w pojemniku osłonnym 5 mm Pb wg. danych z NCBJ Polatom na regale)

$$A=1 \text{ GBq}$$

$$D=0.000522 \text{ cGy/tydz}$$

$$\Gamma = 1.4 \times 10^{-3} \text{ cGy} \times \text{m}^2 \times \text{h}^{-1} \times \text{GBq}^{-1}$$

$$E=0.1 \text{ MeV}$$

$$t= 42 \text{ h/tyg}$$

$$l=2.4 \text{ m}$$

$$T=0.25$$

$$X_{\text{pb}}=5 \text{ mm Pb}$$

$$k_{\text{pb}} = 100 \text{ zgodnie z tab. 13 PN-86/J-80001}$$

$$D = \frac{\Gamma \times A \times t}{k_{\text{pb}} \times l^2}$$

$$D = \frac{1.4 \times 10^{-3} \times 1 \times 42}{100 \times 2.4^2} = \frac{0.0588}{576} = 0.0001 \text{ cGy/tydz}$$

Ściana G wykonana z cegły dziurawki o grubości 10 cm stanowi wystarczającą osłonę.

I-131 (niezużyte kapsułki w pojemniku osłonnym P15KN o grubości 15 mm Pb na regale za murkiem z cegieł ołowianych o grubości 4 cm)

$$A=3 \text{ GBq}$$

$$D=0.000522 \text{ cGy/tydz}$$

$$\Gamma = 5.4 \times 10^{-3} \text{ cGy} \times \text{m}^2 \times \text{h}^{-1} \times \text{GBq}^{-1}$$

$$E=0.4 \text{ MeV}$$

$$t= 42 \text{ h/tyg}$$



$$l = 2.4 \text{ m}$$

$$T = 0.25$$

$$X_{\text{pb}} = 5.5 \text{ cm Pb}$$

$$k_{\text{pb}} = 10^5 \text{ zgodnie z tab. 13 PN-86/J-80001}$$

$$D = \frac{\Gamma \times A \times t}{k \times l^2}$$

$$D = \frac{5.4 \times 10^{-3} \times 3 \times 42}{100000 \times 2.4^2} = \frac{0.680}{576000} = 0.0000012 \frac{\text{cGy}}{\text{tydz}}$$

Ściana G wykonana z cegły dziurawki o grubości 10 cm stanowi wystarczającą osłonę.

Sr-89 (fiolki, igły, strzykawki w pojemniku z tworzywa sztucznego i pojemniku metalowym)

$$R = 6.9 \times 10^2 \text{ mg/cm}^2 = 0.69 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Gęstość polietylenu } \rho = 0.95 \text{ g/cm}^3$$

$$a_{\text{min}} = \frac{R_{\text{max}}}{\rho} = 0.7 \text{ cm} = 7 \text{ mm}$$

$$\text{Gęstość żelaza } \rho = 7.9 \text{ g/cm}^3$$

$$a_{\text{min}} = \frac{R_{\text{max}}}{\rho} = 0.09 \text{ cm} = 0.9 \text{ mm}$$

Pojemnik wykonany ze stali o grubości 1 mm Fe w całości pochłonie promieniowanie od źródła Sr-89.

Y-90 (fiolki, igły, strzykawki w pojemniku z tworzywa sztucznego i pojemniku metalowym)

$$R = 1.1 \times 10^3 \text{ mg/cm}^2 = 1.1 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Gęstość polietylenu } \rho = 0.95 \text{ g/cm}^3$$

$$a_{\text{min}} = \frac{R_{\text{max}}}{\rho} = 1.1 \text{ cm}$$

$$\text{Gęstość żelaza } \rho = 7.9 \text{ g/cm}^3$$

$$a_{\text{min}} = \frac{R_{\text{max}}}{\rho} = 0.14 \text{ cm} = 1.4 \text{ mm}$$

Pojemnik wykonany z ołowiu o grubości 6 mm w całości pochłonie promieniowanie od źródła Y-90.



WNIOSKI:

Otrzymana wartość dawki od odpadów promieniotwórczych przechowywanych w magazynie odpadów promieniotwórczych w miejscu osłanianym jest wartością mniejszą niż przewidziana w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 29 grudnia 2015 r. w sprawie w sprawie odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego (Dz. U. z 2015 r, poz. 2267) dla pomieszczeń sąsiadujących w budynkach nie mieszkalnych w związku z czym ściana G wykonana z cegły dziurawki o grubości 10 cm nie potrzebuje dodatkowej osłony.

Strop – pracownia cytometrii

Tc-99m (zużyty generator Mo99/Tc99 m w pojemniku osłonnym 5 mm Pb wg. danych z NCBJ Polatom na regale)

$$A=1 \text{ GBq}$$

$$D=0.000522 \text{ cGy/tydz}$$

$$\Gamma = 1.4 \times 10^{-3} \text{ cGy} \times \text{m}^2 \times \text{h}^{-1} \times \text{GBq}^{-1}$$

$$E=0.1 \text{ MeV}$$

$$t= 168 \text{ h/tyg}$$

$$l=3 \text{ m}$$

$$T=1$$

$$X_{\text{stropu}}= 3 \text{ cm beton}$$

$$X_{\text{pb}}=5 \text{ mm Pb}$$

$$k_{\text{pb}} = 100 \text{ zgodnie z tab. 13 PN-86/J-80001}$$

$$k_{\text{bet}} = 1.5 \text{ zgodnie z tab. 15 PN – 86/J-80001}$$

$$D = \frac{\Gamma \times A \times t}{k_{\text{pb}} \times l^2}$$

$$D = \frac{1.4 \times 10^{-3} \times 1 \times 168}{150 \times 3^2} = \frac{0.235}{1350} = 0.00017 \text{ cGy/tydz}$$

I-131 (kapsulki w pojemniku P15KN o grubości 15 mm Pb + szafa ołowiana o grubości 2.54 cm Pb)

$$A=3 \text{ GBq}$$

$$D=0.000522 \text{ cGy/tydz}$$

$$\Gamma = 5.4 \times 10^{-3} \text{ cGy} \times \text{m}^2 \times \text{h}^{-1} \times \text{GBq}^{-1}$$

$$E=0.4 \text{ MeV}$$

$$t= 168 \text{ h/tyg}$$



$l = 3 \text{ m}$

$T=1$

$X_{\text{pb}}=4.04 \text{ cm Pb}$

$X_{\text{stropu}}= 3 \text{ cm beton}$

$k_{\text{pb}}= 5000$ zgodnie z tab. 13 PN-86/J-80001

$k_{\text{bet}}= 1.5$ zgodnie z tab. 15 PN – 86/J-80001

$$D = \frac{\Gamma \times A \times t}{k \times l^2}$$
$$D = \frac{5.4 \times 10^{-3} \times 3 \times 168}{7500 \times 3^2} = \frac{2.722}{67500} = 0.00004 \frac{\text{cGy}}{\text{tydz}}$$

WNIOSKI:

Otrzymana wartość dawki od źródeł promieniotwórczych przechowywanych w magazynie źródeł promieniotwórczych w miejscu osłanianym jest wartością mniejszą niż przewidziana w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 12 lipca 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy ze źródłami promieniowania jonizującego (Dz. U. nr 140, poz. 994) dla pomieszczeń sąsiadujących w budynkach nie mieszkalnych w związku z czym strop typu Ackerman o grubości 18 cm + nadbeton o grubości 3 cm + posadzka nie potrzebuje dodatkowej osłony.

Wnioski końcowe.

1.1. ZESTAWIENIE GRUBOŚCI OSŁON – POM. 00/12 MAGAZYN ŹRÓDEŁ PROMIENIOTWÓRCZYCH

Grubość podano w cm

Miejsce osłanianie	Wymagana grubość osłony z ołowiu [mm]	Wymagana grubość osłony z betonu [cm]	Wymagana grubość osłony z żelaza [cm]	Zastosowana osłona [cm]	Dodatkowa osłona [cm]
A	-	-	-	Ściana: 64 cm cegła pełna I-131(kapsułki) - Pojemnik osłonny P15KN – 15 mm Pb + 2.54 cm Pb szafa;	-
B	-	-	-	Ściana: 64 cm cegła pełna I-131(kapsułki) - Pojemnik osłonny P15KN – 15 mm Pb + 2.54 cm Pb szafa	-
C	-	-	-	Ściana: 12 cm cegła pełna I-131(kapsułki) - Pojemnik osłonny P15KN – 15 mm Pb + 2.54 cm Pb szafa ;	-
D	0.1	-	-	Ściana: 12 cm cegła pełna I-131(kapsułki) - Pojemnik osłonny P15KN – 15 mm Pb + 2.54 cm Pb szafa;	Drzwi: 0.1 mm Pb
Strop	-	-	-	18 cm strop typu Ackerman + 3 cm nadbeton + posadzka	-
Podłoga	-	-	-	Beton o grubości 6 cm	-

1.2. ZESTAWIENIE GRUBOŚCI OSŁON – POM. 00/13 MAGAZYN ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH

Grubość podano w cm

Miejsce osłanianie	Wymagana grubość osłony z ołowiu [mm]	Wymagana grubość osłony z betonu [cm]	Wymagana grubość osłony z żelaza [cm]	Zastosowana osłona [cm]	Dodatkowa osłona [cm]
F1	-	-	-	Ściana: 64 cm cegła pełna I-131(kapsułki) - Pojemnik osłonny P15KN – 15 mm Pb+cegły ołowiane 4 cm, Tc-99m – pojemnik osłonny 5 mm Pb	-
C3	-	-	-	Ściana: 12 cm cegła pełna	-

				I-131(kapsułki) - Pojemnik osłonny P15KN – 15 mm Pb + 4 cm Pb cegły ołowiane; Tc-99m – pojemnik osłonny 5 mm Pb	
H	0.5	-	-	Ściana: 12 cm cegła pełna I-131 – pojemnik osłonny P15KN – 15 mm Pb + 4 cm Pb cegły ołowiane; Tc-99 m – pojemnik osłonny 5 mm Pb	Drzwi 0.5 mm Pb
I	-	-	-	Ściana: 12 cm cegła pełna I-131 – pojemnik osłonny P15KN – 15 mm Pb + 4 cm Pb cegły ołowiane; Tc-99 m – pojemnik osłonny 5 mm Pb	-
G	-	-	-	Ściana: 10 cm z cegły dziurawki I-131 – pojemnik osłonny P15KN – 15 mm Pb + 4 cm Pb cegły ołowiane; Tc-99m – pojemnik osłonny 5 mm Pb	-
Strop	-	-	-	Strop: Ackerman 18 cm + nadbeton 3 cm + posadzka	-
Podłoga	-	-	-	beton	-