

**Dokumentacja obliczeniowa osłon stałych przed promieniowaniem X
dla Pracowni Tomografu Komputerowego w budynku Oddziału
Neurologii Szpitala Miejskiego Murcki, ul. Sokołowskiego 2 w Katowicach.**

/ tomograf "Bright Speed 16"/

Branża : ochrona radiologiczna

Opracowanie : mgr Zdzisława Malota



Data : kwiecień 2015r.

PRZEDMIOT I ZAKRES OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest projekt dokumentacji obliczeniowej osłon stałych przed promieniowaniem jonizującym X dla Pracowni Tomografu Komputerowego w budynku Oddziału Neurologii Szpitala Miejskiego Murcki w Katowicach, ul. Sokołowskiego 2.

Wyposażenie gabinetu rtg stanowi tomograf komputerowy "Bright Speed 16" firmy General Electric Company.

Przedstawiona dokumentacja obliczeniowa osłon stałych zawiera szczegółowe dane w zakresie :

- lokalizacji gabinetu rtg
- użytkowania aparatu rtg
- obliczeń osłon stałych
- wykazu prac adaptacyjnych
- wyposażenia gabinetu rtg
- wymaganej wentylacji

Opracowania dokonano na podstawie :

- Projekt remontu pracowni Tomografii Komputerowej w budynku Oddziału Neurologii Szpitala w Murckach, ul. Sokołowskiego 2, 40 – 749, Katowice – opracowanie SAR Sp. z o.o. Katowice, marzec 2015r.
- dokumentacji tomografu komputerowego .

Dokumentacja obliczeniowa osłon zawiera 9 ponumerowanych stron i 1 rysunek .

Normy i przepisy zgodnie z którymi wykonano opracowanie i obliczenia :

Normy i przepisy na podstawie których wykonano projekt i obliczenia :

1. Dawki graniczne – Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18.01.2005r, (Dz.U. Nr 20 z 2005r)
2. Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Obliczanie osłon stałych. PN-86/J-80001
3. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18.02.2011r. w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich ekspozycji medycznych (Dz. U. z 2013 r., poz. 1015).
4. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi. (Dz.U. nr 180 z 2006r., poz. 1325).
5. Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 03.12.2002r. w sprawie dokumentów wymaganych przy składaniu wniosku o wydawanie zezwoleń na wykonywanie działalności związanej z narażeniem na promieniowanie jonizujące albo przy zgłaszaniu wykonywania tej działalności (Dz.U. nr 220 z 2002r., zmiana Dz.U. nr 98 z 2004r., zmiana Dz.U. nr 127 z 2006r, zmiana Dz.U. nr 71 z 2009r)
6. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 27 marca 2008r. w sprawie minimalnych wymagań dla jednostek ochrony zdrowia udzielających świadczeń zdrowotnych z zakresu rentgenodiagnostyki, radiologii zabiegowej oraz diagnostyki i terapii radioizotopowej chorób nienowotworowych (Dz.U. nr 59 z 2008r., zmiana Dz.U. nr 48 z 2011r.)

LOKALIZACJA PRACOWNI TOMOGRAFU KOMPUTEROWEGO

Pracownia Tomografu Komputerowego zlokalizowana jest w piwnicach budynku Oddziału Neurologii Szpitala Miejskiego Murcki w Katowicach, ul. Sokołowskiego 2

Układ funkcjonalny pracowni składa się z: gabinetu rentgenowskiego, pomieszczenia przygotowania pacjenta, sterowni i kabiny dla pacjentów.

Gabinet rtg posiada okna wychodzące na chodnik i drogę wewnętrzną.

Ekspozycje aparatu rtg wykonywane będą ze znajdującej się obok sterowni.

W sąsiedztwie gabinetu rtg znajdują się :

- | | |
|-----------------------|--|
| ściana 1 (zewnątrzna) | - wolna przestrzeń – chodnik, droga wewnętrzna |
| ściana 2 (zewnątrzna) | - wolna przestrzeń - chodnik |
| ściana 3,3' | - kabina dla pacjentów |
| ściana 4 | - pomieszczenie przygotowawcze |
| ściana 5 | - magazyn |
| ściana 6 | - sterownia |

Pod gabinetem brak pomieszczeń - fundament.

Nad gabinetem rtg znajduje się kaplica szpitalna.

WARUNKI BUDOWLANE.

Powierzchnia gabinetu rtg wynosi **23,49 m²**, wysokość **2,5 m** - sufit podwieszany (całkowita wysokość pomieszczenia wynosi 2,96m).

Ściany gabinetu rtg wykonane są z betonu (przyjęto gęstość 2,1 g/cm³), płyt kartonowo-gipsowych oraz cegły pełnej (przyjęto gęstość 1,6 g/cm³). Strop sufitowy Akermana z warstwami wylewek.

Tabela 1 – Grubość istniejących osłon oraz ich równoważniki ołowiu.

Rodzaj osłony	Elementy zabezpieczające	Przyjęty równoważnik mmPb dla 150 kV
Ściana 1	55 cm betonu	Powyżej 3,0
Ściana 2	55 cm betonu	Powyżej 3,0
Ściana 3	3 cm płyta karton-gips	0,0
Ściana 3'	12 cm cegły pełnej	0,9
Ściana 4	55 cm betonu	Powyżej 3,0
Ściana 5	55 cm betonu	Powyżej 3,0
Ściana 6	55 cm betonu	Powyżej 3,0
Strop sufitowy	stropu Akermana ⁽¹⁾ + min 16 cm wylewek cementowych	3,3

⁽¹⁾ dla stropu Akermana przyjęto równoważnik 8,0 cm o gęstości 2,1 g/cm³

DANE TECHNICZNE TOMOGRAFU.

Gabinet rtg wyposażony jest w diagnostyczny aparat rtg – 16 rzędowy tomograf komputerowy typ "Bright Speed 16" firmy General Electric Company.

Części składowe tomografu :

- gentry z wbudowaną lampą rtg oraz systemem detektorów i zespołem zasilania,
- stół pacjenta,
- generator,
- systemy kontroli komputerowej.

Dodatkowym wyposażeniem jest kamera laserowa połączona z systemem akwizycji tomografu oraz strzykawka automatyczna.

Dane techniczne tomografu komputerowego :

- | | |
|----------------------|--|
| - napięcie lampy rtg | - 80,0 , 100,0 , 120,0 , 140,0 kV |
| - prąd anodowy | - 10,0- 440,0 mA zmiana co 5 mA |
| - czas ekspozycji | - skan wielokrotny (360°) od 0,5 do 4,0s.
skan pojedynczy-spiralny od 10 do 120s. |
| - moc generatora | - 53,2 kW |
| - ogniska lampy | - 0,6 x 0,7 mm i 0,9 x 0,9 mm |

TECHNOLOGIA PRACY Z TOMOGRAFEM.

Założono że pracownia czynna będzie przez 10 godzin dziennie – 5 dni w tygodniu (praca dwu zmianowa).

Obsługa min. 4 osobowa – lekarze i technicy rtg.

Do określenia czasu pracy lampy rtg przyjęto że wykonywane będą badania 15 osobom dziennie (dla jednej zmiany roboczej) a czas jednego badania wynosił będzie średnio 30s.

Dla w/w założeń, czas pracy lampy tomografu w ciągu tygodnia (dla jednej zmiany) wynosi:

$$t_o = 37,5 \text{ min/tydz} = 0,625 \text{ godz./tydz}$$

Akwizycja obrazów odbywa się w pamięci komputera, może być filmowana lub drukowana. na drukarce laserowej.

WZORY STOSOWANE W OBLICZENIACH OSŁON STAŁYCH (wg. PN-86/J-80001).

Promieniowanie rozproszone

$$C1 = \frac{D * l^2}{t * I}$$

C1 - zredukowana moc dawki w cGy * m² / h * mA

D – dawka tygodniowa (graniczna) w cGy

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

t - czas narażenia w ciągu tygodnia na promieniowanie w h

I - nominalne natężenie prądu anodowego lampy rtg w mA

Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia "t" obliczany jest jako :

$$t = T * U * t_0$$

gdzie :

T - współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu ;

U - współczynnik określający prawdopodobieństwo skierowania wiązki promieniowania w kierunku obliczanej osłony ;

t₀ - maksymalny czas pracy źródła promieniowania w ciągu tygodnia na jednej zmianie w h.

OBLICZENIA.

I. Założenia do obliczeń

Parametry pracy tomografu "BrightSpeed 16" przyjęte do obliczeń :

- napięcie lampy rtg : $U = 120,0 \text{ kV}$
- natężenie prądu lampy rtg : $I = 380,0 \text{ mA}$
- maksymalny tygodniowy czas pracy lampy : $t_o = 37,5 \text{ min} = 0,625 \text{ h}$

Obliczenia przeprowadzono dla zredukowanej mocy dawki C1. Obliczenia dla krotności osłabienia (k) pominięto, ponieważ wiązka pierwotna promieniowania skolimowana jest w taki sposób, że obejmuje tylko wbudowany w gentrę układ detektorów (brak możliwości wyprowadzenia wiązki pierwotnej promieniowania poza obudowę gentry).

Określenie rodzaju wiązki promieniowania i "l" = odległości osłona- pacjent oraz wartości T, U i D przyjmowane w obliczeniach :

Tabela 2- Rodzaj promieniowania i l = odległość osłona –przedmiot rozpraszający(pacjent).

Osłona	Rodzaj promieniowania	Odległość "l" w (m)
Ściana 1	rozproszone	1,7
Ściana 2	rozproszone	3,85
Ściana 3	rozproszone	2,0
Ściana 3'	rozproszone	2,45
Ściana 4	rozproszone	2,0
Ściana 5	rozproszone	3,65
Ściana 6	rozproszone	3,65
Strop sufitowy	rozproszone	1,96

Tabela 3 - wartości T, U, D przyjmowane w obliczeniach.

Osłona	T	U	D w ($\mu\text{Gy/tydz}$)
Ściana 1	0,05	1	8,7
Ściana 2	0,05	1	8,7
Ściana 3,3'	0,25	1	8,7
Ściana 4	0,25	1	8,7
Ściana 5	0,25	1	8,7
Ściana 6	1	1	52,2
Strop sufitowy	1	1	8,7

Wartość dawki tygodniowej (D) przyjęto jako równą :

$0,5 \text{ mSv/rok} = 0,01 \text{ mSv/tydz}$ czyli $0,00087 \text{ cGy/tydz} = 8,7 \mu\text{Gy/tydz}$ - dla miejsc zlokalizowanych poza pracownią -osób z ogółu ludności ,

$3,0 \text{ mSv/rok} = 0,06 \text{ mSv/tydz}$ czyli $0,00522 \text{ cGy/tydz} = 52,2 \mu\text{Gy/tydz}$ - dla pracowników narażonych zawodowo na promieniowanie .

Uwaga: obliczeń dla podłogi nie przeprowadzono ze względu na brak pomieszczeń pod gabinetem.

II. Wyniki obliczeń.

Obliczone wartości C1 dla przyjętych założeń.

Tabela 4 - Wartości (C1).

Oslona	A	B
Ściana 1	2,1	1,8
Ściana 2	10,9	1,0
Ściana 3	0,6	2,5
Ściana 3'	0,9	2,1
Ściana 4	0,6	2,5
Ściana 5	2,0	1,8
Ściana 6	2,9	1,7
Strop sufitowy	0,14	2,7

Oznaczenia :

A - wartość obliczona (C1) zredukowanej mocy dawki w $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / \text{h} \cdot \text{mA}$

B - równoważnik ołowiu wyznaczony w [mm] z zależności zredukowanej mocy dawki promieniowania rozproszonego od grubości warstwy ołowiu (Rys. 3 PN-86/J-80001- interpolacja i ekstrapolacja dla napięcia 120 kV)

TOK PRZEPROWADZANYCH OBLICZEŃ (wg. PN-86/J-80001).

Wartości zredukowanej mocy dawki (C1).

Do obliczeń przyjęto wartości podane w "Założeniach do obliczeń" na stronie 4 i 5

$$\text{ściana 1} \quad C1 = \frac{D * I^2}{t_o * T * U * I} = \frac{8,7 * 1,7^2}{0,625 * 0,05 * 1 * 380} = 2,1 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / \text{h} \cdot \text{mA}$$

$$\text{ściana 2} \quad C1 = \frac{D * I^2}{t_o * T * U * I} = \frac{8,7 * 3,85^2}{0,625 * 0,05 * 1 * 380} = 10,9 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / \text{h} \cdot \text{mA}$$

$$\text{ściana 3} \quad C1 = \frac{D * I^2}{t_o * T * U * I} = \frac{8,7 * 2,0^2}{0,625 * 0,25 * 1 * 380} = 0,6 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / \text{h} \cdot \text{mA}$$

$$\text{ściana 3'} \quad C1 = \frac{D * I^2}{t_o * T * U * I} = \frac{8,7 * 2,45^2}{0,625 * 0,25 * 1 * 380} = 0,9 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / \text{h} \cdot \text{mA}$$

$$\text{ściana 4} \quad C1 = \frac{D * I^2}{t_o * T * U * I} = \frac{8,7 * 2,0^2}{0,625 * 0,25 * 1 * 380} = 0,6 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / \text{h} \cdot \text{mA}$$

$$\text{ściana 5} \quad C1 = \frac{D * I^2}{t_o * T * U * I} = \frac{8,7 * 3,65^2}{0,625 * 0,25 * 1 * 380} = 2,0 \mu\text{Gy} * \text{m}^2 / \text{h} * \text{mA}$$

$$\text{ściana 6} \quad C1 = \frac{D * I^2}{t_o * T * U * I} = \frac{52,2 * 3,65^2}{0,625 * 1 * 1 * 380} = 2,9 \mu\text{Gy} * \text{m}^2 / \text{h} * \text{mA}$$

$$\text{Strop sufitowy} \quad C1 = \frac{D * I^2}{t_o * T * U * I} = \frac{8,7 * 1,96^2}{0,625 * 1 * 1 * 380} = 0,14 \mu\text{Gy} * \text{m}^2 / \text{h} * \text{mA}$$

ZESTAWIENIE ZABEZPIECZEŃ.

W zestawieniu wymaganych zabezpieczeń uwzględniono wartości obliczone dla zredukowanej mocy dawki (C1).

Tabela 5- Grubości wymaganych zabezpieczeń z blachy ołowiowej o gęstości 11,3 g/cm³ lub szkła ołowiowego.

Oslona	Równoważnik osłony (w mm Pb)	Obliczona minimalna osłona (w mm Pb)	Wymagane dodatkowe zabezpieczenia (w mm Pb)
Ściana 1	powyżej 3,0	1,8	nie wymagane
Okna w ścianie 1	0,0	1,8	2,0
Ściana 2	powyżej 3,0	1,0	nie wymagane
Ściana 3	0,0	2,5	2,5
Ściana 3'	0,9	2,1	1,5
Drzwi w ścianie 3'	0,0	2,1	2,5
Ściana 4	powyżej 3,0	2,5	nie wymagane
Drzwi w ścianie 4	0,0	2,5	2,5
Ściana 5	powyżej 3,0	1,8	nie wymagane
Ściana 6	powyżej 3,0	1,7	nie wymagane
Okienko kontrolne w ścianie 6 (Ok.)	0,0	1,7	szyba o równoważniku 2,0 mm Pb
Drzwi w ścianie 6	0,0	1,7	2,0
Strop sufitowy	3,3	2,7	nie wymagane
Podłoga	----	----	nie wymagane

Podłoga i strop sufitowy gabinetu rtg oraz ściany (1), (2), (4), (5) i (6) nie wymagają zabezpieczenia przed promieniowaniem X.

Dodatkowego zabezpieczenia przed promieniowaniem wymagają :

- okna w ścianie zewnętrznej (1),
- ściany gabinetu (3) i (3'),
- drzwi w ścianach (3'), (4) i (6),
- okienko kontrolne (Ok.) w ścianie (6).

Zabezpieczenie drzwi i ościeżnic powinno być wykonane w taki sposób aby użyte do tego kawałki blachy ołowiowej nakładały się na siebie w miejscach szczelin

- pomiędzy skrzydłem drzwi, ościeżnicami i ścianą. Blacha ołowiowa zabezpieczająca ościeżnice drzwi powinna zachodzić min 2,0 cm na zabezpieczoną ścianę. Szerokość szczelin pomiędzy skrzydłami drzwi a podłogą nie powinna przekraczać 0,5 cm.

Do zabezpieczenia drzwi i okienka kontrolnego można zastosować system firmy Delta Sp. z o.o.

– Zamość lub P.H.U. "BETA" - Warszawa.

PRACE ADAPTACYJNE .

1. Zainstalować tomograf zgodnie z rysunkiem nr 1.
2. Zgodnie z "Zestawieniem zabezpieczeń" - zabezpieczyć zgodnie z Tabelą 5 i opisem wszystkie wymagające tego elementy.
3. Drzwi wejściowe do kabiny dla pacjentów i gabinetu rtg oznakować tablicą informacyjną ze znakiem ostrzegawczym przed promieniowaniem jonizującym zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006r.
4. Zamontować okienko kontrolne w ścianie sterowni do obserwacji pacjenta w gabinecie rtg w czasie wykonywania ekspozycji.
5. Zapewnić kontakt głosowy pomiędzy obsługą aparatu rtg a pacjentem w gabinecie.
6. Zamontować w gabinecie rtg lampę bakteriobójczą.
7. Zapewnić wymaganą wentylację w gabinecie rtg.
8. Nad drzwiami wejściowymi do gabinetu rtg zainstalować plafonierę świetlnej sygnalizacji ostrzegawczej z napisem ostrzegawczym np. "NIE WCHODZIĆ".
Plafonierę połączyć z zasilaniem generatora aparatu rtg (włączenie zasilania aparatu lub włączenie wysokiego napięcia na lampę rentgenowską powinno powodować załączenie plafonier).
9. Zamontować w gabinecie rtg i pomieszczeniu przygotowawczym umywalki.

WENTYLACJA - ZAŁOŻENIA .

W pomieszczeniu gabinetu rtg wymagane jest zastosowanie wentylacji zapewniającej co najmniej 1,5 krotną wymianę powietrza na godzinę.

Dodatkowo należy spełnić szczegółowe wymagania dotyczące wentylacji oraz zapewnić odpowiednie warunki pracy (takie jak temperatura i wilgotność) dla tomografu określone przez producenta. W gabinecie przewidziana jest klimatyzacja.

WYPOSAŻENIE PRACOWNI RTG .

Sprzęt ochronny .

Gabinet rtg na wyposażeniu powinien posiadać sprzęt ochronny odpowiedni do typu zainstalowanego aparatu rentgenowskiego i rodzaju wykonywanych badań t.j.:

- ochronne fartuchy z gumy ołowiowej o równoważniku min. 0,25 mm Pb - szt. 2 ,
- osłonę na tarczycę o równoważniku 0,25 mmPb 1 szt.,
- osłonę na gonady o równoważniku 1,0 mmPb – 1komplet.

Wypożyczenie dodatkowe gabinetu rtg :

- wieszak na fartuchy ochronne
- strzykawka automatyczna
- szafka stojąca na środki medyczne (opcja).

DOKUMENTACJA WYMAGANA W PRACOWNI RTG .

W pracowni rtg powinny znajdować się w oryginałach lub uwierzytelnionych odpisach :

- a) zezwolenie na uruchomienie i stosowanie aparatów rentgenowskich znajdujących się w pracowni i uruchomienie pracowni,
- b) 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,
- c) dokumentacja techniczna dotycząca budowy, działania i obsługi aparatów rentgenowskich, w tym także urządzeń sygnalizacyjnych i blokujących,
- d) instrukcje obsługi i świadectwa wzorcowania aparatury dozymetrycznej, jeżeli znajdują się na wyposażeniu pracowni,
- e) protokoły pomiarów dozymetrycznych,
- f) protokoły pokontrolne,
- g) dokumenty programu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej oraz instrukcja ochrony radiologicznej,
- h) zapisy dotyczące wewnętrznych testów kontroli parametrów technicznych aparatów rentgenowskich i obróbki błon rentgenowskich w ciemni oraz dokumenty spełniania testów akceptacyjnych urządzeń nowoinstalowanych,
- i) ewidencja:
 - osób zatrudnionych w pracowni rentgenowskiej w podziale na odpowiednie kategorie narażenia ,
 - orzeczeń lekarskich stwierdzających brak przeciwwskazań do pracy pracowników na określonym stanowisku,
- j) program szkolenia i dokumenty potwierdzające jego realizację,
- k) zbiór przepisów prawnych dotyczących ochrony radiologicznej i zasad stosowania źródeł promieniowania jonizującego w medycynie.
- l) świadectwo inspektora ochrony radiologicznej ,
- m) zakładowy plan postępowania w sytuacjach awaryjnych.

RYSUNKI.

Rysunek nr 1. Rzut piwnic - usytuowanie tomografu komputerowego.

Uwagi końcowe

Wymiana aparatu rtg lub zmiana miejsca usytuowania aparatu rtg wymaga sporządzenia aneksu do niniejszej dokumentacji.