

PROJEKT OCHRONY RADIOLOGICZNEJ

\* OBLICZENIA OSŁON STAŁYCH \*

Zgodnie z PN-86/J-80001

**SZPITAL MIEJSKI SPECJALISTYCZNY  
im. G.NARUTOWICZA  
PRACOWNIA RENTGENOWSKA  
31-202 KRAKÓW , ul. PRĄDNICKA 37**

Typ aparatu :

**Diagnostyczny aparat rentgenowski – AXIOM Iconos R100**

Zamawiający :

**Firma Budowlana „MIRO 2”  
Artur Ziemba, Mirosław Wójtowicz Sp.J.  
ul. 11-go Listopada 21 ; 38-300 Gorlice**

Wykonawca :

**mgr inż. Jerzy Chyła  
ul. Polna 24  
38-500 Sanok**

Diagnostyczny aparat rentgenowski AXIOM Iconos R100	Szpital Miejski Specjalistyczny im.G.Narutowicza 31-202 Kraków , ul.Prądnicka 37 Pracownia Rentgenowska	maj 2005 r strona 2/16
---	---	---------------------------

## SPIS TREŚCI

	Strona
I.DANE OGÓLNE	3
I.1. ZAKRES OPRACOWANIA	3
I.2. OPIS POMIESZCZEŃ	3
II.OBLICZENIA OSŁON STAŁYCH DLA APARATU AXIOM Iconos R100	3
II.1 ZAŁOŻENIA DO OBLICZEŃ	3
II.2 OBLICZENIA OSŁON PRZED PROMIENIOWANIEM PIERWOTNYM	4
II.2.1 Wiązka główna skierowana w stronę podłogi	4
II.2.2 Wiązka główna skierowana w stronę korytarza I	4
II.2.3 Wiązka główna skierowana w stronę poczekalni	6
II.3 OBLICZENIA OSŁON PRZED PROMIENIOWANIEM ROZPROSZONYM PRZEZ PACJENTA	7
II.3.1 Obliczenie osłon pomiędzy gabinetem rtg a sterownią	7
II.3.2 Obliczenie osłony drzwi pomiędzy gabinetem rtg a korytarzem I	8
II.3.3 Obliczenie osłony ściany pomiędzy gabinetem rtg a korytarzem II	8
II.3.4 Obliczenie osłon pomiędzy gabinetem rtg a kabiną dla pacjentów i WC	9
II.4 OBLICZENIA OSŁON PRZED PROMIENIOWANIEM ROZPROSZONYM PRZEZ ŚCIANY I PODŁOGĘ	9
II.4.1 Obliczenie osłon pomiędzy gabinetem rtg a sterownią	10
II.4.2 Obliczenie osłony drzwi pomiędzy gabinetem rtg a korytarzem I	10
II.4.3 Obliczenie osłony ściany pomiędzy gabinetem rtg a korytarzem II	11
II.4.4 Obliczenie osłon pomiędzy gabinetem rtg a kabiną dla pacjentów i WC	11
II.5 OBLICZENIA OSŁON PRZED PROMIENIOWANIEM UBOCZNYM	12
II.5.1 Obliczenie osłon pomiędzy gabinetem rtg a sterownią	12
II.5.2 Obliczenie osłony drzwi pomiędzy gabinetem rtg a korytarzem I	12
II.5.3 Obliczenie osłony ściany pomiędzy gabinetem rtg a korytarzem II	13
II.5.4 Obliczenie osłon pomiędzy gabinetem rtg a kabiną dla pacjentów i WC	13
II.5.5 Promieniowanie uboczne - grubości osłon	14
III.MATERIAŁY OCHRONNE	14
IV.PODSUMOWANIE	15
IV.1 OPIS OSŁON STAŁYCH	15
IV.2 ZESTAWIENIE OSŁON STAŁYCH	16
IV.3 UWAGI KOŃCOWE	16
V.ZAŁĄCZNIKI:	
1. Plan pracowni rentgenowskiej - Osłony stałe.	

Diagnostyczny aparat rentgenowski AXIOM Iconos R100	Szpital Miejski Specjalistyczny im.G.Narutowicza 31-202 Kraków, ul.Prądnicka 37 Pracownia Rentgenowska	maj 2005 r strona 3/16
---	--	---------------------------

## I. DANE OGÓLNE

### I.1. ZAKRES OPRACOWANIA .

Projekt zawiera całość prac z zakresu ochrony radiologicznej niezbędnych do wykonania w pracowni rtg w celu ochrony pracowników obsługujących aparat, pacjentów jak i osób postronnych przed nadmiernym promieniowaniem rentgenowskim.

Projekt wykonano dla diagnostycznego aparatu rentgenowskiego do zdjęć i prześwietleń – AXIOM Iconos R100 z generatorem Polydoros LX 50 i lampą OPTILIX 150/30/50HC-100 firmy Siemens planowanego do zainstalowania w pomieszczeniu Pracowni Rentgenowskiej w Szpitalu Specjalistycznym im.Gabriela Narutowicza w Krakowie przy ul. Prądnickiej 37. Dane techniczne i informacje budowlane uzyskano z firmy Siemens Sp z o.o. oraz od zleceńodawcy.

### I.2. OPIS POMIESZCZEŃ.

Projektowana pracownia rentgenowska będzie się mieścić w adaptowanych pomieszczeniach Szpitala Specjalistycznego w Krakowie przy ul. Prądnickiej 37 na parterze.

Gabinet rtg o powierzchni 24 m<sup>2</sup> będzie sąsiadował z :

- korytarzem I – ściana pomiędzy gabinetem rtg a korytarzem I wykonana jest z cegły pełnej grubości 25 cm + 70 cm = 95 cm
- poczekalnią – ściana pomiędzy gabinetem rtg a poczekalnią wykonana jest z cegły pełnej grubości 12 cm,
- sterownią – ściana pomiędzy gabinetem rtg a sterownią wykonana jest z cegły pełnej grubości 12 cm,
- WC – ściana pomiędzy gabinetem rtg a WC wykonana jest z cegły pełnej grubości 12 cm
- kabiną dla pacjentów – ściana pomiędzy gabinetem rtg a kabiną dla pacjentów wykonana jest z cegły pełnej grubości 12 cm
- korytarzem II – ściana pomiędzy gabinetem rtg a korytarzem II wykonana jest z cegły pełnej grubości 12 cm
- pod gabinetem znajdują się piwnice i pomieszczenie segregacji bielizny, strop pod gabinetem betonowy o grubości 15÷18 cm.

Nad gabinetem nie znajdują się żadne pomieszczenia

Wysokość gabinetu od posadzki do podciągów żelbetowych wynosi 3.05 m a do stropu 3.60 m.

Na ścianach planuje się wykonać osłony ołowiowe w technologii Delta (Zamość)

Ogólny rozkład pomieszczeń przedstawiono na rysunku nr 1.

## II. OBLICZENIA OSŁON STAŁYCH DLA APARATU AXIOM Iconos R100

### II.1. ZAŁOŻENIA DO OBLICZEŃ .

Do obliczeń przyjęto :

- w ciągu jednego dnia wykonuje się 100 zdjęć,
- zjęcia wykonuje się 6 dni w tygodniu,
- czas jednego zdjęcia wynosi 0.5 sek,
- natężenie prądu anodowego  $I_{\max} = 200 \text{ mA}$ ,
- napięcie na lampie rtg  $U_{\max} = 150 \text{ kV}$ .

Diagnostyczny aparat rentgenowski AXIOM Iconos R100	Szpital Miejski Specjalistyczny im.G.Narutowicza 31-202 Kraków , ul.Prądnicka 37 Pracownia Rentgenowska	maj 2005 r strona 4/16
---	---	---------------------------

f) filtr dodatkowy = 0.2 mm Cu ,

g) T - współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu :

- sterownia , pomieszczenie segregacji bielizny - piwnica –  $T_1 = 1.0$
- korytarz I. korytarz II , poczekania –  $T_2 = 0.25$
- WC, kabina dla pacjentów –  $T_3 = 0.05$

h) U - współczynnik określający prawdopodobieństwo skierowania użytecznej wiązki promieniowania w kierunku obliczonej osłony –  $U = 1$

i) t - czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia

$$t = T \cdot U \cdot t_o$$

$t_o$  - maksymalny czas pracy źródła promieniowania w ciągu tygodnia na jednej zmianie w min.

$$t_1 = 1.0 \cdot 1 \cdot \frac{100 \cdot 0.5 \cdot 6}{60} ; \quad t_1 = 5 \text{ min } (0.083 \text{ godz.})$$

$$t_2 = 0.25 \cdot 1 \cdot \frac{100 \cdot 0.5 \cdot 6}{60} ; \quad t_2 = 1.25 \text{ min } (0.021 \text{ godz.})$$

$$t_3 = 0.05 \cdot 1 \cdot \frac{100 \cdot 0.5 \cdot 6}{60} ; \quad t_3 = 0.25 \text{ min } (0.0042 \text{ godz.})$$

## II.2. OBLICZENIA OSŁON PRZED PROMIENIOWANIEM PIERWOTNYM .

### II.2.1 Wiązka główna skierowana w stronę podłogi .

Obliczenie krotności osłabienia promieniowania X - dobór materiału osłonowego .  
krotność osłabienia k :

$$k = \frac{\dot{D} \cdot I \cdot t}{D \cdot l \cdot 1} \cdot y \quad \text{gdzie ;}$$

$\dot{D} = 9.4 \text{ mGy} \cdot \text{min}^{-1}$  w odległości 1 (m) od ogniska przy prądzie 1 (mA)

$D = 0.017 \text{ mGy}$  , w oparciu o obowiązujące przepisy, (dotyczy osób, które czasowo przebywają w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące – zawodowo nie zatrudnionych przy stosowaniu promieniowania).

$l = 1.5 \text{ m}$  , najmniejsza odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego

$y = 1.0$  , współczynnik osłabienia w ośrodku (na podst. pkt.2.4)

$I = 200 \text{ mA}$  , natężenie prądu

$t_1 = 5 \text{ min}$  , czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia

$$k = \frac{\dot{D} \cdot I \cdot t_1}{D \cdot l \cdot 1} \cdot y = \frac{9.4 \cdot 200 \cdot 5}{0.017 \cdot 1.5 \cdot 1.5} \cdot 1.0$$

Diagnostyczny aparat rentgenowski AXIOM Iconos R100	Szpital Miejski Specjalistyczny im.G.Narutowicza 31-202 Kraków , ul.Prądnicka 37 Pracownia Rentgenowska	maj 2005 r strona 5/16
--	---	---------------------------

$$k = 245752$$

Grubość osłony przed promieniowaniem X o wymaganej krotności osłabienia  $k = 245752$  może zapewnić 4.1 mm Pb , wartość odczytana z wykresu na rys. 1

Grubość ochronna stropu pomiędzy gabinetem rtg a piwnicą wykonana z różnych materiałów powinna wynosić :

MATERIAŁ	GRUBOŚĆ (mm)
olów o gęstości $11.3 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$	4.1
barytobeton o gęstości $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$	92
beton o gęstości $2.1 \div 2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$	277
żelazo o gęstości $7.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$	60
cegła o gęstości $1.6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$	430

Strop pomiędzy gabinetem rtg a piwnicą wykonany jest z betonu o grubości min 15 cm .  
**Należy zastosować dodatkową osłonę na podłodze z blachy ołowiowej grubości min 1.6 mm Pb. (Zaleca się 2.0 mm Pb).**

## II.2.2 Wiązka główna skierowana w stronę korytarza I .

Obliczenie krotności osłabienia promieniowania X - dobór materiału osłonowego .  
krotność osłabienia  $k$  :

$$k = \frac{\dot{D} \cdot I \cdot t}{D \cdot l \cdot I} \cdot y \quad \text{gdzie ;}$$

$\dot{D} = 9.4 \text{ mGy} \cdot \text{min}^{-1}$  w odległości 1 (m) od ogniska przy prądzie 1 (mA)

$D = 0.017 \text{ mGy}$  , w oparciu o obowiązujące przepisy

$l = 2.3 \text{ m}$  , najmniejsza odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego

$y = 1.0$  , współczynnik osłabienia w ośrodku (na podst. pkt.2.4)

$I = 200 \text{ mA}$  , natężenie prądu

$t_2 = 1.25 \text{ min}$  , czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia

$$k = \frac{\dot{D} \cdot I \cdot t_2}{D \cdot l \cdot I} \cdot y = \frac{9.4 \cdot 200 \cdot 1.25}{0.017 \cdot 2.3 \cdot 2.3} \cdot 1.0$$

$$k = 26131$$

Grubość osłony przed promieniowaniem X o wymaganej krotności osłabienia  $k = 26131$  może zapewnić 3.1 mm Pb , wartość odczytana z wykresu na rys. 1

Diagnostyczny aparat rentgenowski AXIOM Iconos R100	Szpital Miejski Specjalistyczny im.G.Narutowicza 31-202 Kraków , ul.Prądnicka 37 Pracownia Rentgenowska	maj 2005 r strona 6/16
---	---	---------------------------

Grubość ochronna ściany pomiędzy gabinetem rtg a klatką schodową wykonana z różnych materiałów powinna wynosić :

MATERIAŁ	GRUBOŚĆ (mm)
olów o gęstości $11.3 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$	3.1
barytobeton o gęstości $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$	68
beton o gęstości $2.1 \div 2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$	230
żelazo o gęstości $7.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$	44
cegła o gęstości $1.6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$	350

Ściana pomiędzy gabinetem rtg a korytarzem I wykonana jest z cegły grubości  $25 \text{ cm} + 70 \text{ cm} = 95 \text{ cm}$ .

**Ściana spełnia wymogi osłony stałej**

## II.2.3 Wiązka główna skierowana w stronę poczekalni .

Obliczenie krotności osłabienia promieniowania X - dobór materiału osłonowego .  
krotność osłabienia  $k$  :

$$k = \frac{\dot{D} \cdot I \cdot t}{D \cdot l \cdot l} \cdot y \quad \text{gdzie ;}$$

$\dot{D} = 9.4 \text{ mGy} \cdot \text{min}^{-1}$  w odległości 1 (m) od ogniska przy prądzie 1 (mA)

$D = 0.017 \text{ mGy}$  , w oparciu o obowiązujące przepisy

$l = 2.5 \text{ m}$  , najmniejsza odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego

$y = 1.0$  , współczynnik osłabienia w ośrodku (na podst. pkt.2.4)

$I = 200 \text{ mA}$  , natężenie prądu

$t_2 = 1.25 \text{ min}$  , czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia

$$k = \frac{\dot{D} \cdot I \cdot t_2}{D \cdot l \cdot l} \cdot y = \frac{9.4 \cdot 200 \cdot 1.25}{0.017 \cdot 2.5 \cdot 2.5} \cdot 1.0$$

$$k = 22118$$

Grubość osłony przed promieniowaniem X o wymaganej krotności osłabienia  $k = 22118$  może zapewnić 3.0 mm Pb , wartość odczytana z wykresu na rys. 1

Grubość ochronna ściany pomiędzy gabinetem rtg a poczekalnią wykonana z różnych materiałów powinna wynosić :



Diagnostyczny aparat rentgenowski AXIOM Iconos R100	Szpital Miejski Specjalistyczny im.G.Narutowicza 31-202 Kraków , ul.Prądnicka 37 Pracownia Rentgenowska	maj 2005 r strona 7/16
--	---	---------------------------

MATERIAŁ	GRUBOŚĆ (mm)
olów o gęstości $11.3 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$	3.0
barytobeton o gęstości $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$	65
beton o gęstości $2.1 \div 2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$	226
żelazo o gęstości $7.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$	43
cegła o gęstości $1.6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$	340

Ściana pomiędzy gabinetem rtg a poczekalnią wykonana jest z cegły grubości 12 cm .  
Należy zastosować dodatkową osłonę z blachy ołowiowej o grubości min. 2.0 mm Pb.

### II.3. OBLICZENIA OSŁON PRZED PROMIENIOWANIEM ROZPROSZONYM PRZEZ PACJENTA .

#### II.3.1 Obliczenie osłon pomiędzy gabinetem rtg a sterownią .

Promieniowanie docierające do sterowni będzie promieniowaniem rozproszonym, dawka D nie może przekroczyć 50% dawki granicznej. Przyjmujemy do obliczeń dawkę tygodniową  $D = 100 \mu\text{Gy}$  (kategoria B pracowników – pracujących w terenie nadzorowanym)

$$D' = 0.5 \cdot D = 0.5 \cdot 100 = 50 \mu\text{Gy}$$

Zgodnie z 2.5.2.1 normy moc zredukowana  $C_1$  wynosi :

$$C_1 = \frac{D' \cdot l \cdot l}{t_1 \cdot I} = \frac{50 \cdot 2.5 \cdot 2.5}{0.083 \cdot 200}$$

$$C_1 = 18.8 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \quad \text{gdzie ;}$$

$l = 2.5 \text{ m}$  , odległość od osoby rozpraszającej promieniowanie do miejsca osłanianego

$t_1 = 0.083 \text{ godz}$  , czas narażenia na promieniowanie

$I = 200 \text{ mA}$  , natężenie prądu

Grubość ołowiu odczytana z wykresu na rys.3 wynosi 1.1 mm Pb

Ściana pomiędzy gabinetem rtg a sterownią wykonana z cegły pełnej grubości 12 cm powinna być dodatkowo zabezpieczona blachą ołowiową grubości 0.5 mm Pb

Szyba ze szkła ołowiowego do sterowni powinna posiadać grubość o równoważniku ołowiu 1.5 mm Pb .

Drzwi do sterowni powinny posiadać osłonę z blachy ołowiowej grubości 1.5 mm Pb

Diagnostyczny aparat rentgenowski AXIOM Iconos R100	Szpital Miejski Specjalistyczny im.G.Narutowicza 31-202 Kraków , ul.Prądnicka 37 Pracownia Rentgenowska	maj 2005 r strona 8/16
---	---	---------------------------

### II.3.2 Obliczenie osłony drzwi pomiędzy gabinetem rtg a korytarzem I.

Promieniowanie docierające na korytarz I przez drzwi będzie promieniowaniem rozproszonym, dawka  $D$  nie może przekroczyć 50% dawki granicznej. Przyjmujemy do obliczeń dawkę tygodniową  $D = 17 \mu\text{Gy}$  (dla osób zawodowo nie narażonych na promieniowanie jonizujące).

$$D' = 0.5 \cdot D = 0.5 \cdot 17 = 8.5 \mu\text{Gy}$$

Zgodnie z 2.5.2.1 normy moc zredukowana  $C_1$  wynosi ;

$$C_1 = \frac{D' \cdot l \cdot l}{t_2 \cdot I} = \frac{8.5 \cdot 3.0 \cdot 3.0}{0.021 \cdot 200}$$

$$C_1 = 18.2 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \quad \text{gdzie ;}$$

$l = 3.0 \text{ m}$  , odległość od osoby rozpraszającej promieniowanie do miejsca osłanianego

$t_2 = 0.021 \text{ godz}$  , czas narażenia na promieniowanie

$I = 200 \text{ mA}$  , natężenie prądu

Grubość ołowiu odczytana z wykresu na rys.3 wynosi 1.1 mm Pb

**Drzwi na korytarz powinny posiadać osłonę z blachy ołowiowej grubości 1.5 mm Pb**

### II.3.3 Obliczenie osłony ściany pomiędzy gabinetem rtg a korytarzem II .

Promieniowanie docierające na korytarz II będzie promieniowaniem rozproszonym, dawka  $D$  nie może przekroczyć 50% dawki granicznej. Przyjmujemy do obliczeń dawkę tygodniową  $D = 17 \mu\text{Gy}$  (dla osób zawodowo nie narażonych na promieniowanie jonizujące).

$$D' = 0.5 \cdot D = 0.5 \cdot 17 = 8.5 \mu\text{Gy}$$

Zgodnie z 2.5.2.1 normy moc zredukowana  $C_1$  wynosi ;

$$C_1 = \frac{D' \cdot l \cdot l}{t_2 \cdot I} = \frac{8.5 \cdot 1.8 \cdot 1.8}{0.021 \cdot 200}$$

$$C_1 = 6.5 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \quad , \quad \text{gdzie ;}$$

$l = 1.8 \text{ m}$  , odległość od osoby rozpraszającej promieniowanie do miejsca osłanianego

$t_2 = 0.021 \text{ godz}$  , czas narażenia na promieniowanie

$I = 200 \text{ mA}$  , natężenie prądu

Grubość ołowiu odczytana z wykresu na rys.3 wynosi 1.8 mm Pb



Diagnostyczny aparat rentgenowski AXIOM Iconos R100	Szpital Miejski Specjalistyczny im.G.Narutowicza 31-202 Kraków , ul.Prądnicka 37 Pracownia Rentgenowska	maj 2005 r strona 9/16
---	---	---------------------------

**Ściana pomiędzy gabinetem rtg a korytarzem II wykonana z cegły pełnej grubości 12 cm powinna być dodatkowo zabezpieczona blachą ołowiową grubości 1.0 mm Pb.**

#### II.3.4 Obliczenie osłon pomiędzy gabinetem rtg a kabiną dla pacjentów i WC

Promieniowanie docierające do kabiny dla pacjentów i WC będzie promieniowaniem rozproszonym, dawka D nie może przekroczyć 50% dawki granicznej. Przyjmujemy do obliczeń dawkę tygodniową  $D = 17 \mu\text{Gy}$  (dla osób zawodowo nie narażonych na promieniowanie jonizujące).

$$D' = 0.5 \cdot D = 0.5 \cdot 17 = 8.5 \mu\text{Gy}$$

Zgodnie z 2.5.2.1 normy moc zredukowana  $C_1$  wynosi ;

$$C_1 = \frac{D' \cdot l \cdot l}{t_3 \cdot I} = \frac{8.5 \cdot 1.5 \cdot 1.5}{0.0042 \cdot 200}$$

$$C_1 = 22.7 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \quad , \quad \text{gdzie :}$$

$l = 1.5 \text{ m}$  , odległość od osoby rozpraszającej promieniowanie do miejsca osłanianego

$t_3 = 0.0042 \text{ godz}$  , czas narażenia na promieniowanie

$I = 200 \text{ mA}$  , natężenie prądu

Grubość ołowiu odczytana z wykresu na rys.3 wynosi 1.0 mm Pb

**Ściany pomiędzy gabinetem rtg a kabiną dla pacjentów i WC wykonane z cegły pełnej grubości 12 cm powinna być dodatkowo zabezpieczona blachą ołowiową grubości 0.5 mm Pb.**

**Drzwi do kabiny dla pacjentów i do WC powinny posiadać osłonę z blachy ołowiowej grubości 1.0 mm Pb.**

#### II.4. OBLICZENIA OSŁON PRZED PROMIENIOWANIEM ROZPROSZONYM PRZEZ ŚCIANY I PODŁOGĘ

Zgodnie z punktem 2.5.3.1 Normy zredukowaną moc dawki oblicza się ze wzoru :

$$C_2 = \frac{D' \cdot l \cdot l \cdot f \cdot f}{t \cdot I \cdot y \cdot S} \quad \text{gdzie ;}$$

$$D' = 0.5 \cdot D$$

D = dawka tygodniowa określona zgodnie z pkt 2.2 normy

$l$  = odległość przedmiotu rozpraszającego promieniowanie od miejsca osłanianego

$f$  = odległość przedmiotu rozpraszającego promieniowanie od ogniska lampy rentgenowskiej

$t$  = czas narażenia w ciągu tygodnia na promieniowanie

$I$  = natężenie prądu

Diagnostyczny aparat rentgenowski AXIOM Iconos R100	Szpital Miejski Specjalistyczny im.G.Narutowicza 31-202 Kraków , ul.Prądnicka 37 Pracownia Rentgenowska	maj 2005 r strona 10/16
---	---	----------------------------

$y$  = współczynnik osłabienia promieniowania w tkance zgodnie z pkt 2.4 normy  
 $S$  = rzut powierzchni przedmiotu rozpraszającego na płaszczyznę prostopadłą do kierunku wiązki

#### II.4.1 Obliczenie osłon pomiędzy gabinetem rtg a sterownią .

Przyjmujemy współczynnik  $y = 0.30$

$$D' = 0.5 \cdot 100 = 50 \mu\text{Gy}$$

$$l = 2.5 \text{ m}$$

$$f = 1.5 \text{ m}$$

$$S = 0.30 \text{ m}^2$$

$I, t$  - patrz punkt II.3.1

$$C_2 = \frac{D' \cdot l \cdot l \cdot f \cdot f}{t_1 \cdot I \cdot y \cdot S}$$

$$C_2 = \frac{50 \cdot 2.5 \cdot 2.5 \cdot 1.5 \cdot 1.5}{0.083 \cdot 200 \cdot 0.30 \cdot 0.30}$$

$$C_2 = 470 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Dla zredukowanej mocy dawki  $C_2 = 470$  odczytany z rys. 4 równoważnik ołowiu wynosi 0.45 mm Pb.

**Należy zastosować osłony opisane w pkt. II.3.1 .**

#### II.4.2 Obliczenie osłony drzwi pomiędzy gabinetem rtg a korytarzem I.

Przyjmujemy współczynnik  $y = 0.30$

$$D' = 0.5 \cdot 17 = 8.5 \mu\text{Gy}$$

$$l = 3.0 \text{ m}$$

$$f = 1.5 \text{ m}$$

$$S = 0.30 \text{ m}^2$$

$I, t$  - patrz punkt II.3.2

$$C_2 = \frac{D' \cdot l \cdot l \cdot f \cdot f}{t_2 \cdot I \cdot y \cdot S}$$

$$C_2 = \frac{8.5 \cdot 3.0 \cdot 3.0 \cdot 1.5 \cdot 1.5}{0.021 \cdot 200 \cdot 0.30 \cdot 0.30}$$

$$C_2 = 455 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Diagnostyczny aparat rentgenowski AXIOM Iconos R100	Szpital Miejski Specjalistyczny im.G.Narutowicza 31-202 Kraków , ul.Prądnicka 37 Pracownia Rentgenowska	maj 2005 r strona 11/16
---	---	----------------------------

Dla zredukowanej mocy dawki  $C_2 = 455$  odczytany z rys. 4 równoważnik ołowiu wynosi 0.45 mm Pb.

**Należy zastosować osłony opisane w pkt. II.3.2 .**

#### II.4.3 Obliczenie osłony ściany pomiędzy gabinetem rtg a korytarzem II .

Przyjmujemy współczynnik  $y = 0.30$

$$D' = 0.5 \cdot 17 = 8.5 \mu\text{Gy}$$

$$l = 1.8 \text{ m}$$

$$f = 1.5 \text{ m}$$

$$S = 0.30 \text{ m}^2$$

$I, t$  - patrz punkt II.3.3

$$C_2 = \frac{D' \cdot l \cdot l \cdot f \cdot f}{t_2 \cdot I \cdot y \cdot S}$$

$$C_2 = \frac{8.5 \cdot 1.8 \cdot 1.8 \cdot 1.5 \cdot 1.5}{0.021 \cdot 200 \cdot 0.30 \cdot 0.30}$$

$$C_2 = 163 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Dla zredukowanej mocy dawki  $C_2 = 163$  odczytany z rys. 4 równoważnik ołowiu wynosi 0.9 mm Pb.

**Należy zastosować osłony opisane w pkt. II.3.3 .**

#### II.4.4 Obliczenie osłon pomiędzy gabinetem rtg a kabiną dla pacjentów i WC

Przyjmujemy współczynnik  $y = 0.30$

$$D' = 0.5 \cdot 17 = 8.5 \mu\text{Gy}$$

$$l = 1.5 \text{ m}$$

$$f = 1.5 \text{ m}$$

$$S = 0.30 \text{ m}^2$$

$I, t$  - patrz punkt II.3.4

$$C_2 = \frac{D' \cdot l \cdot l \cdot f \cdot f}{t_3 \cdot I \cdot y \cdot S}$$

$$C_2 = \frac{8.5 \cdot 1.5 \cdot 1.5 \cdot 1.5 \cdot 1.5}{0.0042 \cdot 200 \cdot 0.30 \cdot 0.30}$$

$$C_2 = 569 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Dla zredukowanej mocy dawki  $C_2 = 569$  odczytany z rys. 4 równoważnik ołowiu wynosi

Diagnostyczny aparat rentgenowski AXIOM Iconos R100	Szpital Miejski Specjalistyczny im.G.Narutowicza 31-202 Kraków , ul.Prądnicka 37 Pracownia Rentgenowska	maj 2005 r strona 12/16
---	---	----------------------------

0.4 mm Pb.

**Należy zastosować osłony opisane w pkt. II.3.4 .**

## II.5. OBLICZENIA OSŁON PRZED PROMIENIOWANIEM UBOCZNYM.

5.1 Obliczenie osłon pomiędzy gabinetem rtg a sterownią .

Zgodnie z 2.5.4 normy, tygodniowa dawka promieniowania ubocznego  $D_u$  wynosi :

$$D_u = \dot{D}_u \cdot t \quad \text{gdzie :}$$

$\dot{D}_u = 1.0 \text{ mGy/h}$  (w odległości 1 m od ogniska lampy) zgodnie z § 41 Rozporządzenia 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)

$t_1 = 0.083 \text{ godz.}$  - czas narażenia na promieniowanie

$\dot{D}_u$  - w odległości 2.5 m wyniesie :

$$\dot{D}_u = \frac{1.0}{2.5 \cdot 2.5} = 0.16 \text{ mGy/h} \quad \text{a więc :}$$

$$D_u = 0.16 \cdot 0.083 = 0.013 \text{ mGy}$$

Ponieważ szyba ze szkła ołowiowego grubości 1.5 mm Pb osłabi promieniowanie X – 600 razy , dawka promieniowania za osłoną wyniesie :

$$\frac{D_u}{k} = \frac{0.013}{600} \quad ; \quad \text{Dawka prom.} = 0.022 \text{ } \mu\text{Gy}$$

Dawka ta jest mniejsza od 10% dawki wyznaczonej przez Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 roku w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz.U. Nr 20 , poz. 168).

II.5.2 Obliczenie osłony drzwi pomiędzy gabinetem rtg a korytarzem I.

Zgodnie z 2.5.4 normy, tygodniowa dawka promieniowania ubocznego  $D_u$  wynosi :

$$D_u = \dot{D}_u \cdot t \quad \text{gdzie :}$$

$\dot{D}_u = 1.0 \text{ mGy/h}$  (w odległości 1 m od ogniska lampy)

$t_2 = 0.021 \text{ godz.}$  - czas narażenia na promieniowanie

$\dot{D}_u$  - w odległości 3.0 m wyniesie :

Diagnostyczny aparat rentgenowski AXIOM Iconos R100	Szpital Miejski Specjalistyczny im.G.Narutowicza 31-202 Kraków , ul.Prądnicka 37 Pracownia Rentgenowska	maj 2005 r strona 13/16
---	---	----------------------------

$$\dot{D}_u = \frac{1.0}{3.0 \cdot 3.0} = 0.11 \text{ mGy/h} \quad \text{a więc :}$$

$$D_u = 0.11 \cdot 0.021 = 0.0023 \text{ mGy}$$

Ponieważ blacha ołowiowa grubości 1.5 mm Pb osłabi promieniowanie X – 600 razy , dawka promieniowania za osłoną wyniesie :

$$\frac{D_u}{k} = \frac{0.0023}{600} \quad ; \quad \text{Dawka prom.} = 0.0038 \text{ } \mu\text{Gy}$$

Dawka ta jest mniejsza od 10% dawki wyznaczonej przez Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 roku w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz.U. Nr 20 , poz. 168).

#### II.5.3 Obliczenie osłony ściany pomiędzy gabinetem rtg a korytarzem II

Zgodnie z 2.5.4 normy, tygodniowa dawka promieniowania ubocznego  $D_u$  wynosi :

$$D_u = \dot{D}_u \cdot t \quad \text{gdzie :}$$

$$\dot{D}_u = 1.0 \text{ mGy/h (w odległości 1 m od ogniska lampy)}$$

$$t_2 = 0.021 \text{ godz. - czas narażenia na promieniowanie}$$

$$\dot{D}_u \text{ - w odległości 1.8 m wyniesie :}$$

$$\dot{D}_u = \frac{1.0}{1.8 \cdot 1.8} = 0.31 \text{ mGy/h} \quad \text{a więc :}$$

$$D_u = 0.31 \cdot 0.021 = 0.0065 \text{ mGy}$$

Ponieważ blacha ołowiowa grubości 1.0 mm i cegła pełna grubości 12 cm osłabiają promieniowanie X – 1000 razy , dawka promieniowania za osłoną wyniesie :

$$\frac{D_u}{k} = \frac{0.0065}{1000} \quad ; \quad \text{Dawka prom.} = 0.007 \text{ } \mu\text{Gy}$$

Dawka ta jest mniejsza od 10% dawki wyznaczonej przez Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 roku w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz.U. Nr 20 , poz. 168).

Diagnostyczny aparat rentgenowski AXIOM Iconos R100	Szpital Miejski Specjalistyczny im.G.Narutowicza 31-202 Kraków , ul.Prądnicka 37 Pracownia Rentgenowska	maj 2005 r strona 14/16
---	---	----------------------------

#### II.5.4 Obliczenie osłon pomiędzy gabinetem rtg a kabiną dla pacjentów i WC

Zgodnie z 2.5.4 normy, tygodniowa dawka promieniowania ubocznego  $D_u$  wynosi :

$$D_u = \dot{D}_u \cdot t \quad \text{gdzie :}$$

$\dot{D}_u = 1.0 \text{ mGy/h}$  (w odległości 1 m od ogniska lampy)  
 $t_3 = 0.0042 \text{ godz.}$  - czas narażenia na promieniowanie

$\dot{D}_u$  - w odległości 1.5 m wyniesie :

$$\dot{D}_u = \frac{1.0}{1.5 \cdot 1.5} = 0.44 \text{ mGy/h} \quad \text{a więc :}$$

$$D_u = 0.44 \cdot 0.0042 = 0.0018 \text{ mGy}$$

Ponieważ blacha ołowiowa grubości 1.0 mm osłabi promieniowanie X – 150 razy ,  
dawka promieniowania za osłoną wyniesie :

$$\frac{D_u}{k} = \frac{0.0018}{150} ; \quad \text{Dawka prom.} = 0.012 \mu\text{Gy}$$

Dawka ta jest mniejsza od 10% dawki wyznaczonej przez Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 roku w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz.U. Nr 20 , poz. 168).

#### II.5.5 Promieniowanie uboczne - grubości osłon .

*Ponieważ obliczone dawki tygodniowe promieniowania ubocznego za istniejącymi osłonami są dużo mniejsze niż 10 % dawki tygodniowej określonej zgodnie z pkt 2.2 normy , to grubość istniejących osłon może pozostać bez zmiany (na podstawie pkt 2.5.4.3 normy).*

### III. MATERIAŁY OCHRONNE.

Ochronność materiałów stosowanych na osłony zabezpieczające przed promieniowaniem X i  $\gamma$  jest porównywana z ołowiem. Dlatego przy obliczaniu grubości osłon ochronnych stosuje się pojęcie równoważnika ołowiu jako grubości danego materiału, które osłabia promieniowanie o ustalonej energii w tym samym stopniu, co warstwa ołowiu o grubości 1 mm. Wartość równoważnika ołowiu zależy od energii promieniowania i rodzaju materiału. Wartość ta maleje ze wzrostem energii promieniowania, co oznacza że zmniejsza się różnica między minimalną grubością osłony z ołowiu a osłoną z innych materiałów. Ze wzrostem energii promieniowania X i  $\gamma$  maleje więc znaczenie ołowiu jako materiału ochronnego w porównaniu z innymi materiałami. W naszym przypadku napięcie na lampie rtg nie przekracza 150 kV i jako materiałów ochronnych możemy stosować :



Diagnostyczny aparat rentgenowski AXIOM Iconos R100	Szpital Miejski Specjalistyczny im.G.Narutowicza 31-202 Kraków , ul.Prądnicka 37 Pracownia Rentgenowska	maj 2005 r strona 15/16
---	---	----------------------------

- a) ołów,
- b) żelazo ,
- c) szkło ołowiowe ,
- d) baryt,
- e) beton,
- f) cegła.

Ad a) Ołów ( $\rho = 11.3 \text{ g/cm}^3$ ) jest powszechnie stosowany do produkcji głowic ochronnych i roboczych defektoskopów izotopowych, pojemników do transportu i przechowywania źródeł promieniowania, osłon ruchomych przy wykonywaniu drzwi ochronnych oraz w innych przypadkach, gdy wymagany jest mały ciężar i małe wymiary osłony.

Ad b) Żelazo ( $\rho = 7.9 \text{ g/cm}^3$ ) stosuje się zamiennie z ołowiem gdy wymagana osłona z ołowiu jest małej grubości a należy zastosować osłonę o małym ciężarze i małych wymiarach .

Ad c) Szkło ołowiowe ( $\rho = 3.4-4.6 \text{ g/cm}^3$ ) stosuje się w tych przypadkach gdy osłona ma przepuszczać promieniowania widzialne. Produkowane jest w różnych wymiarach. Pomiar równoważnika ołowiu szkła powinien być przeprowadzony według PN-60/J-04001. Należy pamiętać, że wygrawerowana na szkle wartość równoważnika ołowiu dotyczy określonego napięcia na lampie rentgenowskiej.

Ad d) Baryt stosuje się w postaci tynków lub barytobetonu przy budowie osłon stałych przed promieniowaniem o energii do 400 keV. Baryt stosowany przy wykonywaniu osłon zawiera 80-90 %  $\text{BaSO}_4$  .Baryt dzieli się w zależności od wielkości ziarna na:

- pył barytowy przechodzący całkowicie przez sito z 400 otworami na  $1 \text{ cm}^2$  ,
- piasek barytowy o średnicy ziarna około 5 mm,
- żwir barytowy o wymiarach 5-10 mm.

Gęstość barytobetonu wykonanego z pyłu barytowego wynosi  $2.7 \text{ g/cm}^3$ , a ze żwiru barytowego -  $3.2 \text{ g/cm}^3$ . Barytobeton w czasie wiązania ulega znacznemu skurczowi. Z tego względu w celu uniknięcia pęknięcia tynków grubość jego nie powinna przekraczać 2.5 cm. Przykładowy skład tynku barytowego o ciężarze właściwym  $2.7 \text{ g*cm}^3$  jest następujący :

- cement (350)                      270 g
- mączka barytowa                2470 g
- masa wapienna                   100 g
- woda                                   210 g

Ad e) Beton ( $\rho = 2.1-2.4 \text{ g/cm}^3$ ) jest powszechnie stosowanym materiałem przy budowie ścian ochronnych, szczególnie przy energiach promieniowania ponad 400 keV, gdy różnica w grubości osłony betonowej i wykonanej z barytobetonu staje się niewielka.

Ad f) Cegła ( $\rho = 1.4-1.9 \text{ g/cm}^3$ ) jest również stosowana jako materiał ochronny. Ściany wykonane z cegły , barytobetonu i betonu pokrywa się tynkiem.

## IV. PODSUMOWANIE

### IV.1. OPIS OSŁON STAŁYCH .

1. Obliczenia osłon stałych zostały wykonane dla maksymalnie stosowanych warunków wykonywania zdjęć . Nie wykonano obliczeń dla skopii z uwagi na bardziej niekorzystne warunki przy wykonywaniu zdjęć . Obliczenia wykonano uwzględniając istniejące osłony przed promieniowaniem rtg znajdujące się w pracowni . Uwzględniono promieniowanie pierwotne jak i promieniowanie rozproszone i uboczne w zakresie przewidzianym przez normę .
2. Do obliczeń osłon przed promieniowaniem rozproszonym i ubocznym w sterowni, na stanowiskach pracy operatorów aparatu rtg, przyjęto dawkę tygodniową równą dawce granicznej

Diagnostyczny aparat rentgenowski AXIOM Iconos R100	Szpital Miejski Specjalistyczny im.G.Narutowicza 31-202 Kraków , ul.Prądnicka 37 Pracownia Rentgenowska	maj 2005 r strona 16/16
---	---	----------------------------

dla osób kategorii B narażenia (pracujących w terenie nadzorowanym) , w pozostałych miejscach przebywania ludzi przyjęto dawkę tygodniową równą dawce granicznej dla osób , które czasowo przebywają w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące – zawodowo nie zatrudnionych przy stosowaniu promieniowania.

3. Z uwagi na położenie pracowni rtg na parterze i brak pomieszczeń nad pracownią , ochronności stropu nie obliczono.
4. Wymogi ochronności osłon stałych spełniają ściany pomiędzy gabinetem rtg a korytarzem

#### IV.2. ZESTAWIENIE OSŁON STAŁYCH .

Lp	Nazwa osłony	Osłona wyliczona	Osłona istniejąca	Osłona dodatkowa
1.	Sterownia – ściana – szyba – drzwi	1.1 mm Pb	- cegła 12 cm - - - -	- 0.5 mm Pb - 1.5 mm Pb - 1.5 mm Pb
2.	Korytarz I – ściana – drzwi	3.1 mm Pb 1.1 mm Pb	- cegła 25 cm + 70 cm - -	- brak - 1.5 mm Pb
3.	Korytarz II – ściana	1.8 mm Pb	- cegła 12 cm	- 1.0 mm Pb
4.	Poczekalnia – ściana	3.0 mm Pb	- cegła 12 cm	- 2.0 mm Pb
5.	Kabina dla pacjentów – ściana – drzwi	1.0 mm Pb	- cegła 12 cm - -	- 0.5 mm Pb - 1.0 mm Pb
6.	WC – ściana – drzwi	1.0 mm Pb	- cegła 12 cm - -	- 0.5 mm Pb - 1.0 mm Pb
7.	Strop pod gabinetem	4.1 mm Pb	- beton 15 cm	- 2.0 mm Pb

#### IV.3. UWAGI KOŃCOWE.

1. Przy napromieniowaniu pacjentów należy stosować osłony na części ciała nie objęte wiązką pierwotną , lecz narażone na promieniowanie uboczne i rozproszone . Napromieniowania kobiet w ciąży należy unikać lub w miarę możliwości przekładać do drugiej połowy ciąży .
2. W czasie ekspozycji w gabinecie rtg nie mogą przebywać osoby postronne .
3. Osoba obsługująca aparat powinna wykonywać ekspozycję z sterowni .
4. W gabinecie rentgenowskim powinna znajdować się sprawna wentylacja mechaniczna , nawiewno-wyciągowa zapewniająca co najmniej 4-krotną wymianę powietrza na godzinę .
5. W ciemni rentgenowskiej powinna znajdować się sprawna wentylacja mechaniczna , nawiewno-wyciągowa zapewniająca co najmniej 3-krotną wymianę powietrza na godzinę .
6. Nad drzwiami do gabinetu od strony korytarza I , kabiny dla pacjentów i sterowni należy umieścić oświetlenie ostrzegawcze włączane równocześnie z włączeniem aparatu rtg.
7. Na drzwiach do gabinetu od strony korytarza I , kabiny dla pacjentów i sterowni należy umieścić oznakowanie pracowni rentgenowskiej (wzór ; Załącznik nr 1 do Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 11 września 2003 r w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej

Diagnostyczny aparat rentgenowski AXIOM Iconos R100	Szpital Miejski Specjalistyczny im.G.Narutowicza 31-202 Kraków , ul.Prądnicka 37 Pracownia Rentgenowska	maj 2005 r strona 17/16
---	---	----------------------------

pracy z aparatami rentgenowskimi o energii promieniowania do 300 keV stosowanymi w celach medycznych - Dz.U. Nr 173 , poz.1681)

8. Nie wolno kierować wiązki promieniowania w stronę drzwi i sterowni .

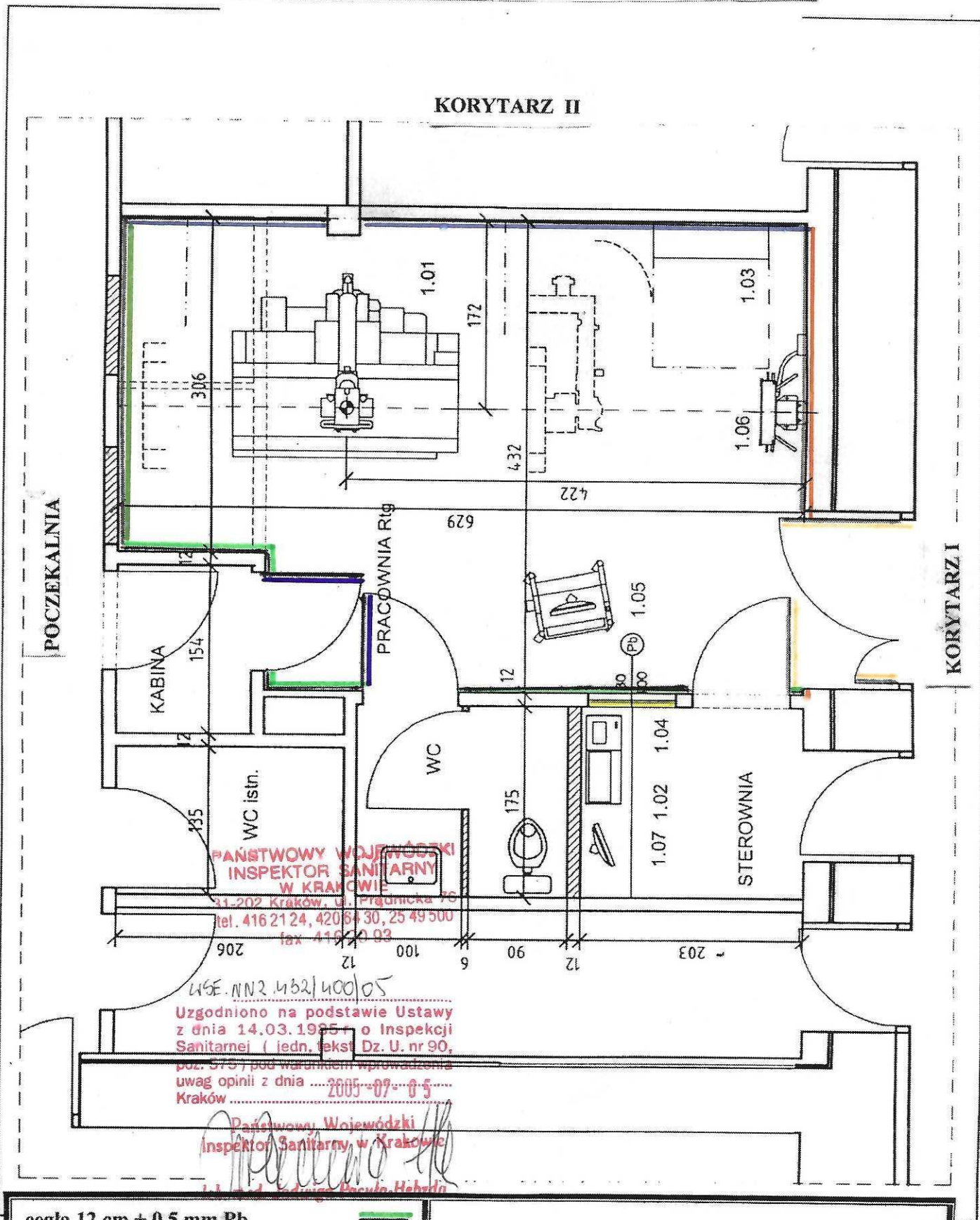
Inspektor Ochrony Radiologicznej  
w Pracowniach Rentgenowskich  
stosujących aparaty rtg w celach medycznych



mgr inż. Jerzy Chyła  
(zaświadczenie GIS nr 294/2004)



## PLAN PRACOWNII RENTGENOWSKIEJ:



cegła 12 cm + 0.5 mm Pb  
cegła 12 cm + 1.0 mm Pb  
cegła 12 cm + 2.0 mm Pb  
cegła 25 cm + 70 cm  
blacha ołowiowa 1.0 mm Pb  
blacha ołowiowa 1.5 mm Pb  
szkło ołowiowe 1.5 mm Pb

**SZPITAL SPECJALISTYCZNY  
im. GABRIELA NARUTOWICZA  
PRACOWNIA RENTGENOWSKA  
31-202 KRAKÓW  
ul. Prądnicka 37**

**RYS.1**

## AXIOM Iconos R100

## PLAN PRACOWNI OSŁONY STAŁE

**SKALA 1 : 50**