

Biuro
Studiów i Projektów
Budownictwa MSW Spółka z o.o.
02-956 Warszawa, ul. Rumiana 69



Telefony: Prezes tel./fax 885 62 19
Centrala tel./fax 885 26 90; 642 62 10
<http://www.bsipbmsw.pl/>
e-mail: biuro@bsipbmsw.pl
projekt@bsipbmsw.pl

NIP – 521-31-44-978
REGON – 016440985

OBIEKT: Samodzielny Publiczny Zakład Opieki Zdrowotnej w Działdowie
przy ul. Leśnej 1.

OCHRONA RADIOLOGICZNA

działalności pracowni tomografu komputerowego w obiekcie jw.

BRANŻA: architektura

INWESTOR: Samodzielny Publiczny Zakład Opieki Zdrowotnej w Działdowie
przy ul. Leśnej 1.

Projektant:

proj. arch. M. Kurecz.....

Biuro
Studiów i Projektów
Budownictwa MSW Spółka z o.o.
02-956 Warszawa, ul. Rumiana 69



Telefony: Prezes tel./fax 885 62 19
Centrala tel./fax 885 26 90; 642 62 10
<http://www.bsipbmsw.pl/>
e-mail: biuro@bsipbmsw.pl
projekt@bsipbmsw.pl

NIP – 521-31-44-978
REGON – 016440985

OBIEKT: Samodzielny Publiczny Zakład Opieki Zdrowotnej w Działdowie
przy ul. Leśnej 1.

OCHRONA RADIOLOGICZNA

działalności pracowni tomografu komputerowego w obiekcie jw.

BRANŻA: architektura

INWESTOR: Samodzielny Publiczny Zakład Opieki Zdrowotnej w Działdowie
przy ul. Leśnej 1.

Projektant:

proj. arch. M. Kurecz.....

OCHRONA RADIOLOGICZNA DZIAŁALNOŚCI

**PRACOWNI TOMOGRAFU KOMPUTEROWEGO
Samodzielnego Publicznego
Zakładu Opieki Zdrowotnej w Działdowie**

13-200 Działdowo ul. Leśna 1

Działdowo, grudzień 2005 r.

1. WSTĘP

CEL OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest określenie warunków bezpiecznej pracy z promieniowaniem jonizującym tomografu „SOMATOM Emotion Duo”. Opracowanie zawiera analizę zagrożenia i obliczenia osłon przed promieniowaniem jonizującym pracowni tomografu komputerowego zlokalizowanej na drugim piętrze budynku SP ZOZ w Działdowie przy ul. Leśnej 1.

Niniejsze opracowanie uwzględnia aktualny na dzień 15 grudnia 2005 r. stan prawny w zakresie ochrony radiologicznej polegającej na stosowaniu aparatów rentgenowskich w diagnostyce medycznej.

2. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

Dokumentację Ochrony Radiologicznej opracowano uwzględniając:

- **Ustawę z dnia 29 listopada 2000 r. - Prawo atomowe** (Dz. U. nr 161. poz. 1689 z 2004 r. – tekst jednolity)
- **Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2002 r.** w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy ze źródłami promieniowania jonizującego (Dz. U. z 2002 r. Nr 239, poz. 2029)
- **Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 6 sierpnia 2002 r.** w sprawie przypadków, w których działalność związana z narażeniem na promieniowanie jonizujące nie podlega obowiązkowi uzyskania zezwolenia albo zgłoszenia, oraz przypadków, w których może być wykonywana na podstawie zgłoszenia (Dz. U. z 2002 r. Nr 137, poz. 1153, zmiany z 27 kwietnia 2004 r Dz. U. Nr 98 poz. 980)
- **Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 3 grudnia 2002 r.** w sprawie dokumentów wymaganych przy składaniu wniosków o wydanie zezwolenia na wykonywanie działalności związanej z narażeniem na działanie promieniowania jonizującego albo przy zgłoszeniu wykonywania tej działalności (Dz. U. z 2002 r. Nr 220, poz. 1851, zmiany z 27 kwietnia 2004 r Dz. U. Nr 98 poz. 981)
- **Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r.** w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. z 2005 r. Nr 20, poz. 168)
- **Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 6 sierpnia 2002 r.** w sprawie podstawowych wymagań dotyczących terenów kontrolowanych i nadzorowanych (Dz. U. z 2002 r. Nr 138, poz. 1161)
- **Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 23 grudnia 2002 r.** w sprawie wymagań dotyczących sprzętu dozymetrycznego (Dz. U. z 2002 r. Nr 239, poz. 2032)

Samodzielny Publiczny Zakład Opieki Zdrowotnej w Działdowie

13-200 Działdowo ul. Leśna 1

- **Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie** planów postępowania awaryjnego w przypadku zdarzeń radiacyjnych (Dz. U. z 2005 r. Nr 20, poz. 169)
- **Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 27 kwietnia 2004 r. w sprawie** ochrony przed promieniowaniem jonizującym pracowników zewnętrznych narażonych podczas pracy na terenie kontrolowanym (Dz. U. z 2004 r. Nr 102, poz. 1064)
- **Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 25 sierpnia 2005 r. w sprawie** warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej (Dz. U. Nr 194, poz. 1625)
- **Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 11 września 2003 r. w sprawie** szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z aparatami rentgenowskimi o energii promieniowania do 300 keV stosowanymi w celach medycznych (Dz.U. nr 173, poz. 1681)
- **Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 11 września 2003 r. w sprawie** określenia organu właściwego do nadawania uprawnień inspektora ochrony radiologicznej w pracowniach rentgenowskich stosujących aparaty rentgenowskie o energii promieniowania do 300 keV w celach medycznych (Dz.U. nr 173, poz. 1680)
- **Normę PN-86/J-80001** Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma: Obli-



4. OBLICZENIA OSŁON - PODSTAWY TEORETYCZNE

W Polsce obowiązuje Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego. Określa ono dawki graniczne dla osób:

- a. zatrudnionych w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące na poziomie 20 mSv/rok (0,4 mSv/tydzień)**
- b. dla osób z ogółu ludności 1 mSv/rok (0,02 mSv/tydzień)**

Przy opracowaniu projektu przyjęto roczny limit użytkowy dla personelu pracowni tomografu komputerowego na poziomie dawki granicznej dla ogółu ludności 1 mSv na rok, co odpowiada dawce 0,02 mSv na tydzień.

§ 5 ust 4 rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2002 r. *w sprawie szczególnych warunków bezpiecznej pracy ze źródłami promieniowania jonizującego* (Dz. U. z 2002 r. Nr 239, poz. 2029) oraz § 3 ust 2 rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 11 września 2003 *w sprawie szczególnych warunków bezpiecznej pracy z aparatami rentgenowskimi o energii promieniowania do 300 keV stosowanymi w celach medycznych* (Dz. U. z 2003 r. Nr 173 poz. 1681) stanowią, że stopień osłabienia promieniowania jonizującego przez ściany zewnętrzne i stropy pracowni zapobiega otrzymaniu przez osoby z ogółu ludności w ciągu kolejnych 12 miesięcy dawki skutecznej promieniowania jonizującego, związanej z prowadzeniem działalności w pracowni nie przekraczającej 0,1 mSv z uwzględnieniem czasu narażenia tych osób, rodzaju prowadzonych w pracowni prac i rodzaju stosowanych osłon.

Zgodnie z § 3 ust 2 rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 11 września 2003 *w sprawie szczególnych warunków bezpiecznej pracy z aparatami rentgenowskimi o energii promieniowania do 300 keV stosowanymi w celach medycznych* (Dz. U. z 2003 r. Nr 173 poz. 1681) grubości ścian i stropów pracowni oraz rodzaje zastosowanych osłon projektuje się zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczania osłon stałych przed promieniowaniem jonizującym PN-86/J-80001.

Według Normy PN-86/J-80001 wymaganą krotność osłabienia przez osłonę k dla promieniowania pierwotnego należy obliczać z zależności:

$$k = \frac{\dot{D} \cdot I \cdot t}{D \cdot I^2}$$

gdzie:

\dot{D} - moc dawki wg pkt. 2.5.1.1 normy PN-86/J-80001 w odległości 1 m od ogniska lampy przeliczona dla prądu anodowego 1 mA w [cGy min⁻¹ mA⁻¹ m²]

I - nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej w [mA]

t - tygodniowy czas przebywania osób narażonych za osłoną wyznaczony zgodnie z pkt. 2.3 normy PN-86/J-80001 w minutach [min]

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

gdzie:

t_0 - maksymalny czas pracy źródła,

T - współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu,

U - współczynnik określający prawdopodobieństwo skierowania wiązki promieniowania w kierunku osłony, (dla promieniowania rozproszonego $U = 1$)

D - przyjęta graniczna dawka tygodniowa (limit użytkowy) w cGy ($1,74 \times 10^{-3}$ cGy)

I - najmniejsza odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy w [m]

W przypadku pracowni Tomografu komputerowego, gdzie głównym źródłem zagrożenia jest promieniowanie rozproszone od pacjenta, **zredukowana moc dawki** od rozproszeń przez tkankę winna być obliczana zgodnie z zależnością:

$$C_2 = \frac{D \cdot I^2}{t \cdot I}$$

gdzie:

D - przyjęta graniczna dawka tygodniowa (limit użytkowy) w cGy

I - najmniejsza odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy w [m]

t - Tygodniowy czas przebywania osób narażonych za osłoną wyznaczony zgodnie z pkt. 2.3 [5] w minutach [min]

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

gdzie:

t_0 - maksymalny czas pracy źródła

T - współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu, (zgodny z PN)

U - współczynnik określający prawdopodobieństwo skierowania wiązki promieniowania w kierunku osłony,
(dla promieniowania rozproszonego $U = 1$)

I - nominalne maksymalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej w [mA]

Dla obliczonej zredukowanej mocy dawki grubość osłony oblicza się z odpowiedniego wykresu zawartego w normie.

Zredukowana moc dawki od rozproszeń innych (cegła, beton) winna być obliczana zgodnie z zależnością:

$$C_2 = \frac{D \cdot I^2 \cdot f^2}{t \cdot I \cdot s}$$

gdzie:

D - przyjęta graniczna dawka tygodniowa (limit użytkowy) w cGy

I - najmniejsza odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy w [m]

f - odległość przedmiotu rozpraszającego promieniowanie od ogniska lampy rentgenowskiej

t - Tygodniowy czas przebywania osób narażonych za osłoną wyznaczony zgodnie z pkt. 2.3 normy w minutach [min]

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

gdzie:

t₀ - maksymalny czas pracy źródła

T - współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu,

U - współczynnik określający prawdopodobieństwo skierowania wiązki promieniowania w kierunku osłony, (dla promieniowania rozproszonego $U = 1$)

I - nominalne maksymalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej w [mA]

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

Dla obliczonej zredukowanej mocy dawki grubość osłony oblicza się z odpowiedniego wykresu zawartego w normie.

Ze względu na szczególne i zróżnicowane warunki rozpraszania tomografu komputerowego, wygodniejszą do obliczeń jest niemiecka norma DIN 6812 uwzględniająca różnorodne praktycznie wszystkie współcześnie występujące rodzaje aparatów rentgenowskich.

UWAGA: Projekt Polskiej Normy PN-86/8001-01:1998 Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma – Obliczanie osłon stałych - Aparaty rentgenowskie (nr ref.PrPN-J-80001-1:1998) stanowiący implementację normy DIN 6812 Medyczne urządzenia rentgenowskie do 300 kV. Zasady ochrony radiologicznej - czerwiec 1994 r. do dnia dzisiejszego nie został wprowadzony do zestawu Polskich Norm

Wg DIN 6812 w kierunkach, w których może padać wiązka pierwotna, oblicza się osłonność bez osłabienia w ciele pacjenta.

Nominalna krotność osłabienia wiązki pierwotnej w odległości 1 m:

$$K_{1,p} = \frac{H_1 \cdot W}{D_t}$$

Krotność osłabienia wiązki pierwotnej w odległości x od ogniska lampy rtg dla miejsca o prawdopodobieństwie przebywania T :

$$k_{x,p,T} = k_{1,p} \cdot (x_0/x)^2 \cdot T, \text{ gdzie:}$$

H₁ - moc dawki w odległości 1 m od ogniska lampy rtg przeliczona dla prądu anodowego 1 mA, w mSv min⁻¹ mA⁻¹; (**zgodnie z normą DIN 6812**)

W = I • t, gdzie **I** - nominalne natężenie prądu anodowego lampy, w mA,

t - czas narażenia w ciągu tygodnia osób przebywających w osłanianym miejscu, w minutach;

T - współczynnik prawdopodobieństwa przebywania ludzi w miejscu osłanianym;

D_t - dawka tygodniowa w mSv, **x₀** - 1 m

x - najmniejsza odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy.

Dla promieniowania rozproszonego przez wodę lub tkankę wymaganą krotność osłabienia:

$$k_{s,r,T} = k_{i,p} \cdot f_r(x_0/a)^2 \cdot (s_0/s)^2 \cdot T, \text{ gdzie:}$$

s - najmniejsza odległość centrum rozpraszania od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy, w m; **s₀** - 1 m;

a - odległość centrum rozpraszania od ogniska lampy; (dla tomografu - **a = 0,5m**)

f_r - współczynnik wydajności rozpraszania dla tomografu komputerowego **f_r = 0,002 S*/25** gdzie S* - grubość warstwy (w cm) pojedynczego skanu w osi rotacji (do obliczeń przyjęto dla tomografu - S* = 0,5 cm)

Aby uwzględnić udział promieniowania ubocznego, należy pomnożyć krotność osłabienia dla promieniowania rozproszonego **k_{s,r,T}** przez współczynnik **f_u**, który dla tomografu komputerowego wynosi **f_u = 6**.

5. ZAŁOŻENIA DO OBLICZEŃ

Oslony pracowni tomografu należy zaprojektować w taki sposób aby dawki promieniowania jonizującego otrzymywane przez osoby zatrudnione w pracowni i w pomieszczeniach przyległych, a także przez osoby z ogółu ludności przebywające w sąsiedztwie, nie przekraczały limitów użytkowych lub dawek granicznych określonych w przepisach dotyczących dawek granicznych promieniowania jonizującego i były tak małe, jak tylko jest to możliwe.

W projekcie przyjęto, że w ciągu tygodnia każdy z aparatów będzie pracował codziennie przez 6 dni w tygodniu po 10 godzin dziennie (2 zmiany po 5 godzin ekspozycji), co czyni 60 godzin pracy aparatu w tygodniu. Przyjęto do analizy zagrożenia maksymalne teoretyczne obciążenie tomografu pracującego w warunkach ekstremalnych. Do oceny wymaganej krotności osłabienia dla każdej z osłon przyjęto wynik uzyskany z analizy punktu kontrolnego zlokalizowanego w rejonie maksymalnego narażenia na promieniowanie rentgenowskie.

Do obliczeń wymaganej krotności osłabienia osłon przed promieniowaniem tomografu przyjęto, że ekspozycja promieniowania będzie dokonywana przy maksymalnych wzorcowych (zgodnie z normą DIN 6812) wielkościach napięcia i natężenia prądu, i tak: maksymalne tygodniowe obciążenie przyjęto na poziomie $I \times t = 40000 \text{ mAmin/tydzień}$ na dwie zmiany przy standardowym napięciu $U = 120 \text{ kV}$ (2,5 mm Al.)

Obliczoną osłonność z ołowiu przeliczono, w miarę potrzeb, na równoważną osłonę z betonu barytowego o gęstości 3,2 g/cm³ betonu o gęstości 2,3 g/cm³ i cegły pełnej o gęstości 1,8 g/cm³.

Z analizy warunków pracy Pracowni Tomografu wynika, że w otoczeniu źródła promieniowania, poza Oddziałem Rehabilitacji powyżej pracowni nie ma punktów, w których należy liczyć się z istotnym z punktu widzenia ochrony radiologicznej przebywaniem osób zaliczanych do ogółu ludności. Powyżej pracowni tomografu osłonięty stropem zawierającym w swym składzie nie mniej niż 12 cm betonu o gęstości 2,3 t/m³ i 2 mm ołowiu zlokalizowany jest Oddział Rehabilitacji. Poniżej pod osłoną stropu wykonanego analogicznie, znajduje się Sala Pobrań Krwi.

6. OBLICZENIA

6.1 OBLICZENIA OSŁON PRACOWNI TOMOGRAFU KOMPUTEROWEGO

6.1.1 PUNKT Pk-1 Przedsionek, za drzwiami osłonowymi

Do punktu „Pk-1” dociera promieniowanie rozproszone i uboczne z prawdopodobieństwem $U = 1$. Prawdopodobieństwo przebywania osób w przedsionku w czasie pracy aparatu $T = 0,25$. Minimalna odległość punktu osłanianego od centrum rozpraszania $l = 5,01$ m

a) obliczenia zgodnie z normą DIN 6812

Tygodniowe obciążenie aparatu $W = 20000$ mA min/tydzień na jedną zmianę

$D_t = 0,02$ mSv – pracownik szpitala; $H_1 = 12$ mSv/mA min; $T = 0,25$

$a = 0,5$ m; $W = I \times t = 20000$ mAmin/tydzień, $l = 5,01$ m

Nominalna krotność osłabienia:

$$k_{1,p} = \frac{12 \text{ mSv} \cdot 20000 \text{ mA min} \cdot 0,25}{\text{mA min} \cdot 0,02 \text{ mSv}} = 3\,000\,000$$

Współczynnik rozpraszania dla tomografu komputerowego:

$f_r = 0,0025^*/25$ gdzie S^* - grubość warstwy (w cm) pojedynczego skanu w osi rotacji - dla aparatu analizowanego $S_{\max} = 0,5$ cm - zatem krotność osłabienia dla promieniowania rozproszonego:

$$k_{s,r} = 0,002 \cdot 0,02 \cdot 3\,000\,000 \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{(0,5 \text{ m})^2} \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{(5,01 \text{ m})^2} = 19$$

uwzględniając promieniowanie uboczne ($f_u = 6$) otrzymuje się wartość **115**, co zgodnie z normą **DIN 6812** odpowiada osłabieniu w warstwie ołowiu o grubości **0,9 mm**, lub **1,5 cm** betonu barytowego, **10 cm** betonu zwykłego lub **15 cm** cegły pełnej.

b) obliczenia zgodnie z normą PN-86/J-80001

Zredukowana moc dawki promieniowania rozpraszanego przez tkanekę przy identycznych parametrach wyjściowych:

$$C_1 = \frac{D \cdot l^2}{t \cdot I \cdot T} = \frac{17,4 \cdot 5,01^2}{333 \cdot 0,25} = 5,25 \text{ } \mu\text{Gy h}^{-1} \text{ m}^2 \text{ mA}^{-1}$$

gdzie:

$D = 17,4 \text{ } \mu\text{Gy}$; $l = 5,01$ m; $T = 0,25$; $U = 1$; $t \cdot I = 20000$ mAmin = **333** mA h (jedna zmiana)

Obliczona wartość współczynnika C_1 zgodnie z wykresem (rys. 3) w punkcie 2.5.2.2 normy PN-86/J 80001. określa wymaganą grubość osłony nie mniejszą od 1,2 mm Pb, co zgodnie z normą PN-86/J 80001 odpowiada 1,75 cm betonu barytowego, 10 cm betonu lub 12 cm cegły pełnej.

WNIOSEK: Istniejąca osłona drzwi posiadających w składzie 2 mm Pb oraz ściana osłono-
wa wykonana z 4 cm betonu barytowego i cegły pełnej zapewniają pełne bez-
pieczeństwo wszystkich osób przebywających na korytarzu w czasie pracy to-
mografu.

6.1.2 PUNKT Pk-2 Pracownia RTG - pomieszczenie sąsiadujące

Do punktu „Pk-2” dociera promieniowanie rozproszone i uboczne z prawdopodobieństwem
U = 1. Prawdopodobieństwo przebywania osób w pracowni rtg w czasie pracy aparatu **T = 1.**

Minimalna odległość punktu osłanianego od centrum rozpraszania **l = 5,6 m.**

a) obliczenia zgodnie z normą DIN 6812

Tygodniowe obciążenie aparatu **W = 20000 mA min/tydzień na jedną zmianę**

D_t = 0,02 mSv – pracownik szpitala; **H₁ = 12 mSv/mA min; T = 1**

a = 0,5 m; W = I x t = 20000 mAmin/tydzień, l = 5,6 m

Nominalna krotność osłabienia:

$$k_{1,p} = \frac{12 \text{ mSv} \cdot 20000 \text{ mA min} \cdot 1}{\text{mA min} \cdot 0,02 \text{ mSv}} = 12\,000\,000$$

Współczynnik rozpraszania dla tomografu komputerowego:

f_r = 0,002S*/25 gdzie S*- grubość warstwy (w cm) pojedynczego skanu w osi rotacji - dla aparatu
analizowanego S_{max} = 0,5 cm - zatem krotność osłabienia dla promieniowania rozproszonego:

$$k_{s,r} = 0,002 \cdot 0,02 \cdot 12\,000\,000 \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{(0,5 \text{ m})^2} \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{(5,6 \text{ m})^2} = 61,2$$

uwzględniając promieniowanie uboczne (**f_u = 6**) otrzymuje się wartość **367**, co zgodnie z normą
DIN 6812 odpowiada osłabieniu w warstwie ołowiu o grubości **1,25 mm**, lub **2 cm** betonu baryto-
wego lub **11 cm** betonu, lub **16 cm** cegły pełnej.

b) obliczenia zgodnie z normą PN-86/J-80001

Zredukowana moc dawki promieniowania rozpraszanego przez tkankę przy identycznych parametrach
wyjściowych:

$$C_1 = \frac{D \cdot l^2}{t \cdot I \cdot T} = \frac{17,4 \cdot 5,6^2}{333 \cdot 1} = 1,64 \mu\text{Gy h}^{-1} \text{ m}^2 \text{ mA}^{-1}$$

gdzie: **D = 17,4 μGy; l = 5,6 m; T = 1; U = 1; t · I = 20000 mAmin = 333 mAh**

Zgodnie z punktem 2.5.2.2 normy PN-86/J 80001 grubość wymaganej osłony nie powinna być mniejsza od 1,7 mm Pb co odpowiada 2,4 cm betonu barytowego

WNIOSEK: Istniejąca osłona zawiera w swym składzie nie mniej niż 8 cm betonu barytowego i 12 cm cegły pełnej i jest wystarczająca do zapewnienia bezpieczeństwa radiologicznego wszystkim osobom przebywającym w pracowni RTG w czasie pracy tomografu komputerowego .

6.1.3 PUNKT Pk-3 SIŁOWNIA

TEREN NIEDOSTĘPNY W CZASIE PRACY TOMOGRAFU – OBLICZANIE OSŁON NIECELOWE

6.1.4 PUNKT Pk-4 TEREN ZEWNĘTRZNY – II PIĘTRO

TEREN NIEDOSTĘPNY W CZASIE PRACY TOMOGRAFU – OBLICZANIE OSŁON NIECELOWE

6.1.5 PUNKT Pk-5 - DACH NAD I PIĘTREM

Do punktu „Pk-5” dociera promieniowanie rozproszone i uboczne z prawdopodobieństwem $U = 1$. Prawdopodobieństwo przebywania osób na dachu w czasie pracy aparatu $T = 0,05$. Minimalna odległość punktu osłanianego od centrum rozpraszania $l = 2,84m$.

a) obliczenia zgodnie z normą DIN 6812

Tygodniowe obciążenie aparatu $W = 20000 \text{ mA min/tydzień na jedną zmianę}$

$D_t = 0,02 \text{ mSv}$ – pracownik szpitala; $H_1 = 12 \text{ mSv/mA min}$; $T = 0,05$

$a = 0,5 \text{ m}$; $W = I \times t = 20000 \text{ mAmin/tydzień}$, $l = 2,84 \text{ m}$

Nominalna krotność osłabienia:

$$k_{1,p} = \frac{12 \text{ mSv} \cdot 20000 \text{ mA min} \cdot 0,05}{\text{mA min} \cdot 0,02 \text{ mSv}} = 600\,000$$

Współczynnik rozpraszania dla tomografu komputerowego:

$f_r = 0,002S^*/25$ gdzie S^* - grubość warstwy (w cm) pojedynczego skanu w osi rotacji - dla aparatu analizowanego $S_{\max} = 0,5 \text{ cm}$ - zatem krotność osłabienia dla promieniowania rozproszonego:

$$k_{s,r} = 0,002 \cdot 0,02 \cdot 600\,000 \cdot \frac{1\text{m}^2}{(0,5 \text{ m})^2} \cdot \frac{1\text{m}^2}{(2,84)^2} = 11,9$$

uwzględniając promieniowanie uboczne ($f_u = 6$) otrzymuje się wartość 71,4, co zgodnie z normą **DIN 6812** odpowiada osłabieniu w warstwie ołowiu grubości **0,75 mm**, lub **1 cm** betonu barytowego, lub **6 cm** betonu zwykłego, lub **8 cm** cegły pełnej.

b) obliczenia zgodnie z normą PN-86/J-80001

Samodzielny Publiczny Zakład Opieki Zdrowotnej w Działdowie

13-200 Działdowo ul. Leśna 1

Zredukowana moc dawki promieniowania rozpraszane przez tkankę przy identycznych parametrach wyjściowych:

$$C_1 = \frac{D \cdot l^2}{t \cdot I \cdot T} = \frac{17,4 \cdot 2,84^2}{333 \cdot 0,05} = 8,43 \mu Gy h^{-1} m^2 mA^{-1}$$

gdzie: $D = 17,4 \mu Gy$; $l = 6,5 m$; $T = 1$; $U = 1$; $t \cdot I = 20000 mAmin = 333 mAh$

Zgodnie z punktem 2.5.2.2 normy PN-86/J 80001 grubość wymaganej osłony nie powinna być mniejsza od 0,8 mm Pb.

WNIOSEK: Ściana osłonowa zawiera w swym składzie poza innymi warstwę ołowiu o grubości 2 mm, która w zupełności ochroni osoby przebywające na dachu (pomimo administracyjnego zakazu) przed promieniowaniem rozproszonym pracującego tomografu komputerowego.

6.1.6 PUNKT Pk-6 – ODDZIAŁ REHABILITACJI

Do punktu „Pk-6” dociera promieniowanie rozproszone i uboczne z prawdopodobieństwem $U = 1$. Prawdopodobieństwo przebywania osób na Oddziale Rehabilitacji w czasie pracy aparatu $T = 1$. Minimalna odległość punktu osłanianego od centrum rozpraszania $l = 3,32 m$.

a) obliczenia zgodnie z normą DIN 6812

Tygodniowe obciążenie aparatu $W = 20000 mA min/tydzień$ na jedną zmianę

$D_t = 0,02 mSv$ – pracownik szpitala; $H_1 = 12 mSv/mA min$; $T = 1$

$a = 0,5 m$; $W = I \times t = 20000 mAmin/tydzień$, $l = 3,32 m$

Nominalna krotność osłabienia:

$$k_{1,p} = \frac{12 mSv \cdot 20000 mA min \cdot 1}{mA min \cdot 0,02 mSv} = 12\,000\,000$$

Współczynnik rozpraszania dla tomografu komputerowego:

$f_r = 0,002 S^*/25$ gdzie S^* - grubość warstwy (w cm) pojedynczego skanu w osi rotacji - dla aparatu analizowanego $S_{max} = 0,5 cm$ - zatem krotność osłabienia dla promieniowania rozproszonego:

$$k_{s,r} = 0,002 \cdot 0,02 \cdot 12\,000\,000 \cdot \frac{1m^2}{(0,5 m)^2} \cdot \frac{1m^2}{(3,32m)^2} = 174$$

uwzględniając promieniowanie uboczne ($f_u = 6$) otrzymuje się wartość 1045, co zgodnie z normą **DIN 6812** odpowiada osłabieniu w warstwie ołowiu grubości **1,8 mm**, lub **2 cm** betonu barytowego lub **15 cm** betonu zwykłego, lub **21 cm** cegły pełnej.

b) obliczenia zgodnie z normą PN-86/J-80001

Zredukowana moc dawki promieniowania rozpraszanego przez tkankę przy identycznych parametrach wyjściowych:

$$C_1 = \frac{D \cdot I^2}{t \cdot I \cdot T} = \frac{17,4 \cdot 3,32^2}{333 \cdot 1} = 0,58 \mu Gy h^{-1} m^2 mA^{-1}$$

gdzie: D = 17,4 μGy ; I = 3,32 m; T = 1; U = 1; t • I = 20000 mAmin = 333 mAh

Zgodnie z punktem 2.5.2.2 normy PN-86/J 80001 grubość wymaganej osłony nie powinna być mniejsza niż 2 mm.

b) obliczenia zgodnie z normą PN-86/J-80001

Zredukowana moc dawki promieniowania rozpraszane przez tkankę przy identycznych parametrach wyjściowych:

$$C_1 = \frac{D \cdot I^2}{t \cdot I \cdot T} = \frac{17,4 \cdot 3,32^2}{333 \cdot 1} = 0,58 \mu Gy h^{-1} m^2 mA^{-1}$$

gdzie: $D = 17,4 \mu Gy$; $I = 3,32 mA$; $T = 1$; $U = 1$; $t \cdot I = 20000 mAmin = 333 mAh$

Zgodnie z punktem 2.5.2.2 normy PN-86/J-80001 grubość wymaganej osłony nie powinna być mniejsza niż: