

ul. Bodycha 73a  
05-816 Michałowice

PROJEKT: **BUDYNEK O FUNKCJACH ODDZIAŁU ŁÓŻKOWEGO, BLOKU OPERACYJNEGO, APTEKI SZPITALNEJ, KUCHNI, CENTRALNEJ STERYLIZATORNI I STACJI MYCIA ŁÓŻEK NA TERENIE INSTYTUTU KARDIOLOGII W WARSZAWIE**

NAZWA INWESTYCJI: **Budowa budynku wielofunkcyjnego na terenie Instytutu Kardiologii przy ul. Alpejskiej 42 w Warszawie**

ADRES OBIEKTU: **ul. Alpejska 42, 04-628 Warszawa**

INWESTOR: **Instytut Kardiologii im. Prymasa Tysiąclecia Stefana Kardynała Wyszyńskiego**

FAZA: **PROJEKT WYKONAWCZY**

BRANŻA: **PROJEKT OSŁON RADIOLOGICZNYCH**

PROJEKTANT

Projekt osłon radiologicznych	mgr fizyki Kamil Kamiński upr. nr IOR/131/2015	
-------------------------------	---	--

Data      wrzesień 2019 r.

Nr egz. \_

<b>Spis zawartości projektu budowlanego zamiennego:</b>	
PROJEKT ARCHITEKTONICZNO-BUDOWLANY	
Architektura	TOM I
Konstrukcja	TOM IIB
Instalacje sanitarne	TOM IIC
Instalacje elektryczne	TOM IID
Instalacje gazów medycznych	TOM IIE
Technologia medyczna	TOM IIF
Technologia medyczna	TOM II F
Technologia kuchni	TOM II G
Projekt osłon radiologicznych	TOM II H

## **1. OCHRONA RADIOLOGICZNA**

### **1.1. SALA OPERACYJNA, POMIESZCZENIE NR 01.BLO.26**

(PUSTA STRONA)

## **1. CEL PROJEKTU**

Celem sporządzenia projektu jest obliczenie wymaganej grubości osłon stałych przed promieniowaniem rtg dla angiografu jednopłaszczyznowego w pomieszczeniu 01.BLO.26.

## **2. DOKUMENTY BĘDĄCE PODSTAWĄ PROJEKTU**

1. Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (tekst jednolity Dz.U. 2019 poz. 1792).
2. Obwieszczenie Ministra Zdrowia z dnia 3 kwietnia 2017 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej (Dz. U. z 2017 r. poz. 884).
3. 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).
4. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. z 2005 r. nr 20 poz. 168).
5. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 czerwca 2015 r. w sprawie dokumentów wymaganych przy składaniu wniosku 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).
6. Polska Norma PN-86/J-80001 - Obliczenia osłon stałych.
7. NCRP Report No. 147 „Structural shielding design for medical X-ray imaging facilities”
8. Projekt budowlany wykonawczy.

## **3. PARAMETRY POMIESZCZENIA**

Zgodnie z § 5. 1. rozp. Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. Nr 180 poz.1325) powierzchnia pomieszczenia, w którym jest zainstalowany aparat rentgenowski do radiologii zabiegowej nie może być mniejsza niż 20 m<sup>2</sup>. Wysokość gabinetu nie może być mniejsza niż 2,5 m.

Powierzchnia Gabinetu wynosi 61,90 m<sup>2</sup>, a jej wysokość (mierzona między stropami) wynosi 3,6 m. Wymiary pomieszczenia są więc wystarczające dla zainstalowania aparatu rtg do radiologii zabiegowej.

## **4. METODYKA OBLICZEŃ WYMAGANEJ GRUBOŚCI OSŁON STAŁYCH**

Obliczenia wymaganej grubości osłon stałych wykonano na podstawie Polskiej Normy PN-86/J-80001 (wydanie 3 z 1992 r.) „Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Obliczanie osłon stałych.” oraz raportu numer 147 National Council on Radiation Protection and Measurements pt. “Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities”.

Do obliczeń przyjęto wartości dawek granicznych podane w § 2.1 i § 3. 1. rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. Nr 180 poz.1325).

Zgodnie z Ustawą Prawo Atomowe, Kierownik Jednostki Organizacyjnej, w tym przypadku Instytutu Kardiologii w Aninie, odpowiedzialny jest za sprawdzenie zaproponowanych parametrów, aby zapewnić ich prawidłowe użycie. Parametry, takie jak wielkość ekspozycji, tygodniowe obciążenie robocze, tygodniowe ilość procedur, maksymalne obciążenie czasowo prądowe itd. zostały opracowane na podstawie zaleceń z Polskiej normy „PN-86/J-80001 - Obliczenia osłon stałych”, raportu NCRP No. 147 oraz parametrów uwzględniających specyfikację pracy jednostki. Jednostka organizacyjna powinna zweryfikować parametry zastosowane do obliczeń osłon przed promieniowaniem jonizującym, ich zgodność z regulacjami prawnymi oraz swoimi zaleceniami. Jednostka organizacyjna odpowiedzialna jest za zapewnienie, że użyte parametry zostały przeanalizowane i zaakceptowane przez wszystkie strony.

## 5. KONSTRUKCJA ISTNIEJĄCYCH PRZEGRÓD BUDOWLANYCH

Oznaczenie na rysunku	Opis i konstrukcja przegrody	Równoważnik ołowiu dla 100 kV
1-2	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 1 mm	1 mm
2-3	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
3-4	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
4-5	Ściana żelbetowa 20 cm	>4 mm
5-6	Ściana zewnętrzna żelbetowa 25 cm	>4 mm
6-7	Ściana żelbetowa 25 cm	>4 mm
7-1	Ściana żelbetowa 25 cm	>4 mm
SD	strop dolny płyta żelbetowa 28 cm, szlichta betonowa 7 cm,	>5 mm
SG	strop górny płyta żelbetowa 28 cm, szlichta betonowa 7 cm,	>5 mm

## 6. PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE APARATU RTG

Typ	Jednopłaszczyznowy angiograf rtg	
parametr	jednostka	wartość
Zakres napięcia anodowego	kV	50 - 125
zakres prądu anodowego w trybie fluoroskopii	mA	130
szerokość impulsu	ms	do 20 przy 15 fps
liczba pulsów w czasie 1 s	puls/s	3,75 / 7,5 / 15/ 30
Lampa		
Filtracja zewnętrzna	mm Cu	0,1 / 0,2 / 0,3
Ogniska wg normy IEC 60336	-	0,3 / 0,6 / 1,0
Promieniowanie uboczne w odległości 1 m dla 100 kV	mGy/h	< 0,4
Typ anody	wirująca	
Ramię C		
SID	cm	115
Detektor obrazowy		
typ	Amorficzna krzemowa matryca fotodiodowa na podłożu ciągłym	
rozmiar	cm	31 x 31

## 7. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

### 7.1. ZAŁOŻENIA PRZYJĘTE DO OBLICZEŃ

- a) Przyjęto na podstawie danych przykładowego producenta danego typu aparatów rtg, że wiązka pierwotna będzie całkowicie pochłaniana w płaskim panelu cyfrowym, a na osłony stałe oddziaływać będzie promieniowanie rozproszone od tkanki pacjenta oraz promieniowanie rozproszone od płaskiego detektora obrazowego.
- b) Do obliczeń przyjęto jako nominalne parametry:  $U = 90 \text{ kV}$ ,  $I = 130 \text{ mA}$ , czas procedury  $t = 30 \text{ min}$ .
- c) Uwzględniono jednocześnie długość trwania impulsu równą  $8 \text{ ms}$  oraz maksymalną liczbę  $15$  impulsów w czasie  $1 \text{ s}$  w trybie fluoroskopii pulsacyjnej DSA.
- d) Wartość współczynnika  $U$ , z uwagi na brak innych wskazań, przyjęto na podstawie Polskiej Normy PN-86/J-80001 (wydanie 3 z 1992 r.) „Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Obliczanie osłon stałych.”
- e) Wartość współczynnika  $T$ , rozumianego jako prawdopodobieństwo przebywania osób najczęściej przebywających za osłoną tj. personelu medycznego, na poziomie  $0,25$  dla obliczeń wymaganej osłonności dla stropu nad rozpatrywanymi pomieszczeniami sal operacyjnych, została przyjęta na podstawie informacji przekazanych przez inwestora. Poprawność przyjęcia takiej wartości potwierdza raport NCRP nr 147, w którym dla pokoi pacjentów przyjmuje się  $T=0,2$ .
- f) Odczytów z nomogramów zamieszczonych w Polskiej Normie PN-86/J-80001 (wydanie 3 z 1992 r.) „Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Obliczanie osłon stałych.” dokonano dla napięcia  $100 \text{ kV}$ , co jest wystarczającym przybliżeniem dla założonych wartości napięcia anodowego aparatu rtg.
- g) Wymagane grubości ołowiu dla zredukowanej mocy dawki  $C1$  oraz  $C2$  odczytano dla napięcia  $100 \text{ kV}$ , co jest wystarczającym założeniem dla wartości napięcia anodowego.
- h) Analizy wielkości promieniowania ubocznego dokonano na podstawie wartości dawki podawanej przez producenta lampy rtg.
- i) Wielkość dopuszczalnej dawki tygodniowej przyjęto zgodnie z punktem 2.7 normy
  - PN-86/J-80001 - Obliczenia osłon stałych przyjmując założenie, że dawka tygodniowa jaką może otrzymać osoba przebywająca w miejscu osłanianym nie może przekraczać dawki dopuszczalnej określonej w przepisach.
- j) Wymaganą grubość osłon stałych przed promieniowaniem rtg rozproszonym przez płaski panel cyfrowy odczytano z diagramów zamieszczonych w PN-86/J-80001 dla przyjętego napięcia oraz obliczonej zredukowanej mocy dawki promieniowania X rozproszonego przez beton lub cegłę  $C2$  dokonując odpowiedniego przeliczenia dla stali zgodnie z tabelą 11.
- k) Dopuszczalne dawki przyjęto na podstawie rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi.
- l) We wnioskach końcowych dokonano analizy równoważnika grubości ołowiu zaprojektowanych osłon stałych w odniesieniu do maksymalnych wartości grubości osłon z ołowiu przed promieniowaniem rozproszonym od tkanki oraz promieniowaniem rozproszonym od elementów zestawu rtg obliczonych dla poszczególnych osłon stałych.



## 7.2. PARAMETRY EKSPOZYCJI RTG

Parametr	Oznaczenie	Wartość	Jednostka
napięcie maksymalne	$U_{nom}$	90	kV
prąd maksymalny	$I_{nom}$	130	mA
czas procedury	$t_p$	30	min
		1800	s
długość impulsu	$t_{imp}$	8	ms
liczba impulsów na sekundę	pps	15	-
czas ekspozycji w trakcie procedury	$t_e$	216	s
liczba procedur tygodniowo	-	25	-
czas pracy źródła	$t_o$	90	min
		1,5	h
wymiary panelu cyfrowego		0,31 x 0,31	m
powierzchnia panelu cyfrowego	s	0,096	m <sup>2</sup>
SID	f	1,15	m

## 7.3. WSPÓŁCZYNNIKI PRAWDOPODOBIENSTWA PRZEBYWANIA LUDZI – T ORAZ DOPUSZCZALNE DAWKI TYGODNIOWE ZA OSŁONAMI - D

osłona	opis pomieszczenia za osłoną	nr na rysunku	T	D [μGy]
1-2	Pomieszczenie techniczne	01.BLO.28	0,05	4,35
1-2	Sala operacyjna	01.BLO.31	1	4,35
2-3	Pom. Przygotowania lekarzy	01.BLO.34	0,25	8,7
2-3	Korytarz	01.BLO.02	0,25	8,7
3-4	Korytarz	01.BLO.02	0,25	8,7
4-5	Klatka schodowa	01.KL.02	0,25	8,7
5-6	Teren zewnętrzny, niedostępny			
6-7	Magazyn	01.BLO.24	0,05	8,7
7-1	Sterownia 1	01.BLO.25.1	1	52,2
SD	Boks jałowy	00.APT.18	1	8,7
	P.Prz.	00.APT.17		
	Śluza czysta	00.APT.16		
	Śluza brudna	00.APT.15		
	Korytarz	00.APT.01		
	Pokój adm.-wyd	00.APT.19		
	receptura	00.APT.21		
SG	sluza	00.APT.20	0,25	8,7
	Sala 2-osobowa	02.KAR.30		
	Sala 1-osobowa	02.KAR.33		
	Sala 2 -sobowa	02.KAR.35		
	Korytarz	02.KAR.04		

#### 7.4. CZAS NARAŻENIA

osłona	$t_0$		$T$	$U$	$t$	
	min	h			min	h
1-2	90	1,5	0,05	1	4,5	0,075
1-2	90	1,5	1	1	90	1,5
2-3	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
2-3	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
3-4	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
4-5	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
6-7	90	1,5	0,05	1	4,5	0,075
7-1	90	1,5	1	1	90	1,5
SD	90	1,5	1	1	90	1,5
SG	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375

#### 7.5. WYNIKI OBLICZEŃ WYMAGANEJ GRUBOŚCI OSŁON STAŁYCH

##### 7.5.1. GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROM. X ROZPROSZONYM OD TKANKI bez uwzględniania promieniowania ubocznego

osłona	odległość przedmiotu rozpraszającego od osłony	zredukowana moc dawki $C_1$	odczytana grubość osłony z ołowiu
	m	$\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	mm Pb
1-2	5,2	12,1	0,7
1-2	7,2	1,2	1,6
2-3	5,3	5,0	1,0
2-3	7,7	10,6	0,8
3-4	5,3	5,0	1,0
4-5	3,9	2,7	1,2
6-7	4,3	16,5	0,6
7-1	3,8	3,9	1,0
SD	1,7	0,1	2,0
SG	2,7	1,3	1,5

Obliczeń oraz odczytów dokonano dla napięcia 100 kV

**7.5.2. GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROM. X ROZPROSZONYM  
OD DETEKTORA OBRAZOWEGO**

bez uwzględniania promieniowania ubocznego

osłona	odległość przedmiotu rozpraszającego od osłony	zredukowana moc dawki C2	odczytana grubość osłony z ołowiu	przeliczona grubość osłony z ołowiu
	m	$\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	mm Pb	mm Pb
1-2	5,2	166,20	0,5	0,3
1-2	7,2	15,90	1,1	0,7
2-3	5,3	69,10	0,8	0,5
2-3	7,7	145,80	0,5	0,3
3-4	5,3	69,10	0,8	0,5
4-5	3,9	37,40	1,0	0,7
6-7	4,3	227,30	0,4	0,2
7-1	3,8	53,30	0,8	0,5
SD	1,7	1,80	1,9	1,2
SG	2,7	17,90	1,1	0,7

### 7.5.3. GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROMIENIOWANIEM UBOCZNYM

Do obliczeń przyjęto wartość mocy dawki promieniowania ubocznego  $\dot{D}_u = 0,4 \text{ mGy/h} = 400 \text{ }\mu\text{Gy/h}$

osłona	$\dot{D}_u$	t	$D_u$	$D_{ul}$	r	k	$D_{uo}$	$D_d$	$D_{uo}/D_d$
	$\mu\text{Gy/h}$	h	$\mu\text{Gy}$	$\mu\text{Gy}$	mm Pb	-	$\mu\text{Gy}$	$\mu\text{Gy}$	%
1-2	400	0,075	30	1,10	0,7	150	0,01	4,35	0,23%
1-2	400	1,5	600	11,60	1,6	2500	0	4,35	0,00%
2-3	400	0,035	150	5,30	1,0	350	0,02	8,70	0,23%
2-3	400	0,375	150	2,50	0,8	200	0,01	8,70	0,11%
3-4	400	0,375	150	5,30	1,0	350	0,02	8,70	0,23%
4-5	400	0,375	150	9,90	1,2	700	0,01	8,70	0,11%
6-7	400	0,075	30	1,60	0,6	80	0,02	8,70	0,23%
7-1	400	1,5	600	41,60	1,0	350	0,12	52,20	0,23%
SD	400	1,5	600	207,60	2,0	7000	0,03	8,70	0,34%
SG	400	0,375	150	20,60	1,5	1700	0,01	8,70	0,11%

$\dot{D}_u$  - przyjęta wartość mocy dawki promieniowania ubocznego

t - czas narażenia

$D_u$  - dawka promieniowania ubocznego

$D_{ul}$  - dawka promieniowania ubocznego w odległości l

r - równoważnik ołowiu osłony

k - krotność osłabienia osłony

$D_{uo}$  - dawka promieniowania ubocznego za osłoną

$D_d$  - dopuszczalna tygodniowa dawka promieniowania za osłoną

$D_{uo}/D_d$  - dawka promieniowania ubocznego wyrażona jako procent dopuszczalnej dawki za osłoną

Z obliczeń wynika, że dawka tygodniowa promieniowania ubocznego, wyznaczona za osłonami przed promieniowaniem rozproszonym, jest mniejsza niż 10 % dawki tygodniowej.

Zgodnie z punktem 2.5.4. normy PN-86/J-80001 3 grubość osłon pozostaje bez zmiany.

#### 7.5.4. ZESTAWIENIE WYMAGANYCH GRUBOŚCI OSŁON Z OŁOWIU

osłona	obliczona grubość osłony		przyjęta wymagana grubość warstwy ołowiu dla osłony
	przed promieniowaniem rozproszonym od tkanki	przed promieniowaniem rozproszonym od detektora	
	mm Pb		
1-2	0,7	0,3	0,7
1-2	1,6	0,7	1,6
2-3	1,0	0,5	1,0
2-3	0,8	0,3	0,8
3-4	1,0	0,5	1,0
4-5	1,2	0,7	1,2
6-7	0,6	0,2	0,6
7-1	1,0	0,5	1,0
SD	2,0	1,2	2,0
SG	1,5	0,7	1,5

Przyjęta wymagana wartość grubości osłony w mm Pb jest największą obliczoną wartością dla danej osłony stałej uwzględniającą promieniowanie działające na daną osłonę - rozproszone od tkanki na stole. Jeżeli z nomogramów zamieszczonych w PN-86/J-80001 wynika, że grubość osłony jest < 0,1 mm Pb, to zgodnie z zasadą ostrożności, przyjęto jako wymaganą grubość osłony wartość = 0,1 mm Pb.

#### 8. WNIOSKI I ZALECENIA

osłona	równoważnik ołowiu przegrody budowlanej	wymagana grubość osłony	minimalna grubość dodatkowej osłony
	mm Pb		
1-2	1,0	0,7	0
1-2*	2,5	1,6	0
2-3	2,0	1,0	0
2-3	2,0	0,8	0
3-4	2,0	1,0	0
4-5	>4	1,2	0
6-7	>4	0,6	0
7-1	>4	1,0	0
SD	>4	2,0	0
SG	>4	1,5	0

Przyjęta wymagana wartość grubości osłony w mm Pb jest największą obliczoną wartością dla danej osłony stałej uwzględniającą promieniowanie działające na daną osłonę - rozproszone od tkanki na stole. Jeżeli z nomogramów zamieszczonych w PN-86/J-80001 wynika, że grubość osłony jest < 0,1 mm Pb, to zgodnie z zasadą ostrożności, przyjęto jako wymaganą grubość osłony wartość = 0,1 mm Pb.

\* uwzględnia dodatkową osłonę przegrodę budowlaną pracowni sąsiadującej

#### 8.1. ZESTAWIENIE MINIMALNEJ GRUBOŚCI DODATKOWYCH OSŁON DLA DRZWI

D1, D2, D3 – drzwi systemowe z warstwą **blachy ołowiowej o grubości 2,0 mm**.

O1 - okno podglądowe o równoważniku min. **2,0 mm Pb dla 100 kV**.

### 9. ZNAKI I OŚWIETLENIE OSTRZEGAWCZE

Na drzwiach wejściowych należy umieścić znak ostrzegawczy przed promieniowaniem jonizującym zgodny ze wzorem załącznika nr 1 Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dn. 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi [Dz. U. z 2006 r. Nr 180, poz. 1325].

Sala hybrydowa wyposażona jest w ostrzegawczą sygnalizację świetlną umieszczoną nad drzwiami do gabinetu, włączaną równocześnie z zasilaniem generatora zgodnie z wymaganiami oraz w sygnalizację świetlną umieszczoną nad drzwiami informującą o występowaniu promieniowania.

## **1.2. SALA OPERACYJNA , POMIESZCZENIE NR 01.BLO.31**

(PUSTA STRONA)



## **1. CEL PROJEKTU**

Celem sporządzenia projektu jest obliczenie wymaganej grubości osłon stałych przed promieniowaniem rtg dla angiografu jednopłaszczyznowego w pomieszczeniu 01.BLO.31.

## **2. DOKUMENTY BĘDĄCE PODSTAWĄ PROJEKTU**

1. Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (tekst jednolity Dz.U. 2019 poz. 1792).
2. Obwieszczenie Ministra Zdrowia z dnia 3 kwietnia 2017 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej (Dz. U. z 2017 r. poz. 884).
3. 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).
4. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. z 2005 r. nr 20 poz. 168).
5. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 czerwca 2015 r. w sprawie dokumentów wymaganych przy składaniu wniosku 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).
6. Polska Norma PN-86/J-80001 - Obliczenia osłon stałych.
7. NCRP Report No. 147 „Structural shielding design for medical X-ray imaging facilities”
8. Projekt budowlany wykonawczy.

## **3. PARAMETRY POMIESZCZENIA**

Zgodnie z § 5. 1. rozp. Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. Nr 180 poz.1325) powierzchnia pomieszczenia, w którym jest zainstalowany aparat rentgenowski do radiologii zabiegowej nie może być mniejsza niż 20 m<sup>2</sup>. Wysokość gabinetu nie może być mniejsza niż 2,5 m.

Powierzchnia Gabinetu wynosi 49,67 m<sup>2</sup>, a jej wysokość (mierzona między stropami) wynosi 3,6 m. Wymiary pomieszczenia są więc wystarczające dla zainstalowania aparatu rtg do radiologii zabiegowej.

## **4. METODYKA OBLICZEŃ WYMAGANEJ GRUBOŚCI OSŁON STAŁYCH**

Obliczenia wymaganej grubości osłon stałych wykonano na podstawie Polskiej Normy PN-86/J-80001 (wydanie 3 z 1992 r.) „Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Obliczanie osłon stałych.” oraz raportu numer 147 National Council on Radiation Protection and Measurements pt. “Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities”.

Do obliczeń przyjęto wartości dawek granicznych podane w § 2.1 i § 3. 1. rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. Nr 180 poz.1325).

Zgodnie z Ustawą Prawo Atomowe, Kierownik Jednostki Organizacyjnej, w tym przypadku Instytutu Kardiologii w Aninie, odpowiedzialny jest za sprawdzenie zaproponowanych parametrów, aby zapewnić ich prawidłowe użycie. Parametry, takie jak wielkość ekspozycji, tygodniowe obciążenie robocze, tygodniowe ilość procedur, maksymalne obciążenie czasowo prądowe itd. zostały opracowane na podstawie zaleceń z Polskiej normy „PN-86/J-80001 - Obliczenia osłon stałych”, raportu NCRP No. 147 oraz parametrów uwzględniających specyfikację pracy jednostki. Jednostka organizacyjna powinna zweryfikować parametry zastosowane do obliczeń osłon przed promieniowaniem jonizującym, ich zgodność z regulacjami prawnymi oraz swoimi zaleceniami. Jednostka organizacyjna odpowiedzialna jest za zapewnienie, że użyte parametry zostały przeanalizowane i zaakceptowane przez wszystkie strony.

## 5. KONSTRUKCJA ISTNIEJĄCYCH PRZEGRÓD BUDOWLANYCH

Oznaczenie na rysunku	Opis i konstrukcja przegrody	Równoważnik ołowiu dla 100 kV
1-2	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 1,5 mm	1,5 mm
2-3	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
3-4	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
4-5	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
5-6	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
6-1	Ściana żelbetowa 25 cm	>4 mm
SD	strop dolny płyta żelbetowa 28 cm, szlichta betonowa 7 cm,	>5 mm
SG	strop górny płyta żelbetowa 28 cm, szlichta betonowa 7 cm,	>5 mm

## 6. PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE APARATU RTG

Typ	Jednopłaszczyznowy angiograf rtg	
parametr	jednostka	wartość
Zakres napięcia anodowego	kV	50 - 125
zakres prądu anodowego w trybie fluoroskopii	mA	130
szerokość impulsu	ms	do 20 przy 15 fps
liczba pulsów w czasie 1 s	puls/s	3,75 / 7,5 / 15/ 30
Lampa		
Filtracja zewnętrzna	mm Cu	0,1 / 0,2 / 0,3
Ogniska wg normy IEC 60336	-	0,3 / 0,6 / 1,0
Promieniowanie uboczne w odległości 1 m dla 100 kV	mGy/h	< 0,4
Typ anody	wirująca	
Ramię C		
SID	cm	115
Detektor obrazowy		
typ	Amorficzna krzemowa matryca fotodiodowa na podłożu ciągłym	
rozmiar	cm	31 x 31

## 7. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

### 7.1. ZAŁOŻENIA PRZYJĘTE DO OBLICZEŃ

- a) Przyjęto na podstawie danych przykładowego producenta danego typu aparatów rtg, że wiązka pierwotna będzie całkowicie pochłaniana w płaskim panelu cyfrowym, a na osłony stałe oddziaływać będzie promieniowanie rozproszone od tkanki pacjenta oraz promieniowanie rozproszone od płaskiego detektora obrazowego.
- b) Do obliczeń przyjęto jako nominalne parametry:  $U = 90 \text{ kV}$ ,  $I = 130 \text{ mA}$ , czas procedury  $t = 30 \text{ min}$ .
- c) Uwzględniono jednocześnie długość trwania impulsu równą  $8 \text{ ms}$  oraz maksymalną liczbę  $15$  impulsów w czasie  $1 \text{ s}$  w trybie fluoroskopii pulsacyjnej DSA.
- d) Wartość współczynnika  $U$ , z uwagi na brak innych wskazań, przyjęto na podstawie Polskiej Normy PN-86/J-80001 (wydanie 3 z 1992 r.) „Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Obliczanie osłon stałych.”
- e) Wartość współczynnika  $T$ , rozumianego jako prawdopodobieństwo przebywania osób najczęściej przebywających za osłoną tj. personelu medycznego, na poziomie  $0,25$  dla obliczeń wymaganej osłonności dla stropu nad rozpatrywanymi pomieszczeniami sal operacyjnych, została przyjęta na podstawie informacji przekazanych przez inwestora. Poprawność przyjęcia takiej wartości potwierdza raport NCRP nr 147, w którym dla pokoi pacjentów przyjmuje się  $T=0,2$ .
- f) Odczytów z nomogramów zamieszczonych w Polskiej Normie PN-86/J-80001 (wydanie 3 z 1992 r.) „Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Obliczanie osłon stałych.” dokonano dla napięcia  $100 \text{ kV}$ , co jest wystarczającym przybliżeniem dla założonych wartości napięcia anodowego aparatu rtg.
- g) Wymagane grubości ołowiu dla zredukowanej mocy dawki  $C1$  oraz  $C2$  odczytano dla napięcia  $100 \text{ kV}$ , co jest wystarczającym założeniem dla wartości napięcia anodowego.
- h) Analizy wielkości promieniowania ubocznego dokonano na podstawie wartości dawki podawanej przez producenta lampy rtg.
- i) Wielkość dopuszczalnej dawki tygodniowej przyjęto zgodnie z punktem 2.7 normy
  - PN-86/J-80001 - Obliczenia osłon stałych przyjmując założenie, że dawka tygodniowa jaką może otrzymać osoba przebywająca w miejscu osłanianym nie może przekraczać dawki dopuszczalnej określonej w przepisach.
- j) Wymaganą grubość osłon stałych przed promieniowaniem rtg rozproszonym przez płaski panel cyfrowy odczytano z diagramów zamieszczonych w PN-86/J-80001 dla przyjętego napięcia oraz obliczonej zredukowanej mocy dawki promieniowania X rozproszonego przez beton lub cegłę  $C2$  dokonując odpowiedniego przeliczenia dla stali zgodnie z tabelą 11.
- k) Dopuszczalne dawki przyjęto na podstawie rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi.
- l) We wnioskach końcowych dokonano analizy równoważnika grubości ołowiu zaprojektowanych osłon stałych w odniesieniu do maksymalnych wartości grubości osłon z ołowiu przed promieniowaniem rozproszonym od tkanki oraz promieniowaniem rozproszonym od elementów zestawu rtg obliczonych dla poszczególnych osłon stałych.

## 7.2. PARAMETRY EKSPOZYCJI RTG

Parametr	Oznaczenie	Wartość	Jednostka
napięcie maksymalne	$U_{nom}$	90	kV
prąd maksymalny	$I_{nom}$	130	mA
czas procedury	$t_p$	30	min
		1800	s
długość impulsu	$t_{imp}$	8	ms
liczba impulsów na sekundę	pps	15	-
czas ekspozycji w trakcie procedury	$t_e$	216	s
liczba procedur tygodniowo	-	25	-
czas pracy źródła	$t_o$	90	min
		1,5	h
wymiary panelu cyfrowego		0,31 x 0,31	m
powierzchnia panelu cyfrowego	s	0,096	m <sup>2</sup>
SID	f	1,15	m

## 7.3. WSPÓŁCZYNNIKI PRAWDOPODOBIENSTWA PRZEBYWANIA LUDZI – T ORAZ DOPUSZCZALNE DAWKI TYGODNIOWE ZA OSŁONAMI - D

osłona	opis pomieszczenia za osłoną	nr na rysunku	T	D [μGy]
1-2	Sterownia 2 wejście	01.BLO.25.2	0,25	4,35
1-2	Sala operacyjna	01.BLO.32	1	4,35
2-3	Korytarz	01.BLO.02	0,25	8,7
3-4	Magazyn brudnej pościeli	01.BLO.30	0,05	8,7
3-4	Korytarz	01.BLO.02	0,25	8,7
4-5	Przygotowanie lekarzy	01.BLO.29	0,25	8,7
5-6	Pomieszczenie techniczne	01.BLO.28	0,05	4,35
5-6	Sala hybrydowa	01.BLO.26	1	8,7
6-1	Sterownia 2	01.BLO.25.2	1	52,2
SD	Korytarz	00.APT.01	1	8,7
	Zmywalnia	00.APT.22		
	Pokój socjalny	00.APT.23		
	M.lek.b.kl	00.APT.24		
	Archiwum	00.APT.25		
SG	Korytarz	02.KAR.04	0,25	8,7
	Sala 2-osobowa	02.KAR.36		
	Sala 2-osobowa	02.KAR.39		

#### 7.4. CZAS NARAŻENIA

osłona	$t_0$		$T$	$U$	$t$	
	min	h			min	h
1-2	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
1-2	90	1,5	1	1	90	1,5
2-3	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
2-3	90	1,5	0,05	1	4,5	0,075
3-4	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
3-4	90	1,5	0,25		22,5	0,375
4-5	90	1,5	0,05	1	4,5	0,075
5-6	90	1,5	0,05	1	4,5	0,075
5-6	90	1,5	1	1	90	1,5
6-1	90	1,5	1	1	90	1,5
SD	90	1,5	1	1	90	1,5
SG	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375

#### 7.5. WYNIKI OBLICZEŃ WYMAGANEJ GRUBOŚCI OSŁON STAŁYCH

##### 7.5.1. GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROM. X ROZPROSZONYM OD TKANKI bez uwzględniania promieniowania ubocznego

osłona	odległość przedmiotu rozpraszającego od osłony	zredukowana moc dawki $C_1$	odczytana grubość osłony z ołowiu
	m	$\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	mm Pb
1-2	4,5	1,8	1,4
1-2	6,0	0,8	1,8
2-3	6,0	6,4	0,9
3-4	3,9	13,6	0,7
3-4	6,6	7,8	0,8
4-5	4,1	3,0	1,2
5-6	2,9	3,8	1,0
5-6	5,0	1,1	1,6
6-1	3,6	3,5	1,2
SD	1,7	0,1	2,0
SG	2,7	1,3	1,5

Obliczeń oraz odczytów dokonano dla napięcia 100 kV

**7.5.2. GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROM. X ROZPROSZONYM  
OD DETEKTORA OBRAZOWEGO**

bez uwzględniania promieniowania ubocznego

osłona	odległość przedmiotu rozpraszającego od osłony	zredukowana moc dawki C2	odczytana grubość osłony z ołowiu	przeliczona grubość osłony z ołowiu
	m	$\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	mm Pb	mm Pb
1-2	4,5	33	1,0	0,7
1-2	6,0	15	1,3	0,8
2-3	6,0	117	0,6	0,4
3-4	3,9	247	0,4	0,3
3-4	6,6	142	0,6	0,4
4-5	4,1	55	0,8	0,5
5-6	2,9	68	0,8	0,5
5-6	5,0	20	1,2	0,8
6-1	3,6	63	0,8	0,5
SD	1,7	2	1,8	1,2
SG	2,7	24	1,1	0,7

### 7.5.3. GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROMIENIOWANIEM UBOCZNYM

Do obliczeń przyjęto wartość mocy dawki promieniowania ubocznego  $\dot{D}_u = 0,4 \text{ mGy/h} = 400 \text{ }\mu\text{Gy/h}$

osłona	$\dot{D}_u$	t	$D_u$	$D_{ul}$	r	k	$D_{uo}$	$D_d$	$D_{uo}/D_d$
	$\mu\text{Gy/h}$	h	$\mu\text{Gy}$	$\mu\text{Gy}$	mm Pb	-	$\mu\text{Gy}$	$\mu\text{Gy}$	%
1-2	400	0,375	150	7,4	1,4	1400	0,0053	4,35	0,12
1-2	400	1,5	600	16,7	1,8	4000	0,0042	4,35	0,10
2-3	400	0,375	150	4,2	0,9	270	0,0154	8,7	0,18
3-4	400	0,075	30	2,0	0,7	150	0,0131	8,7	0,15
3-4	400	0,375	150	3,4	0,8	200	0,0172	8,7	0,20
4-5	400	0,375	150	8,9	1,2	650	0,0137	8,7	0,16
5-6	400	0,075	30	3,6	1,0	350	0,0102	4,35	0,23
5-6	400	1,5	600	24,0	1,6	2300	0,0104	8,7	0,12
6-1	400	1,5	600	46,3	1,2	650	0,0712	52,2	0,14
SD	400	1,5	600	207,6	2,0	6500	0,0319	8,7	0,37
SG	400	0,375	150	20,6	1,5	1800	0,0114	8,7	0,13

$\dot{D}_u$  - przyjęta wartość mocy dawki promieniowania ubocznego

t - czas narażenia

$D_u$  - dawka promieniowania ubocznego

$D_{ul}$  - dawka promieniowania ubocznego w odległości l

r - równoważnik ołowiu osłony

k - krotność osłabienia osłony

$D_{uo}$  - dawka promieniowania ubocznego za osłoną

$D_d$  - dopuszczalna tygodniowa dawka promieniowania za osłoną

$D_{uo}/D_d$  - dawka promieniowania ubocznego wyrażona jako procent dopuszczalnej dawki za osłoną

Z obliczeń wynika, że dawka tygodniowa promieniowania ubocznego, wyznaczona za osłonami przed promieniowaniem rozproszonym, jest mniejsza niż 10 % dawki tygodniowej.

Zgodnie z punktem 2.5.4. normy PN-86/J-80001 3 grubość osłon pozostaje bez zmiany.



#### 7.5.4. ZESTAWIENIE WYMAGANYCH GRUBOŚCI OSŁON Z OŁOWIU

osłona	obliczona grubość osłony		przyjęta wymagana grubość warstwy ołowiu dla osłony
	przed promieniowaniem rozproszonym od tkanki	przed promieniowaniem rozproszonym od detektora	
	mm Pb		
1-2	1,4	0,7	1,4
1-2	1,8	0,8	1,8
2-3	0,9	0,4	0,9
3-4	0,7	0,3	0,7
3-4	0,8	0,4	0,8
4-5	1,2	0,5	1,2
5-6	1,0	0,5	1,0
5-6	1,6	0,8	1,6
6-1	1,2	0,5	1,2
SD	2,0	1,2	2,0
SG	1,5	0,7	1,5

Przyjęta wymagana wartość grubości osłony w mm Pb jest największą obliczoną wartością dla danej osłony stałej uwzględniającą promieniowanie działające na daną osłonę - rozproszone od tkanki na stole. Jeżeli z nomogramów zamieszczonych w PN-86/J-80001 wynika, że grubość osłony jest  $< 0,1$  mm Pb, to zgodnie z zasadą ostrożności, przyjęto jako wymaganą grubość osłony wartość =  $0,1$  mm Pb.

#### 8. WNIOSKI I ZALECENIA

osłona	równoważnik ołowiu przegrody budowlanej	wymagana grubość osłony	minimalna grubość dodatkowej osłony
	mm Pb		
1-2	1,5	1,4	0
1-2*	3,5	1,8	0
2-3	2,0	0,9	0
3-4	2,0	0,7	0
3-4	2,0	0,8	0
4-5	2,0	1,2	0
5-6	1,5	1,0	0
5-6*	2,5	1,6	0
6-1	$>4$	1,2	0
SD	$>4$	2,0	0
SG	$>4$	1,5	0

Przyjęta wymagana wartość grubości osłony w mm Pb jest największą obliczoną wartością dla danej osłony stałej uwzględniającą promieniowanie działające na daną osłonę - rozproszone od tkanki na stole. Jeżeli z nomogramów zamieszczonych w PN-86/J-80001 wynika, że grubość osłony jest  $< 0,1$  mm Pb, to zgodnie z zasadą ostrożności, przyjęto jako wymaganą grubość osłony wartość =  $0,1$  mm Pb.

\* uwzględnia dodatkową osłonę przegrodę budowlaną pracowni sąsiadującej

#### 8.1. ZESTAWIENIE MINIMALNEJ GRUBOŚCI DODATKOWYCH OSŁON DLA DRZWI

D1, D2, D3 – drzwi systemowe z warstwą **blachy ołowiowej o grubości 2,0 mm**.

O1 - okno podglądowe o równoważniku min. **2,0 mm Pb dla 100 kV**.

#### 9. ZNAKI I OŚWIETLENIE OSTRZEGAWCZE

Na drzwiach wejściowych należy umieścić znak ostrzegawczy przed promieniowaniem jonizującym zgodny ze wzorem załącznika nr 1 Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dn. 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi [Dz. U. z 2006 r. Nr 180, poz. 1325].

Sala hybrydowa wyposażona jest w ostrzegawczą sygnalizację świetlną umieszczoną nad drzwiami do gabinetu, włączaną równocześnie z zasilaniem generatora zgodnie z wymaganiami oraz w sygnalizację świetlną umieszczoną nad drzwiami informującą o występowaniu promieniowania.

### **1.3. SALA OPERACYJNA , POMIESZCZENIE NR 01.BLO.32**

(PUSTA STRONA)

## **1. CEL PROJEKTU**

Celem sporządzenia projektu jest obliczenie wymaganej grubości osłon stałych przed promieniowaniem rtg dla angiografu jednopłaszczyznowego w pomieszczeniu 01.BLO.32.

## **2. DOKUMENTY BĘDĄCE PODSTAWĄ PROJEKTU**

1. Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (tekst jednolity Dz.U. 2019 poz. 1792).
2. Obwieszczenie Ministra Zdrowia z dnia 3 kwietnia 2017 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej (Dz. U. z 2017 r. poz. 884).
3. 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).
4. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. z 2005 r. nr 20 poz. 168).
5. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 czerwca 2015 r. w sprawie dokumentów wymaganych przy składaniu wniosku 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).
6. Polska Norma PN-86/J-80001 - Obliczenia osłon stałych.
7. NCRP Report No. 147 „Structural shielding design for medical X-ray imaging facilities”
8. Projekt budowlany wykonawczy.

## **3. PARAMETRY POMIESZCZENIA**

Zgodnie z § 5. 1. rozp. Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. Nr 180 poz.1325) powierzchnia pomieszczenia, w którym jest zainstalowany aparat rentgenowski do radiologii zabiegowej nie może być mniejsza niż 20 m<sup>2</sup>. Wysokość gabinetu nie może być mniejsza niż 2,5 m.

Powierzchnia Gabinetu wynosi 50,43 m<sup>2</sup>, a jej wysokość (mierzona między stropami) wynosi 3,6 m. Wymiary pomieszczenia są więc wystarczające dla zainstalowania aparatu rtg do radiologii zabiegowej.

## **4. METODYKA OBLICZEŃ WYMAGANEJ GRUBOŚCI OSŁON STAŁYCH**

Obliczenia wymaganej grubości osłon stałych wykonano na podstawie Polskiej Normy PN-86/J-80001 (wydanie 3 z 1992 r.) „Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Obliczanie osłon stałych.” oraz raportu numer 147 National Council on Radiation Protection and Measurements pt. “Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities”.

Do obliczeń przyjęto wartości dawek granicznych podane w § 2.1 i § 3. 1. rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. Nr 180 poz.1325).

Zgodnie z Ustawą Prawo Atomowe, Kierownik Jednostki Organizacyjnej, w tym przypadku Instytutu Kardiologii w Aninie, odpowiedzialny jest za sprawdzenie zaproponowanych parametrów, aby zapewnić ich prawidłowe użycie. Parametry, takie jak wielkość ekspozycji, tygodniowe obciążenie robocze, tygodniowe ilość procedur, maksymalne obciążenie czasowo prądowe itd. zostały opracowane na podstawie zaleceń z Polskiej normy „PN-86/J-80001 - Obliczenia osłon stałych”, raportu NCRP No. 147 oraz parametrów uwzględniających specyfikację pracy jednostki. Jednostka organizacyjna powinna zweryfikować parametry zastosowane do obliczeń osłon przed promieniowaniem jonizującym, ich zgodność z regulacjami prawnymi oraz swoimi zaleceniami. Jednostka organizacyjna odpowiedzialna jest za zapewnienie, że użyte parametry zostały przeanalizowane i zaakceptowane przez wszystkie strony.

## 5. KONSTRUKCJA ISTNIEJĄCYCH PRZEGRÓD BUDOWLANYCH

Oznaczenie na rysunku	Opis i konstrukcja przegrody	Równoważnik ołowiu dla 100 kV
1-2	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 1,5 mm	1,5 mm
2-3	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
3-4	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
4-5	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
5-6	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
6-1	Ściana żelbetowa 25 cm	>4 mm
SD	strop dolny płyta żelbetowa 28 cm, szlichta betonowa 7 cm,	>5 mm
SG	strop górny płyta żelbetowa 28 cm, szlichta betonowa 7 cm,	>5 mm

## 6. PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE APARATU RTG

Typ	Jednopłaszczyznowy angiograf rtg	
parametr	jednostka	wartość
Zakres napięcia anodowego	kV	50 - 125
zakres prądu anodowego w trybie fluoroskopii	mA	130
szerokość impulsu	ms	do 20 przy 15 fps
liczba pulsów w czasie 1 s	puls/s	3,75 / 7,5 / 15/ 30
Lampa		
Filtracja zewnętrzna	mm Cu	0,1 / 0,2 / 0,3
Ogniska wg normy IEC 60336	-	0,3 / 0,6 / 1,0
Promieniowanie uboczne w odległości 1 m dla 100 kV	mGy/h	< 0,4
Typ anody	wirująca	
Ramię C		
SID	cm	115
Detektor obrazowy		
typ	Amorficzna krzemowa matryca fotodiodowa na podłożu ciągłym	
rozmiar	cm	31 x 31

## 7. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

### 7.1. ZAŁOŻENIA PRZYJĘTE DO OBLICZEŃ

- a) Przyjęto na podstawie danych przykładowego producenta danego typu aparatów rtg, że wiązka pierwotna będzie całkowicie pochłaniana w płaskim panelu cyfrowym, a na osłony stałe oddziaływać będzie promieniowanie rozproszone od tkanki pacjenta oraz promieniowanie rozproszone od płaskiego detektora obrazowego.
- b) Do obliczeń przyjęto jako nominalne parametry:  $U = 90 \text{ kV}$ ,  $I = 130 \text{ mA}$ , czas procedury  $t = 30 \text{ min}$ .
- c) Uwzględniono jednocześnie długość trwania impulsu równą  $8 \text{ ms}$  oraz maksymalną liczbę  $15$  impulsów w czasie  $1 \text{ s}$  w trybie fluoroskopii pulsacyjnej DSA.
- d) Wartość współczynnika  $U$ , z uwagi na brak innych wskazań, przyjęto na podstawie Polskiej Normy PN-86/J-80001 (wydanie 3 z 1992 r.) „Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Obliczanie osłon stałych.”
- e) Wartość współczynnika  $T$ , rozumianego jako prawdopodobieństwo przebywania osób najczęściej przebywających za osłoną tj. personelu medycznego, na poziomie  $0,25$  dla obliczeń wymaganej osłonności dla stropu nad rozpatrywanymi pomieszczeniami sal operacyjnych, została przyjęta na podstawie informacji przekazanych przez inwestora. Poprawność przyjęcia takiej wartości potwierdza raport NCRP nr 147, w którym dla pokoi pacjentów przyjmuje się  $T=0,2$ .
- f) Odczytów z nomogramów zamieszczonych w Polskiej Normie PN-86/J-80001 (wydanie 3 z 1992 r.) „Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Obliczanie osłon stałych.” dokonano dla napięcia  $100 \text{ kV}$ , co jest wystarczającym przybliżeniem dla założonych wartości napięcia anodowego aparatu rtg.
- g) Wymagane grubości ołowiu dla zredukowanej mocy dawki  $C1$  oraz  $C2$  odczytano dla napięcia  $100 \text{ kV}$ , co jest wystarczającym założeniem dla wartości napięcia anodowego.
- h) Analizy wielkości promieniowania ubocznego dokonano na podstawie wartości dawki podawanej przez producenta lampy rtg.
- i) Wielkość dopuszczalnej dawki tygodniowej przyjęto zgodnie z punktem 2.7 normy
  - PN-86/J-80001 - Obliczenia osłon stałych przyjmując założenie, że dawka tygodniowa jaką może otrzymać osoba przebywająca w miejscu osłanianym nie może przekraczać dawki dopuszczalnej określonej w przepisach.
- j) Wymaganą grubość osłon stałych przed promieniowaniem rtg rozproszonym przez płaski panel cyfrowy odczytano z diagramów zamieszczonych w PN-86/J-80001 dla przyjętego napięcia oraz obliczonej zredukowanej mocy dawki promieniowania X rozproszonego przez beton lub cegłę  $C2$  dokonując odpowiedniego przeliczenia dla stali zgodnie z tabelą 11.
- k) Dopuszczalne dawki przyjęto na podstawie rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi.
- l) We wnioskach końcowych dokonano analizy równoważnika grubości ołowiu zaprojektowanych osłon stałych w odniesieniu do maksymalnych wartości grubości osłon z ołowiu przed promieniowaniem rozproszonym od tkanki oraz promieniowaniem rozproszonym od elementów zestawu rtg obliczonych dla poszczególnych osłon stałych.



## 7.2. PARAMETRY EKSPOZYCJI RTG

Parametr	Oznaczenie	Wartość	Jednostka
napięcie maksymalne	$U_{nom}$	90	kV
prąd maksymalny	$I_{nom}$	130	mA
czas procedury	$t_p$	30	min
		1800	s
długość impulsu	$t_{imp}$	8	ms
liczba impulsów na sekundę	pps	15	-
czas ekspozycji w trakcie procedury	$t_e$	216	s
liczba procedur tygodniowo	-	25	-
czas pracy źródła	$t_o$	90	min
		1,5	h
wymiary panelu cyfrowego		0,31 x 0,31	m
powierzchnia panelu cyfrowego	s	0,096	m <sup>2</sup>
SID	f	1,15	m

## 7.3. WSPÓŁCZYNNIKI PRAWDOPODOBIENSTWA PRZEBYWANIA LUDZI – T ORAZ DOPUSZCZALNE DAWKI TYGODNIOWE ZA OSŁONAMI - D

osłona	opis pomieszczenia za osłoną	nr na rysunku	T	D [μGy]
1-2	Pomieszczenie techniczne	01.BLO.35	0,05	4,35
1-2	Sala fizjoterapii	01.BLO.37	1	4,35
2-3	Przygotowanie lekarzy	01.BLO.34	0,25	8,7
3-4	Magazyn bielizny	01.BLO.33	0,05	8,7
3-4	Komunikacja	01.BLO.09	0,25	8,7
4-5	Korytarz	01.BLO.02	0,25	8,7
5-6	Sterownia 2 wejście	01.BLO.25.2	0,25	4,35
5-6	Sala operacyjna	01.BLO.31	1	4,35
6-1	Sterownia 3	01.BLO.25.3	1	52,2
SD	Korytarz Pokój kier.-apt Pokój adm.-szk. Pokój adm.-przyj. Kom. Przyjęć	00.APT.01 00.APT.26 00.APT.27 00.APT.28 00.APT.29	1	8,7
SG	Korytarz Sala 2-osobowa Sala 2-osobowa Sala 2-osobowa	02.KAR.04 02.KAR.40 02.KAR.43 02.KAR.44	0,25	8,7

#### 7.4. CZAS NARAŻENIA

osłona	$t_0$		$T$	$U$	$t$	
	min	h			min	h
1-2	90	1,5	0,05	1	4,5	0,075
1-2	90	1,5	1	1	90	1,5
2-3	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
3-4	90	1,5	0,05	1	4,5	0,075
3-4	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
4-5	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
5-6	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
5-6	90	1,5	1	1	90	1,5
6-1	90	1,5	1	1	90	1,5
SD	90	1,5	1	1	90	1,5
SG	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375

#### 7.5. WYNIKI OBLICZEŃ WYMAGANEJ GRUBOŚCI OSŁON STAŁYCH

##### 7.5.1. GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROM. X ROZPROSZONYM OD TKANKI bez uwzględniania promieniowania ubocznego

osłona	odległość przedmiotu rozpraszającego od osłony	zredukowana moc dawki $C_1$	odczytana grubość osłony z ołowiu
	m	$\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	mm Pb
1-2	3,5	5,5	1,0
1-2	5,5	0,7	1,8
2-3	4,7	3,9	1,0
3-4	4,4	17,3	0,6
3-4	7,0	8,7	0,8
4-5	6,3	7,1	0,8
5-6	4,1	1,5	1,5
5-6	5,7	0,7	1,8
6-1	3,2	2,7	1,2
SD	1,7	0,1	2,0
SG	2,7	1,3	1,5

Obliczeń oraz odczytów dokonano dla napięcia 100 kV

**7.5.2. GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROM. X ROZPROSZONYM  
OD DETEKTORA OBRAZOWEGO**

bez uwzględniania promieniowania ubocznego

osłona	odległość przedmiotu rozpraszającego od osłony	zredukowana moc dawki C2	odczytana grubość osłony z ołowiu	przeliczona grubość osłony z ołowiu
	m	$\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	mm Pb	mm Pb
1-2	3,5	100	0,6	0,4
1-2	5,5	12	1,3	0,8
2-3	4,7	72	0,8	0,5
3-4	4,4	315	0,3	0,2
3-4	7,0	159	0,5	0,3
4-5	6,3	129	0,6	0,4
5-6	4,1	27	1,1	0,7
5-6	5,7	13	1,3	0,8
6-1	3,2	50	0,8	0,5
SD	1,7	2	1,8	1,2
SG	2,7	24	1,1	0,7

### 7.5.3. GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROMIENIOWANIEM UBOCZNYM

Do obliczeń przyjęto wartość mocy dawki promieniowania ubocznego  $\dot{D}_u = 0,4 \text{ mGy/h} = 400 \text{ }\mu\text{Gy/h}$

osłona	$\dot{D}_u$	t	$D_u$	$D_{ul}$	r	k	$D_{uo}$	$D_d$	$D_{uo}/D_d$
	$\mu\text{Gy/h}$	h	$\mu\text{Gy}$	$\mu\text{Gy}$	mm Pb	-	$\mu\text{Gy}$	$\mu\text{Gy}$	%
1-2	400	0,075	30	2,4	1,0	350	0,0070	4,35	0,16
1-2	400	1,5	600	19,8	1,8	4000	0,0050	4,35	0,11
2-3	400	0,375	150	6,8	1,0	350	0,0194	8,7	0,22
3-4	400	0,075	30	1,5	0,6	100	0,0155	8,7	0,18
3-4	400	0,375	150	3,1	0,8	200	0,0153	8,7	0,18
4-5	400	0,375	150	3,8	0,8	200	0,0189	8,7	0,22
5-6	400	0,375	150	8,9	1,5	1800	0,0050	4,35	0,11
5-6	400	1,5	600	18,5	1,8	4000	0,0046	4,35	0,11
6-1	400	1,5	600	58,6	1,2	650	0,0901	52,2	0,17
SD	400	1,5	600	207,6	2,0	6500	0,0319	8,7	0,37
SG	400	0,375	150	20,6	1,5	1800	0,0114	8,7	0,13

$\dot{D}_u$  - przyjęta wartość mocy dawki promieniowania ubocznego

t - czas narażenia

$D_u$  - dawka promieniowania ubocznego

$D_{ul}$  - dawka promieniowania ubocznego w odległości l

r - równoważnik ołowiu osłony

k - krotność osłabienia osłony

$D_{uo}$  - dawka promieniowania ubocznego za osłoną

$D_d$  - dopuszczalna tygodniowa dawka promieniowania za osłoną

$D_{uo}/D_d$  - dawka promieniowania ubocznego wyrażona jako procent dopuszczalnej dawki za osłoną

Z obliczeń wynika, że dawka tygodniowa promieniowania ubocznego, wyznaczona za osłonami przed promieniowaniem rozproszonym, jest mniejsza niż 10 % dawki tygodniowej.

Zgodnie z punktem 2.5.4. normy PN-86/J-80001 3 grubość osłon pozostaje bez zmiany.

#### 7.5.4. ZESTAWIENIE WYMAGANYCH GRUBOŚCI OSŁON Z OŁOWIU

osłona	obliczona grubość osłony		przyjęta wymagana grubość warstwy ołowiu dla osłony
	przed promieniowaniem rozproszonym od tkanki	przed promieniowaniem rozproszonym od detektora	
	mm Pb		
1-2	1,0	0,4	1,0
1-2	1,8	0,8	1,8
2-3	1,0	0,5	1,0
3-4	0,6	0,2	0,6
3-4	0,8	0,3	0,8
4-5	0,8	0,4	0,8
5-6	1,5	0,7	1,5
5-6	1,8	0,8	1,8
6-1	1,2	0,5	1,2
SD	2,0	1,2	2,0
SG	1,5	0,7	1,5

Przyjęta wymagana wartość grubości osłony w mm Pb jest największą obliczoną wartością dla danej osłony stałej uwzględniającą promieniowanie działające na daną osłonę - rozproszone od tkanki na stole. Jeżeli z nomogramów zamieszczonych w PN-86/J-80001 wynika, że grubość osłony jest  $< 0,1$  mm Pb, to zgodnie z zasadą ostrożności, przyjęto jako wymaganą grubość osłony wartość =  $0,1$  mm Pb.

#### 8. WNIOSKI I ZALECENIA

osłona	równoważnik ołowiu przegrody budowlanej	wymagana grubość osłony	minimalna grubość dodatkowej osłony
	mm Pb		
1-2	1,5	1,0	0
1-2	3,0*	1,8	0
2-3	2,0	1,0	0
3-4	2,0	0,6	0
3-4	2,0	0,8	0
4-5	2,0	0,8	0
5-6	2,0	1,5	0
5-6	3,5*	1,8	0
6-1	$>4$	1,2	0
SD	$>4$	2,0	0
SG	$>4$	1,5	0

Przyjęta wymagana wartość grubości osłony w mm Pb jest największą obliczoną wartością dla danej osłony stałej uwzględniającą promieniowanie działające na daną osłonę - rozproszone od tkanki na stole. Jeżeli z nomogramów zamieszczonych w PN-86/J-80001 wynika, że grubość osłony jest  $< 0,1$  mm Pb, to zgodnie z zasadą ostrożności, przyjęto jako wymaganą grubość osłony wartość =  $0,1$  mm Pb.

\* uwzględnia dodatkową osłonę przegrodę budowlaną pracowni sąsiadującej

### 8.1. ZESTAWIENIE MINIMALNEJ GRUBOŚCI DODATKOWYCH OSŁON DLA DRZWI

D1, D2, D3 – drzwi systemowe z warstwą **blachy ołowiowej o grubości 2,0 mm**.

O1 - okno podglądowe o równoważniku min. **2,0 mm Pb dla 100 kV**.

## 9. ZNAKI I OŚWIETLENIE OSTRZEGAWCZE

Na drzwiach wejściowych należy umieścić znak ostrzegawczy przed promieniowaniem jonizującym zgodny ze wzorem załącznika nr 1 Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dn. 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi [Dz. U. z 2006 r. Nr 180, poz. 1325].

Sala hybrydowa wyposażona jest w ostrzegawczą sygnalizację świetlną umieszczoną nad drzwiami do gabinetu, włączaną równocześnie z zasilaniem generatora zgodnie z wymaganiami oraz w sygnalizację świetlną umieszczoną nad drzwiami informującą o występowaniu promieniowania.

#### **1.4. SALA FIZJOTERAPII , POMIESZCZENIE NR 01.BLO.37**

(PUSTA STRONA)



## **1. CEL PROJEKTU**

Celem sporządzenia projektu jest obliczenie wymaganej grubości osłon stałych przed promieniowaniem rtg dla angiografu jednopłaszczyznowego w pomieszczeniu 01.BLO.37.

## **2. DOKUMENTY BĘDĄCE PODSTAWĄ PROJEKTU**

1. Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (tekst jednolity Dz.U. 2019 poz. 1792).
2. Obwieszczenie Ministra Zdrowia z dnia 3 kwietnia 2017 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej (Dz. U. z 2017 r. poz. 884).
3. 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).
4. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. z 2005 r. nr 20 poz. 168).
5. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 czerwca 2015 r. w sprawie dokumentów wymaganych przy składaniu wniosku 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).
6. Polska Norma PN-86/J-80001 - Obliczenia osłon stałych.
7. NCRP Report No. 147 „Structural shielding design for medical X-ray imaging facilities”
8. Projekt budowlany wykonawczy.

## **3. PARAMETRY POMIESZCZENIA**

Zgodnie z § 5. 1. rozp. Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. Nr 180 poz.1325) powierzchnia pomieszczenia, w którym jest zainstalowany aparat rentgenowski do radiologii zabiegowej nie może być mniejsza niż 20 m<sup>2</sup>. Wysokość gabinetu nie może być mniejsza niż 2,5 m.

Powierzchnia Gabinetu wynosi 54,65 m<sup>2</sup>, a jej wysokość (mierzona między stropami) wynosi 3,6 m. Wymiary pomieszczenia są więc wystarczające dla zainstalowania aparatu rtg do radiologii zabiegowej.

## **4. METODYKA OBLICZEŃ WYMAGANEJ GRUBOŚCI OSŁON STAŁYCH**

Obliczenia wymaganej grubości osłon stałych wykonano na podstawie Polskiej Normy PN-86/J-80001 (wydanie 3 z 1992 r.) „Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Obliczanie osłon stałych.” oraz raportu numer 147 National Council on Radiation Protection and Measurements pt. “Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities”.

Do obliczeń przyjęto wartości dawek granicznych podane w § 2.1 i § 3. 1. rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. Nr 180 poz.1325).

Zgodnie z Ustawą Prawo Atomowe, Kierownik Jednostki Organizacyjnej, w tym przypadku Instytutu Kardiologii w Aninie, odpowiedzialny jest za sprawdzenie zaproponowanych parametrów, aby zapewnić ich prawidłowe użycie. Parametry, takie jak wielkość ekspozycji, tygodniowe obciążenie robocze, tygodniowe ilość procedur, maksymalne obciążenie czasowo prądowe itd. zostały opracowane na podstawie zaleceń z Polskiej normy „PN-86/J-80001 - Obliczenia osłon stałych”, raportu NCRP No. 147 oraz parametrów uwzględniających specyfikację pracy jednostki. Jednostka organizacyjna powinna zweryfikować parametry zastosowane do obliczeń osłon przed promieniowaniem jonizującym, ich zgodność z regulacjami prawnymi oraz swoimi zaleceniami. Jednostka organizacyjna odpowiedzialna jest za zapewnienie, że użyte parametry zostały przeanalizowane i zaakceptowane przez wszystkie strony.

## 5. KONSTRUKCJA ISTNIEJĄCYCH PRZEGRÓD BUDOWLANYCH

Oznaczenie na rysunku	Opis i konstrukcja przegrody	Równoważnik ołowiu dla 100 kV
1-2	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
2-3	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
3-4	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
4-5	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
5-6	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
6-1	Ściana żelbetowa 25 cm	>4 mm
SD	strop dolny płyta żelbetowa 28 cm, szlichta betonowa 7 cm,	>5 mm
SG	strop górny płyta żelbetowa 28 cm, szlichta betonowa 7 cm,	>5 mm

## 6. PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE APARATU RTG

Typ	Jednopłaszczyznowy angiograf rtg	
parametr	jednostka	wartość
Zakres napięcia anodowego	kV	50 - 125
zakres prądu anodowego w trybie fluoroskopii	mA	130
szerokość impulsu	ms	do 20 przy 15 fps
liczba pulsów w czasie 1 s	puls/s	3,75 / 7,5 / 15/ 30
Lampa		
Filtracja zewnętrzna	mm Cu	0,1 / 0,2 / 0,3
Ogniska wg normy IEC 60336	-	0,3 / 0,6 / 1,0
Promieniowanie uboczne w odległości 1 m dla 100 kV	mGy/h	< 0,4
Typ anody	wirująca	
Ramię C		
SID	cm	115
Detektor obrazowy		
typ	Amorficzna krzemowa matryca fotodiodowa na podłożu ciągłym	
rozmiar	cm	31 x 31

## 7. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

### 7.1. ZAŁOŻENIA PRZYJĘTE DO OBLICZEŃ

- a) Przyjęto na podstawie danych przykładowego producenta danego typu aparatów rtg, że wiązka pierwotna będzie całkowicie pochłaniana w płaskim panelu cyfrowym, a na osłony stałe oddziaływać będzie promieniowanie rozproszone od tkanki pacjenta oraz promieniowanie rozproszone od płaskiego detektora obrazowego.
- b) Do obliczeń przyjęto jako nominalne parametry:  $U = 90 \text{ kV}$ ,  $I = 130 \text{ mA}$ , czas procedury  $t = 30 \text{ min}$ .
- c) Uwzględniono jednocześnie długość trwania impulsu równą  $8 \text{ ms}$  oraz maksymalną liczbę  $15$  impulsów w czasie  $1 \text{ s}$  w trybie fluoroskopii pulsacyjnej DSA.
- d) Wartość współczynnika  $U$ , z uwagi na brak innych wskazań, przyjęto na podstawie Polskiej Normy PN-86/J-80001 (wydanie 3 z 1992 r.) „Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Obliczanie osłon stałych.”
- e) Wartość współczynnika  $T$ , rozumianego jako prawdopodobieństwo przebywania osób najczęściej przebywających za osłoną tj. personelu medycznego, na poziomie  $0,25$  dla obliczeń wymaganej osłonności dla stropu nad rozpatrywanymi pomieszczeniami sal operacyjnych, została przyjęta na podstawie informacji przekazanych przez inwestora. Poprawność przyjęcia takiej wartości potwierdza raport NCRP nr 147, w którym dla pokoi pacjentów przyjmuje się  $T=0,2$ .
- f) Odczytów z nomogramów zamieszczonych w Polskiej Normie PN-86/J-80001 (wydanie 3 z 1992 r.) „Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Obliczanie osłon stałych.” dokonano dla napięcia  $100 \text{ kV}$ , co jest wystarczającym przybliżeniem dla założonych wartości napięcia anodowego aparatu rtg.
- g) Wymagane grubości ołowiu dla zredukowanej mocy dawki  $C1$  oraz  $C2$  odczytano dla napięcia  $100 \text{ kV}$ , co jest wystarczającym założeniem dla wartości napięcia anodowego.
- h) Analizy wielkości promieniowania ubocznego dokonano na podstawie wartości dawki podawanej przez producenta lampy rtg.
- i) Wielkość dopuszczalnej dawki tygodniowej przyjęto zgodnie z punktem 2.7 normy
  - PN-86/J-80001 - Obliczenia osłon stałych przyjmując założenie, że dawka tygodniowa jaką może otrzymać osoba przebywająca w miejscu osłanianym nie może przekraczać dawki dopuszczalnej określonej w przepisach.
- j) Wymaganą grubość osłon stałych przed promieniowaniem rtg rozproszonym przez płaski panel cyfrowy odczytano z diagramów zamieszczonych w PN-86/J-80001 dla przyjętego napięcia oraz obliczonej zredukowanej mocy dawki promieniowania X rozproszonego przez beton lub cegłę  $C2$  dokonując odpowiedniego przeliczenia dla stali zgodnie z tabelą 11.
- k) Dopuszczalne dawki przyjęto na podstawie rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi.
- l) We wnioskach końcowych dokonano analizy równoważnika grubości ołowiu zaprojektowanych osłon stałych w odniesieniu do maksymalnych wartości grubości osłon z ołowiu przed promieniowaniem rozproszonym od tkanki oraz promieniowaniem rozproszonym od elementów zestawu rtg obliczonych dla poszczególnych osłon stałych.

## 7.2. PARAMETRY EKSPOZYCJI RTG

Parametr	Oznaczenie	Wartość	Jednostka
napięcie maksymalne	$U_{nom}$	90	kV
prąd maksymalny	$I_{nom}$	130	mA
czas procedury	$t_p$	30	min
		1800	s
długość impulsu	$t_{imp}$	8	ms
liczba impulsów na sekundę	pps	15	-
czas ekspozycji w trakcie procedury	$t_e$	216	s
liczba procedur tygodniowo	-	25	-
czas pracy źródła	$t_o$	90	min
		1,5	h
wymiary panelu cyfrowego		0,31 x 0,31	m
powierzchnia panelu cyfrowego	s	0,096	m <sup>2</sup>
SID	f	1,15	m

## 7.3. WSPÓŁCZYNNIKI PRAWDOPODOBIENSTWA PRZEBYWANIA LUDZI – T ORAZ DOPUSZCZALNE DAWKI TYGODNIOWE ZA OSŁONAMI - D

osłona	opis pomieszczenia za osłoną	nr na rysunku	T	D [μGy]
1-2	Komunikacja	01.BLO.41	0,25	8,7
1-2	Sekretariat	01.BLO.40	1	8,7
2-3	Śluza	01.BLO.01	0,25	8,7
3-4	Komunikacja	01.BLO.09	0,25	8,7
4-5	Przygotowanie lekarzy	01.BLO.36	0,25	8,7
5-6	Serwerownia	01.BLO.35	0,05	4,35
5-6	Sala operacyjna	01.BLO.32	1	4,35
6-1	Sterownia 4	01.BLO.25.4	1	52,2
SD	Korytarz Kom. Przyjęć Wiatrołap Ekspedycja	00.APT.01 00.APT.29 00.APT.30 00.APT.31	1	8,7
SG	Korytarz Sala 2-osobowa Sala 2-osobowa Sala 2-osobowa	02.KAR.04 02.KAR.44 02.KAR.47 02.KAR.48	0,25	8,7

#### 7.4. CZAS NARAŻENIA

osłona	$t_0$		$T$	$U$	$t$	
	min	h			min	h
1-2	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
1-2	90	1,5	1	1	90,0	1,500
2-3	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
3-4	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
4-5	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
5-6	90	1,5	0,05	1	4,5	0,075
5-6	90	1,5	1	1	90,0	1,500
6-1	90	1,5	1	1	90,0	1,500
SD	90	1,5	1	1	90,0	1,500
SG	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375

#### 7.5. WYNIKI OBLICZEŃ WYMAGANEJ GRUBOŚCI OSŁON STAŁYCH

##### 7.5.1. GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROM. X ROZPROSZONYM OD TKANKI bez uwzględniania promieniowania ubocznego

osłona	odległość przedmiotu rozpraszającego od osłony	zredukowana moc dawki $C_1$	odczytana grubość osłony z ołowiu
	m	$\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	mm Pb
1-2	4,3	3,30	1,0
1-2	6,7	2,00	1,2
2-3	4,3	3,30	1,0
3-4	5,4	5,20	0,9
4-5	4,5	3,60	1,0
5-6	3,9	6,80	0,8
5-6	6,0	0,80	1,7
6-1	3,6	3,50	1,0
SD	1,7	0,10	2,0
SG	2,7	1,30	1,6

Obliczeń oraz odczytów dokonano dla napięcia 100 kV

**7.5.2. GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROM. X ROZPROSZONYM  
OD DETEKTORA OBRAZOWEGO**

bez uwzględniania promieniowania ubocznego

osłona	odległość przedmiotu rozpraszającego od osłony	zredukowana moc dawki C2	odczytana grubość osłony z ołowiu	przeliczona grubość osłony z ołowiu
	m	$\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	mm Pb	mm Pb
1-2	4,3	45,50	0,9	0,6
1-2	6,7	27,60	1,0	0,7
2-3	4,3	45,50	0,9	0,6
3-4	5,4	71,70	0,8	0,5
4-5	4,5	49,80	0,8	0,5
5-6	3,9	93,50	0,7	0,5
5-6	6,0	11,10	1,3	0,8
6-1	3,6	47,80	0,8	0,5
SD	1,7	1,80	1,9	1,2
SG	2,7	17,90	1,1	0,7

### 7.5.3. GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROMIENIOWANIEM UBOCZNYM

Do obliczeń przyjęto wartość mocy dawki promieniowania ubocznego  $\dot{D}_u = 0,4 \text{ mGy/h} = 400 \text{ }\mu\text{Gy/h}$

osłona	$\dot{D}_u$	t	$D_u$	$D_{ul}$	r	k	$D_{uo}$	$D_d$	$D_{uo}/D_d$
	$\mu\text{Gy/h}$	h	$\mu\text{Gy}$	$\mu\text{Gy}$	mm Pb	-	$\mu\text{Gy}$	$\mu\text{Gy}$	%
1-2	400	0,375	150	12,2	1,0	350	0,0231	8,70	<b>0,27%</b>
1-2	400	1,500	600	19,8	1,2	700	0,0191	8,70	<b>0,22%</b>
2-3	400	0,375	150	6,8	1,0	350	0,0231	8,70	<b>0,27%</b>
3-4	400	0,375	150	7,7	0,9	300	0,0170	8,70	<b>0,20%</b>
4-5	400	0,375	150	3,8	1,0	350	0,0211	8,70	<b>0,24%</b>
5-6	400	0,075	30	1,8	0,8	200	0,0100	4,35	<b>0,23%</b>
5-6	400	1,500	600	18,5	1,7	3500	0,0048	4,35	<b>0,11%</b>
6-1	400	1,500	600	58,6	1,0	350	0,1323	52,20	<b>0,25%</b>
SD	400	1,500	600	207,6	2,0	7000	0,0297	8,70	<b>0,34%</b>
SG	400	0,375	150	20,6	1,6	2500	0,0082	8,70	<b>0,09%</b>

$\dot{D}_u$  - przyjęta wartość mocy dawki promieniowania ubocznego

t - czas narażenia

$D_u$  - dawka promieniowania ubocznego

$D_{ul}$  - dawka promieniowania ubocznego w odległości l

r - równoważnik ołowiu osłony

k - krotność osłabienia osłony

$D_{uo}$  - dawka promieniowania ubocznego za osłoną

$D_d$  - dopuszczalna tygodniowa dawka promieniowania za osłoną

$D_{uo}/D_d$  - dawka promieniowania ubocznego wyrażona jako procent dopuszczalnej dawki za osłoną

Z obliczeń wynika, że dawka tygodniowa promieniowania ubocznego, wyznaczona za osłonami przed promieniowaniem rozproszonym, jest mniejsza niż 10 % dawki tygodniowej.

Zgodnie z punktem 2.5.4. normy PN-86/J-80001 3 grubość osłon pozostaje bez zmiany.



#### 7.5.4. ZESTAWIENIE WYMAGANYCH GRUBOŚCI OSŁON Z OŁOWIU

osłona	obliczona grubość osłony		przyjęta wymagana grubość warstwy ołowiu dla osłony
	przed promieniowaniem rozproszonym od tkanki	przed promieniowaniem rozproszonym od detektora	
	mm Pb		
1-2	1,0	0,6	1,0
1-2	1,2	0,7	1,2
2-3	1,0	0,6	1,0
3-4	0,9	0,5	0,9
4-5	1,0	0,5	1,0
5-6	0,8	0,5	0,8
5-6	1,7	0,8	1,7
6-1	1,0	0,5	1,0
SD	2,0	1,2	2,0
SG	1,6	0,7	1,6

Przyjęta wymagana wartość grubości osłony w mm Pb jest największą obliczoną wartością dla danej osłony stałej uwzględniającą promieniowanie działające na daną osłonę - rozproszone od tkanki na stole. Jeżeli z nomogramów zamieszczonych w PN-86/J-80001 wynika, że grubość osłony jest < 0,1 mm Pb, to zgodnie z zasadą ostrożności, przyjęto jako wymaganą grubość osłony wartość = 0,1 mm Pb.

#### 8. WNIOSKI I ZALECENIA

osłona	równoważnik ołowiu przegrody budowlanej	wymagana grubość osłony	minimalna grubość dodatkowej osłony
	mm Pb		
1-2	2,0	1,0	0
1-2	2,0	1,2	0
2-3	2,0	1,0	0
3-4	2,0	0,9	0
4-5	2,0	1,0	0
5-6	1,5	0,8	0
5-6	3,0*	1,7	0
6-1	>4	1,0	0
SD	>4	2,0	0
SG	>4	1,6	0

Przyjęta wymagana wartość grubości osłony w mm Pb jest największą obliczoną wartością dla danej osłony stałej uwzględniającą promieniowanie działające na daną osłonę - rozproszone od tkanki na stole. Jeżeli z nomogramów zamieszczonych w PN-86/J-80001 wynika, że grubość osłony jest < 0,1 mm Pb, to zgodnie z zasadą ostrożności, przyjęto jako wymaganą grubość osłony wartość = 0,1 mm Pb.

\* uwzględnia dodatkową osłonę przegrodę budowlaną pracowni sąsiadującej

#### 8.1. ZESTAWIENIE MINIMALNEJ GRUBOŚCI DODATKOWYCH OSŁON DLA DRZWI

D1, D2, D3 – drzwi systemowe z warstwą **blachy ołowiowej o grubości 2,0 mm**.

O1 - okno podglądowe o równoważniku min. **2,0 mm Pb dla 100 kV**.

### 9. ZNAKI I OŚWIETLENIE OSTRZEGAWCZE

Na drzwiach wejściowych należy umieścić znak ostrzegawczy przed promieniowaniem jonizującym zgodny ze wzorem załącznika nr 1 Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dn. 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi [Dz. U. z 2006 r. Nr 180, poz. 1325].

Sala hybrydowa wyposażona jest w ostrzegawczą sygnalizację świetlną umieszczoną nad drzwiami do gabinetu, włączaną równocześnie z zasilaniem generatora zgodnie z wymaganiami oraz w sygnalizację świetlną umieszczoną nad drzwiami informującą o występowaniu promieniowania.