


## PROJEKT OCHRONY RADIOLOGICZNEJ

<b>INWESTOR</b>	Zespół Opieki Zdrowotnej Sucha Beskidzka ul. Szpitalna 22 34 – 200 Sucha Beskidzka			
<b>OBIEKT</b>	Pracownia RTG Zakładu Diagnostyki Obrazowej Zespół Opieki Zdrowotnej Sucha Beskidzka ul. Szpitalna 22 34 – 200 Sucha Beskidzka			
<b>APARAT</b>	<b>Pomieszczenie</b>	<b>Rodzaj</b>	<b>Model</b>	<b>Producent</b>
	Gabinet RTG	ogólnodiagnostyczny typu telekomando	Axiom Luminos dRF Max	SIEMENS
<b>DATA</b>	marzec 2022 r.			
<b>AUTOR PROJEKTU</b>	<p>mgr inż. Anna Kos nr uprawnień: 46 R/2019 z dnia: 05.04.2019r. tel. 507 403 494 <a href="mailto:biuro@amkos.pl">biuro@amkos.pl</a></p> <div style="text-align: center;">  <p><b>AMKOS</b> mgr inż. Anna Maria Kos tel: 507 403 494, <a href="mailto:biuro@amkos.pl">biuro@amkos.pl</a> NIP: 8722133536, REGON: 382994480</p> </div> <p>tel.: 507 403 494</p>			



<b>1</b>	<b>DANE OGÓLNE.....</b>	<b>3</b>
1.1	WSTĘP.....	3
1.2	PODSTAWA OPRACOWANIA.....	3
1.3	LOKALIZACJA.....	4
1.4	SĄSIEDZTWO.....	4
1.5	KONSTRUKCJA PRZEGRÓD BUDOWLANYCH.....	4
1.6	WYSOKOŚĆ I POWIERZCHNIA.....	5
1.7	OSTRZEGAWCZA SYGNALIZACJA ŚWIETLNA.....	5
1.8	OŚWIETLENIE.....	5
1.9	TABLICE INFORMACYJNE.....	5
1.10	ŁĄCZNOŚĆ GŁOSOWA I WIZUALNA.....	5
1.11	SPRZĘT OCHRONNY.....	5
1.12	POMIESZCZENIE OPISOWE.....	6
1.13	WENTYLACJA.....	6
1.13.1	Instalacja sanitarna.....	6
1.14	WYMAGANIA OGÓLNOBUDOWLANE.....	7
1.15	PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNICZNE APARATU RTG.....	7
1.15.1	Instalacja aparatu RTG.....	7
1.15.2	Główne parametry techniczne aparatu RTG.....	7
<b>2</b>	<b>ZAŁOŻENIA DO OBLICZEŃ.....</b>	<b>8</b>
2.1	PARAMETRY EKSPOZYCJI.....	8
2.2	MAKSYMALNY CZAS PRACY ŹRÓDŁA PROMIENIOWANIA.....	9
2.3	DOPUSZCZALNE DAWKI.....	9
<b>3</b>	<b>OBLICZENIE OSŁON STAŁYCH.....</b>	<b>10</b>
3.1	STOSOWANE WZORY DO OBLICZEŃ.....	10
3.1.1	Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia $t$ .....	10
3.1.2	Zredukowana moc dawki $C_1$ .....	10
3.1.3	Zredukowana moc dawki $C_2$ .....	11
3.1.4	Krotność osłabienia promieniowania pierwotnego $k$ .....	11
3.2	OBLICZENIA DLA APARATU RTG.....	12
3.2.1	Zredukowana moc dawki promieniowania rozproszonego - $c_1$ .....	12
3.2.2	Zredukowana moc dawki $c_2$ .....	12
3.2.3	Krotność osłabienia pierwotnego - $k$ .....	13
3.2.4	Promieniowanie uboczne.....	13
<b>4</b>	<b>ZESTAWIENIE WYMAGANYCH GRUBOŚCI OŁOWIU DLA OSŁON STAŁYCH.....</b>	<b>14</b>

## 1 Dane ogólne.

### 1.1 Wstęp.

Opracowanie zawiera Aneks do Projektu Osłon Stałych Pracowni RTG wraz z opisem i obliczeniami osłon stałych oraz wentylacji w Zespole Opieki Zdrowotnej Sucha Beskidzka, ul. Szpitalna 22, 34 – 200 Sucha Beskidzka. Aneks do Projektu sporządzono w związku ze zwiększoną ilością wykonywanych badań oraz parametrów wykonywania ekspozycji w stosunku do pierwotnego Projektu Osłon Stałych. Sąsiedztwo, powierzchnia, wysokość jak i konstrukcja ścian nie uległy zmianie. Przebieg kanałów wentylacyjnych nie uległ zmianie. Również ustawienie aparatu RTG nie uległo zmianie. W Projekcie dokonano wyliczeń wymaganych grubości osłon stałych przed promieniowaniem X oraz przedstawiono zalecenia związane z zakresem prac niezbędnych do przeprowadzenia w Pracowni RTG w celu stosowania w niej aparatu RTG. W obliczeniach wymaganych grubości osłon stałych przed promieniowaniem X uwzględniono osłonność własną ścian i stropów wraz z zastosowanymi osłonami radiologicznymi zakładając maksymalne wykorzystanie aparatu RTG.

### 1.2 Podstawa opracowania.

1. Zlecenie Inwestora: wyciąg z dokumentacji technicznej budynku i informacje przekazane w formie ustnej dotyczące: grubości oraz budowy istniejących ścian i stropów, a także przeznaczenia pomieszczeń sąsiadujących z Pracownią RTG, lokalizacji aparatu RTG, informacji z zakresu ilości wykonywanych badań RTG, oraz warunkach przebywania ludzi w sąsiedztwie Pracowni RTG.
2. Dane techniczne do aparatu RTG dostarczone przez producenta aparatu RTG, firmę SIEMENS.
3. Normy i przepisy prawne:
  - Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (t. jedn. Dz. U. z 2021 r., poz. 1941)
  - Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 11 sierpnia 2021 r. „w sprawie wskaźników pozwalających na wyznaczenie dawek promieniowania jonizującego stosowanych przy ocenie narażenia na promieniowanie jonizujące” (Dz. U. z 2021 r., poz. 1657)
  - Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. „w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi” (Dz. U. z 2006 r., Nr 180, poz. 1325)
  - Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 12 lipca 2006 r. „w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy ze źródłami promieniowania jonizującego” (Dz. U. z 2006 r., Nr 140, poz. 994 z późn. zm.)
  - Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18 lutego 2011 r. „w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej” (t. jedn. Dz. U. z 2017 r., poz. 884)
  - Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 20 lutego 2007 roku „w sprawie podstawowych wymagań dotyczących terenów nadzorowanych i kontrolowanych” (Dz. U. z 2007 r., Nr 131, poz. 910 z późn. zm.)
  - Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 26 marca 2019 r. „w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać pomieszczenia i urządzenia podmiotu wykonującego działalność leczniczą” (Dz. U. z 2019 r., poz. 595)
  - Polska Norma PN-86 / J – 80001 – Obliczanie osłon stałych.

### 1.3 Lokalizacja.

Pomieszczenie objęte niniejszym opracowaniem tj. Pracownia RTG zlokalizowana jest na drugim piętrze Zespołu Opieki Zdrowotnej Sucha Beskidzka, ul. Szpitalna 22, 34 – 200 Sucha Beskidzka.

### 1.4 Sąsiedztwo.

osłona stała	sąsiedztwo
ściana 1 – 2	korytarz
ściana 2 – 3	sterownia
ściana 3 – 4	kabina pacjenta
ściana 4 – 5	toaleta
ściana 5 – 6	pokój socjalny
ściana 6 – 7	wolna przestrzeń
ściana 7 – 1	pokój badań USG
strop górny	Dział Zamówień Publicznych
strop dolny	Zakład Diagnostyki Laboratoryjnej

### 1.5 Konstrukcja przegród budowlanych.

Osłona stała	Opis i konstrukcja osłony		Równoważnik Pb [mm] dla U = 125 kV
ściana 1 – 2	ściana	płyta karton – gips + 1,5 mm Pb	1,5
	drzwi	wzmocnione blachą ołowiową 1,5 mm Pb	1,5
ściana 2 – 3	ściana	płyta karton – gips + 1,5 mm Pb	1,5
	drzwi	wzmocnione blachą ołowiową 1,5 mm Pb	1,5
	okienko	szkło ołowiowe o równoważniku 1,5 mm Pb	1,5
ściana 3 – 4	ściana	płyta karton – gips + 1,5 mm Pb	1,5
	drzwi	wzmocnione blachą ołowiową 1,5 mm Pb	1,5
ściana 4 – 5	ściana	płyta karton – gips + 1,5 mm Pb	1,5
	drzwi	wzmocnione blachą ołowiową 1,5 mm Pb	1,5
ściana 5 – 6	ściana	płyta karton – gips + 1,5 mm Pb	1,5
ściana 6 – 7	ściana	pustak 30 cm	1,25
	okna	szkło	0,1
ściana 7 – 1	ściana	pustak 18 cm + 1,5 mm Pb	0,75+ 1,5
strop górny	strop	strop Akermana 30 cm + 33 mm barytobeton	0,7 + 3,3
strop dolny	strop	strop Akermana 30 cm + 27 mm barytobeton	0,7 + 2,7
gęstość: pustak – $\rho = 0,8 \text{ g/cm}^3$ barytobeton – $\rho = 3,2 \text{ g/cm}^3$ żelbeton – $\rho = 2,2 \text{ g/cm}^3$			

### 1.6 Wysokość i powierzchnia.

-	Powierzchnia	Wysokość
Gabinet RTG	30,55 m <sup>2</sup>	2,6 m

### 1.7 Ostrzegawcza sygnalizacja świetlna.

Gabinet RTG jest wyposażony w ostrzegawczą sygnalizację świetlną umieszczoną nad drzwiami do Gabinetu RTG, włączaną równocześnie z zasilaniem generatora.

### 1.8 Oświetlenie.

W Gabinecie RTG znajduje się stanowisko rentgenowskie wyposażone w świetlny wskaźnik wielkości napromienianego pola, więc należy zapewnić możliwość przyciemnienia oświetlenia.

### 1.9 Tablice informacyjne.

Drzwi do Gabinetu RTG oznakowano tablicą informacyjną ze znakiem ostrzegawczym przed promieniowaniem jonizującym. W Pracowni RTG, w widocznym miejscu znajduje się informacja o konieczności powiadomienia rejestratorki i operatora aparatu rentgenowskiego, przed wykonaniem badania, o tym, że pacjentka jest w ciąży. Dodatkowo konstrukcja drzwi z korytarza oraz z kabiny pacjenta do Gabinetu RTG uniemożliwia niekontrolowane wejście podczas badania.

### 1.10 Łączność głosowa i wizualna.

W Pracowni RTG zapewniono łączność głosową i wizualną pomiędzy personelem medycznym przebywającym w sterowni a pacjentem przebywającym w Gabinecie RTG (łączność głosowa – interkom, wizualna – okienko przeglądowe).

### 1.11 Sprzęt ochronny.

Pracownia RTG jest wyposażona w sprzęt ochronny przed promieniowaniem rentgenowskim dobrany do typu zainstalowanego aparatu RTG i rodzaju wykonywanych badań tj.:

- 1) środki ochrony indywidualnej pracowników, w szczególności fartuchy i kołnierze z gumy ołowiowej
- 2) osłony dla pacjentów, osłony na gonady, fartuchy i półfartuchy oraz kołnierze wykonane z gumy ołowiowej.

### 1.12 Pomieszczenie opisowe

Ocena i opis wyników badań rentgenowskich odbywa się w wydzielonym pomieszczeniu, przy czym wyposażenie tego pomieszczenia umożliwi zaciemnienie okna. Dodatkowo stanowisko opisowe i przeglądowe obrazów rejestrowanych w postaci cyfrowej muszą spełniać wymagania zgodne z załącznikiem nr 1 Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 18 lutego 2011 r. „w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej” (t. jedn. Dz. U. z 2017 r., poz. 884). W pomieszczeniach opisowych ściany należy wykończyć ciemną, niepołyskliwą farbą a natężenie powierzchni roboczej monitora nie powinno być większe niż 15 lux. W jednostce organizacyjnej znajduje się pomieszczenie opisowe które spełnia w/w wymogi.

### 1.13 Wentylacja.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. „w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi” (Dz. U. z 2006 r. nr 180, poz. 1325) w Gabinet RTG powinna być zainstalowana wentylacja zapewniająca co najmniej 1,5 – krotną wymianę powietrza w ciągu godziny. Pomieszczenie objęte zakresem opracowania będzie wentylowane za pomocą wentylacji mechanicznej nawiewno – wywiewnej zapewniającej min. 1,5 – krotną wymianę powietrza w ciągu godziny. Obliczenia dla wentylacji:

-	Powierzchnia	Wysokość	Kubatura	Wentylacja powinna zapewniać dopływ powietrza w wymiarze min.
Gabinet RTG	30,55 m <sup>2</sup>	2,6 m	79,43 m <sup>3</sup>	≈ 119,2 m <sup>3</sup>

Użytkownik musi posiadać protokół wystawiony przez upoważnioną osobę potwierdzający sprawność oraz odpowiednią wydajność wentylacji. Dodatkowo instalacje i urządzenia wentylacji mechanicznej podlegają okresowemu przeglądowi, czyszczeniu lub dezynfekcji, lub wymianie elementów instalacji zgodnie z zaleceniami producenta, nie rzadziej niż co 12 miesięcy. Dokonanie w/w czynności wymaga udokumentowania.

#### 1.13.1 Instalacja sanitarna.

W toalecie znajduje się punkt sanitarny (umywalka z baterią z ciepłą i zimną wodą) Gabinetu RTG – wejście tylko od strony Gabinetu RTG.

#### 1.14 Wymagania ogólnobudowlane.

W Pracowni RTG podłogi wykonane są z materiałów umożliwiającymi mycie i dezynfekcję, połączenie ścian z podłogą jest wykonane w sposób umożliwiający jego mycie i dezynfekcję.

#### 1.15 Podstawowe parametry techniczne aparatu RTG.

##### 1.15.1 Instalacja aparatu RTG.

Aparat RTG jest zainstalowany zgodnie z wytycznymi zawartymi w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. „w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi” (Dz. U. z 2006 r. nr 180, poz. 1325) – zgodnie z **rysunkiem nr 1** który znajduje się w załączeniu.

##### 1.15.2 Główne parametry techniczne aparatu RTG.

Nazwa urządzenia	Axiom Luminos dRF Max
Producent	Siemens
Zakres napięć ekspozycji [kV]	40 – 150
Zakres prądów [mA]	1 – 1000
Zakres mAs	0,5 – 800
Zakres czasów [s]	0.001 – 5
Filtracja całkowita [mm Al]	≥2,5
Filtracja zewnętrzna [mm Al]	1,0
Dodatkowe filtry Cu	bez filtra, 0,1 mm Cu, 0,2 mm Cu, 0,3 mm Cu; wsuwane z napędem silnikowym, ustawiane przez programy narządowe
SID (odl. ognisko-detektor)	115 cm,
Detektor	43 cm x 43 cm

## 2 Założenia do obliczeń.

Do obliczeń przyjęto następujące założenia:

- parametry ekspozycji określono na podstawie danych technicznych aparatu RTG podanych przez producenta,
- dla każdego typu badania wymagana grubość ołowiu została policzona dla największego zagrożenia radiologicznego,
- liczbę wykonywanych ekspozycji przyjęto na podstawie uzgodnień dokonanych z użytkownikiem:
- zakłada się że w ciągu tygodnia wykonywanych będzie 600 ekspozycji w tym:
  - zdjęcia płucne – 300 ekspozycji / tydzień
  - zdjęcia kostne – 300 ekspozycji / tydzień
- zakłada się że w ciągu tygodnia wykonywanych będzie 10 fluoroskopii
- dla projektowanego aparatu RTG do obliczeń przyjęto maksymalne wartości stosowane klinicznie.

Założenia takie przyjęto, ponieważ są one najbardziej obciążające dla pracowników i osób postronnych, a tym samym najbardziej korzystne pod względem ochrony przed promieniowaniem jonizującym.

### 2.1 Parametry ekspozycji.

Rodzaj badania	zdjęcia płucne	zdjęcia kostne	fluoroscopia
Napięcie na lampie [kV]	125	90	90
Prąd lampy [mA]	250	450	7
Czas ekspozycji [ms]	10	100	-
Ilość mAs /ekspozycję	2,5	45	-
y [-]	0,21	0,41	-
Filtracja zewnętrzna	1,0		
Moc dawki w wiązce głównej promieniowania D* [mGy·min <sup>1</sup> ·m <sup>2</sup> ·mA <sup>-1</sup> ]	23,5	14,4	-

W celu zapewnienia maksymalnego bezpieczeństwa pracy w narażeniu na promieniowanie jonizujące i bezpieczeństwa otoczenia przy obliczaniu osłon założono najmniej korzystne parametry pracy lampy RTG gwarantujące właściwy dobór osłon i dające dodatkowy margines bezpieczeństwa.



## 2.2 Maksymalny czas pracy źródła promieniowania.

Tryb pracy	ilość mAs na jedną ekspozycję	liczba ekspozycji w tygodniu	obciążenie prądowo - czasowe [mAs]	obciążenie prądowo - czasowe [mAh]
zdjęcia kostne	45	300	13 500	3,75
zdjęcia płucne	2,5	300	750	≈ 0,21
łącznie	-	-	-	≈ 3,96

Tryb pracy	średni czas ekspozycji / prześwietlenia [s]	liczba ekspozycji / badań w tygodniu	prąd lampy RTG [mA]	obciążenie prądowo - czasowe [mAs]	obciążenie prądowo - czasowe [mAh]
fluoroskopia	15	10	7	1 050	≈ 0,3
0,15 mAh – stół w poziomie					
0,15 mAh – stół w pionie					

Łącznie obciążenie prądowo – czasowe [mAh] = 3,96 + 0,3 = 4,26 mAh

$t_0 = 0,052$  h

## 2.3 Dopuszczalne dawki.

Dopuszczalne dawki				
w gabinecie rentgenowskim	6 mSv/rok	0,12 mSv/tyg.	0,01044 cGy/tyg.	104,4 μGy/tyg.
w pomieszczeniach pracowni rentgenowskiej poza gabinetem rentgenowskim	3 mSv/rok	0,06 mSv/tyg.	0,00522 cGy/tyg.	52,2 μGy/tyg.
w pomieszczeniach poza pracownią, a także osoby z ogółu ludności	0,5 mSv/rok	0,01 mSv/tyg.	0,00087 cGy/tyg.	8,7 μGy/tyg.
osoby z ogółu ludności w odniesieniu do budynków mieszkalnych	0,1 mSv/rok	0,002 mSv/tyg.	0,000174 cGy/tyg.	1,74 μGy/tyg.

### 3 Obliczenie osłon stałych.

#### 3.1 Stosowane wzory do obliczeń.

Obliczenia wykonano na podstawie normy PN-86/J-80001 „Obliczanie osłon stałych”.

##### 3.1.1 Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia $t$ .

$$t = T \cdot U \cdot t_0$$

gdzie:

$T$ –	współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu
$U$ –	współczynnik określający prawdopodobieństwo skierowania użytecznej wiązki promieniowania w kierunku obliczanej osłony
$t_0$ –	maksymalny czas pracy źródła promieniowania tygodniowo na jednej zmianie [s, min. lub godz.]

współczynniki  $U$  i  $T$  przyjęto zgodnie z PN-86/I-80001 w zależności od sposobu użytkowania pomieszczeń (sąsiedztwa) bezpośrednio przylegających do Gabinetu RTG, gdzie:

$T=1$	dla miejsc stałego przebywania ludzi (miejsca ciągłej pracy)
$T=0,25$	dla miejsc wykorzystywanych czasowo (korytarze, wc)
$T=0,05$	dla miejsc krótkiego przebywania (ulice, place, klatki schodowe)
$U=1$	dla ścian i sufitów, jeżeli przewiduje się ich napromieniowanie wiązką główną przy pracach rutynowych
$U=1$	dla osłon chroniących tylko przed promieniowaniem rozproszonym lub ubocznym

##### 3.1.2 Zredukowana moc dawki $C_1$ .

Zredukowaną moc dawki ( $C_1$ ) promieniowania X rozproszonego przez ciało pacjenta oblicza się wg punktu 2.5.2.1 normy PN-86/I-80001, a grubość osłony z ołowiu wg punktu 2.5.2.2 normy poprzez interpolację krzywych dla odpowiedniego maksymalnego napięcia pracy lampy RTG.

$$C_1 = \frac{D \cdot l^2}{t \cdot I} \quad [\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}]$$

gdzie:

$D$ –	przyjęta dawka tygodniowa [ $\mu\text{Gy}$ ]
$l$ –	najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego (pacjenta) od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy [m]
$t$ –	czas narażenia w ciągu tygodnia osób przebywających w miejscu osłanianym [godz.]
$I$ –	nominalne natężenie prądu anodowego lampy RTG [mA]

### 3.1.3 Zredukowana moc dawki $C_2$ .

Zredukowaną moc dawki ( $C_2$ ) promieniowania X rozproszonego przez materiał (inny niż woda lub tkanka) oblicza się wg. punktu 2.5.3.1 normy PN-86/I-80001, a grubość osłony z ołowiu wg punktu 2.5.3.2 normy poprzez interpolację krzywych dla odpowiedniego maksymalnego napięcia pracy lampy RTG.

$$C_2 = \frac{D \cdot l^2 \cdot f^2}{t \cdot I \cdot s \cdot y} \quad [\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}]$$

gdzie:

D –	przyjęta dawka tygodniowa [ $\mu\text{Gy}$ ]
l –	najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego promieniowanie od miejsca osłanianego [m]
f –	odległość powierzchni rozpraszającej promieniowanie wiązki głównej od ogniska lampy RTG [m]
t –	czas narażenia w ciągu tygodnia osób przebywających w miejscu osłanianym [godz.]
I –	nominalne natężenie prądu anodowego lampy RTG [mA]
s –	rzut powierzchni przedmiotu rozpraszającego, na którą pada promieniowanie, na płaszczyznę prostopadłą do kierunku wiązki pierwotnej promieniowania w odległości f, [ $\text{m}^2$ ]
y –	współczynnik osłabienia w ośrodku

### 3.1.4 Krotność osłabienia promieniowania pierwotnego k.

Krotność osłabienia (k) promieniowania X przez osłonę oblicza się wg punktu 2.5.1.2 normy PN-86/I-80001, a grubość osłony z ołowiu wg punktu 2.5.1.3 normy poprzez interpolację krzywych dla odpowiedniego maksymalnego napięcia pracy lampy RTG.

$$k = \frac{D^* \cdot I \cdot t}{D \cdot l^2} \cdot y$$

gdzie:

$D^*$ –	moc dawki w odległości l [m] od ogniska lampy przeliczona dla prądu anodowego I [mA], [ $\text{mGy} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$ ]
I –	nominalne natężenie prądu anodowego lampy RTG [mA]
t –	czas narażenia w ciągu tygodnia osób przebywających w miejscu osłanianym [min.]
D –	przyjęta dawka tygodniowa [mGy]
l –	najmniejsza odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy [m]
y –	współczynnik osłabienia w ośrodku

### 3.2 Obliczenia dla aparatu RTG.

Wiązka promieniowania pierwotnego emitowanego przez aparat RTG padać będzie wyłącznie na PODŁOGĘ oraz na ścianę 7 – 1. Na pozostałe ściany pada promieniowanie rozproszone przez tkankę pacjenta oraz materiał konstrukcyjny ścian/stropów.

#### 3.2.1 Zredukowana moc dawki promieniowania rozproszonego - c<sub>1</sub>.

U [kV]	125
I · t <sub>0</sub> [mAh]	4,26
U [-]	1

osłona stała	sąsiedztwo	l [m]	D [μGy]	T [-]	I · t [mAh]	c <sub>1</sub> [μGy · m <sup>2</sup> /h · mA]	x <sub>Pb</sub> [mm]
ściana 1 – 2	korytarz	3,75	8,7	0,25	1,065	114,9	0,4
ściana 2 – 3	sterownia	3,1	52,2	1	4,26	117,8	0,4
ściana 3 – 4	kabina pacjenta	3,1	8,7	0,25	1,065	78,5	0,5
ściana 4 – 5	toaleta	W trakcie wykonywania ekspozycji nikt z pacjentów i personelu nie będzie się znajdował w pomieszczeniu					
ściana 5 – 6	pokój socjalny	1,85	4,35	1	4,26	3,5	1,5
ściana 6 – 7	wolna przestrzeń	Za osłoną znajduje się wolna przestrzeń. Poziom gruntu znajduje się około 7 m w dół. Brak narażenia na promieniowanie jonujące – obliczeń nie wykonuje się					
ściana 7 – 1	pokój badań USG	2,65	4,35	1	4,26	7,2	1,1
strop górny	Działa Zamówień Publicznych	2,0	8,7	1	4,26	8,2	1,0
strop dolny	Zakład Diagnostyki Laboratoryjnej	1,0	8,7	1	4,26	2,0	1,8

#### 3.2.2 Zredukowana moc dawki c<sub>2</sub>.

Przeanalizowano zredukowaną moc dawki (c<sub>2</sub>) promieniowania X rozproszonego przez materiał (inny niż woda lub tkanka) – po analizie uzyskano wyniki wskazujące na to że c<sub>2</sub> nie ma wpływu na zwiększenie osłonności dla każdej ze ścian oraz stropów. W związku z powyższym pominięto obliczenia.

### 3.2.3 Krotność osłabienia pierwotnego – k.

a) zdjęcia kostne i fluoroskopia

<b>U [kV]</b>	90	<b>U [-]</b>	1
<b>D* [mGy·min<sup>-1</sup>·m<sup>2</sup>·mA<sup>-1</sup>]</b>	14,4	<b>y [-]</b>	0,41
<b>I · t<sub>0</sub>[mAh]</b>	3,9	<b>D [mGy]</b>	0,00435

osłona stała	<b>l [m]</b>	<b>T [-]</b>	<b>I · t [mAh]</b>	<b>k [-]</b>	<b>X<sub>Pb</sub> [mm]</b>
strop dolny	2,0	1	3,9	79398,6	3,0

b) zdjęcia płucne + fluoroskopia

<b>U [kV]</b>	125	<b>U [-]</b>	1
<b>D* [mGy·min<sup>-1</sup>·m<sup>2</sup>·mA<sup>-1</sup>]</b>	23,5	<b>y [-]</b>	0,21
<b>I · t<sub>0</sub>[mAh]</b>	0,36	<b>D [mGy]</b>	0,00435

osłona stała	<b>l [m]</b>	<b>T [-]</b>	<b>I · t [mAh]</b>	<b>k [-]</b>	<b>X<sub>Pb</sub> [mm]</b>
ściana 7 – 1	3,6	1	0,36	1890,8	1,9

### 3.2.4 Promieniowanie uboczne.

<b>Đ<sub>u1</sub> [mGy/h] dla l<sub>1</sub>=1</b>	1
<b>t<sub>0</sub> [h]</b>	0,052 [h]

ściana	<b>l<sub>2</sub> [m]</b>	<b>Đ<sub>u2</sub> [mGy/h]</b>	<b>T [-]</b>	<b>t [h]</b>	<b>D<sub>u</sub> = Đ<sub>u2</sub> · t [mGy]</b>	<b>Pb</b>	<b>k dla U = 125 kV</b>	<b>D<sub>u</sub>/k [mGy]</b>	<b>D [μGy]</b>	<b>% dawki tygodniowej</b>
ściana 1 – 2	3,75	0,07	0,25	0,013	0,0009	0,4	25	3,8*10 <sup>-5</sup>	8,7	0,43
ściana 2 – 3	3,1	0,1	1	0,052	0,0054	0,4	25	0,00022	52,2	0,42
ściana 3 – 4	3,1	0,1	0,25	0,013	0,0014	0,5	30	4,5*10 <sup>-5</sup>	8,7	0,52
ściana 4 – 5	brak narażenia na promieniowanie									
ściana 5 – 6	1,85	0,3	1	0,052	0,016	1,2	300	5,1*10 <sup>-5</sup>	4,35	1,16
ściana 6 – 7	brak narażenia na promieniowanie									
strop górny	1,0	1	1	0,052	0,052	1,0	200	0,00026	8,7	3,0

#### 4 Zestawienie wymaganych grubości ołowiu dla osłon stałych.

osłona			obliczony wymagany równoważnik grubości ołowiu osłony	równoważnik grubości ołowiu dla istniejącej osłony	różnica między wartością istniejącą a obliczoną	wymagana dodatkowa osłona
			mm Pb	mm Pb	mm Pb	
ściana 1 – 2	korytarz	ściana	0,4	1,5	1,1	nie jest wymagana
		drzwi	0,4	1,5	1,1	nie jest wymagana
ściana 2 – 3	sterownia	ściana	0,4	1,5	1,1	nie jest wymagana
		drzwi	0,4	1,5	1,1	nie jest wymagana
		okienko	0,4	1,5	1,1	nie jest wymagana
ściana 3 – 4	kabina pacjenta	ściana	0,5	1,5	1,0	nie jest wymagana
		drzwi	0,5	1,5	1,0	nie jest wymagana
ściana 4 – 5	toaleta	ściana	brak narażenia na promieniowanie jonujące			
		drzwi				
ściana 5 – 6	pokój socjalny	ściana	1,5	1,5	0	nie jest wymagana
ściana 6 – 7	wolna przestrzeń	ściana	brak narażenia na promieniowanie jonujące			
		okna				
ściana 7 – 1	pokój badań USG	ściana	1,9	0,75+ 1,5	0,35	nie jest wymagana
strop górny	Działa Zamówień Publicznych	strop	1,0	4,0	3,0	nie jest wymagana
strop dolny	Zakład Diagnostyki Laboratoryjnej	strop	3,0	3,4	0,4	nie jest wymagana

#### Wnioski

1. Obliczenia osłon stałych zostały wykonane dla maksymalnych warunków wykonywania ekspozycji.
2. Przyjęta wymagana wartość grubości ołowiu dla osłony [mm Pb] jest największą obliczoną wartością dla danej osłony stałej.
3. Z zestawienia tego wynika, że grubość istniejących osłon stałych (ścian oraz stropów) wykonanych z materiałów budowlanych opisanych w pkt. 1.5 wraz z zastosowanymi dodatkowymi osłonami ołowianymi jest wystarczająca przed promieniowaniem RTG emitowanym przez aparat RTG w trakcie realizacji radiologicznych procedur medycznych.
4. W przypadku zainstalowania innego aparatu RTG, zmiany sąsiedztwa wokół Gabinetu RTG lub innych istotnych zmian mających znaczenie na stan narażenia na promieniowanie jonizujące niż przewidziane w Projekcie wymagane będzie przeprowadzenie powtórnej analizy skuteczności osłon i przedłożenie stosownego aneksu do Projektu Ochrony Radiologicznej przed MPWIS.