

PROJEKT OSŁON STAŁYCH

Investor

Szpital Specjalistyczny
im. Stefana Żeromskiego
SPZOZ w Krakowie

Obiekt

Pawilon C
Główna Izba Przyjęć

Adres

osiedle Na Skarpie 66
31-913 KRAKÓW

PRACOWNIA TOMOGRAFII KOMPUTEROWEJ

Autorzy projektu

mgr Krystyna Bręczewska - Jankowska
mgr inż. Tomasz Kulesza

luty 2010

Spis treści

- 1 Podstawa opracowania
- 2 Metody obliczeń grubości osłon stałych
- 3 Przedmiot projektu
- 4 Opis osłon stałych
- 5 Aparatura radiologiczna
- 6 Założenia przyjęte do obliczeń
- 7 Parametry przyjęte do obliczeń
- 8 Wyniki obliczeń
- 9 Wnioski końcowe
- 10 Wymagania wynikające z obowiązujących przepisów
- 11 Rysunki
 - Rys. 1/3 Lokalizacja Pracowni Tomografii Komputerowej na fragmencie rzutu wysokiego parteru w skali 1 : 50
 - Rys. 2/3 Rozmieszczenie osłon stałych w Pomieszczeniu Tomografu Komputerowego w skali 1 : 50
 - Rys. 3/3 Odległości źródła promieniowania od osłon stałych w skali 1 : 50

1. PODSTAWA OPRACOWANIA

- Polska Norma PN-86/J-80001 - Obliczenia osłon stałych,
- Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 25 sierpnia 2005 r. w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej (Dz. U. z 2005 r. Nr 194 poz. 1625),
- Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz.U. Nr 180 poz.1325),
- Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. PRAWO ATOMOWE (Dz.U. nr 3 poz.18 z 18.01.2001 r. z późn. zmianami), *jest tekst polski*
- 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 3 grudnia 2002 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. nr 220 poz. 1851 z 19.12.2002 r. z późn. zmianami),
- Podstawowe dane techniczne 8-rzędowego tomografu komputerowego LightSpeed ULTRA produkcji firmy General Electric Medical Systems,
- Projekt modernizacji Szpitala Specjalistycznego im. S. Żeromskiego w Krakowie, os. Na Skarpie 66 autorstwa firmy PROMEDICON - Biura Konsultingowego Rozwoju Budownictwa Służby Zdrowia w Krakowie.

2. METODY OBLICZANIA OSŁON STAŁYCH

wg PN - 86/J - 80001

2.1. OSŁONY PRZED PROMIENIOWANIEM PIERWOTNYM

2.1.1 KROTNOŚĆ OSŁABIENIA PROMIENIOWANIA

Krotność osłabienia promieniowania pierwotnego przez osłonę (k)
obliczono ze wzoru :

$$k = \frac{P \cdot I \cdot t}{D \cdot L^2} y \quad (1)$$

gdzie :

P - moc dawki w odległości 1m od ogniska lampy przeliczona dla prądu anodowego o natężeniu 1mA [mGy · min.⁻¹ · m² · mA⁻¹]

I - nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej [mA]

D - dawka tygodniowa wyznaczona z najwyższych dawek dopuszczalnych podanych w obowiązujących przepisach dla osób należących do danej grupy narażenia [mGy]

L - najmniejsza odległość ogniska lampy od osłony w ustalonych warunkach pracy [m]

y - współczynnik osłabienia w ośrodku znajdującym się pomiędzy źródłem promieniowania a miejscem osłanianym

t – czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia

2.1.2 DAWKA TYGODNIOWA PRZYJĘTA DO OBLICZEŃ

Do obliczeń przyjęto wartości podane w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. Nr 180 poz.1325) które określa w § 2.1., że konstrukcja ścian, stropów, okien, drzwi oraz zainstalowane urządzenia ochronne w pracowni rentgenowskiej, zabezpiecza osoby pracujące:

- 1) w gabinecie rentgenowskim
przed otrzymaniem w ciągu roku dawki przekraczającej 6 mSv,
- 2) w pomieszczeniach pracowni rentgenowskiej poza gabinetem rentgenowskim
przed otrzymaniem w ciągu roku dawki przekraczającej 3 mSv,
- 3) w pomieszczeniach poza pracownią rentgenowską,
a także osoby z ogółu ludności przebywające w sąsiedztwie
przed otrzymaniem w ciągu roku dawki przekraczającej 0,5 mSv.

Jednocześnie w § 3. 1. rozporządzenie określa, że konstrukcja ścian i stropów oraz okien i drzwi pracowni rentgenowskiej znajdujących się w budynkach mieszkalnych zapobiega otrzymaniu przez osoby z ogółu ludności w roku kalendarzowym dawki skutecznej (efektywnej), związanej z wykorzystywaniem promieniowania jonizującego w pracowni rentgenowskiej, przekraczającej wartość 0,1 mSv.

Do obliczeń przyjęto zgodnie z PN-86/J-80001 wartości dawek tygodniowych odpowiednio równe 1/50 granicznych dawek rocznych określonych w rozporządzeniu i odpowiadających im dawek pochłoniętych w powietrzu.

Wartości dawek przyjmowanych do obliczeń przedstawia poniższa tabela.

określenie miejsca przebywania osób	Przyjęta dawka tygodniowa D	
	μGy	mGy
w gabinecie rentgenowskim	104,40	0,1044
w pomieszczeniach pracowni rentgenowskiej poza gabinetem rentgenowskim	52,20	0,0522
w pomieszczeniach poza pracownią rentgenowską, a także osoby z ogółu ludności przebywające w sąsiedztwie	8,70	0,0087
osoby z ogółu ludności przebywające w sąsiedztwie, jeśli pracownia rentgenowska znajduje się w budynku mieszkalnym	1,74	0,0017

2.1.3 CZAS NARAŻENIA NA PROMIENIOWANIE W CIĄGU TYGODNIA

Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia (t)
obliczono ze wzoru :

$$t = t_0 \cdot U \cdot T \quad (2)$$

gdzie :

t_0 - maksymalny czas pracy źródła promieniowania w ciągu tygodnia na jednej zmianie
[s], [min] lub [h]

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

T - współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu

Współczynniki T i U przyjęto zgodnie z punktem 2.3 Normy PN - 86/J - 80001.

2.1.4 GRUBOŚCI OSŁON Z OŁOWIU

Grubości osłon o wymaganej krotności osłabienia promieniowania (k) wyznaczono dla odpowiedniego nominalnego napięcia aparatu rtg z krzywej zamieszczonej w normie PN - 86/J - 80001 (rys. 1, rys.2).

2.1.5 GRUBOŚCI OSŁON Z INNYCH MATERIAŁÓW

Grubości osłon z innych materiałów ochronnych o określonej gęstości, równoważne wyznaczonej grubości osłony ołowiowej przyjęto zgodnie z zamieszczonymi w normie PN - 86/J - 80001 tabelami (tabl. 4 do 9).

2.2 OSŁONY PRZED PROMIENIOWANIEM ROZPROSZONYM PRZEZ WODĘ LUB TKANKĘ (bez uwzględniania promieniowania ubocznego)

2.2.1 ZREDUKOWANA MOC DAWKI C_1

Zredukowaną moc dawki promieniowania rozproszonego przez tkankę C_1 obliczono ze wzoru

$$C_1 = \frac{D \cdot L^2}{I \cdot t} \quad [\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (3)$$

gdzie :

D - jak wyżej [μGy]

L - najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego promieniowanie od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy [m]

t - jak wyżej [h]

I - jak wyżej

2.2.2 GRUBOŚCI OSŁON

Dla obliczonej zredukowanej mocy dawki C_1 wyznaczona zostaje grubość osłony z ołowiu dla odpowiedniego nominalnego napięcia aparatu rtg z krzywej zamieszczonej w normie PN - 86/J - 80001 (rys. 3).

Grubości osłon ze stali, barytobetonu, betonu lub cegły wyznaczono mnożąc otrzymaną grubość ołowiu przez współczynnik podany w tabeli nr 10 normy PN - 86/J - 80001 .

2.3 OSŁONY PRZED PROMIENIOWANIEM ROZPROSZONYM (bez uwzględniania promieniowania ubocznego)

2.3.1 ZREDUKOWANA MOC DAWKI C_2

Zredukowaną moc dawki promieniowania rozproszonego C_2 obliczono z wzoru :

$$C_2 = \frac{D \cdot L^2 \cdot f^2}{I \cdot t \cdot s} \quad [\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (4)$$

gdzie :

D - jak wyżej

L - jak wyżej

f - odległość przedmiotu rozpraszającego promieniowanie od ogniska lampy rtg [m]

s - rzut powierzchni przedmiotu rozpraszającego, na który pada promieniowanie, na płaszczyznę prostopadłą do kierunku wiązki pierwotnej promieniowania w odległości f [m²]

I - jak wyżej

t - jak wyżej

2.3.2 GRUBOŚCI OSŁON

Dla obliczonej zredukowanej mocy dawki C_2 wyznaczona zostaje grubość osłony z ołowiu dla maksymalnego napięcia stosowanego na lampie rtg z krzywej zamieszczonej w normie PN - 86/J - 80001 (rys. 4).

Warunkiem korzystania z krzywych jest $l \geq 0,5$ m.

Jeśli materiałem nie jest cegła lub beton odczytaną wartość należy pomnożyć przez odpowiedni współczynnik z tabeli nr 11 normy PN - 86/J - 80001.

2.4 OSŁONY PRZED PROMIENIOWANIEM ROZPROSZONYM I PROMIENIOWANIEM UBOCZNYM

2.4.1 MOC DAWKI PROMIENIOWANIA UBOCZNEGO (\dot{D}_u)

Zgodnie z pkt. 2.5.4 Normy PN - 86/J – 80001 jeśli nie ma możliwości przyjęcia wartości mocy dawki na podstawie dokumentacji technicznej lampy rtg , należy przyjąć maksymalną wartość określoną w przepisach. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. Nr 180 poz.1325) w § 31 określa, że w zestawach rentgenowskich lampy rentgenowskie mogą być używane jedynie w kołpakach, głowicach lub w innych urządzeniach tak zabezpieczających przed promieniowaniem ubocznym, aby w odległości 1 m od ogniska lampy, przy całkowicie przesłoniętym wylocie wiązki promieniowania oraz przy maksymalnym napięciu i maksymalnym obciążeniu lampy w czasie 1 godziny, moc dawki promieniowania nie przekraczała:

- 1) 0,25 mGy/h - dla aparatów rentgenowskich stomatologicznych do zdjęć zewnątrzustnych;
- 2) 1,0 mGy/h - dla wszystkich pozostałych rodzajów diagnostycznych i zabiegowych aparatów rentgenowskich. W takim przypadku należy przyjąć wartość moc dawki promieniowania ubocznego \dot{D}_u jako maksymalną wartość określoną w powyższym rozporządzeniu jako $\dot{D}_u = 1,0$ mGy/h .

2.4.2 TYGODNIOWA DAWKA PROMIENIOWANIA UBOCZNEGO (D_u)

Tygodniową dawkę promieniowania ubocznego D_u
obliczono według wzoru

$$D_u = \dot{D}_u \cdot t \quad (5)$$

gdzie :

\dot{D}_u - moc dawki promieniowania ubocznego wyznaczona zgodnie z pkt.2.5.1

t - czas narażenia w ciągu tygodnia osób przebywających w miejscu osłanianym wyznaczony został zgodnie ze wzorem (2)

2.4.3 GRUBOŚCI OSŁON

Grubość osłon obliczono w następujący sposób :

- Jeśli dawka tygodniowa promieniowania ubocznego wyznaczona zgodnie z (5) za osłoną , której ochronność przed promieniowaniem rozproszonym została obliczona wg wzoru (3) lub (4) jest mniejsza niż 10 % dawki tygodniowej

grubość osłony pozostaje bez zmiany.

- Jeśli dawka tygodniowa promieniowania ubocznego wyznaczona zgodnie z (5) za osłoną , której ochronność przed promieniowaniem rozproszonym została obliczona wg wzoru (3) lub (4) jest większa niż 10 % dawki tygodniowej

grubość osłony zostaje zwiększona o warstwę dająca takie osłabienie, aby dawka tygodniowa promieniowania ubocznego za osłoną nie przekraczała 10% dawki.

3. PRZEDMIOT PROJEKTU

Przedmiotem projektu jest obliczenie wymaganej grubości osłon stałych przed promieniowaniem rtg dla pomieszczenia tomografu komputerowego w Pracowni Tomografii Komputerowej zlokalizowanej na wysokim parterze pawilonu C w Głównej Izbie Przyjęć Specjalistycznego Szpitala im. S. Żeromskiego w Krakowie, os. Na Skarpie 66.

W Pracowni Tomografii Komputerowej następuje wymiana tomografu komputerowego.

Na miejsce dotychczas użytkowanego, zostaje zainstalowany tomograf 8-rzędowy LightSpeed ULTRA produkcji firmy General Electric Medical Systems.

Zgodnie z § 5.1. rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dziennik Ustaw Nr 180 pozycja 1325) powierzchnia gabinetu rentgenowskiego, w którym jest zainstalowany aparat rentgenowski nie może być mniejsza niż 15 m^2 ; na każdy następny spośród tych aparatów, zainstalowany w tym samym gabinecie, należy dodatkowo przeznaczyć 5 m^2 .

Powierzchnia pomieszczenia tomografu komputerowego, oznaczonego na rzucie poziomym kondygnacji jako nr 9, wynosi $33,2 \text{ m}^2$.

Powierzchnia gabinetu spełnia więc wymagania przepisów.

Rzut poziomy fragmentu wysokiego parteru budynku w skali 1 : 50 z usytuowaniem Pracowni Tomografii Komputerowej jest przedstawiony na rys. nr 1.

4. OPIS OSŁON STAŁYCH

4.1 Opis ścian

1	oznaczenie	A
	rodzaj osłony	ściana zewnętrzna
	pomieszczenie sąsiadujące	nie ma – wolna przestrzeń
	konstrukcja osłony	cegła pełna, obustronny tynk cementowo-wapienny, otwory okienne zamurwane bloczkami z betonu komórkowego klasy 700
	przyjęta do obliczeń grubość materiału	beton komórkowy o gęstości $0,7 \text{ g/cm}^3$, gr. 240 mm
	dodatkowe osłony	nie ma
	równoważnik grubości ołowiu dla osłony dla napięcia 120 kV	1,3 mm Pb
	drzwi, okna	otwory okienne zamurwane bloczkami z betonu komórkowego klasy 700

2	oznaczenie	B
	rodzaj osłony	ściana wewnętrzna
	pomieszczenie sąsiadujące	sterownia (pomieszczenie nr 10)
	konstrukcja osłony	cegła dziurawka, obustronny tynk cementowo-wapienny
	przyjęta do obliczeń grubość materiału	cegła ceramiczna o gęstości $1,0 \text{ g/cm}^3$, gr. 120 mm
	dodatkowe osłony	tynk barytobetonowy grubości 20 mm
	równoważnik grubości ołowiu dla osłony dla napięcia 120 kV	2,1 mm Pb
	drzwi, okna	drzwi D1 łączące pomieszczenie tomografu komputerowego ze sterownią pokryte blachą Pb grubości 1,5 mm, okno podglądowe o równoważniku ołowiu 1,5 mm

3	oznaczenie	C
	rodzaj osłony	ściana wewnętrzna
	pomieszczenie sąsiadujące	korytarz (pomieszczenie nr 13)
	konstrukcja osłony	cegła pełna, obustronny tynk cementowo-wapienny
	przyjęta do obliczeń grubość materiału	cegła pełna o gęstości $1,6 \text{ g/cm}^3$, gr. 120 mm
	dodatkowe osłony	tynk barytobetonowy grubości 20 mm
	równoważnik grubości ołowiu dla osłony dla napięcia 120 kV	2,5 mm Pb
	drzwi, okna	drzwi D2 łączące pomieszczenie tomografu komputerowego z korytarzem pokryte blachą Pb gr. 4,0 mm

4	oznaczenie	D
	rodzaj osłony	ściana wewnętrzna
	pomieszczenie sąsiadujące	przygotowanie pacjenta (pomieszczenie nr 8)
	konstrukcja osłony	cegła pełna, obustronny tynk cementowo-wapienny
	przyjęta do obliczeń grubość materiału	cegła pełna o gęstości $1,6 \text{ g/cm}^3$, gr. 240 mm
	dodatkowe osłony	tynk barytobetonowy grubości 20 mm
	równoważnik grubości ołowiu dla osłony dla napięcia 80 kV	4,3 mm Pb
	drzwi, okna	drzwi D3 łączące pomieszczenie tomografu komputerowego z pomieszczeniem przygotowania pacjenta pokryte blachą Pb gr. 2,0 mm

5	oznaczenie	E
	rodzaj osłony	ściana wewnętrzna
	pomieszczenie sąsiadujące	łazienka i wc (pomieszczenie nr 7)
	konstrukcja osłony	cegła pełna, obustronny tynk cementowo-wapienny
	przyjęta do obliczeń grubość materiału	cegła pełna o gęstości $1,6 \text{ g/cm}^3$, gr. 120 mm
	dodatkowe osłony	tynk barytobetonowy grubości 20 mm
	równoważnik grubości ołowiu dla osłony dla napięcia 80 kV	2,5 mm Pb
	drzwi, okna	nie ma

4.2 Opis stropów

1	oznaczenie	SG
	rodzaj osłony	strop górny
	pomieszczenie nad stropem	pomieszczenie biurowe księgowości
	konstrukcja stropu	strop Ackermana (pustaki ceramiczne z warstwą nadbetonu)
	przyjęta do obliczeń grubość materiału	warstwa ceramiczna o gęstości $1,6 \text{ g/cm}^3$, gr. 50 mm beton o gęstości $2,2 \text{ g/cm}^3$, gr. 40 mm
	dodatkowe osłony	tynek barytobetonowy grubości 20 mm
	równoważnik grubości ołowiu dla osłony dla napięcia 120 kV	2,3 mm Pb

2	oznaczenie	SD
	rodzaj osłony	strop dolny
	pomieszczenie pod stropem	pomieszczenia laboratorium analitycznego
	konstrukcja stropu	beton zbrojony
	przyjęta do obliczeń grubość materiału	beton o gęstości $2,2 \text{ g/cm}^3$, gr. 250 mm
	dodatkowe osłony	nie ma
	równoważnik grubości ołowiu dla osłony dla napięcia 120 kV	4,0 mm Pb

5. APARATURA RADIOLOGICZNA

PODSTAWOWE PARAMETRY		
Typ aparatu	tomograf komputerowy	
Nazwa	LightSpeed ULTRA	
Producent	General Electric Medical Systems	
parametr	jednostka	wartość
Generator wysokiej częstotliwości		
Moc	kW	53,2
Zakres napięcia anodowego	kVp	80, 100, 120, 140
Zakres prądu anodowego	mA	10 – 440
Lampa RTG		
Typ lampy		
Ogniska lampy wg normy IEC 336/82	mm	0,5/0,8
Pojemność cieplna	MHU	6,3
Całkowita filtracja lampy	mm Al	3,0
Czas obrotu lampy	obr/sek	0,5 – 4,0
System detekcji		
liczba rzędów	8	
rodzaj detektorów	ceramiczne wysokiej prędkości przetwarzania	
liczba kanałów detekcji	4 x 912	
wielkość matrycy rekonstrukcyjnej	512 x 512	
Parametry ekspozycji		
Czasy skanów osiowych	sek	0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0
Zakres skanu	mm	20 - 1600
Prędkość przesuwu	mm/sek	100
Zakres czasów ekspozycji	sek	0.2 – 16.0

6. ZAŁOŻENIA PRZYJĘTE DO OBLICZEŃ

Do obliczeń przyjęto następujące założenia :

- Parametry ekspozycji określono na podstawie danych technicznych tomografu komputerowego podanych przez producenta oraz na podstawie danych otrzymanych od użytkownika odnoszących się do podstawowych protokółów tomograficznych planowanych do realizacji w Pracowni Tomograficznej,
- Liczbę wykonywanych ekspozycji przyjęto na podstawie uzgodnień dokonanych z użytkownikiem aparatu rtg,
- Przyjęto, że wiązka pierwotna jest całkowicie pochłaniana w gantry tomografu komputerowego, dlatego analizę wymaganej ochronności osłon stałych ograniczono do narażenia jakie pochodzi od promieniowania rozproszonego od ciała pacjenta, oraz promieniowania rozproszonego od wielowarstwowej struktury detektorów ceramicznych umieszczonych na wewnętrznym obwodzie gantry tomografu,
- Do obliczeń przyjęto następujące parametry ekspozycji podane przez producenta dla typowych protokółów tomograficznych :
 - wartość napięcia (kV),
 - czas pojedynczego skanu (rotation time - s),
 - szerokość warstwy skanowanej (slice width – mm),
 - współczynnik Pitch Factor
 - typowy zakres skanowania (mm) i odniesiony do niego czas ekspozycji (s) ,
- Prąd anodowy obliczono na podstawie podanego dla danego protokołu efektywnego produktu mAs (eff. mAs) uwzględniając współczynnik skoku spirali (Pitch Factor) oraz czasu pojedynczego obrotu lampy (rotation time),
- Na podstawie analizy typowych realizowanych protokółów w pracowni przyjęto uśrednione parametry ekspozycji podane w punkcie 7.1,
- We wnioskach końcowych (Tabela zbiorcza 1, 2, 3) dokonano końcowej analizy równoważnika ołowiu dla istniejących osłon stałych przyjmując jako odniesienie maksymalne wartości grubości osłon z ołowiu obliczone dla promieniowania rozproszonego od tkanki pacjenta oraz od elementów gantry.

7. PARAMETRY PRZYJĘTE DO OBLICZEŃ

7.1 PARAMETRY EKSPOZYCJI

Parametr	Oznaczenie	Jednostka	Wartość
napięcie nominalne	U _{max}	kV	120
prąd nominalny	I _{max}	mA	300
filtracja całkowita	-	mm Al	3,0
średni czas akwizycji dla jednego protokołu	t _s	s	10
ilość protokółów realizowanych dziennie	-	-	13
ilość dni roboczych	-	-	7
ilość protokółów realizowanych tygodniowo	-	-	91
czas narażenia w ciągu tygodnia	t _o	min	15,17
czas narażenia w ciągu tygodnia	t _o	h	0,253
szerokość pola skanu	x	m	0,25
SID	y	m	0,40
odległość ogniska lampy od osłony	f	m	2,00
długość boku pola napromienionego	z	m	1,25
powierzchnia pola napromienionego	s	m ²	1,56
	f2/s	-	2,56

7.2 DAWKI TYGODNIOWE DLA POSZCZEGÓLNYCH OSŁON

oznaczenie osłony	Przyjęta dawka tygodniowa D	
	μGy	mGy
A	8,70	0,0087
B	52,20	0,0522
C	8,70	0,0087
D	8,70	0,0087
E	8,70	0,0087
SD	8,70	0,0087
SG	8,70	0,0087

Uwaga

Wartości dawki tygodniowej D przyjęto zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi.

7.3 CZAS NARAŻENIA NA PROMIENIOWANIE ROZPROSZONE W CIĄGU TYGODNIA

oznaczenie osłony	całkowity czas ekspozycji	współczynnik prawdopodobieństwa przebywania ludzi	współczynnik prawdopodobieństwa skierowania wiązki użytecznej	czas narażenia w ciągu tygodnia
	t_0 [godz]	T	U	t [godz]
A	0,2528	0,05	1	0,0126
B	0,2528	1,00	1	0,2528
C	0,2528	0,25	1	0,0632
D	0,2528	1,00	1	0,2528
E	0,2528	0,25	1	0,0632
SG	0,2528	1,00	1	0,2528
SD	0,2528	1,00	1	0,2528

Uwaga:

Współczynniki T i U przyjęto zgodnie z punktem 2.3 Normy PN - 86/J - 80001 dla promieniowania rozproszonego, oraz przeznaczeniem funkcjonalnym pomieszczeń sąsiadujących z poszczególnymi osłonami stałymi.

8. WYNIKI OBLICZEŃ

8.1 OSŁONY PRZED PROMIENIOWANIEM ROZPROSZONYM

Wyniki obliczeń zredukowanej mocy dawki i wymaganej grubości osłony z ołowiu przed promieniowaniem rtg rozproszonym przez tkankę dla poszczególnych osłon.

Oznaczenie osłony na którą pada promieniowanie rozproszone	odległość przedmiotu rozpraszającego od osłony	zredukowana moc dawki C_1	odczytana wymagana grubość ołowiu
jednostka	m	-	mm Pb
A	1,88	8,11	1,0
B	2,94	5,95	1,1
C	4,17	7,98	1,0
D	3,70	1,57	1,8
E	2,40	2,64	1,5
SD	1,00	0,11	2,5
SG	2,20	0,56	2,2

Uwaga:

Wymaganą grubość ołowiu dla osłon stałych odczytano z diagramów zamieszczonych w PN-86/J-80001 dla przyjętego napięcia oraz obliczonej zredukowanej mocy dawki promieniowania X rozproszonego przez wodę lub tkankę C_1 .

8.2 OSŁONY PRZED PROMIENIOWANIEM ROZPROSZONYM (bez uwzględniania promieniowania ubocznego)

Wyniki obliczeń zredukowanej mocy dawki i wymaganej grubości osłony z ołowiu przed promieniowaniem rtg rozproszonym przez elementy gantry dla poszczególnych osłon.

Oznaczenie osłony na którą pada promieniowanie rozproszone	odległość przedmiotu rozpraszającego od osłony	zredukowana moc dawki C_2	odczytana wymagana grubość ołowiu	obliczona wymagana grubość ołowiu
jednostka	m	-	mm Pb	mm Pb
A	2,17	27,66	1,5	1,1
B	3,24	18,50	1,4	1,0
C	4,39	22,64	1,5	1,1
D	4,10	4,94	1,9	1,3
E	2,67	8,37	1,7	1,2
SD	0,70	0,14	2,5	1,8
SG	2,50	1,84	2,2	1,5

Uwaga:

Wymaganą grubość ołowiu dla osłon stałych odczytano z diagramów zamieszczonych w PN-86/J-80001 dla przyjętego napięcia oraz obliczonej zredukowanej mocy dawki promieniowania X rozproszonego przez beton lub cegłę C_2 a następnie przeliczono według tabeli nr 11 .

8.4 ZESTAWIENIE OBLICZONYCH WYMAGANYCH GRUBOŚCI OŁOWIU DLA OSŁON STAŁYCH

W tabeli przedstawiono zbiorcze wyniki wymaganej grubości osłon z ołowiu przyjmując dla poszczególnych osłon stałych maksymalne wartości z punktów 8.1 oraz 8.2

oznaczenie osłony stałej	obliczona grubość osłony z ołowiu		przyjęta wymagana grubość warstwy ołowiu dla osłony
	przed promieniowaniem rozproszonym od tkanki	przed promieniowaniem rozproszonym od elementów gantry	
	mm Pb	mm Pb	
A	1,0	1,1	1,1
B	1,1	1,0	1,1
C	1,0	1,1	1,1
D	1,8	1,3	1,8
E	1,5	1,2	1,5
SD	2,5	1,8	2,5
SG	2,2	1,5	2,2

Uwaga:

Przyjęta wymagana wartość grubości ołowiu dla osłony [mm Pb] jest największą obliczoną wartością dla danej osłony stałej uwzględniającą promieniowanie rozproszone od tkanki działające na daną osłonę, oraz promieniowanie rozproszone od elementów gantry działające na daną osłonę.

9. WNIOSKI KOŃCOWE

9.1 ZESTAWIENIE WYMAGANYCH GRUBOŚCI OŁOWIU DLA OSŁON STAŁYCH

Zestawienie wymaganych grubości ołowiu dla osłon stałych oraz równoważników grubości ołowiu dla istniejących osłon wraz z uwagami dotyczącymi ewentualnej konieczności zainstalowania dodatkowych osłon przedstawia poniższa tabela.

oznaczenie osłony stałej	wymagana grubość osłony z ołowiu	równoważnik grubości ołowiu dla istniejącej osłony	uwagi dotyczące konieczności zastosowania dodatkowej osłony
	mm Pb	mm Pb	
A	1,1	1,3	ściana nie wymaga dodatkowej osłony przed promieniowaniem rtg
B	1,1	2,1	ściana nie wymaga dodatkowej osłony przed promieniowaniem rtg
C	1,1	2,5	ściana nie wymaga dodatkowej osłony przed promieniowaniem rtg
D	1,8	4,3	ściana nie wymaga dodatkowej osłony przed promieniowaniem rtg
E	1,5	2,5	ściana nie wymaga dodatkowej osłony przed promieniowaniem rtg
SG	2,5	4,0	strop nie wymaga dodatkowej osłony przed promieniowaniem rtg
SD	2,2	2,3	strop nie wymaga dodatkowej osłony przed promieniowaniem rtg

Projekt osłon stałych został wykonany zgodnie z Polską Normą PN-86/J-80001 - Obliczenia osłon stałych, w oparciu o dane techniczne aparatury rentgenodiagnostycznej podane przez producenta, z uwzględnieniem deklarowanej przez użytkownika ilości ekspozycji oraz podstawowych parametrów ekspozycji dla poszczególnych procedur medycznych radiologicznych, oraz własnościami ochronnymi materiałów budowlanych przyjętymi z dokumentacji projektowej pracowni.

Wartości dopuszczalnych dawek przyjęto zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. z dnia 5 października 2006 r.)

Z zestawienia tego wynika, że grubość istniejących osłon stałych (ścian oraz stropów) wykonanych z materiałów budowlanych opisanych w pkt. 4, jest **wystarczającą osłoną** przed promieniowaniem rtg emitowanym przez tomograf komputerowy w trakcie realizacji radiologicznych procedur medycznych.

9.2 TABELA ZBIORCZA Nr 1

ŚCIANY			
oznaczenie	A	B	C
opis ściany	ściana zewnętrzna	ściana wewnętrzna	ściana wewnętrzna
opis pomieszczenia za ścianą	nie ma – wolna przestrzeń	sterownia (pomieszczenie nr 10)	korytarz (pomieszczenie nr 13)
konstrukcja	cegła pełna, obustronny tynk cementowo-wapienny, otwory okienne zamurwane blozkami z betonu komórkowego klasy 700	cegła dziurawka, obustronny tynk cementowo-wapienny	cegła pełna, obustronny tynk cementowo-wapienny
przyjęty do obliczeń materiał i grubość osłony	beton komórkowy o gęstości $0,7 \text{ g/cm}^3$, gr. 240 mm	cegła ceramiczna o gęstości $1,0 \text{ g/cm}^3$, gr. 120 mm	cegła pełna o gęstości $1,6 \text{ g/cm}^3$, gr. 120 mm
dodatkowe osłony	nie ma	tynk barytobetonowy grubości 20 mm	tynk barytobetonowy grubości 20 mm
równoważnik grubości ołowiu materiału osłony dla 120 kV	1,3 mm Pb	2,1 mm Pb	2,5 mm Pb
wymagana grubość ołowiu dla osłony	1,1 mm Pb	1,1 mm Pb	1,1 mm Pb
wymagana grubość dodatkowej osłony	ściana nie wymaga dodatkowej osłony przed promieniowaniem rtg	ściana nie wymaga dodatkowej osłony przed promieniowaniem rtg	ściana nie wymaga dodatkowej osłony przed promieniowaniem rtg
grubość materiału dodatkowej osłony			
blacha ołowiana	-	-	-
blacha stalowa	-	-	-
barytobeton	-	-	-
płyta GK z rdzeniem Pb	-	-	-

DRZWI I OKNA

opis	nie ma	drzwi D1 do sterowni pokryte blachą Pb gr. 1,5 mm okno podglądowe o równoważniku Pb 1,5 mm	drzwi D2 do korytarza pokryte blachą Pb gr. 4,0 mm
wymagana grubość ołowiu dla drzwi/ okien	-	1,1 mm Pb	1,1 mm Pb
wymagana grubość dodatkowej osłony	-	zastosowana osłona jest wystarczająca	zastosowana osłona jest wystarczająca
grubość materiału dodatkowej osłony			
blacha ołowiana	-	-	-
blacha stalowa	-	-	-
szkło ołowiowe	-	-	-

9.3 TABELA ZBIORCZA Nr 2

ŚCIANY		
oznaczenie	D	E
opis ściany	ściana wewnętrzna	ściana wewnętrzna
opis pomieszczenia za ścianą	przygotowanie pacjenta (pomieszczenie nr 8)	łazienka i wc (pomieszczenie nr 7)
konstrukcja	cegła pełna, obustronny tynk cementowo-wapienny	cegła pełna, obustronny tynk cementowo-wapienny
przyjęty do obliczeń materiał i grubość osłony	cegła pełna o gęstości 1,6 g/cm ³ , gr. 240 mm	cegła pełna o gęstości 1,6 g/cm ³ , gr. 120 mm
dodatkowe osłony	tynk barytobetonowy grubości 20 mm	tynk barytobetonowy grubości 20 mm
równoważnik grubości ołowiu materiału osłony dla 120 kV	4,3 mm Pb	2,5 mm Pb
wymagana grubość ołowiu dla osłony	1,8 mm Pb	1,5 mm Pb
wymagana grubość dodatkowej osłony	ściana nie wymaga dodatkowej osłony przed promieniowaniem rtg	ściana nie wymaga dodatkowej osłony przed promieniowaniem rtg
grubość materiału dodatkowej osłony-		
blacha ołowiana	-	-
blacha stalowa	-	-
barytobeton	-	-
płyta GK z rdzeniem Pb	-	-

DRZWI I OKNA		
opis	drzwi D3 do pomieszczenia przygotowania pacjenta pokryte blachą Pb gr. 2,0 mm	nie ma
wymagana grubość ołowiu dla drzwi/ okien	1,8 mm Pb	-
wymagana grubość dodatkowej osłony	zastosowana osłona jest wystarczająca	-
grubość materiału dodatkowej osłony		
blacha ołowiana	-	-
blacha stalowa	-	-
szkło ołowiowe	-	-

9.4 TABELA ZBIORCZA Nr 3

STROPY		
oznaczenie	SD	SG
rodzaj osłony	strop górny	strop dolny
pomieszczenie pod/nad stropem	pomieszczenie biurowe księgowości	pomieszczenia laboratorium analitycznego
konstrukcja	strop Ackermana (pustaki ceramiczne z warstwą nadbetonu)	beton zbrojony
przyjęty do obliczeń materiał i grubość osłony	warstwa ceramiczna o gęstości $1,6 \text{ g/cm}^3$, gr. 50 mm beton o gęstości $2,2 \text{ g/cm}^3$, gr. 40 mm	beton o gęstości $2,2 \text{ g/cm}^3$, gr. 250 mm
dodatkowe osłony	tynk barytobetonowy grubości 20 mm	nie ma
równoważnik grubości ołowiu materiału osłony dla 120 kV	2,3 mm Pb	4,0 mm Pb
wymagana grubość ołowiu dla osłony	2,2 mm Pb	2,5 mm Pb
wymagana grubość dodatkowej osłony	strop nie wymaga dodatkowej osłony przed promieniowaniem rtg	strop nie wymaga dodatkowej osłony przed promieniowaniem rtg

10. WYMAGANIA WYNIKAJĄCE Z OBOWIĄZUJĄCYCH PRZEPISÓW

Podstawowe regulacje prawne dotyczące stosowania aparatów rentgenowskich do celów diagnostyki medycznej, ochrony radiologicznej i ochrony zdrowia pracowników oraz zasady stosowania promieniowania jonizującego w celach medycznych określa ustawa Prawo atomowe z dnia 29 listopada 2000 r. (Dz. U. z 2008 Nr 93, poz. 583 z późn. zmianami).

Szczegółowe przepisy dotyczące warunków pracy aparatów rentgenodiagnostycznych oraz pracowni rentgenowskich są zawarte w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. nr 180 poz. 1325).

Przedstawiono poniżej podstawowe wymagania dotyczące pracowni rtg i aparatów rentgenodiagnostycznych .

10.1 Wymagania dla pracowni i gabinetów rentgenowskich

Konstrukcja ścian, stropów, okien, drzwi oraz zainstalowane urządzenia ochronne w pracowni rentgenowskiej, zabezpieczają osoby pracujące:

1) w gabinecie rentgenowskim przed otrzymaniem w ciągu roku dawki przekraczającej 6 milisiwertów (mSv) ;

2) w pomieszczeniach pracowni rentgenowskiej poza gabinetem rentgenowskim przed otrzymaniem w ciągu roku dawki przekraczającej 3 mSv ;

3) w pomieszczeniach poza pracownią rentgenowską, a także osoby z ogółu ludności przebywające w sąsiedztwie przed otrzymaniem w ciągu roku dawki przekraczającej 0,5 mSv.

Konstrukcja ścian i stropów oraz okien i drzwi pracowni rentgenowskiej znajdujących się w budynkach mieszkalnych zapobiega otrzymaniu przez osoby z ogółu ludności w roku kalendarzowym dawki skutecznej (efektywnej), związanej z wykorzystywaniem promieniowania jonizującego w pracowni rentgenowskiej, przekraczającej wartość 0,1 mSv.

10.2 Wysokość gabinetu

Wysokość gabinetu rentgenowskiego nie może być mniejsza niż 2,5 m.

10.3 Powierzchnia gabinetu

Powierzchnia gabinetu rentgenowskiego, w którym jest zainstalowany aparat rentgenowski nie może być mniejsza niż 15 m² ; na każdy następny spośród tych aparatów, zainstalowany w tym samym gabinecie, należy dodatkowo przeznaczyć 5 m² .

10.4 Wentylacja gabinetu RTG

Gabinety rentgenowskie diagnostyczne powinny być wyposażone w wentylację zapewniającą co najmniej 1,5-krotną wymianę powietrza w ciągu godziny.

10.5 Sprzęt ochronny

Diagnostyczne, pracownie rentgenowskie są wyposażone w sprzęt ochronny przed promieniowaniem rentgenowskim dobrany do typu zainstalowanych aparatów rentgenowskich i rodzaju wykonywanych badań radiologicznych.

W diagnostycznych gabinetach rentgenowskich, w zależności od potrzeb, znajdują się:

- środki ochrony indywidualnej pracowników, w szczególności fartuchy z gumy ołowiowej,
- osłony dla pacjentów, w szczególności fartuchy wykonane z gumy ołowiowej.

10.6 Tablice informacyjne

Drzwi do pracowni rentgenowskiej powinny być oznakowane tablicą informacyjną ze znakiem ostrzegawczym przed promieniowaniem jonizującym.

W pracowni rentgenowskiej, w widocznym miejscu, powinna znajdować się informacja o konieczności powiadomienia rejestratorki i operatora aparatu rentgenowskiego, przed wykonaniem badania, o ciąży pacjentki.

10.7 Obowiązująca dokumentacja

W pracowni rentgenowskiej powinny się znajdować się w oryginale lub uwierzytelnionych odpisach następujące dokumenty :

- zezwolenie na uruchomienie i stosowanie aparatów rentgenowskich znajdujących się w pracowni i uruchomienie pracowni,
- projekt pracowni lub gabinetu (rzuty pomieszczeń) wraz z projektem i opisem osłon stałych oraz wentylacji, zatwierdzonym przed uruchomieniem aparatu rentgenowskiego przez właściwego państwowego wojewódzkiego inspektora sanitarnego przy uzgadnianiu dokumentacji projektowej,
- dokumentacja techniczna dotycząca budowy, działania i obsługi aparatów rentgenowskich, w tym także urządzeń sygnalizacyjnych i blokujących,
- instrukcje obsługi i świadectwa wzorcowania aparatury dozymetrycznej, jeżeli znajdują się na wyposażeniu pracowni,
- protokoły pomiarów dozymetrycznych,
- protokoły pokontrolne ,
- dokumenty systemu zarządzania jakością,
- zapisy dotyczące wewnętrznych testów kontroli parametrów technicznych aparatów rentgenowskich i obróbki błon rentgenowskich w ciemni oraz dokumenty spełniania testów akceptacyjnych urządzeń nowo instalowanych,
- ewidencja:
 - dawek otrzymywanych przez pracowników,
 - osób zatrudnionych w pracowni rentgenowskiej w podziale na odpowiednie kategorie narażenia,
 - orzeczeń lekarskich stwierdzających brak przeciwwskazań do pracy pracowników na określonym stanowisku;
- program szkolenia i dokumenty potwierdzające jego realizację

W pracowni dostępny jest także zbiór przepisów prawnych dotyczących ochrony radiologicznej i zasad stosowania źródeł promieniowania jonizującego w medycynie.

10.8 Nadzór nad aparatami rtg

Nadzór nad ochroną radiologiczną w pracowni rtg powinien sprawować inspektor ochrony radiologicznej posiadający aktualne uprawnienia typu IOR-R nadane przez Głównego Inspektora Sanitarnego.

10.9 Zezwolenie na uruchomienie aparatu rtg

Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (Dz.U. nr 3 poz.18 z 18.01.2001 r. z późn. zmianami), nakłada obowiązek na użytkowników aparatów rentgenodiagnostycznych uzyskania zezwolenia na wykonywanie działalności związanej z narażeniem, polegającej na uruchamianiu pracowni rentgenowskich .

Zezwolenie na uruchamianie i stosowanie aparatów rentgenowskich do celów diagnostyki medycznej, oraz uruchamianie pracowni stosujących takie aparaty wydaje Państwowy Wojewódzki Inspektor Sanitarny .

Oświadczenie

Powyższe obliczenia odnoszą się wyłącznie do opisanego pomieszczenia tomografu komputerowego.

Bez pisemnej zgody autorów opracowania, powyższych wyników nie wolno powielać inaczej jak tylko w całości.

Opracowanie zawiera :

- 25 stron
- 3 rysunki

mgr Krystyna Bręczewska - Jankowska
mgr inż. Tomasz Kulesza