

Warszawa listopad 2009

PROJEKT OSŁON RADIOLOGICZNYCH

**OBLICZENIA OSŁON STAŁYCH
DLA PRACOWNI TOMOGRAFII KOMPUTEROWEJ**

Szpital Wojewódzki w Poznaniu

60 -479 POZNAŃ
ul. Juraszów 7/19

Szpital Wojewódzki w Poznaniu

ul. Juraszów 7/19 POZNAŃ

Spis treści

1. Przedmiot i zakres opracowania.....	3
2. Podstawa opracowania.....	3
3. Akty i normy prawne.....	3
4. Warunki bezpiecznego stosowania tomografu komputerowego.....	4,5
5. Lokalizacja pracowni , analiza osłon.....	6,7
6. Charakterystyka źródła promieniowania.....	7
7. Obliczenia osłon.....	8
A. założenia.....	8
B. Obliczenia.....	9
C. Mapa dawek dane producenta.....	12
D. Podsumowanie obliczeń.....	15

Załączniki:

Rysunek nr 1 – ochrona radiologiczna – osłony stałe , punkty
Narażenia – rzut poziomy

1. Przedmiot i zakres opracowania

Przedmiotem opracowania jest obliczenie osłon stałych przed promieniowaniem jonizującym dla pracowni tomografii komputerowej działającej w ramach Zakładu Diagnostyki Obrazowej w Szpitalu Wojewódzkim w Poznaniu w związku z wymianą istniejącego tomografu komputerowego na nowe urządzenie rentgenowskie tomograf komputerowy prod. Firmy GE VCT 64

Zakres prac remontowych prowadzonych w w/w pracowni wynikał z montażu nowego tomografu i obejmował :

- wymianę wykładziny podłogowej (na elektroprzewodzącą typu Tarkett Sommer TORO EL)
- remont układu wentylacji i klimatyzacji
- wymianę drzwi radiochronnych
- wymianę instalacji elektrycznych i oświetleniowych
- prace malarskie

Opracowanie niniejsze związane jest również ze zmianą przepisów prawnych oraz dostosowaniem warunków bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej do wymaganych.

Omówione zostaną również inne zabezpieczenia wymagane przy stosowaniu źródła promieniowania rentgenowskiego.

2. Podstawa opracowania

Projekt wykonano w oparciu o :

- wytyczne Inwestora
- podkład architektoniczny (inwentaryzacja wykonana przez przedstawiciela firmy GE Medical Systems Polska)
- informacji o zastosowanych dotychczas elementach osłon radiologicznych
- informacji o zakresie technologii wykonywanych badań RTG udzielonych przez kierownika zespołu techników Zakładu Diagnostyki Obrazowej
- dane techniczne aparatu rentgenowskiego

3. Akty prawne i normy

1. Ustawa z dn. 29.11.2000 Prawo atomowe (Dz.U. z 2001 nr 3 , Dz.u. z 2004 nr 161 poz 1689 tekst jednolity
2. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 11.09.2003 w sprawie szczególnych warunków bezpiecznej pracy z aparatami RTG medycznymi do 300keV (Dz.u. nr 173 z 18.11.2003 poz 1681)
3. Rozporządzenia z 21.08.2006 Rady Ministrów w sprawie szczególnych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi(Dz.u. nr 180 poz 1325 z 2006 r)
4. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 25.08.2005 w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej (Dz.u. 194 poz 1625 z 2005 r)

5. Polską Normę PN86/J-80001- Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Obliczenia osłon stałych
6. Polską normę PN79/J-80002 – Źródła promieniowania jonizującego. Znaki ostrzegawcze.

4. Warunki bezpiecznego stosowania tomografu komputerowego

- Gabinet rentgenowski CT powinien być wyposażony w komplet osłon tak aby podczas badań stosować osłony osobiste chroniące przed promieniowaniem części ciała i narządy pacjenta nie będące przedmiotem badania , znajdujące się w wiązce pierwotnej promieniowania , jeżeli nie umniejsza to diagnostycznych wartości wyników badania (fartuchy i półfartuchy ochronne)
- Należy zwrócić uwagę na konieczność prowadzenia stałej kontroli parametrów fizyczno-technicznych urządzenia rentgenowskiego (kontrola jakości)
- Aparat rentgenowski CT powinny obsługiwać osoby znające zasady ochrony radiologicznej i bezpieczeństwa jądrowego oraz posiadające uprawnienia do wykonywania danego typu ekspozycji
- Proponuje się aby osoby zatrudnione w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące podlegały systematycznej kontroli narażenia przez prowadzenie kontroli dawek indywidualnych
- W gabinecie CT , w rejestracji w widocznym miejscu powinna znajdować się informacja o konieczności powiadomienia lekarza , technika lub rejestratorki przez wykonaniem badania o ciąży pacjentki
- Drzwi gabinetu CT , w którym użytkowany i stosowany jest aparat rentgenowski od strony korytarza należy oznakować znakiem ostrzegawczym zgodnym z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z 11.09.2003 oraz znakiem PRACOWNIA RENTGENOWSKA ,
- Nad drzwiami gabinetu CT od strony korytarza i drzwiami sterowni należy zainstalować system sygnalizacyjno-ostrzegawczy zabraniający wstępu do gabinetu w czasie pracy aparatu RTG (czarny znak koniczynki na żółtym tle)
- Między gabinetem CT , a sterownią należy zapewnić łączność głosową (interkom)
- Osobą odpowiedzialną za stan ochrony przed promieniowaniem jonizującym jest kierownik , który sprawuje nadzór nad stanem ochrony radiologicznej przy pomocy inspektora ochrony radiologicznej
- Aparat RTG musi być zainstalowany zgodnie z instrukcją producenta co zapewni bezpieczne jego eksploatację , a osoby wykonujące ekspozycje przeszkolone w zakresie jego użytkowania oraz w zakresie zasad ochrony radiologicznej
- W każdej pracowni lub gabinecie RTG powinny znajdować się następujące dokumenty w oryginale Lub uwierzytelnionych odpisach :

- a) instrukcja pracy ze źródłem promieniowania rentgenowskiego ustalająca postępowanie w zakresie ochrony radiologicznej i bezpieczeństwa jądowego.
- b) Zakładowy plan postępowania awaryjnego
- c) Dokumentacja techniczna dotycząca budowy , działania i obsługi aparatu rentgenowskiego , testy akceptacyjne , zapisy dotyczące wewnętrznych testów kontroli parametrów fizycznych i technicznych aparatu RTG , dokumentacja techniczna wentylacji i sygnalizacji ostrzegawczej ,
- d) Projekt pracowni lub gabinetu wraz z planem sytuacyjnym pracowni lub gabinetu (rzut pomieszczeń) wraz dokumentacją techniczną wentylacji i sygnalizacji ostrzegawczej
- e) Projekt i obliczenia osłon stałych zatwierdzony przed uruchomieniem aparatu rentgenowskiego przez właściwego terenowo państwowego wojewódzkiego inspektora sanitarnego przy uzgadnianiu dokumentacji projektowej
- f) Zezwolenie na stosowanie aparatu RTG
- g) Protokoły kontroli sanitarnej w zakresie ochrony radiologicznej
- h) Protokoły pomiarów dozymetrycznych
- i) Ewidencja osób pracujących w kontakcie z promieniowaniem jonizującym (ewentualnie rejestr otrzymywanych dawek indywidualnych) oraz ewidencja orzeczeń lekarskich o braku przeciwwskazań do pracy w kontakcie z promieniowaniem jonizującym
- j) Zbiór aktów prawnych z zakresu ochrony radiologicznej
- k) Program zapewnienie jakości – Zakłady Opieki Zdrowotnej stosujące promieniowanie jonizujące w celach medycznych obowiązane są wprowadzić system zarządzania jakością świadczonych usług diagnostycznych i leczniczych. Dokumentacja systemu powinna zawierać : księgę jakości opracowaną zgodnie z PN-EN-ISO/EC , opisy procedur postępowania diagnostycznego , instrukcję obsługi urządzenia radiologicznego , zapisy dotyczące kwalifikacji i szkoleń personelu

Warunkiem oddania do eksploatacji gabinetu wyposażonego w aparat RTG jest uzyskanie pozytywnej opinii projektu ochrony radiologicznej oraz przeprowadzenia pomiarów dozymetrycznych i uzyskanie zezwolenia właściwego terenowo Państwowego Wojewódzkiego Inspektora Sanitarnego na uruchomienie i stosowanie aparatu RTG oraz na uruchomienie pracowni RTG.

5. Lokalizacja gabinetu RTG , analiza osłon stałych

Gabinet rentgenowski CT będący przedmiotem opracowania znajduje się na poziomie pierwszego piętra , podpiwniczonego budynku diagnostycznego w zespole budynków Szpitala Wojewódzkiego w Poznaniu i wchodzi w skład Zakładu Diagnostyki Obrazowej

Opis i analiza osłon stałych przedmiotowego gabinetu RTG

Ściany wydzielające pomieszczenie gabinetu RTG CT wykonane są w konstrukcji :

- a) ściana **A** murowanej z cegły pełnej gr 44 cm z obustronnym tynkiem wapienno cementowym o łącznej grubości 4 cm
fragmentami w ścianie przebiegają żelbetowe kanały wentylacyjne
Łączna grubość ściany **A** to 48 cm
Łączny równoważnik $Pb = 3.0$ mm
Ściana **A** oddziela salę badań TK od pokoju opisowego

- b) ściana **B** murowanej z cegły dziurawki z obustronnym tynkiem wapienno cementowym gr 4 cm
W ścianie znajduje się okno PCV
Łączna grubość ściany **B** to 45 cm

Ściana **B** oddziela salę badań TK od zewnątrz na wysokości I piętra

- c) ściana **C** murowanej z cegły pełnej gr 44 cm z obustronnym tynkiem wapienno cementowym o łącznej grubości 4 cm
fragmentami w ścianie przebiegają żelbetowe kanały wentylacyjne
Łączna grubość ściany **A** to 48 cm
Łączny równoważnik $Pb = 3.0$ mm
Ściana **A** oddziela salę badań TK od Sali badań RTG

- d) ściana **D** murowana z cegły pełnej gr 25 cm z obustronnym tynkiem wapienno-cementowym) o gr 4 cm cm
łączna grubość ściany D to 29 cm
Łączny równoważnik $Pb = 2$ mm
Ściana **D** oddziela salę badań TK od sterowni

Stropy żelbetowe prefabrykowane o łącznej gr 35,5 cm (26,5 cm płyta stropowa + 1 cm izolacja + 8 cm szlichta betonowa wraz z warstwą samopoziomującą)

Równoważnik $Pb = 3$ mm

Strop dolny oddziela salę badań TK od pomieszczeń biurowych oddziału SOR

Strop górny oddziela salę badań TK od pomieszczeń laboratorium

Wysokość konstrukcyjna w świetle pomieszczenia od poziomu posadzki do stropu 2,95 m

Wg cech na drzwiach ochronnych produkcji ZIPI Mech Warszawa prowadzących do sali badań zastosowano w nich wkładkę z blachy ołowiowej gr 2 mm

Szyba obserwacyjna w oknie wglądowym w sterowni równoważna 2mm Pb

Powierzchnia gabinetu RTG CT wynosi 32,10 m² , Wysokość do stropu podwieszonego 270 cm a do stropu konstrukcyjnego 295 cm.

Gabinet RTG CT jest wyposażony w prawidłowo działający system wentylacji mechanicznej z klimatyzacją zgodnej z obowiązującymi przepisami i normami

6. Charakterystyka źródła promieniowania

W gabinecie CT zostanie zamontowany

- Tomograf komputerowy GE VCT 64 (64 rzędowy system tomografii komputerowej) – akwizycja spiralna- szybkość rotacji 360 ° przy pełnym obrocie gantry 1 scan – 0,5 s – 1 s , 2 s , 3s i 4 s zakres kV 80 - 140 , mA 10 - 500 co 50 mA
- Konsola sterownicza i urządzenie głośnikowo – mikrofonowe (pomieszczenie operatora) umożliwiające utrzymanie kontaktu z pacjentem , komputer z oprogramowaniem ora kamera laserowa
- Gantry typu „slip ring” z wirującym wokół pacjenta generatorem lampą , detektorem oraz systemem akwizycji danych – średnica otworu 70cm pochylenie +/- 30 stopni
- Generator wysokiego napięcia HF
- Stół pacjenta z szerokim zakresem regulacji wysokości blatu (51 – 99 cm)
- Strzykawka automatyczna

Zakłada się wykonywanie badań pacjentom szpitalnym , ambulatoryjnym , a także innym pacjentom zgodnie ze skierowaniem lekarskim.

Przewidywane badania to : tomografie głowy , kręgosłupa , jamy brzusznej i klatki piersiowej.

Prowadzona będzie archiwizacja badań poprzez system RIS

Tomograf komputerowy będzie obsługiwany przez techników RTG , wyniki badań opisywane będą przez lekarzy radiologów w pokoju opisów.

Przewidywany system pracy w Pracowni CT – 1 zmiana + dyżur (24 h/dobę)

7. Obliczenia osłon

A. Założenia

Obliczenia wykonano przyjmując najmniej korzystne parametry pracy lampy tomografu komputerowego VCT 64

130 kV , 120 mA , 60 s

Tygodniowe obciążenie prądowo czasowe źródła promieniowania jonizującego $I \times t_0$ i Program Badań

Planowane jest wykonywanie 15-30 badań dziennie w systemie jedno lub dwu zmianowym + dyżury czyli 5 (7) dni w tygodniu czyli max 210 badań tygodniowo dla dwóch zmian .

Do obliczeń przyjęto że tygodniowo na jednej zmianie będzie się wykonywać max. 120 badań.

Narażenie prądowo-czasowe w ciągu tygodnia dla jednej zmiany wyniesie :

$$120 \text{ badań} \times 120 \text{ mA} \times 60 \text{ s} = 864\,000 \text{ mAs} = 14\,400 \text{ mAmin} = 240 \text{ mAh}$$

Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia t

$$t = T \times U \times t_0$$

gdzie :

T – współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu

U – współczynnik określający prawdopodobieństwo użytecznej wiązki promieniowania w kierunku obliczanej osłony

W przypadku obliczeń dla promieniowania rozproszonego przyjęto $U = 1$

Odległość l

W przypadku promieniowania rozproszonego $l(m)$ oznacza najmniejszą odległość przedmiotu rozpraszającego od miejsca osłanianego.

W przypadku promieniowania pierwotnego $l(m)$ oznacza najmniejszą odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego

Dawka D

Dla osób narażonych zawodowo i zaliczonych do kategorii narażenia B (wewnątrz pracowni RTG): 6 mSv/rok tj. 0,12 mSv/tydzień odpowiada to dawce pochłoniętej \approx 0,01 cGy tygodniowo = 104,4 μ Gy

Dla osób narażonych zawodowo poza gabinetem RTG 3 mSv/rok = 0,0052 cGy/tydzień.

Dla osób z ogółu ludności przebywających w sąsiedztwie pracowni 0,5 mSv/rok tj. 0,0096 mSv/tyg , odpowiada to dawce pochłoniętej \approx 0,00084 cGy tygodniowo = 8,4 μ Gy (w przypadku gdy pracownia nie jest zlokalizowana w budynku mieszkalnym)

Ponieważ wiązka promieniowania pierwotnego nie wychodzi poza obrys gantry , a materiał gantry jest równoważny 3 mm Pb można zrezygnować z obliczeń dla promieniowania pierwotnego.

Dla promieniowania rozproszonego przez tkankę zredukowaną moc dawki C_I obliczono ze wzoru (pominięto promieniowanie uboczne)

$$C_I = \frac{D \times l^2}{T \times I}$$

B. Obliczenia

Oznakowanie osłon i punktów narażenia jest zgodne z załączonym rysunkiem

a) ściana wewnętrzna A sala badań – pokój opisowy

Promieniowanie rozproszone na zewnątrz – Punkt P_{A1}

$T = 0,25$, $U = 1$, $I \times t = 0,25 \times 240 \text{ mAh} = 60 \text{ mAh}$

$L = 3,78 \text{ m}$

$D = 8,4 \text{ } \mu\text{Gy}$

$$C_I = \frac{8,4 \times (3,78)^2}{60} \approx 2,0 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Dla 130 kV otrzymanej wartości odpowiada osłona równoważna 2,0mm Pb

Ściana zewnętrzna A równoważna min 3 mm Pb.

Nie wymaga dodatkowego zabezpieczenia.

b) Ściana zewnętrzna B

ze względu na umieszczenie pracowni na wysokości I piętra oraz niedostępność do ściany zewnętrznej przez osoby postronne pominięto obliczenia osłon dla tej przegrody.

c) ściana wewnętrzna C sala badań – pracownia RTG

Promieniowanie rozproszone na zewnątrz – Punkt P_{C1}

$$T = 0,25, \quad U = 1, \quad I \times t = 0,25 \times 240 \text{ mAh} = 60 \text{ mAh}$$

$$L = 2,6 \text{ m}$$

$$D = 8,4 \text{ } \mu\text{Gy}$$

$$C_I = \frac{8,4 \times (2,6)^2}{60} \approx 0,94 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Dla 130 kV otrzymanej wartości odpowiada osłona równoważna 2,5mm Pb

Ściana wewnętrzna C równoważna min 3 mm Pb.

Nie wymaga dodatkowego zabezpieczenia.

c) Ściana D sala badań - sterownia

Promieniowanie rozproszone Punkt P_{D1}

$$T = 1, \quad U = 1, \quad I \times t = 240 \text{ mAh}$$

$$L = 4,20 \text{ m}$$

$$D = 50 \text{ } \mu\text{Gy}$$

$$C_I = \frac{50 \times (4,2)^2}{240} \approx 3,68 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Dla 130 kV otrzymanej wartości odpowiada osłona równoważna 1,6 mm Pb

Ściana między gabinetem a sterownią równoważ na min 2,0mm Pb nie wymaga dodatkowego zabezpieczenia

Drzwi **D1** równoważne 2 mmPb nie wymagają dodatkowego zabezpieczenia
Okno wglądowe równoważne o wymiarach 800 x 1000 mm 2mm Pb

e) strop górny

Promieniowane rozproszone Punkt **P_s**

$$T = 0,05, \quad U = 1, \quad I \times t = 0,05 \times 240 \text{ mAh} = 12 \text{ mAh}$$

$$L = 2,3 \text{ m}$$

$$D = 8,4 \text{ } \mu\text{Gy}$$

$$C_I = \frac{8,4 \times (2,3)^2}{12} \approx 3,70 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Dla 130 kV otrzymanych wartości odpowiada osłona równoważna 2.0 mm Pb

Strop równoważny min 3mm Pb nie wymaga dodatkowego zabezpieczenia.

f) strop dolny

Promieniowane rozproszone Punkt **P_s**

$$T = 0,05, \quad U = 1, \quad I \times t = 0,05 \times 240 \text{ mAh} = 12 \text{ mAh}$$

$$L = 2,5 \text{ m}$$

$$D = 8,4 \text{ } \mu\text{Gy}$$

$$C_I = \frac{8,4 \times (2,0)^2}{12} \approx 2,8 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Dla 130 kV otrzymanych wartości odpowiada osłona równoważna 2,0 mm Pb

Strop równoważny min 3mm Pb nie wymaga dodatkowego zabezpieczenia.

Z uwagi na fakt, że przy przyjęciu do obliczeń najbardziej niekorzystnych warunków wartość obliczonych osłon nie przekroczyła równoważnika 2,5 mm Pb oraz fakt że wg danych producenta wiązka promieniowania pierwotnego nie wychodzi poza obrys gantry i równoważnik materiału gantry równemu 3mm Pb zrezygnowano z obliczeń promieniowania rozproszonego C₂

Mapa dawek dane producenta GE Medical Systems

Section 10.0

Radiation Protection

NOTICE Scanner-room shielding requirements should be reviewed by a qualified radiological health

physicist taking into consideration:

- Scatter radiation levels within the scanning room (see Figure 4-16)
- At 40 mm aperture, scan times of typical LightSpeed 7.x patient exams are expected to be two or four times faster than that of LightSpeed 5.x exams with a 20 mm or 10 mm aperture, respectively

- Equipment placement
- Weekly projected work-loads (# patient/day technique (kvp*ma))
- Materials used for construction of walls, floors, ceiling, doors, and windows
- Access to surrounding scan room areas
- Equipment in surrounding scan room areas (e.g., film developer, film storage)

Figure 4-16 depicts measured radiation levels within the scanning room, while scanning a 32 cm CTDI

phantom and using a large filter, with the technique shown. The mAs, kV and aperture scaling factors

shown in Table 4-10 can be used to adjust exposure levels to the scan technique used at the site.

For example: The exposure level for a 120 kV, 800 mA, 1 sec. scan at 50 in. away from the scan

plane is: 10.4 mGy (from Figure 4-16) \times 0.71 (from Table 4-10) \times 800/100 (from Table 4-10) = 59.2

mGy.

Note: Actual measurements can vary. Expected deviation equals $\pm 15\%$, except for the 5 mA and 1 mm

techniques, where variation may be greater (up to a factor of 2), due to the inherent deviation in

small values. The maximum deviation anticipated for tube output equals $\pm 40\%$.

NOTICE The units of measure used for radiation levels have been changed in this publication, from

mR (millirads) to μ Gy (micrograys). The conversion factor is: 1 mR = 8.69 μ Gy

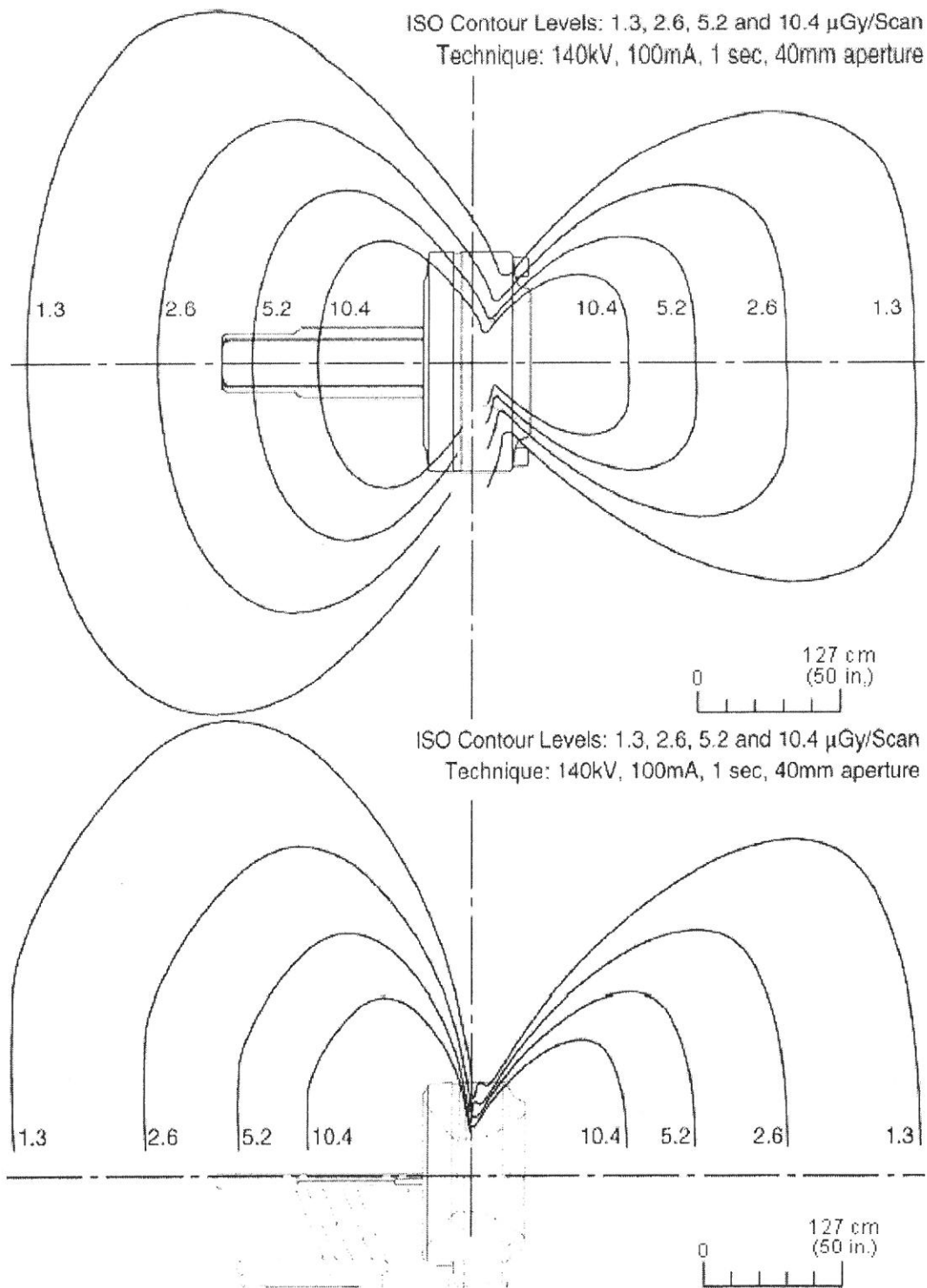


Figure 4-16 Typical Scatter Survey (Large Filter)

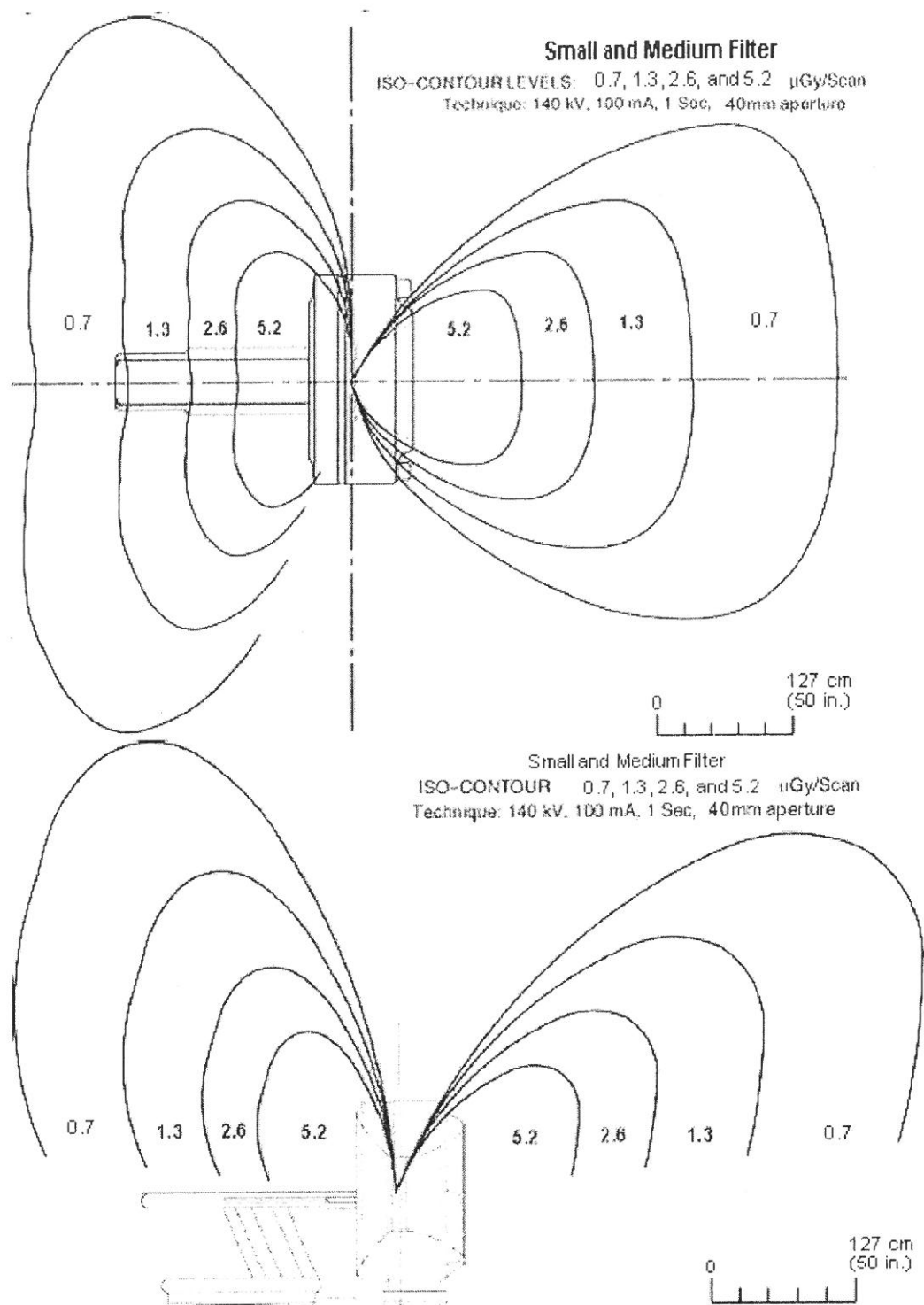


Figure 4-17 Typical Scatter Survey (Small and Medium Filter)

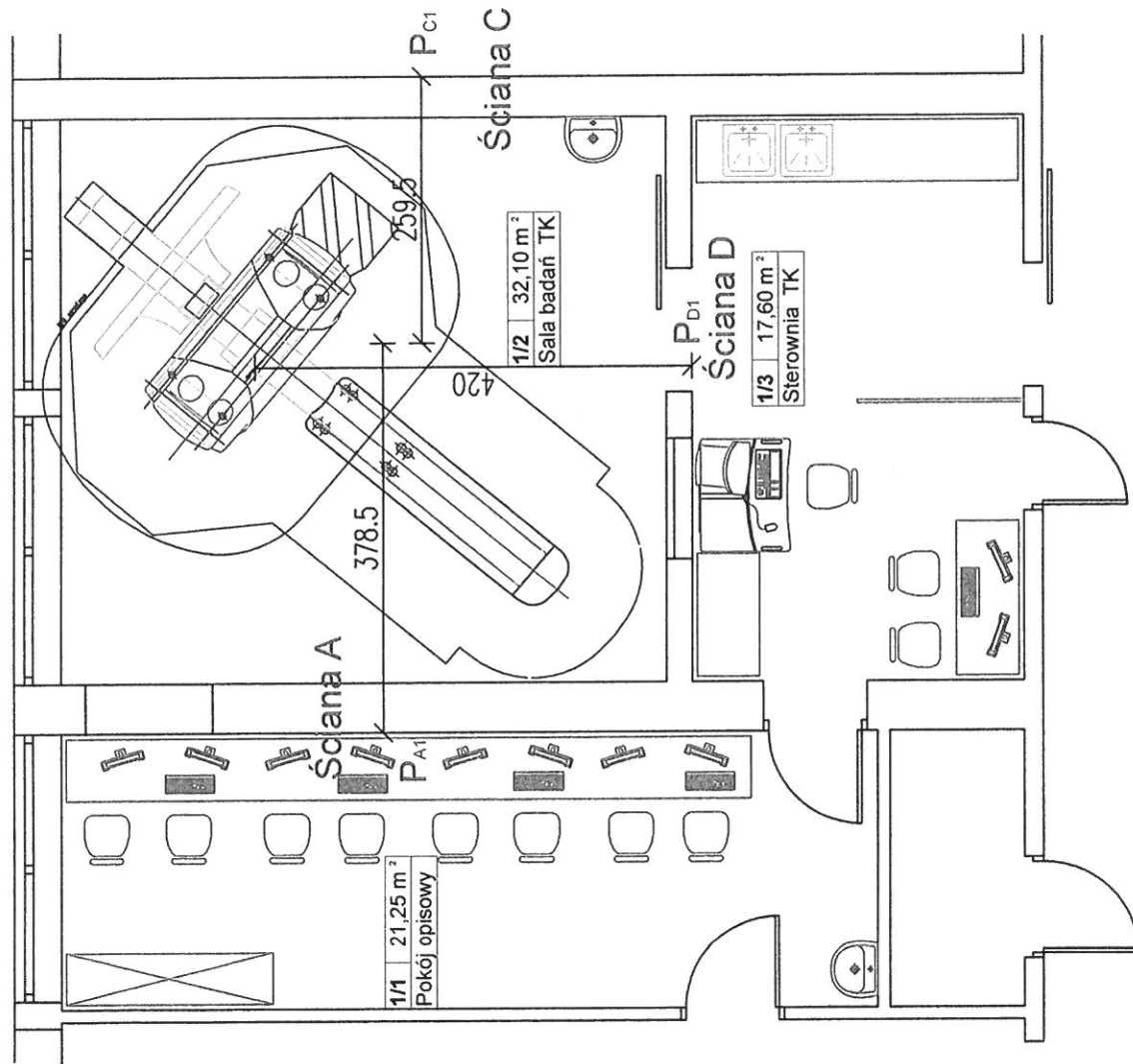
C. Podsumowanie badań

Lokalizacja	Ośłona	Równoważnik obliczony	Równoważnik Istniejący	Równoważnik Dodatkowy
Ściana A	Pokój opisowy	2,0	3,0	0,0
Ściana B	Zewnętrzna			
Ściana C	Pracownia RTG	2,5	3,0	0,0
Ściana D	Sterownia Drzwi D1 Okno O1	1,6	4,0	0,0
Strop górny	Laboratorium	2,0	3,0	0,0
Strop dolny	Pokoje biurowe	2,0	3,0	0,0

Sporządził:

Mgr inż. Piotr Kacprzak

Ściana B



Szpital Wojewódzki w Poznaniu
Pracownia Tomografii Komputerowej
Ochrona radiologiczna
Przegrody stałe , Punkty narażenia
Rzut poziomy