

**OSŁONY STAŁE
PRZED PROMIENIOWANIEM
RENTGENOWSKIM**

W

**PRACOWNI BADAŃ NACZYŃ I SERCA
ORAZ ELEKTROTHERAPII**

ODDZIAŁU KARDIOLOGII 'D'

**SZPITAL WOJEWÓDZKI
im. MIKOŁAJA KOPERNIKA
UL. T. CHALUBIŃSKIEGO 7
75-950 KOSZALIN**

Egzemplarz Nr 2.....

Autor opracowania:
mgr Magdalena Budna

Koszalin, listopad 2005 r.

Spis treści

| <i>temat</i> | <i>strona</i> |
|---|---------------|
| 1. Cel opracowania. | 3 |
| 2. Przedmiot i zakres opracowania. | 3 |
| 3. Dane dotyczące użytkownika Pracowni Rtg. | 3 |
| 3.1. Jednostka organizacyjna. | 3 |
| 3.2. Komórka organizacyjna prowadząca bezpośrednio działalność. | 3 |
| 4. Akty prawne będące podstawą opracowania. | 3 |
| 5. Podstawa sporządzenia opracowania. | 3-4 |
| 6. Charakterystyka pomieszczenia przeznaczonego na Pracownię Rtg wraz z opisem technologii wykorzystania zestawu rentgenowskiego. | 4-5 |
| 6.1. Charakterystyka pomieszczeń przeznaczonych na Pracownię Rtg. | 4-5 |
| 6.2. Wyposażenie w źródła promieniowania jonizującego. | 5 |
| 6.3. Podstawowe dane techniczne zestawu rentgenowskiego. | 5 |
| 6.4. Założenia dotyczące wykorzystania systemu rentgenowskiego. | 5 |
| 7. Obliczenia osłon stałych. | 6-15 |
| 7.1. Założenia. | 6-7 |
| 7.2. Obliczenia osłon stałych: | 8-15 |
| 7.3. Zestawienie grubości istniejących i wymaganych osłon stałych w Pokoju Badań projektowanej Pracowni Badań Naczyń i Serca oraz Elektroterapii. | 15 |
| 7.4. Podsumowanie i wnioski wynikające z przeprowadzonych obliczeń. | 15 |
| 8. Informacje dodatkowe. | 15 |
| 9. Załączniki. | 15-16 |

1. Cel opracowania.

Celem opracowania jest sprawdzenie czy istniejące przegrody budowlane w projektowanej Pracowni Badań Naczyń i Serca oraz Elektroterapii Oddziału Kardiologii 'D' Szpitala Wojewódzkiego w Koszalinie stanowią wystarczające ostony, chroniące przed promieniowaniem rentgenowskim, pozwalające na uruchomienie jezdnego, z ramieniem 'C', zestawu rentgenowskiego dla kardiologii, neurochirurgii, chirurgii naczyniowej typu OEC® 9900 Elite produkcji GE Medical Systems (USA).

2. Przedmiot i zakres opracowania.

Pracownia Rtg na Oddziale Kardiologii 'D'- Pracownia Badań Naczyń i Serca Oddziału Kardiologii Szpitala Wojewódzkiego w Koszalinie w zakresie osłon stałych przed promieniowaniem rentgenowskim. Opracowanie obejmuje opis usytuowania urządzenia, technologii jego wykorzystania, obliczenia osłon stałych oraz podstawowe wytyczne dotyczące ochrony radiologicznej.

3. Dane dotyczące użytkownika Pracowni Rtg.

3.1. Jednostka organizacyjna:

SZPITAL WOJEWÓDZKI W KOSZALINIE
im. MIKOŁAJA KOPERNIKA
UL. CHALUBIŃSKIEGO 7
75-950 KOSZALIN

3.2. Komórka organizacyjna prowadząca bezpośrednio działalność:

PRACOWNIA RENTGENOWSKA -
PRACOWNIA BADAŃ NACZYŃ I SERCA ORAZ ELEKTROTERAPII
ODDZIAŁU KARDIOLOGII 'D'
SZPITALA WOJEWÓDZKIEGO W KOSZALINIE

4. Akty prawne będące podstawą opracowania.

- a) Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. - Prawo atomowe (Dz. U. z 2004 r. Nr 161, poz. 1689 z późniejszymi zmianami);
- b) 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. z 2003 r. Nr 173, poz. 1681);
- c) Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 25 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej (Dz. U. z 2005 r. Nr 194, poz. 1625);
- d) 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. Podstawa sporządzenia opracowania.

Jako podstawę do sporządzenia opracowania wykorzystano:

- rzut pomieszczeń dostarczony przez inwestora,
- Polską Normę PN-86/J-80001 'Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Obliczanie osłon stałych',

| | | |
|--|---|--------------------|
| Szpital Wojewódzki w Koszalinie Pracownia Badań Naczyń i Serca oraz Elektroterapii Oddział Kardiologii 'D' | Osłony stałe przed promieniowaniem rentgenowskim | strona/stron: 4/15 |
|--|---|--------------------|

- dokumentację techniczną producenta dotyczącą jeźdźnego systemu rentgenowskiego dla kardiologii, neurochirurgii i chirurgii naczyniowej typu OEC® 9900 Elite produkcji GE Medical Systems (USA) - 'OEC® 9900 Elite. Specyfikacja danych technicznych dla systemów 50 Hz'
- informacje przekazane przez inwestora,
- materiały zebrane przez autora,
- wizję lokalną.

6. Charakterystyka pomieszczenia przeznaczonego na Pracownię Rtg wraz z opisem technologii wykorzystania zestawu rentgenowskiego.

6.1. Charakterystyka pomieszczeń przeznaczonych na Pracownię Rtg.

Pomieszczenia przeznaczone na projektowaną Pracownię Rtg znajdują się na parterze budynku Oddziału Kardiologii 'D' Szpitala Wojewódzkiego w Koszalinie przy ul. Chałubińskiego 7.

Wszystkie planowane pomieszczenia Pracowni Badań Naczyń i Serca Oddziału Kardiologii organizowane są w pomieszczeniach po byłej Pracowni Rtg Oddziału Zakaźnego Szpitala Wojewódzkiego w Koszalinie, w której zainstalowany był aparat rtg do grafii i skopii.

Łączna powierzchnia pomieszczeń przeznaczonych na Pracownię Rtg wynosi ok. 51 m².

W skład projektowanej Pracowni Rtg wchodzić będą (w kolejności wykonywanych czynności):

- Pokój Przygotowania Pacjenta o powierzchni 10,5 m²,
- Pokój Przygotowania Lekarza o powierzchni 3,6 m²,
- Pokój Badań o powierzchni ok. 25 m²,
- Pokój Konsoli - Sterownia o powierzchni 8,5 m²,
- Pomieszczenie UPS-a o powierzchni 3,6 m².

Pokój Badań posiada wentylację mechaniczną oraz klimatyzację.

Wysokość Pokoju Badań - 3,0 m (ze względu na zainstalowanie urządzeń klimatyzacyjnych), pozostałych pomieszczeń pracowni - 3,18 m.

Pokój Badań, w którym zainstalowany będzie system rentgenowski ścianami bezpośrednio przylega do Pokoju Konsoli - Sterowni, Pokoju Przygotowania Pacjenta, Pokoju Przygotowania Lekarza, Pomieszczenia UPS-a oraz Sali Chorych. Jedną ścianą pomieszczenia jest ścianą szczytową budynku. Poprzez strop sufitowy Pokój Badań sąsiadował będzie z Salą Chorych. Pod projektowaną Pracownią są pomieszczenia piwniczne, w których zorganizowane są magazyny oraz szatnia średniego personelu medycznego.

Grubości istniejących przegród budowlanych:

- a) ściana zewnętrzna Pokoju Badań Pracowni Rtg (AB) jest ścianą szczytową budynku o łącznej grubości 52 cm z cegły budowlanej pełnej, otynkowana tynkiem z zawartością barytu 0,5 cm. Ściana stanowi osłonę równoważną > 4 mm Pb.
W ścianie znajdują się dwa świetliki na wysokości powyżej 2 metrów.
- b) ściana od strony Sterowni i pokoju Przygotowania Pacjenta (BC) jest ścianą z cegły budowlanej pełnej o grubości 38 cm otynkowana tynkiem o grubości 4 cm z zawartością barytu 0,5 cm, obustronnie położona glazura ceramiczna. Ściana stanowi osłonę równoważną > 4 mm Pb.
W ścianie Sterowni znajduje się okno wyglądowe AntiX oraz drzwi ochronne rozwierne do Sterowni i drzwi ochronne przesuwne do Pokoju Przygotowania Pacjenta.
Okno oraz drzwi stanowią osłonę równoważną 2,0 mm Pb.
- c) ściana od strony pokoju Przygotowania Lekarza oraz Pomieszczenia UPS-a (CD) jest ścianą warstwową wykonaną z cegły budowlanej pełnej o łącznej grubości 12 cm, blachą z ołowiu o grubości 0,5 cm posadowioną na ruszcie stalowym, warstwy dociskowej Siporeksu o grubości 8 cm, obustronnie glazurowana. Ściana stanowi osłonę równoważną > 2,0 mm Pb.
W ścianie znajdują się drzwi ochronne przesuwne do pokoju Przygotowania Lekarza.
Drzwi stanowią osłonę równoważną 2,0 mm Pb.

- d) ściana zewnętrzna Pokoju Badań Pracowni Rtg (DA) jest ścianą nośną budynku bezpośrednio sąsiadującą z Salą Chorych. Zbudowana jest z cegły pełnej budowlanej o łącznej grubości 42 cm otynkowanej tynkiem z zawartością barytu 0,5 cm, płyt gipsowo-kartonowych o grubości ok. 11 cm, obustronnie glazurowana.
Ściana stanowi osłonę równoważną > 4 mm Pb.
- e) strop pod Pokojem Badań (podłoga) wykonany jest z pustaków o grubości 18 cm, wylewki betonowej o grubości 16 cm zawierającej 0,5 cm barytu oraz płytek ceramicznych typu gress.
Strop stanowi osłonę równoważną 3,7 mm Pb.
Pod Pokojem Badań zorganizowane są pomieszczenia magazynowe oraz szatnia personelu średniego, w którym czasowo mogą przebywać osoby postronne, nie związane z badaniem rentgenowskim, nie narażone zawodowo na promieniowanie jonizujące.
- f) strop nad Pokojem Badań (sufit) sąsiaduje bezpośrednio z Salą Chorych i wykonany jest z pustaków o grubości 16 cm, wylewki betonowej o grubości 16 cm z zawartością 0,5 cm barytu oraz podwieszki sufitowej z płyt gipsowo-kartonowych o grubości 13 cm.
Strop stanowi osłonę równoważną > 4 mm Pb.

6.2. Wyposażenie w źródła promieniowania jonizującego.

W Pracowni Rtg zainstalowany zostanie jezdny system rentgenowski dla kardiologii, neurochirurgii i chirurgii naczyniowej typu OEC[®] 9900 Elite produkcji GE Medical Systems (USA). Aparat rtg posiada międzynarodowe atesty ISO 9001, znak CE oraz pozytywną opinię wydaną przez Zakład Ochrony Radiologicznej i Radiobiologii Państwowego Zakładu Higieny w Warszawie.

6.3. Podstawowe dane techniczne zestawu rentgenowskiego.

Tryb fluoroskopii normalnej:

| Dane techniczne zestawu do badań rtg | |
|---|-----------------------------|
| Aparat rentgenowski | OEC [®] 9900 Elite |
| Prąd anodowy | $I_A = 0,2 - 10$ [mA] |
| Napięcie anodowe | $U_A = 40 - 120$ [kV] |
| Filtracja własna | 2,5 mm Al |
| Czas pojedynczej ekspozycji | $t_{exp} = 20$ min |

UWAGA:

Do obliczeń osłon stałych przyjęto maksymalne parametry techniczne zestawu rentgenowskiego, pracującego w trybie fluoroskopii normalnej.

6.4. Założenia dotyczące wykorzystania systemu rentgenowskiego.

Zestaw rentgenowski używany będzie do badań naczyń serca w trybie fluoroskopii normalnej (skopia) oraz dokumentowania stanu zdrowia pacjenta przed i po przeprowadzeniu zabiegu - dokumentacja zdjęciowa (grafia).

Ponieważ inwestor zakłada, że z użyciem systemu rentgenowskiego wykonywanych będzie 5 zabiegów 20 minutowych w ciągu doby, wobec czego tygodniowy czas pracy lampy rtg wynosić będzie:

$$t_0 = 5 \cdot 20 \text{ [min]} \cdot 5 = 500 \text{ [min/tydz]} = 8,33 \text{ [h/tydz]}.$$

7. Obliczenia osłon stałych.

7.1 Założenia.

- Z uwagi na usytuowanie stanowisk pracy zespołu operacyjnego (jak na Rys. nr 1 załącznika nr 1 do niniejszego opracowania) oraz na budowę aparatu - lampa rtg systemu OEC® 9900 Elite umieszczona na dole zestawu, założono, że 75% czasu ekspozycji wiązka pierwotna promieniowania będzie ukierunkowana na sufit. Prześwietlenia przy odchyleniu pozycjonera 90° w kierunku ściany oznaczonej na Rys. Nr 1 literami DA będą wykonywane w trakcie 25% czasu pracy lampy rtg.
- W celu zwiększenia bezpieczeństwa pracy i przebywania w pomieszczeniach sąsiadujących, w obliczeniach przyjęto ponadto założenie, że każda ze ścian Pokoju Badań projektowanej Pracowni Rtg w trakcie korzystania z zestawu rtg może być opromieniowywana wiązką pierwotną przez 10% czasu pracy.
- Dla podłogi Pokoju Badań wystarczy uwzględnić docieranie do niej promieniowania rozproszonego.
- Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia obliczono wg wzoru:

$$t = T \cdot U \cdot t_0 \quad (1)$$

w którym:

T - współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu.

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

t_0 – maksymalny czas pracy źródła promieniowania w ciągu tygodnia w ciągu jednej zmiany, [h]

t_0 , zgodnie z założeniami jak w pkt. 6.4. niniejszego opracowania, wynosi:

$$t_0 = 5 \cdot 20 [\text{min}] \cdot 5 = 500 [\text{min/tydz}] = 8,33 [\text{h/tydz}].$$

- Jako dawkę graniczną do obliczeń dla ścian, stropów oraz drzwi Pracowni Rtg przyjęto 0,1 mSv na rok, co odpowiada dawce 1,9 μGy w ciągu tygodnia.
- Przy obliczeniach korzystano z następujących zależności:

a) Promieniowanie w wiązce pierwotnej-krotność osłabienia promieniowania przez osłonę:

Krotność osłabienia promieniowania przez osłonę obliczono według wzoru:

$$k = \frac{\dot{D} \cdot I_A \cdot t}{D \cdot l^2} \cdot y \quad (2)$$

w którym:

\dot{D} - moc dawki w odległości 1 m od ogniska lampy przeliczona dla prądu anodowego 1 mA [$\text{cGy} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$]

I_A - nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej [mA]

t - czas narażenia w ciągu tygodnia osób przebywających w miejscu osłanianym [min]

D - dawka tygodniowa dopuszczalna promieniowania [cGy]

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

y - współczynnik dla osłabienia w tkance (wg tablicy 1 PN-86/J-80001)

| | | |
|--|---|--------------------|
| Szpital Wojewódzki w Koszalinie Pracownia Badań Naczyń i Serca oraz Elektroterapii Oddział Kardiologii 'D' | Osłony stałe przed promieniowaniem rentgenowskim | strona/stron: 7/15 |
|--|---|--------------------|

Grubość osłon o wymaganej krotności osłabienia wyznaczono zgodnie z punktem 2.5.1.3. normy PN-86/J-80001.

b) Promieniowanie rozproszone: zredukowana moc dawki-rozproszenie przez tkankę

Zredukowaną moc dawki obliczono według wzoru:

$$C1 = \frac{D \cdot I^2}{t \cdot I_A} \quad [\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}] \quad (3)$$

w którym:

- D - tygodniowa dopuszczalna dawka promieniowania [μGy]
- l - najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego promieniowanie od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy [m]
- t - czas narażenia w ciągu tygodnia na promieniowanie rozproszone [h]
- I_A - nominalne natężenia prądu anodowego lampy rentgenowskiej [mA]

Grubość osłony ołowianej przed promieniowaniem rozproszonym przez ciało pacjenta wyznaczono na podstawie pkt. 2.5.2.2. normy PN-86/J-80001,

przy równoczesnym spełnieniu warunku: $l \geq 50 \text{ cm}$ oraz $\frac{f^2}{s_p} \geq 2$, gdzie:

- l - najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego promieniowanie od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy [m]
- f - odległość przedmiotu rozpraszającego promieniowanie od ogniska lampy rtg [m]
- s_p - powierzchnia przedmiotu rozpraszającego, na który pada promieniowanie [m²]

c) Promieniowanie rozproszone: zredukowana moc dawki-rozproszenie przez strop

Zredukowaną moc dawki obliczono według wzoru:

$$C2 = \frac{D \cdot I^2 \cdot f^2}{t \cdot I_A \cdot s} \quad [\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}] \quad (4)$$

w którym:

- D - tygodniowa dopuszczalna dawka promieniowania [μGy]
- l - najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego promieniowanie od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy [m]
- f - odległość przedmiotu rozpraszającego promieniowanie od ogniska lampy rtg [m]
- t - czas narażenia w ciągu tygodnia na promieniowanie rozproszone [h]
- I_A - nominalne natężenia prądu anodowego lampy rentgenowskiej [mA]
- s - rzut powierzchni przedmiotu rozpraszającego, na którą pada promieniowanie, na płaszczyznę prostopadłą do kierunku wiązki pierwotnej promieniowania w odległości f [m²]

Grubość osłony ołowianej przed promieniowaniem rozproszonym przez sufit Pracowni Rtg wyznaczono na podstawie pkt. 2.5.3.2. normy PN-86/J-80001.

przy spełnieniu warunku: $l \geq 50 \text{ cm}$

7.2. Obliczenia osłon stałych:

▪ Sufit Pokoju Badań:

a) Promieniowanie w wiązce pierwotnej-krotność osłabienia promieniowania przez sufit:

$$\begin{aligned} \dot{D} &= 0,95 && [\text{cGy} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}] \\ I_A &= 10 && [\text{mA}] \\ D &= 0,00019 && [\text{cGy}] \\ y &= 0,04 \\ l_s &= 2,93 && [\text{m}] \\ T &= 1 \\ U &= 1 \\ t &= 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 500 && [\text{min/tydz}] = 375 [\text{min/tydz}] \end{aligned}$$

Zgodnie ze wzorem (2) krotność osłabienia promieniowania przez sufit Pokoju Badań projektowanej Pracowni Rtg wynosi:

$$k_s = \frac{0,95 \cdot 10 \cdot 375}{0,00019 \cdot (2,93)^2} \cdot 0,04 = 87363$$

Zgodnie z PN-86/J-8001 wymagana grubość osłony z ołowiu wynikająca z obliczeń wg wzoru (2) wynosi 3,2 mm.

b) Promieniowanie rozproszone - zredukowana moc dawki-rozproszenie przez tkanę:

$$\begin{aligned} D &= 1,9 && [\mu\text{Gy/tydz}] \\ l_s &= 2,43 && [\text{m}] \\ T &= 1 \\ U &= 0,25 \\ t &= 1 \cdot 0,25 \cdot 1/4 \cdot 8,33 && [\text{h/tydz}] = 0,52 [\text{h/tydz}] \\ I_A &= 10 && [\text{mA}] \\ f &= 0,5 && [\text{m}] \\ s &= 0,071 && [\text{m}^2] \\ \frac{f^2}{s} &= 3,52 \geq 2 \end{aligned}$$

Zgodnie ze wzorem (3) zredukowana moc dawki wynosi:

$$CI_s = \frac{1,9 \cdot (2,43)^2}{0,52 \cdot 10} = 2,16 [\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}]$$

Zgodnie z PN-86/J-8001 wymagana grubość osłony z ołowiu wynikająca z obliczeń wg wzoru (3) wynosi 1,5 mm.

c) Promieniowanie rozproszone: zredukowana moc dawki-rozproszenie przez strop:

$$\begin{aligned} D &= 1,9 && [\mu\text{Gy/tydz}] \\ l_s &= 2,93 && [\text{m}] \\ f_s &= 2,43 && [\text{m}] \\ T &= 1 \end{aligned}$$

$$U = 0,25$$

$$t = 1 \cdot 0,25 \cdot 1/4 \cdot 8,33 \text{ [h/tydz]} = 0,52 \text{ [h/tydz]}$$

$$I_A = 10 \quad [\text{mA}]$$

$$s = 0,55 \quad [\text{m}^2]$$

Zgodnie ze wzorem (4) zredukowana moc dawki wynosi:

$$C_{2,s} = \frac{1,9 \cdot (2,93)^2 \cdot (2,43)^2}{0,52 \cdot 10 \cdot 0,55} = 33,7 \text{ } [\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}]$$

Zgodnie z PN-86/J-8001 wymagana grubość osłony z ołowiu wynikająca z obliczeń wg wzoru (4) wynosi 1,1 mm.

Analiza wyników: Na podstawie przeprowadzonych obliczeń stwierdzono, że osłona stała powinna zapewniać ochronę równoważną 3,2 mm Pb. Sufit Pokoju Badań spełnia stawiane wymagania.

▪ **Oslona AB:**

a) Promieniowanie w wiązce pierwotnej-krotność osłabienia promieniowania przez osłonę AB:

$$\dot{D} = 0,95 \quad [\text{cGy} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}]$$

$$I_A = 10 \quad [\text{mA}]$$

$$D = 0,00019 \quad [\text{cGy}]$$

$$y = 0,04$$

$$l_{AB} = 3,29 \quad [\text{m}]$$

$$T = 0,05$$

$$U = 0,25$$

$$t = 0,05 \cdot 0,25 \cdot 0,1 \cdot 500 \text{ [min/tydz]} = 0,62 \text{ [min/tydz]}$$

Zgodnie ze wzorem (2)rotność osłabienia promieniowania przez osłonę AB wynosi:

$$k_{AB} = \frac{0,95 \cdot 10 \cdot 0,62}{0,00019 \cdot (3,29)^2} \cdot 0,04 = 115$$

Zgodnie z PN-86/J-8001 wymagana grubość osłony z ołowiu wynikająca z obliczeń wg wzoru (2) wynosi 0,8 mm.

b) Promieniowanie rozproszone - zredukowana moc dawki-rozproszenie przez tkanke:

$$D = 1,9 \quad [\mu\text{Gy/tydz}]$$

$$l_{AB} = 2,79 \quad [\text{m}]$$

$$T = 0,05$$

$$U = 0,25$$

$$t = 0,05 \cdot 0,25 \cdot 1/1 \cdot 8,33 \text{ [h/tydz]} = 0,10 \text{ [h/tydz]}$$

$$I_A = 10 \quad [\text{mA}]$$

$$f = 0,5 \quad [\text{m}]$$

$$s = 0,071 \quad [\text{m}^2]$$

$$\frac{f^2}{s} = 3,52 \geq 2$$

Zgodnie ze wzorem (3) zredukowana moc dawki wynosi:

$$C1_{AB} = \frac{1,9 \cdot (2,79)^2}{0,10 \cdot 10} = 15 [\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}]$$

Zgodnie z PN-86/J-8001 wymagana grubość osłony z ołowiu wynikająca z obliczeń wg wzoru (3) wynosi 0,7 mm.

c) Promieniowanie rozproszone: zredukowana moc dawki-rozproszenie przez strop:

$$\begin{aligned} D &= 1,9 && [\mu\text{Gy}/\text{tydz}] \\ l_{AB} &= 3,29 && [\text{m}] \\ f_{AB} &= 2,79 && [\text{m}] \\ T &= 0,05 \\ U &= 0,25 \\ t &= 0,05 \cdot 0,25 \cdot 1/1 \cdot 8,33 && [\text{h}/\text{tydz}] = 0,10 [\text{h}/\text{tydz}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_A &= 10 && [\text{mA}] \\ s &= 0,55 && [\text{m}^2] \end{aligned}$$

Zgodnie ze wzorem (4) zredukowana moc dawki wynosi:

$$C2_{AB} = \frac{1,9 \cdot (3,29)^2 \cdot (2,79)^2}{0,10 \cdot 10 \cdot 0,55} = 291 [\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}]$$

Zgodnie z PN-86/J-8001 wymagana grubość osłony z ołowiu wynikająca z obliczeń wg wzoru (4) wynosi 0,4 mm.

Analiza wyników: Na podstawie przeprowadzonych obliczeń stwierdzono, że osłona stała powinna zapewniać ochronę równoważną 0,8 mm Pb. Istniejąca ściana AB spełnia stawiane wymagania.

▪ **Oslona BC:**

a) Promieniowanie w wiązce pierwotnej-krotność osłabienia promieniowania przez osłonę BC:

$$\begin{aligned} \dot{D} &= 0,95 && [\text{cGy} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}] \\ I_A &= 10 && [\text{mA}] \\ D &= 0,00019 && [\text{cGy}] \\ y &= 0,04 \\ l_{BC} &= 2,71 && [\text{m}] \\ T &= 1 \\ U &= 0,25 \\ t &= 1 \cdot 0,25 \cdot 0,1 \cdot 500 && [\text{min}/\text{tydz}] = 12,50 [\text{min}/\text{tydz}] \end{aligned}$$

Zgodnie ze wzorem (2) krotność osłabienia promieniowania przez osłonę BC wynosi:

$$k_{BC} = \frac{0,95 \cdot 10 \cdot 12,50}{0,00019 \cdot (2,71)^2} \cdot 0,04 = 3404$$

Zgodnie z PN-86/J-8001 wymagana grubość osłony z ołowiu wynikająca z obliczeń wg wzoru (2) wynosi 1,8 mm.

b) Promieniowanie rozproszone - zredukowana moc dawki-rozproszenie przez tkanke:

$$\begin{aligned}D &= 1,9 && [\mu\text{Gy}/\text{tydz}] \\l_{\text{BC}} &= 2,21 && [\text{m}] \\T &= 1 \\U &= 0,25 \\t &= 1 \cdot 0,25 \cdot 1/2 \cdot 8,33 && [\text{h}/\text{tydz}] = 1,04 && [\text{h}/\text{tydz}] \\I_{\text{A}} &= 10 && [\text{mA}] \\f &= 0,5 && [\text{m}] \\s &= 0,071 && [\text{m}^2] \\ \frac{f^2}{s} &= 3,52 \geq 2\end{aligned}$$

Zgodnie ze wzorem (3) zredukowana moc dawki wynosi:

$$C1_{\text{BC}} = \frac{1,9 \cdot (2,21)^2}{1,04 \cdot 10} = 0,89 [\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}]$$

Zgodnie z PN-86/J-8001 wymagana grubość osłony z ołowiu wynikająca z obliczeń wg wzoru (3) wynosi 1,9 mm.

c) Promieniowanie rozproszone: zredukowana moc dawki-rozproszenie przez strop:

$$\begin{aligned}D &= 1,9 && [\mu\text{Gy}/\text{tydz}] \\l_{\text{BC}} &= 2,71 && [\text{m}] \\f_{\text{BC}} &= 2,21 && [\text{m}] \\T &= 1 \\U &= 0,25 \\t &= 1 \cdot 0,25 \cdot 1/2 \cdot 8,33 && [\text{h}/\text{tydz}] = 1,04 && [\text{h}/\text{tydz}] \\I_{\text{A}} &= 10 && [\text{mA}] \\s &= 0,55 && [\text{m}^2]\end{aligned}$$

Zgodnie ze wzorem (4) zredukowana moc dawki wynosi:

$$C2_{\text{BC}} = \frac{1,9 \cdot (2,71)^2 \cdot (2,21)^2}{1,04 \cdot 10 \cdot 0,55} = 12 [\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}]$$

Zgodnie z PN-86/J-8001 wymagana grubość osłony z ołowiu wynikająca z obliczeń wg wzoru (4) wynosi 1,4 mm.

Analiza wyników: Na podstawie przeprowadzonych obliczeń stwierdzono, że osłona stała powinna zapewniać ochronę równoważną 1,9 mm Pb. Istniejąca ściana BC spełnia stawiane wymagania.

▪ Osłona CD:**a) Promieniowanie w wiązce pierwotnej-krotność osłabienia promieniowania przez osłonę CD:**

$$\begin{aligned}\dot{D} &= 0,95 && [\text{cGy} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}] \\I_{\text{A}} &= 10 && [\text{mA}] \\D &= 0,00019 && [\text{cGy}]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y &= 0,04 \\
 l_{CD} &= 1,80 \quad [\text{m}] \\
 T &= 0,25 \\
 U &= 0,25 \\
 t &= 0,25 \cdot 0,25 \cdot 0,1 \cdot 500 \quad [\text{min/tydz}] = 3,12 \quad [\text{min/tydz}]
 \end{aligned}$$

Zgodnie ze wzorem (2) krotność osłabienia promieniowania przez osłonę CD wynosi:

$$k_{CD} = \frac{0,95 \cdot 10 \cdot 3,12}{0,00019 \cdot (1,80)^2} \cdot 0,04 = 1926$$

Zgodnie z PN-86/J-8001 wymagana grubość osłony z ołowiu wynikająca z obliczeń wg wzoru (2) wynosi 1,6 mm.

b) Promieniowanie rozproszone - zredukowana moc dawki-rozproszenie przez tkanke:

$$\begin{aligned}
 D &= 1,9 \quad [\mu\text{Gy/tydz}] \\
 l_{CD} &= 1,30 \quad [\text{m}] \\
 T &= 0,25 \\
 U &= 0,25 \\
 t &= 0,25 \cdot 0,25 \cdot 1/1 \cdot 8,33 \quad [\text{h/tydz}] = 0,52 \quad [\text{h/tydz}] \\
 I_A &= 10 \quad [\text{mA}] \\
 f &= 0,5 \quad [\text{m}] \\
 s &= 0,071 \quad [\text{m}^2] \\
 \frac{f^2}{s} &= 3,52 \geq 2
 \end{aligned}$$

Zgodnie ze wzorem (3) zredukowana moc dawki wynosi:

$$C1_{CD} = \frac{1,9 \cdot (1,30)^2}{0,52 \cdot 10} = 0,62 \quad [\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}]$$

Zgodnie z PN-86/J-8001 wymagana grubość osłony z ołowiu wynikająca z obliczeń wg wzoru (3) wynosi 2,0 mm.

c) Promieniowanie rozproszone: zredukowana moc dawki-rozproszenie przez strop:

$$\begin{aligned}
 D &= 1,9 \quad [\mu\text{Gy/tydz}] \\
 l_{CD} &= 1,80 \quad [\text{m}] \\
 f_{CD} &= 1,30 \quad [\text{m}] \\
 T &= 0,25 \\
 U &= 0,25 \\
 t &= 0,25 \cdot 0,25 \cdot 1/1 \cdot 8,33 \quad [\text{h/tydz}] = 0,52 \quad [\text{h/tydz}] \\
 I_A &= 10 \quad [\text{mA}] \\
 s &= 0,55 \quad [\text{m}^2]
 \end{aligned}$$

Zgodnie ze wzorem (4) zredukowana moc dawki wynosi:

$$C2_{CD} = \frac{1,9 \cdot (1,80)^2 \cdot (1,30)^2}{0,52 \cdot 10 \cdot 0,55} = 3,6 \quad [\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}]$$

Zgodnie z PN-86/J-8001 wymagana grubość osłony z ołowiu wynikająca z obliczeń wg wzoru (4) wynosi 1,8 mm.

Analiza wyników: Na podstawie przeprowadzonych obliczeń stwierdzono, że osłona stała powinna zapewniać ochronę równoważną 2,0 mm Pb. Istniejąca ściana CD spełnia stawiane wymagania.

▪ **Oslona DA:**

b) Promieniowanie w wiązce pierwotnej-krotność osłabienia promieniowania przez osłonę DA:

$$\begin{aligned} \dot{D} &= 0,95 && [\text{cGy} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}] \\ I_A &= 10 && [\text{mA}] \\ D &= 0,00019 && [\text{cGy}] \\ y &= 0,04 \\ l_{DA} &= 2,74 && [\text{m}] \\ T &= 1 \\ U &= 1 \\ t &= 1 \cdot 1 \cdot 1/4 \cdot 500 && [\text{min/tydz}] = 125 [\text{min/tydz}] \end{aligned}$$

Zgodnie ze wzorem (2) krotność osłabienia promieniowania przez osłonę DA wynosi:

$$k_{DA} = \frac{0,95 \cdot 10 \cdot 125}{0,00019 \cdot (2,74)^2} \cdot 0,04 = 33300$$

Zgodnie z PN-86/J-8001 wymagana grubość osłony z ołowiu wynikająca z obliczeń wg wzoru (2) wynosi 2,7 mm.

b) Promieniowanie rozproszone - zredukowana moc dawki-rozproszenie przez tkankę:

$$\begin{aligned} D &= 1,9 && [\mu\text{Gy/tydz}] \\ l_{DA} &= 2,24 && [\text{m}] \\ T &= 1 \\ U &= 0,25 \\ t &= 1 \cdot 0,25 \cdot 1/2 \cdot 8,33 && [\text{h/tydz}] = 1,04 [\text{h/tydz}] \\ I_A &= 10 && [\text{mA}] \\ f &= 0,5 && [\text{m}] \\ s &= 0,071 && [\text{m}^2] \\ \frac{f^2}{s} &= 3,52 \geq 2 \end{aligned}$$

Zgodnie ze wzorem (3) zredukowana moc dawki wynosi:

$$Cl_{DA} = \frac{1,9 \cdot (2,24)^2}{1,04 \cdot 10} = 0,92 [\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}]$$

Zgodnie z PN-86/J-8001 wymagana grubość osłony z ołowiu wynikająca z obliczeń wg wzoru (3) wynosi 1,9 mm.

c) Promieniowanie rozproszone: zredukowana moc dawki-rozproszenie przez strop:

$$\begin{aligned} D &= 1,9 && [\mu\text{Gy/tydz}] \\ l_{DA} &= 2,74 && [\text{m}] \\ f_{DA} &= 2,24 && [\text{m}] \\ T &= 1 \end{aligned}$$

$$U = 0,25$$

$$t = 1 \cdot 0,25 \cdot 1/2 \cdot 8,33 \text{ [h/tydz]} = 1,04 \text{ [h/tydz]}$$

$$I_A = 10 \quad [\text{mA}]$$

$$s = 0,55 \quad [\text{m}^2]$$

Zgodnie ze wzorem (4) zredukowana moc dawki wynosi:

$$C2_{DA} = \frac{1,9 \cdot (2,74)^2 \cdot (2,24)^2}{1,04 \cdot 10 \cdot 0,55} = 12,5 \text{ } [\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}]$$

Zgodnie z PN-86/J-8001 wymagana grubość osłony z ołowiu wynikająca z obliczeń wg wzoru (4) wynosi 1,4 mm.

Analiza wyników: Na podstawie przeprowadzonych obliczeń stwierdzono, że osłona stała powinna zapewniać ochronę równoważną 2,7 mm Pb. Istniejąca ściana DA spełnia stawiane wymagania.

▪ **Podłoga Pokoju Badań:**

a) Promieniowanie rozproszone - zredukowana moc dawki-rozproszenie przez tkanke:

$$D = 1,9 \quad [\mu\text{Gy/tydz}]$$

$$l_p = 0,83 \quad [\text{m}]$$

$$T = 0,25$$

$$U = 0,05$$

$$t = 0,25 \cdot 0,05 \cdot 1/1 \cdot 8,33 \text{ [h/tydz]} = 0,10 \text{ [h/tydz]}$$

$$I_A = 10 \quad [\text{mA}]$$

$$f = 0,5 \quad [\text{m}]$$

$$s = 0,071 \quad [\text{m}^2]$$

$$\frac{f^2}{s} = 3,52 \geq 2$$

Zgodnie ze wzorem (3) zredukowana moc dawki wynosi:

$$C1_p = \frac{1,9 \cdot (0,83)^2}{0,10 \cdot 10} = 1,31 \text{ } [\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}]$$

Zgodnie z PN-86/J-8001 wymagana grubość osłony z ołowiu wynikająca z obliczeń wg wzoru (3) wynosi 1,8 mm.

b) Promieniowanie rozproszone: zredukowana moc dawki-rozproszenie przez strop:

$$D = 1,9 \quad [\mu\text{Gy/tydz}]$$

$$l_p = 1,33 \quad [\text{m}]$$

$$f_p = 0,83 \quad [\text{m}]$$

$$T = 0,25$$

$$U = 0,05$$

$$t = 0,25 \cdot 0,05 \cdot 1/1 \cdot 8,33 \text{ [h/tydz]} = 0,10 \text{ [h/tydz]}$$

$$I_A = 10 \quad [\text{mA}]$$

$$s = 0,55 \quad [\text{m}^2]$$

Zgodnie ze wzorem (4) zredukowana moc dawki wynosi:

$$C2_p = \frac{1,9 \cdot (1,33)^2 \cdot (0,83)^2}{0,10 \cdot 10 \cdot 0,55} = 4,2 [\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}]$$

Zgodnie z PN-86/J-8001 wymagana grubość osłony z ołowiu wynikająca z obliczeń wg wzoru (4) wynosi 1,7 mm.

Analiza wyników: Na podstawie przeprowadzonych obliczeń stwierdzono, że osłona stała powinna zapewniać ochronę równoważną 1,8 mm Pb. Podłoga Pokoju Badań spełnia stawiane wymagania.

7.3. Zestawienie grubości istniejących i wymaganych osłon stałych w Pokoju Badań projektowanej Pracowni Badań Naczyń i Serca oraz Elektroterapii.

| Nazwa | grubość osłony (mm Pb) | | | Uwagi |
|--|------------------------|----------|-----------------|-------|
| | istniejąca | wymagana | do uzupełnienia | |
| sufit | > 4 | 3,2 | - | |
| osłona AB | > 4 | 0,8 | - | |
| osłona BC | > 4 | 1,9 | - | |
| drzwi rozwierne do Sterowni | 2,0 | 1,9 | - | |
| okno wyglądowe ze Sterowni | 2,0 | 1,9 | - | |
| drzwi przesuwne do pokoju Przygotowania Pacjenta | 2,0 | 1,9 | - | |
| osłona CD | > 2,0 | 2,0 | - | |
| drzwi przesuwne do pokoju Przygotowania Lekarza | 2,0 | 2,0 | - | |
| osłona DA | > 4 | 2,7 | - | |
| podłoga | 3,7 | 2,7 | | |

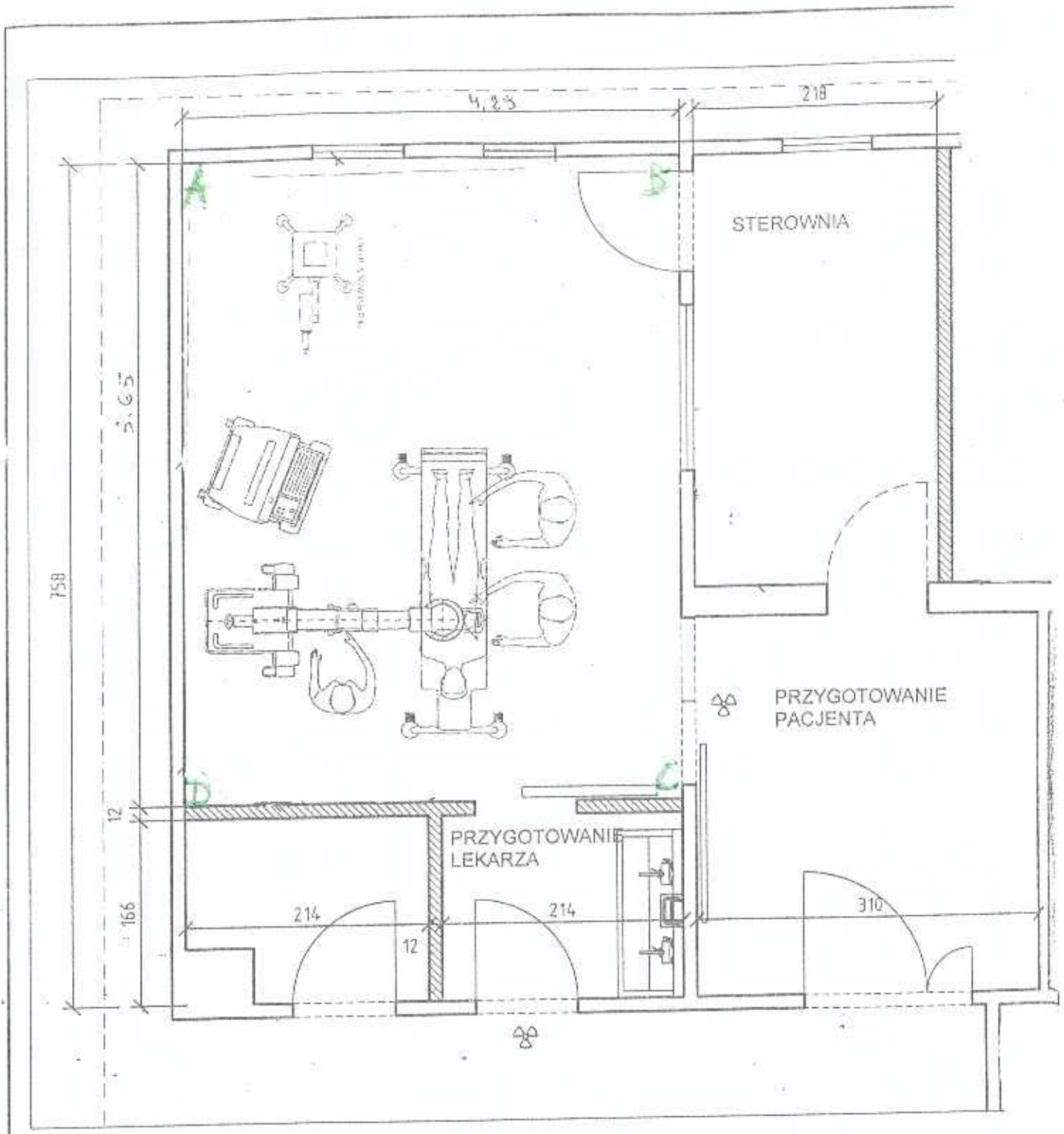
7.4. Podsumowanie i wnioski wynikające z przeprowadzonych obliczeń.

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że osłony w projektowanej Pracowni Rtg w pełni zabezpieczają przed promieniowaniem jonizującym personel oraz pacjentów nie związanych z badaniem rtg.

8. Informacje dodatkowe.

- 8.1. Obliczenia osłon stałych wymagają zatwierdzenia przez właściwego państwowego inspektora sanitarnego przy uzgadnianiu dokumentacji projektowej Pracowni Rtg przed wydaniem pozwolenia na jej uruchomienie.
- 8.2. Pracownia Rtg powinna spełniać wymagania zawarte w Rozporządzeniu 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. z 2003 r. Nr 173, poz. 1681).
- 8.3. Po zamontowaniu aparatu rtg, przed rozpoczęciem jego eksploatacji, należy zwrócić się do właściwej terenowo Wojewódzkiej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej o wykonanie pomiarów dozymetrycznych w celu zweryfikowania skuteczności zastosowanych osłon stałych.

9. Załączniki.



**Usytuowanie systemu do badań
rentgenowskich
oraz osłony stałe w Pokoju Badań
Pracowni Rtg**

Rys. Nr 1

Skala 1:50