

26.03
(N)

OCHRONA RADIOLOGICZNA
DZIAŁALNOŚCI
PRACOWNI TK
W Nowym Sączu

INSPEKTOR OCHRONY RADIOLOGICZNEJ
Anna Dawidowska
Anna Dawidowska
Dec. nr IOR/093/2013 IOR-3

Luty 2015

Spis treści

1	WSTĘP.....	5
1.1	Przedmiot opracowania	5
1.2	Materiały źródłowe	5
2	WYMAGANIA PRAWNE.....	8
2.1	Ogólne zasady ochrony radiologicznej w pracowni	8
2.2	Ograniczniki dawki dla poszczególnych grup narażenia	8
2.3	Wymagania dla pomieszczeń	8
2.4	Znaki ostrzegawcze	9
2.5	Ostrzeżenie dla kobiet w ciąży	9
2.6	Ośłony dla pacjentów.....	9
2.7	Wymagania dla aparatów rtg.....	9
2.8	Personel Pracowni Tomografu Komputerowego.....	10
2.9	Nadzór nad pracownią rtg wykonującą procedury medyczne w zakresie TK.....	10
2.10	Procedury radiologiczne	10
3	OPIS URZĄDZENIA I PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE	11
3.1	Połączenia sieci komputerowej.....	11
4	POMIESZCZENIA PRACOWNI	12
4.1	Istniejące warunki, lokalizacja Pracowni TK.....	12
5	OBLICZENIA OŚŁON STAŁYCH	13
5.1	Metodyka obliczeń osłon stałych.....	13
5.2	Założenia do obliczeń	15
5.2.1	Współczynnik skalowania	15
5.2.2	Roczne obciążenie dawką W.....	15
5.2.3	Wartości ograniczników dawek	16
5.2.4	Rozkłady izodoz.....	17
5.2.5	Obliczenia wg normy DIN 6812.....	18
5.2.6	Współczynniki transmisji	19
5.3	Obliczenia wymaganych osłon dla poszczególnych punktów (wg rys.4)	20
5.4	Zestawienie osłon	35
5.5	Zestawienie rysunków.....	36

1 WSTĘP

1.1 Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest Projekt Ochrony Radiologicznej zawierający podstawowe wymagania dla Pracowni z Tomografem Komputerowym REVOLUTION GSI CT firmy GE oraz obliczenia osłon stałych dla pomieszczenia, w którym będzie zainstalowany tomograf. Pracownia znajduje się na parterze Szpitala Specjalistycznego w Nowym Sączu przy ul. Młyńskiej 10

Niniejszy projekt jest opracowany w oparciu o zalecenia producenta, aktualne przepisy ustawy Prawo Atomowe oraz przepisy wykonawcze wydane przez Radę Ministrów i Ministra Zdrowia, dotyczące bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego w celach medycznych.

Prawidłowa realizacja projektu stanowi podstawę do uzyskania przez użytkownika, zgodnie z art. 5 i w związku z art. 4 ustawy Prawo atomowe – zezwolenia Państwowego Wojewódzkiego Inspektora Sanitarnego w Warszawie w zakresie stosowania urządzeń wytwarzających promieniowanie jonizujące oraz uruchamiania pracowni, w których mają być stosowane źródła promieniowania jonizującego. Zgodnie z art. 63 ww. ustawy PWIS sprawuje nadzór nad funkcjonującą pracownią i aparatem rtg.

Niniejszy projekt nie spełnia roli i nie zastępuje wymaganego ustawą Prawo atomowe Programu Zapewnienia Jakości.

1.2 Materiały źródłowe

1. Podkłady architektoniczne budynku Pracowni TK Szpitala Specjalistycznego w Nowym Sączu
2. Rozkład dawek wokół urządzenia – materiały producenta GE Healthcare
3. Ustawa Prawo Atomowe z 29 listopada 2000 r. (*Dz.U.07.42.276 z późn. zm.- ostatnie zmiany z 25 lipca 2014r., Dz. U. z 2014r. poz 1512*)
4. 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. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków pracy z urządzeniami radiologicznymi (*Dz.U. z 2006 r.,Nr 180, poz.1325*)
6. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18 lutego 2011 r. w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej (*Dz.U. 2011 nr 51 poz. 265*)
7. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 20 lutego 2007 r. w sprawie podstawowych wymagań dotyczących terenów kontrolowanych i nadzorowanych (*Dz. U. Nr 131, poz. 910*)

8. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 12 lipca 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy ze źródłami promieniowania jonizującego (*Dz. U. Nr 140, poz. 994*)
9. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 3 grudnia 2002 r. w sprawie dokumentów wymaganych przy składaniu wniosku o wydanie zezwolenia na wykonywanie działalności związanej z narażeniem na działanie promieniowania jonizującego albo przy zgłoszeniu wykonywania tej działalności (*Dz. U. Nr 220, poz. 1851*)
10. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 21 kwietnia 2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dokumentów wymaganych przy składaniu wniosku o wydanie zezwolenia na wykonywanie działalności związanej z narażeniem na działanie promieniowania jonizującego albo przy zgłoszeniu wykonywania tej działalności (*Dz. U. Nr 71, poz. 610*)
11. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 23 marca 2007 r. w sprawie wymagań dotyczących rejestracji dawek indywidualnych (*Dz. U. Nr 131, poz. 913*)
12. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 11 lipca 2006 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dokumentów wymaganych przy składaniu wniosku o wydanie zezwolenia na wykonywanie działalności związanej z narażeniem na działanie promieniowania jonizującego albo przy zgłoszeniu wykonywania tej działalności (*Dz. U. Nr 127, poz. 883*)
13. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących sprzętu dozymetrycznego (*Dz. U. Nr 239, poz. 2032*)
14. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie planów postępowania awaryjnego w przypadku zdarzeń radiacyjnych (*Dz. U. Nr 20, poz. 169*)
15. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 20 lutego 2007 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie planów postępowania awaryjnego w przypadku zdarzeń (*Dz. U. Nr 131, poz. 912*)
16. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18 lutego 2011 r. 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 48, poz.253*)
17. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2007 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących formy i treści wzorcowych i roboczych procedur radiologicznych (*Dz.U. 2007 r, Nr 24, poz.160 i 161*).
18. Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011 w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać pod względem fachowym i sanitarnym pomieszczenia i urządzenia zakładu opieki zdrowotnej (*Dz. U. z 2011r., Nr 31, poz. 158*)

19. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 1 grudnia 2006 r. w sprawie nadawania uprawnień inspektora ochrony radiologicznej w pracowniach stosujących aparaty rentgenowskie w celach medycznych (Dz. U z 2006 r. Nr 239 poz. 1737)

20. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 grudnia 2006 r. w sprawie nadzoru i kontroli w zakresie przestrzegania warunków ochrony radiologicznej w jednostkach organizacyjnych stosujących aparaty rentgenowskie do celów diagnostyki medycznej, radiologii zabiegowej, radioterapii powierzchniowej i radioterapii schorzeń nienowotworowych (Dz. U z 2007 r. Nr 1 poz. 11)

21. Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities, Recommendations of the National Council On Radiation Protection And Measurements, NCRP Report No 147 – zalecenia Amerykańskiej Komisji ds. Ochrony Radiologicznej i Pomiarów, wydanie 2005 r.

2 WYMAGANIA PRAWNE

2.1 Ogólne zasady ochrony radiologicznej w pracowni

Zgodnie z obowiązującym prawem pracownie rentgenowskie, w tym także wyposażone w tomograf komputerowy należy wyposażyć w takie urządzenia ochronne i zabezpieczające oraz muszą mieć tak zorganizowaną pracę, aby dawki promieniowania jonizującego otrzymywane przez osoby zatrudnione w tych pracowniach i w pomieszczeniach do nich przyległych, a także przez osoby z ogółu ludności przebywające w sąsiedztwie, nie przekraczały limitów użytkowych lub dawek granicznych określonych w przepisach dotyczących dawek granicznych promieniowania jonizującego i były tak małe jak tylko jest to racjonalnie osiągalne przy uwzględnieniu czynników ekonomicznych, organizacyjnych i społecznych.

2.2 Ograniczniki dawki dla poszczególnych grup narażenia

Zgodnie z obowiązującymi przepisami [5] konstrukcja ścian, stropów, okien, drzwi oraz zainstalowane urządzenia ochronne w pracowni rentgenowskiej zabezpieczają osoby pracujące:

- 1) w gabinecie rentgenowskim przed otrzymaniem w ciągu roku dawki przekraczającej 6 milisiwertów (mSv);
- 2) w pomieszczeniach pracowni rentgenowskiej poza gabinetem rentgenowskim przed otrzymaniem w ciągu roku dawki przekraczającej 3mSv;
- 3) w pomieszczeniach poza pracownią rentgenowską, a także osoby z ogółu ludności przebywające w sąsiedztwie przed otrzymaniem w ciągu roku dawki przekraczającej 0,5mSv.

2.3 Wymagania dla pomieszczeń

Zgodnie z obowiązującymi przepisami [5] powierzchnia gabinetu rentgenowskiego, w którym zainstalowany jest diagnostyczny zestaw rentgenowski nie może być mniejsza niż 15m², a wysokość - 2,5m.

W gabinetach rentgenowskich nie można umieszczać sprzętów ani urządzeń niezwiązanych z działaniem aparatów rentgenowskich lub z wykonywanymi procedurami radiologicznymi.

W pracowniach rentgenowskich zapewnia się łączność głosową i wizualną pomiędzy personelem medycznym przebywającym w sterowni a pacjentem przebywającym w gabinecie rentgenowskim. W tym celu w ścianie pomiędzy gabinetem badań a sterownią instaluje się szybę ze szkła ołowiowego, której minimalne parametry zostaną obliczone w części 5 opracowania pt. „Obliczenia osłon stałych”.

Gabinety rentgenowskie wyposaża się w wentylację zapewniającą co najmniej 1,5-krotną wymianę powietrza w ciągu godziny.

Sprzęt radiologiczny podlega testom wewnętrznym podczas użytkowania. Rodzaj i częstość wykonywania testów wewnętrznych określony jest w rozporządzeniu [6].

Pomieszczenie opisowe jest spełnia wymagania określone w Załączniku nr 1 Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 18 lutego 2011 [6].

2.4 Znaki ostrzegawcze

Gabinety z tomografami komputerowymi są wyposażone w ostrzegawczą sygnalizację świetlną, umieszczoną nad drzwiami do gabinetu rentgenowskiego, informującą o włączeniu wysokiego napięcia na lampę rentgenowską oraz o włączeniu pracy promieniowania jonizującego.

Drzwi do pracowni rentgenowskiej są oznakowane tablicą informacyjną ze znakiem ostrzegawczym przed promieniowaniem jonizującym. Wzór tablicy określony jest w załączniku nr 1 do rozporządzenia [5].

2.5 Ostrzeżenie dla kobiet w ciąży

W pracowni rentgenowskiej, w widocznym miejscu, umieszcza się informację o konieczności powiadomienia rejestratorki i operatora aparatu rentgenowskiego, przed wykonaniem badania, o tym, że pacjentka jest w ciąży.

2.6 Osłony dla pacjentów

Pracownie z tomografem komputerowym należy wyposażać w osłony dla pacjentów, w szczególności osłony na gonady, fartuchy i półfartuchy oraz kołnierze wykonane z blachy ołowianej lub gumy ołowiowej w celu osłony m.in. tarczycy, piersi, soczewek oczu i gonad, jeżeli znajdują się one w odległości mniejszej niż 10 cm od obszaru badanego, w szczególności u osób poniżej 16. roku życia.

Podczas użytkowania tomografu komputerowego ekspozycje wykonuje się ze sterowni, stąd też personel podczas rutynowych procedur nie stosuje ochrony osobistych.

2.7 Wymagania dla aparatów rtg

Aparaty rentgenowskie instaluje się tak, aby był zapewniony swobodny dostęp do pacjenta co najmniej z dwóch stron oraz odległość źródła promieniowania (ogniska lampy) od najbliższej ściany wynosiła co najmniej 1,5 m przy pionowym kierunku wiązki promieniowania.

W ramach ochrony radiologicznej pacjenta podczas dokonywania diagnostycznych badań za pomocą rentgenowskiego tomografu komputerowego, należy:

- 1) w technice spiralnej z istniejących danych rekonstruować obraz warstw pośrednich zamiast wykonywania dodatkowych obrazów;
- 2) ograniczyć w technice spiralnej stosunek grubości warstwy badanej do skoku spirali do wartości nie większych od jedności;
- 3) zapewnić w technice stacjonarnej niezachodzenie na siebie warstw (przesunięcie stołu między kolejnymi warstwami jest nie mniejsze niż grubość warstwy);
- 4) stosować osłony osobiste na tarczycę, piersi, soczewki oczu i gonady, jeżeli znajdują się one w odległości mniejszej niż 10 cm od obszaru badanego, w szczególności u osób poniżej 16. roku życia;
- 5) stosować rotację wiązki ograniczoną do kąta mniejszego od 360° - jeżeli jest to technicznie możliwe;
- 6) dokonać odpowiedniego wyboru fizycznych parametrów rekonstrukcji obrazu;

7) stosować zmienną filtrację modyfikującą system akwizycji tomografu komputerowego, w przypadku, gdy jest to możliwe.

2.8 Personel Pracowni Tomografu Komputerowego

Zgodnie z obowiązującymi przepisami [6] tomograf komputerowy może obsługiwać technik elektroradiologii oraz lekarz radiolog. Obsługa aparatu powinna przebiegać zgodnie z instrukcją producenta. Ekspozycje na tomografie komputerowym wyzwalane są wyłącznie ze sterowni. Osoby obsługujące ten aparat będą zakwalifikowane do kategorii B narażenia na promieniowanie jonizujące (roczny ogranicznik dawki $1 \text{ mSv} < P < 6 \text{ mSv}$). W takim przypadku w pracowni może być prowadzona kontrola dawek indywidualnych i/lub kontrola środowiska pracy.

W Pracowni TK musi być zatrudniona osoba pełniąca funkcję inspektora ochrony radiologicznej, posiadająca uprawnienia typu R, nadane przez Głównego Inspektora Sanitarnego. Uprawnienia takie nadawane są na okres 5 lat.

Ponadto pracownicy obsługujący tomograf komputerowy obowiązani są posiadać aktualnego certyfikatu szkolenia w zakresie ochrony radiologicznej pacjenta.

2.9 Nadzór nad pracownią rtg wykonującą procedury medyczne w zakresie TK

Państwowy wojewódzki inspektor sanitarny sprawuje nadzór nad pracownią wykorzystującą promieniowanie rtg w celach medycznych w zakresie ochrony radiologicznej personelu, pacjenta oraz populacji. Swoje kontrole przeprowadza nie rzadziej niż co 4 lata, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia [20].

Przedmiotem kontroli jest sprawdzenie, czy w Pracowni TK przestrzegane są warunki ochrony radiologicznej, na podstawie których PWIS wydał zezwolenie, w tym m.in. czy w pracowni znajduje się wymagana dokumentacja, zgodnie z § 22 rozporządzenia Ministra Zdrowia [5].

Za stan ochrony radiologicznej odpowiedzialny jest kierownik jednostki, a wewnętrzny nadzór sprawuje inspektor ochrony radiologicznej.

2.10 Procedury radiologiczne

Dla Pracowni Tomografu Komputerowego należy opracować robocze procedury radiologiczne na podstawie wzorcowych procedur opublikowanych przez Komisję ds. procedur i audytów klinicznych zewnętrznych w zakresie radiologii i diagnostyki obrazowej [17]. Następnym krokiem jest uzyskanie zgody państwowego wojewódzkiego inspektora sanitarnego na wykonywanie świadczeń medycznych przy użyciu tomografu komputerowego.

Funkcjonująca pracownia wykonująca procedury medyczne podlega audytom klinicznym wewnętrznym i zewnętrznym.

3 OPIS URZĄDZENIA I PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE

Tomograf komputerowy REVOLUTION GSI CT dedykowany jest przede wszystkim do potrzeb diagnostyki obrazowej. REVOLUTION GSI CT oferuje wysoką jakość obrazu i wiele funkcji redukcji dawki na jednej platformie. Technologia redukcji dawki ASiR (Adaptive Statistical Iterative Reconstruction) umożliwia obniżenie standardowego odchylenia szumu piksela. Algorytm rekonstrukcji ASiR pozwala na obniżenie wartości mA przy akwizycji obrazów

Dzięki wysokiej rozdzielczości obrazu wszelkich struktur anatomicznych REVOLUTION GSI CT pozwala dotrzeć do każdej części ciała praktycznie każdego pacjenta w ogólnych i specjalistycznych zastosowaniach klinicznych, takich jak:

Obrazowanie spektralne (pierwsza na rynku dwuenergetyczna technika tomografii komputerowej do obrazowania ilościowego), obrazowanie kardiologiczne, obrazowanie neurologiczne.

3.1 Połączenia sieci komputerowej

Do przekazywania obrazów z urządzeń do obrazowania (CT lub NMR) każda stacja robocza wymaga połączenia do sieci informatycznej znajdującej się w budynku.

4 POMIESZCZENIA PRACOWNI

4.1 Istniejące warunki, lokalizacja Pracowni TK

Pracownia zlokalizowana jest na parterze budynku Szpitala Specjalistycznego w Nowym Sączu przy ulicy Młyńskiej. W otoczeniu pracowni znajdują się pomieszczenia Apteki Szpitalnej, na kondygnacji powyżej pomieszczenia kuchni i stołówki. Poniżej pracowni znajduje się piwnica. W otoczeniu nie ma budynków mieszkalnych.

Pracownia składa się z gabinetu badań CT o powierzchni 32,5 m², sterowni CT o powierzchni 10,9 m²; i pokoju przygotowania pacjenta o powierzchni 5,8 m². Wysokość wszystkich wymienionych pomieszczeń do stropu wynosi 2,95 m.

Ściany oddzielające gabinet badań CT od korytarza i pomieszczeń Apteki Szpitalnej są zbudowane z cegły pełnej o grubości 12 cm każda, pokryta 2,5 cm tynkiem barytowym. Ściany pomiędzy gabinetem badań a sterownią i pomieszczeniem przygotowania pacjenta są zbudowane z cegły pełnej o grubości 12 cm każda, pokryta 1,5 cm tynkiem barytowym.

Strop żelbetowy wylewany pomiędzy piwnicą i parterem oraz parterem i pierwszym piętrzem ma grubość 20 cm,

Zamontowana wentylacja będzie zgodna z wymaganiami technicznymi aparatu. Taka wentylacja spełni również wymagania przepisowe w zakresie ochrony radiologicznej.

5 OBLICZENIA OSŁON STAŁYCH

5.1 Metodyka obliczeń osłon stałych

W czasie badań techniką tomografii komputerowej aparatem GE REVOLUTION GSI CT wiązka pierwotna jest kierowana wyłącznie w stronę pacjenta. Osłonność ścian ma zabezpieczać miejsca przebywania osób w sąsiedztwie tomografu komputerowego wyłącznie przed promieniowaniem rozproszonym od ciała pacjenta i promieniowaniem ubocznym, pochodzącym z głowicy urządzenia.

W obliczeniach można posłużyć się szczegółowymi wzorami, podanymi w literaturze źródłowej. Najnowsze rozwiązania technologiczne, stosowane w tomografach komputerowych są omówione i uwzględnione we wzorach w opracowaniu Amerykańskiej Komisji ds. Ochrony Radiologicznej i Pomiarów – NCRP 147 [21].

Ponieważ różne konstrukcje tomografów komputerowych różnią się rozkładem dawki wokół urządzenia, najlepszą metodą obliczenia osłon stałych w otoczeniu tomografu komputerowego jest posłużenie się mapami izodoz, obrazującymi dawki wokół urządzenia w przeliczeniu na jeden skan.

Jeśli producent urządzenia publikuje takie mapy (rys. 1 i 2 dla tomografu REVOLUTION GSI CT produkcji GE Healthcare), kolejnymi istotnymi parametrami do obliczeń są:

1. liczba pacjentów przyjmowanych w pracowni TK w ciągu godziny
2. liczba skanów przypadających na jednego pacjenta
3. współczynnik skalowania

W tabeli 1, publikowanej w materiałach producenta, podano współczynniki skalowania parametrów, służące do przeliczenia dawki na skan dla technik stosowanych w ośrodku względem wartości, dla których wykonano pomiary na fantomie.

Na podstawie parametrów 1-3 obliczamy roczne obciążenie dawką w osłanianym punkcie WD_{rp} , przypadające na jedną godzinę pracy aparatu.

Kolejnym parametrem jest przyjmowany dla danego punktu roczny ogranicznik dawki D_G dla grupy narażenia osób, przebywających w badanym punkcie – patrz punkt 5.3 niniejszego projektu.

Wymagany współczynnik osłabiania k w osłonie obliczamy na podstawie wzoru:

$$k_{rp} = \frac{D_{rp} \cdot S \cdot W \cdot T}{D_G} \quad (1)$$

Gdzie:

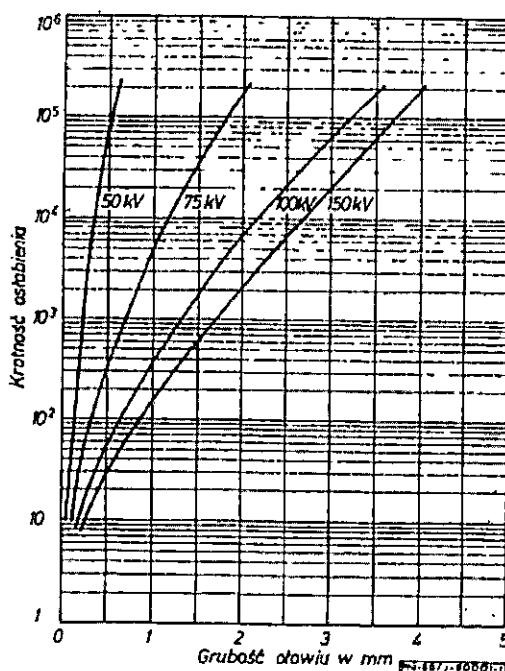
D_{rp} – dawka na jeden skan, odczytana z rysunku 1 dla danej odległości punktu osłanianego (przyjmujemy większą filtrację, pesymizując wartości dawek na skan)

S – współczynnik skalowania

T – współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania osób w badanym punkcie.

D_G – roczny ogranicznik dawki dla grupy narażenia osób, przebywających w badanym punkcie

Na podstawie obliczonej krotności osłabienia wyznaczamy grubość osłony z wykresu zależności krotności osłabienia od grubości osłony ołowianej (Rys. 1 Polskiej Normy PN-J-80001_1986)



Rys. 1. Zależność krotności osłabienia promieniowania X od grubości warstwy ołowiu (napięcie stałe, filtracja własna, 1 mm szkła lub 0,07 mm miedzi, szeroka wiązka): $\rho = 11,3 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

Dodatkowo obliczenia osłon stałych wokół tomografu GE REVOLUTION GSI CT wykonano wg normy niemieckiej DIN 6812 Medyczne urządzenia rentgenowskie do 300 kV. Zasady ochrony radiologicznej – luty 2004 oraz wykresów zależności pomiędzy obliczonym współczynnikiem transmisji a odpowiadającą mu grubością ołowiu lub betonu, wg podanego wyżej źródła.

Wyznaczony współczynnik transmisji w osłonie $B = 1/k$ pozwala na odczytanie grubości osłony z wykresów zależności pomiędzy określonym współczynnikiem transmisji a odpowiadającą mu grubością ołowiu lub betonu. Wykresy te, przedstawione na rys. 3 niniejszego opracowania, podano w opracowaniu NCRP-147 Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities (wydanie poprawione, marzec 2005).

Obydwie metody dają bardzo podobne wartości dla grubości osłon z rozpatrywanych materiałów.

5.2 Założenia do obliczeń

Do obliczeń osłon stałych użyto map izodoz prezentowanych przez producenta aparatu w specyfikacji technicznej producenta: GE Healthcare, GE REVOLUTION GSI CT Pre-Installation Manual – rys.1 i 2. Dla odległości większych niż pokazane na mapie izodoz dawka jest ekstrapolowana do badanego punktu. Odległość mierzona jest od płaszczyzny skanu. Przeliczenia stosunku mAs w zależności od warunków badania, wg materiałów producenta, podano w tabeli 1.

Tabela 1. Przeliczenie stosunku mAs dla technik stosowanych w ośrodku względem wartości, dla których wykonano pomiary na fantomie 32 cm CTDI w celu uzyskania mapy izodoz.

zmieniony parametr	współczynnik (mnożnik)
nowe mAs	mAs/100
80 kV	0,24
100 kV	0,45
120 kV	0,71
140 kV	1,00
apertura 1mm	0,20
apertura 3 mm	0,22
apertura 5 mm	0,27
apertura 10 mm	0,38
apertura 15 mm	0,48
apertura 20 mm	0,59
apertura 30 mm	0,79
apertura 40 mm	1,00

5.2.1 Współczynnik skalowania

Założone maksymalne parametry badań w pracowni – 140 kV, 800 mA, stąd współczynnik skalowania wyznaczony na podstawie tabeli 1 wynosi $1 \times 800 \text{ mAs} / 100 \text{ mAs} = 8$.

5.2.2 Roczne obciążenie dawką W

Parametry do obliczania maksymalnego obciążenia W na jedną zmianę w ciągu roku:

- 4 pacjentów na godzinę
- 8 godzin pracy aparatu dziennie, 50 godzin w tygodniu, 2500 godzin rocznie dla każdej z rozważanych grup narażenia; komentarz: na podstawie Ustawy z dnia 15 kwietnia 2011 o działalności leczniczej [3] czas pracy w narażeniu na promieniowanie jon. od dnia 1 lipca 2014 roku to 7 godzin 35 minut dla jednej zmiany. Oznacza to, że czas pracy personelu wynosi 37 godzin 55 minut w tygodniu. Założenie 8-godzinnego dnia pracy stanowi dodatkowa pesymizację.
- 10 skanów na jednego pacjenta

Stąd roczne obciążenie przy założonym czasie pracy aparatu:

$$2500 \text{ godzin} \times 4 \text{ pacjentów} \times 10 \text{ skanów} = 100\,000 \text{ skanów}$$

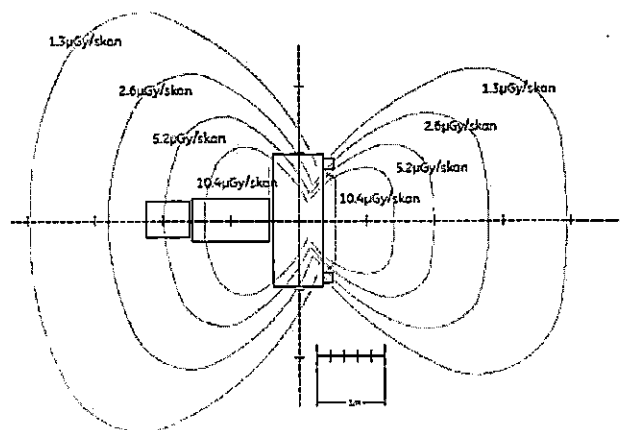
$$W = 125\,000$$

5.2.3 Wartości ograniczników dawek

Roczne ograniczniki dawek dla poszczególnych grup narażenia w jednostkach dawki skutecznej, wg 2.2, z przeliczeniem na dawkę pochłoniętą, w μGy :

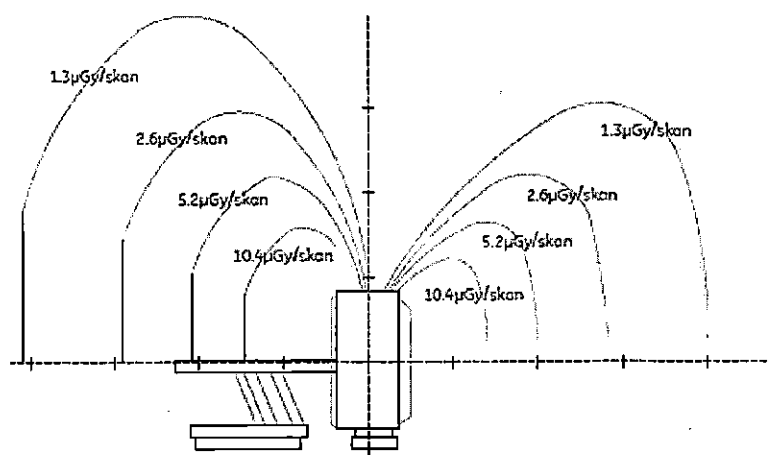
- $D_1 = 6 \text{ mSv}$ ($5220 \mu\text{Gy}$) – osoby pracujące w gabinecie rentgenowskim;
- $D_2 = 3 \text{ mSv}$ ($2610 \mu\text{Gy}$) - osoby pracujące w pomieszczeniach pracowni rentgenowskiej poza gabinetem rentgenowskim;
- $D_3 = 0,5 \text{ mSv}$ ($435 \mu\text{Gy}$) - osoby pracujące w pomieszczeniach poza pracownią rentgenowską, a także osoby z ogółu ludności przebywające w sąsiedztwie pracowni

5.2.4 Rozkłady izodoz



poziomy izokonturów: 1.3, 2.6, 5.2 i 10.4 μGy/skan
technika: 140kV, 100mA, 1s, apertura 40mm

Rys.1 Typowy rozkład izodoz poziomy w otoczeniu aparatu GE REVOLUTION GSI CT dla badań tułowia – fantom 32 cm



poziomy izokonturów: 1.3, 2.6, 5.2 i 10.4 μGy/skan
technika: 140kV, 100mA, 1s, apertura 40mm

Rys.2 Typowy rozkład izodoz (pionowy) w otoczeniu aparatu GE Discovery CT750 HD dla badań w obszarze tułowia, fantom 32 cm

W opracowaniu do wszystkich obliczeń zastosowano rozkład izodoz, dotyczący skanowania całego ciała i pokazany na rys.1 i 2, ze względu na większe moce dawki.

5.2.5 Obliczenia wg normy DIN 6812

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

Nominalna krotność osłabienia wiązki pierwotnej w odległości 1 m:

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

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

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

gdzie:

H_1 - moc dawki w odległości 1 m od ogniska lampy rtg przeliczona dla prądu anodowego 1 mA, w $\text{mSv min}^{-1} \text{mA}^{-1}$

$W = I \cdot t$, gdzie I - nominalne natężenie prądu anodowego lampy, w mA,

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

T - współczynnik prawdopodobieństwa przebywania ludzi w miejscu osłanianym;

D_t - dawka tygodniowa w mSv

x_0 - 1 m

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

Dla promieniowania rozproszonego przez wodę lub tkankę wymagana krotność osłabienia wynosi:

$$k_{s,r,T} = k_{1,p} \cdot f_r(x_0/a)^2 \cdot (s_0/s)^2 \cdot T$$

gdzie:

s - najmniejsza odległość centrum rozpraszania od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy, w m; s_0 - 1 m;

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

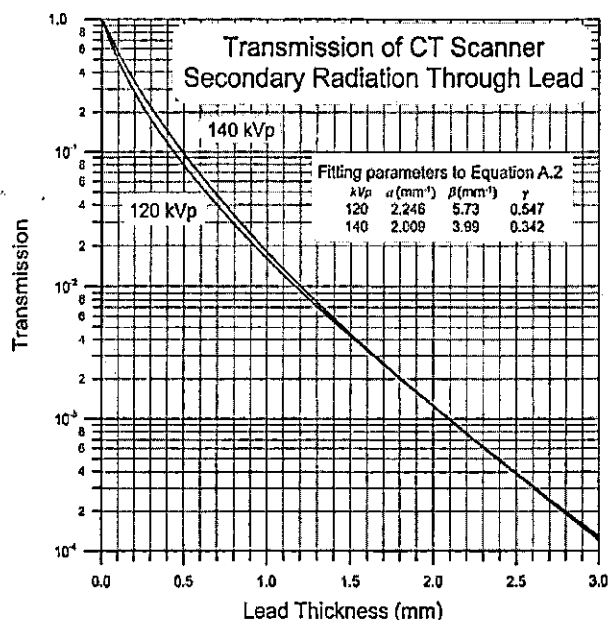
f_r - współczynnik wydajności rozpraszania, dla tomografu komputerowego $f_r = 0,002 S^*/25$, gdzie S^* - grubość warstwy (w cm) pojedynczego skanu w osi rotacji, do obliczeń przyjęto dla tomografu $S^* = 1$ cm)

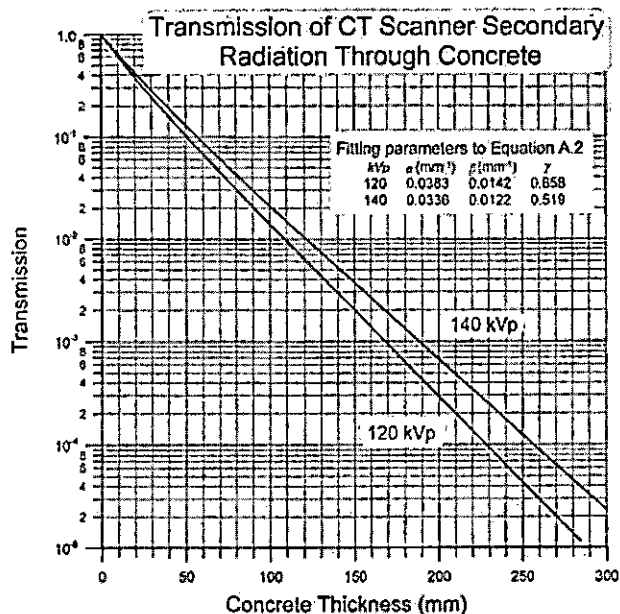
Aby uwzględnić udział promieniowania ubocznego, należy pomnożyć krotność osłabienia dla promieniowania rozproszonego $k_{s,r,T}$ przez współczynnik f_u , dla tomografu komputerowego $f_u = 6$.

Moc dawki w wiązce głównej w odległości 1m (wg normy DIN 6812) - $H_1 = 12\text{mSv/min}$

W normie DIN 6812 przyjmuje się typowe obciążenie tomografu $W = 20\,000 \text{ mA} \cdot \text{min}$ w tygodniu.

5.2.6 Współczynniki transmisji





Rys. 3 Transmisja promieniowania wtórnego w ołowiu i betonie dla osłon sąsiedztwa tomografu komputerowego wg [21]

5.3 Obliczenia wymaganych osłon dla poszczególnych punktów (wg rys.4)

Punkt P1

Punkt P1 znajduje się za ścianą w korytarzu, gdzie mogą przebywać osoby z ogółu ludności, nie zatrudnione w narażeniu na promieniowanie jonizujące.

Ściana GA pomiędzy pracownią TK a punktem P1 zbudowana jest z cegły o grubości 120 mm pokrytej tynkiem barytowym o grubości 25mm, co stanowi równoważnik 2,88mm Pb

Minimalna odległość P1 od punktu rozpraszania: 2,4 m

Obliczenia w oparciu o rozkład izodoz:

Dawka na jeden skan w punkcie P1:

$$D_{P1} = 3,9 \mu\text{Gy}$$

$$D_3 = 435 \mu\text{Gy}$$

$$T = 0,25$$

Wymagany współczynnik osłabiania:

$$k_{rp} = \frac{3,9 \mu\text{Gy} \cdot 8 \cdot 100000 \cdot 0,25}{435 \mu\text{Gy}} = 1793,1$$

Takiej wartości krotności osłabienia odpowiada warstwa ołowiu o grubości **2mm**:

Obliczenie wg normy DIN 6812

Tygodniowe obciążenie aparatu **W = 20 000 mA min/tydzień.**

D_t = 0,006 mSv – osoby z ogółu ludności.

T = 0,3

a = 0,5 m

Nominalna krotność osłabienia:

$$12 \text{ mSv} \cdot 20\,000 \text{ mA min} \cdot 0,3$$

$$k_{1,p} = \frac{\text{mA min} \cdot 0,006 \text{ mSv}}{\text{mA min} \cdot 0,006 \text{ mSv}} = 12\,000\,000$$

Współczynnik rozpraszania dla tomografu komputerowego:

f_r = 0,002S*/25 gdzie S* - grubość warstwy (w cm) pojedynczego skanu w osi rotacji -

dla aparatu analizowanego S_{max} = 1 cm - zatem krotność osłabienia dla promieniowania rozproszonego:

$$k_{s,r} = 0,002 \cdot 0,04 \cdot 12\,000\,000 \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{(0,5 \text{ m})^2} \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{(2,4)^2} = 200$$

uwzględniając promieniowanie uboczne (f_u = 6) otrzymuje się wartość 1200 co odpowiada współczynnikowi transmisji 1/k = 8,33x 10⁻⁴ i osłabieniu w warstwie ołowiu o grubości **2,2 mm**.

2,8 mm >> 2 mm; 2,8 mm >> 2,2 mm

Ośłona jest wystarczająca

Punkt P2

Punkt P2 znajduje się za ścianą AB, w pomieszczeniach Apteki Szpitalnej. Ściana AB zbudowana jest z cegły o grubości 120 mm pokrytej tynkiem barytowym o grubości 25mm, co stanowi równoważnik 2,88mm Pb.

Minimalna odległość P2 od punktu rozpraszania: 2,2 m

Obliczenia wg rozkładu izodoz

Z rozkładu izodoz wynika, że w punkcie P2, czyli w odległości 2,2 m od centrum rozpraszania, dawka wynosi ok.1 μGy na jeden skan. Zakładamy, że za ścianą AB po ostatecznym zagospodarowaniu te osoby będą przebywały w osłanianym miejscu z prawdopodobieństwem $T=0,25$. Zakładając pozostałe parametry jak dla punktu P2 obliczamy wymagany współczynnik osłabiania dla osłony, czyli ściany AB:

$$k_{r,p} = \frac{1\mu\text{Gy} \cdot 8 \cdot 100000 \cdot 0,25}{435\mu\text{Gy}} = 459,77$$

Takiej wartości krotności osłabienia odpowiada warstwa ołowiu o grubości **1,4mm**

Obliczenie wg normy DIN 6812

Tygodniowe obciążenie aparatu **$W = 20\,000\text{ mA min/tydzień}$** .

$D_t = 0,006\text{ mSv}$ – osoby z ogółu ludności.

$T = 0,3$

$a = 0,5\text{ m}$

Nominalna krotność osłabienia:

$$12\text{ mSv} \cdot 20\,000\text{ mA min} \cdot 0,3$$

$$k_{1,p} = \frac{\quad}{\text{mA min} \cdot 0,006\text{ mSv}} = 12\,000\,000$$

$$\text{mA min} \cdot 0,006\text{ mSv}$$

Współczynnik rozpraszania dla tomografu komputerowego:

$f_r = 0,002S^*/25$ gdzie S^* - grubość warstwy (w cm) pojedynczego skanu w osi rotacji –

dla aparatu analizowanego $S_{\text{max}} = 1\text{ cm}$ – zatem krotność osłabienia dla promieniowania rozproszonego:

$$k_{s,r} = 0,002 \cdot 0,04 \cdot 7\,200\,000 \cdot \frac{1\text{m}^2}{(0,5\text{ m})^2} \cdot \frac{1\text{m}^2}{(2,2)^2} = 238,02$$

uwzględniając promieniowanie uboczne ($f_u = 6$) otrzymuje się wartość 1428,09, co odpowiada współczynnikowi transmisji $1/k = 7,00 \times 10^{-4}$ i osłabieniu w warstwie ołowiu o grubości **2,3 mm**.

2,8 mm >> 1,4 mm; 2,8 mm >> 2,3 mm

Ośłona jest wystarczająca

Punkt P3

Punkt P3 znajduje się za ścianą BC, w pomieszczeniach Apteki Szpitalnej. Ściana BC zbudowana jest z cegły o grubości 120 mm pokrytej tynkiem barytowym o grubości 25mm, co stanowi równoważnik 2,88mm Pb.

Minimalna odległość P2 od punktu rozpraszania: 3,65 m

Obliczenia wg rozkładu izodoz

Z rozkładu izodoz wynika, że w punkcie P3, czyli w odległości 3,65 m od centrum rozpraszania, dawka wynosi ok. 2,2 μGy na jeden skan. Zakładamy, że za ścianą BC po ostatecznym zagospodarowaniu te osoby będą przebywały w osłanianym miejscu z prawdopodobieństwem $T=0,25$. Zakładając pozostałe parametry jak dla punktu P3 obliczamy wymagany współczynnik osłabiania dla osłony, czyli ściany BC:

$$k_{r,p} = \frac{2,2\mu\text{Gy} \cdot 8 \cdot 100000 \cdot 0,25}{435\mu\text{Gy}} = 1011,49$$

Takiej wartości krotności osłabienia odpowiada warstwa ołowiu o grubości **1,7mm**

Obliczenie wg normy DIN 6812

Tygodniowe obciążenie aparatu **$W = 20\,000\text{ mA min/tydzień}$** .

$D_t = 0,006\text{ mSv}$ – osoby z ogółu ludności.

$T = 0,3$

$a = 0,5 \text{ m}$

Nominalna krotność osłabienia:

$$12 \text{ mSv} \bullet 20\,000 \text{ mA min} \bullet 0,3$$

$$k_{1,p} = \frac{12\,000\,000}{\text{mA min} \bullet 0,006 \text{ mSv}}$$

$$\text{mA min} \bullet 0,006 \text{ mSv}$$

Współczynnik rozpraszania dla tomografu komputerowego:

$f_r = 0,002 S^* / 25$ gdzie S^* - grubość warstwy (w cm) pojedynczego skanu w osi rotacji -

dla aparatu analizowanego $S_{\text{max}} = 1 \text{ cm}$ - zatem krotność osłabienia dla promieniowania rozproszonego:

$$k_{s,r} = 0,002 \bullet 0,04 \bullet 12\,000\,000 \bullet \frac{1 \text{ m}^2}{(0,5 \text{ m})^2} \bullet \frac{1 \text{ m}^2}{(3,65)^2} = 86,47$$

uwzględniając promieniowanie uboczne ($f_u = 6$) otrzymuje się wartość 518,82, co odpowiada współczynnikowi transmisji $1/k = 1,93 \times 10^{-3}$ i osłabieniu w warstwie ołowiu o grubości 1,8 mm.

2,8 mm >> 1,7 mm; 2,8 mm >> 1,8 mm

Ośłona jest wystarczająca

Punkt P4

Punkt P4 znajduje się przy drzwiach prowadzących do pomieszczenia technicznego pracowni TK. Zakładamy, że w trakcie badania nie będą tam przebywać żadne osoby.

Odległość punktu P3 od centrum rozpraszania: 5,65 m

Obliczenia w oparciu o rozkład izodoz:

Z rozkładu izodoz wynika, że w punkcie P4, dawka wynosi ok.1 μGy na jeden skan. Zakładamy bardzo pesymistycznie, że osoby zatrudnione w pracowni TK mogą przebywać w pobliżu tych drzwi w czasie pracy aparatu z prawdopodobieństwem $T = 0,25$

Zakładając pozostałe parametry jak dla punktu P4 obliczamy wymagany współczynnik osłabiania dla osłony, czyli ściany CD:

$$k_{r,p} = \frac{1 \mu\text{Gy} \cdot 8 \cdot 100000 \cdot 0,25}{2610 \mu\text{Gy}} = 76,63$$

Takiej wartości krotności osłabienia odpowiada warstwa ołowiu **0,8 mm**

Obliczenie wg normy DIN 6812

Tygodniowe obciążenie aparatu **W = 20 000 mA min/tydzień.**

D_t = 0,06 mSv – osoby zawodowo narażone na promieniowanie jonizujące.

A = 0,5 m

Nominalna krotność osłabienia:

$$12 \text{ mSv} \cdot 20\,000 \text{ mA min} \cdot 0,2$$

$$k_{1,p} = \frac{\text{mA min} \cdot 0,06 \text{ mSv}}{\text{mA min} \cdot 0,06 \text{ mSv}} = 800\,000$$

Współczynnik rozpraszania dla tomografu komputerowego:

f_r = 0,002S*/25 gdzie S* – grubość warstwy (w cm) pojedynczego skanu w osi rotacji –

dla aparatu analizowanego S_{max} = 1 cm – zatem krotność osłabienia dla promieniowania rozproszonego:

$$k_{s,r} = 0,002 \cdot 0,04 \cdot 800\,000 \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{(0,5 \text{ m})^2} \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{(5,65)^2} = 1,6$$

uwzględniając promieniowanie uboczne (f_u = 6) otrzymuje się wartość **9,62**, co odpowiada współczynnikowi transmisji 1/k = 1,04 x 10⁻² i osłabieniu w warstwie ołowiu o grubości **0,6 mm**.

Zamontowane drzwi o osłonności 1,5mm Pb są wystarczające

Punkt P5

Punkt P5 znajduje się w sterowni za ścianą DE, w której znajdują się drzwi prowadzące ze sterowni do pracowni TK. Zakładamy, że w sterowni przebywają osoby z personelu pracowni. Prawdopodobieństwo przebywania operatorów urządzenia wynosi T=1 a ogranicznik dawki D₂ = 2610 μGy.

Odległość punktu P5 od centrum rozpraszania wynosi 5 m

Obliczenia wg rozkładu izodoz:

Dawka na 1 skan w P5:

D_{P4} jest mniejsza niż $1,8 \mu\text{Gy}$

Wymagany współczynnik osłabiania:

$$k_{rp} = \frac{1,8 \mu\text{Gy} \cdot 8 \cdot 100000 \cdot 1}{2610 \mu\text{Gy}} = 551,2$$

Takiej wartości krotności osłabienia odpowiada warstwa ołowiu o grubości **1,5 mm**.

Obliczenia wg normy DIN 6812

Tygodniowe obciążenie aparatu **$W = 20\,000 \text{ mA min/tydzień}$** .

$D_t = 0,06 \text{ mSv}$ – osoby z personelu pracowni

$a = 0,5 \text{ m}$

Nominalna krotność osłabienia:

$$12 \text{ mSv} \cdot 20\,000 \text{ mA min} \cdot 1$$

$$k_{1,p} = \frac{\text{mA min} \cdot 0,06 \text{ mSv}}{\text{mA min} \cdot 0,06 \text{ mSv}} = 4\,000\,000$$

Współczynnik rozpraszania dla tomografu komputerowego:

$f_r = 0,002 S^*/25$ gdzie S^* - grubość warstwy (w cm) pojedynczego skanu w osi rotacji –

dla aparatu analizowanego $S_{\text{max}} = 1 \text{ cm}$ – zatem krotność osłabienia dla promieniowania rozproszonego:

$$k_{s,r} = 0,002 \cdot 0,04 \cdot 4\,000\,000 \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{(0,5 \text{ m})^2} \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{(5)^2} = 51,2$$

uwzględniając promieniowanie uboczne ($f_u = 6$) otrzymuje się wartość **307,2**, co odpowiada współczynnikowi transmisji $1/k = 3,26 \times 10^{-3}$ i osłabieniu w warstwie ołowiu o grubości **1,7 mm**

Ściana jest wykonana z cegły pełnej o grubości 120mm otynkowanej tynkiem barytowym o grubości 15mm. Łącznie warstwa ta stanowi równoważnik 2mm Pb, co stanowi wystarczającą osłonność. Drzwi prowadzące ze sterowni do pracowni TK powinny mieć osłonność minimum 1,7mm Pb.

Punkt P6

Punkt P6 znajduje się w sterowni za ścianą DE, w której znajduje się okno podglądu. Zakładamy, że w sterowni przebywają osoby z personelu pracowni. Prawdopodobieństwo przebywania operatorów urządzenia wynosi $T=1$ a ogranicznik dawki $D_2 = 2610 \mu\text{Gy}$.

Odległość punktu P6 od centrum rozpraszania wynosi 3,85 m

Obliczenia wg rozkładu izodoz:

Dawka na 1 skan w P6:

D_{P4} jest mniejsza niż $2,1 \mu\text{Gy}$

Wymagany współczynnik osłabiania:

$$k_{r,p} = \frac{2,1 \mu\text{Gy} \cdot 8 \cdot 100000 \cdot 1}{2610 \mu\text{Gy}} = 643,68$$

Odpowiadający mu współczynnik transmisji wynosi $1/643,68 = 1,55 \times 10^{-3}$. Takiej wartości transmisji odpowiada warstwa ołowiu o grubości **2 mm**.

Obliczenia wg normy DIN 6812

Tygodniowe obciążenie aparatu **$W = 20\,000 \text{ mA min/tydzień}$** .

$D_t = 0,06 \text{ mSv}$ – osoby z personelu pracowni

$a = 0,5 \text{ m}$

Nominalna krotność osłabienia:

$$12 \text{ mSv} \cdot 20\,000 \text{ mA min} \cdot 1$$

$$k_{1,p} = \frac{12 \text{ mSv} \cdot 20\,000 \text{ mA min} \cdot 1}{0,06 \text{ mSv}} = 4\,000\,000$$

$$\text{mA min} \cdot 0,06 \text{ mSv}$$

Współczynnik rozpraszania dla tomografu komputerowego:

$f_r = 0,002S^*/25$ gdzie S^* - grubość warstwy (w cm) pojedynczego skanu w osi rotacji –

dla aparatu analizowanego $S_{max} = 1$ cm – zatem krotność osłabienia dla promieniowania rozproszonego:

$$k_{s,r} = 0,002 \cdot 0,04 \cdot 4\,000\,000 \cdot \frac{1m^2}{(0,5\,m)^2} \cdot \frac{1m^2}{(3,85)^2} = 86,36$$

uwzględniając promieniowanie uboczne ($f_u = 6$) otrzymuje się wartość **518,13**, co odpowiada współczynnikowi transmisji $1/k = 1,93 \times 10^{-3}$ i osłabieniu w warstwie ołowiu o grubości **1,8 mm**

Ściana jest wykonana z cegły pełnej o grubości 120mm otynkowanej tynkiem barytowym o grubości 15mm. Łącznie warstwa ta stanowi równoważnik 2mm Pb, co stanowi wystarczającą osłonność. Okno poglądowe ze sterowni do pracowni TK powinny mieć osłonność 2mm Pb.

Punkt P7, P7'

Punkt P7 znajduje się w pokoju przygotowania pacjenta, za ścianą EF. Punkt P7' znajduje się w kabinie pacjenta za ścianą FG. Ściana EF i FG zbudowana jest z cegły o grubości 120 mm pokrytej tynkiem barytowym o grubości 25mm, co stanowi równoważnik 2,8mm Pb.

Zakładamy, że w miejscu tym mogą przebywać osoby z personelu pracowni, pracujące w pomieszczeniach pracowni rentgenowskiej poza gabinetem rentgenowskim, zatem ogranicznik dawki $D_2 = 2610 \mu Gy$ oraz pacjenci dla których ogranicznik dawki wynosi $D_2 = 435 \mu Gy$.

Odległość punktu P7 od centrum rozpraszania: 3,1 m, odległość punktu P7' to 3,5m.

Obliczenia wg rozkładu izodoz:

Dawka na 1 skan w P7 i w P7': $D_{P3'}$ jest mniejsza niż $1 \mu Gy$

PRACOWNIK:

$T = 1$

Wymagany współczynnik osłabiania:

$$k_{rP} = \frac{1 \mu Gy \cdot 8 \cdot 100000 \cdot 1}{2610 \mu Gy} = 370,37$$

Takiej wartości krotności osłabienia odpowiada warstwa ołowiu o grubości **1,4mm**.

PACJENT:

$T = 0,25$

Wymagany współczynnik osłabiania:

$$k_{rp} = \frac{1 \mu\text{Gy} \cdot 8 \cdot 100000 \cdot 0,25}{435 \mu\text{Gy}} = 459,77$$

Takiej wartości krotności osłabienia odpowiada warstwa ołowiu o grubości **1,4mm**.

Obliczenia wg normy DIN 6812

Tygodniowe obciążenie aparatu **$W = 20\,000 \text{ mA min/tydzień}$** .

PRACOWNIK

Punkt 7

$D_t = 0,06 \text{ mSv}$ – osoby z personelu pracowni

$T = 1$

$a = 0,5 \text{ m}$

Nominalna krotność osłabienia:

$$12 \text{ mSv} \cdot 20\,000 \text{ mA min} \cdot 1$$

$$k_{1,p} = \frac{12 \text{ mSv} \cdot 20\,000 \text{ mA min} \cdot 1}{\text{mA min} \cdot 0,06 \text{ mSv}} = 4\,000\,000$$

Współczynnik rozpraszania dla tomografu komputerowego:

$f_r = 0,002S^*/25$ gdzie S^* - grubość warstwy (w cm) pojedynczego skanu w osi rotacji –

dla aparatu analizowanego $S_{\text{max}} = 1 \text{ cm}$ – zatem krotność osłabienia dla promieniowania rozproszonego:

$$k_{s,r} = 0,002 \cdot 0,04 \cdot 4\,000\,000 \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{(0,5 \text{ m})^2} \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{(3,1)^2} = 133,19$$

uwzględniając promieniowanie uboczne ($f_u = 6$) otrzymuje się wartość **799,17**, co odpowiada współczynnikowi transmisji $1/k = 1,25 \times 10^{-3}$ i osłabieniu w warstwie ołowiu o grubości **2 mm**.

Punkt 7'

$D_t = 0,06 \text{ mSv}$ – osoby z personelu pracowni

$T = 1$

$a = 0,5 \text{ m}$

Nominalna krotność osłabienia:

$$12 \text{ mSv} \cdot 20\,000 \text{ mA min} \cdot 1$$

$$k_{1,p} = \frac{12 \text{ mSv} \cdot 20\,000 \text{ mA min} \cdot 1}{\text{mA min} \cdot 0,06 \text{ mSv}} = 4\,000\,000$$

Współczynnik rozpraszania dla tomografu komputerowego:

$f_r = 0,002S^*/25$ gdzie S^* – grubość warstwy (w cm) pojedynczego skanu w osi rotacji –

dla aparatu analizowanego $S_{\text{max}} = 1 \text{ cm}$ – zatem krotność osłabienia dla promieniowania rozproszonego:

$$k_{s,r} = 0,002 \cdot 0,04 \cdot 4\,000\,000 \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{(0,5 \text{ m})^2} \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{(3,5)^2} = 104,49$$

uwzględniając promieniowanie uboczne ($f_u = 6$) otrzymuje się wartość **626,94**, co odpowiada współczynnikowi transmisji $1/k = 1,6 \times 10^{-3}$ i osłabieniu w warstwie ołowiu o grubości **1,9 mm**.

PACIENT

Punkt 7

$D_t = 0,006 \text{ mSv}$ – pacjent

$T = 0,3$

$a = 0,5 \text{ m}$

Nominalna krotność osłabienia:

$$12 \text{ mSv} \cdot 20\,000 \text{ mA min} \cdot 0,3$$

$$k_{1,p} = \frac{12 \text{ mSv} \cdot 20\,000 \text{ mA min} \cdot 0,3}{\text{mA min} \cdot 0,006 \text{ mSv}} = 12\,000\,000$$

Współczynnik rozpraszania dla tomografu komputerowego:

$f_r = 0,002S^*/25$ gdzie S^* – grubość warstwy (w cm) pojedynczego skanu w osi rotacji –

dla aparatu analizowanego $S_{\text{max}} = 1 \text{ cm}$ – zatem krotność osłabienia dla promieniowania rozproszonego:

$$k_{s,r} = 0,002 \cdot 0,04 \cdot 12\,000\,000 \cdot \frac{1\text{m}^2}{(0,5\text{ m})^2} \cdot \frac{1\text{m}^2}{(3,1)^2} = 119,88$$

uwzględniając promieniowanie uboczne ($f_u = 6$) otrzymuje się wartość **719,25**, co odpowiada współczynnikowi transmisji $1/k = 1,39 \times 10^{-3}$ i osłabieniu w warstwie ołowiu o grubości **2mm**.

Punkt 7'

$D_t = 0,006 \text{ mSv}$ – pacjent

$T = 0,3$

$a = 0,5 \text{ m}$

Nominalna krotność osłabienia:

$$12 \text{ mSv} \cdot 20\,000 \text{ mA min} \cdot 0,3$$

$$k_{1,p} = \frac{12\,000\,000}{\text{mA min} \cdot 0,006 \text{ mSv}} = 12\,000\,000$$

Współczynnik rozpraszania dla tomografu komputerowego:

$f_r = 0,002S^*/25$ gdzie S^* - grubość warstwy (w cm) pojedynczego skanu w osi rotacji –

dla aparatu analizowanego $S_{\text{max}} = 1 \text{ cm}$ – zatem krotność osłabienia dla promieniowania rozproszonego:

$$k_{s,r} = 0,002 \cdot 0,04 \cdot 12\,000\,000 \cdot \frac{1\text{m}^2}{(0,5\text{ m})^2} \cdot \frac{1\text{m}^2}{(3,5)^2} = 94,04$$

uwzględniając promieniowanie uboczne ($f_u = 6$) otrzymuje się wartość **564,24**, co odpowiada współczynnikowi transmisji $1/k = 1,77 \times 10^{-3}$ i osłabieniu w warstwie ołowiu o grubości **1,9 mm**.

Punkt P8

Punkt P8 znajduje się w pomieszczeniach kuchni połączonej ze stołówką, nad pracownią CT. Prawdopodobieństwo przebywania pracowników szpitala nie zatrudnionych w warunkach narażenia (personel kuchni) wynosi $T = 1$ Ogranicznik dawki dla tej grupy osób wynosi $D_2 = 435 \mu\text{Gy}$.

Oddzielający pomieszczenia strop ma grubość 25 cm żelbetonu, co stanowi równoważnik ołowiu 3,5mm

Obliczenia wg rozkładu izodoz:

Odległość punktu P8 od płaszczyzny skanowania: 2,93 m

Dawka na 1 skan w pkt P8, wg rys.2:

$$D_{P8} = 2,6 \mu\text{Gy}$$

Wymagany współczynnik osłabiania:

$$k_{rp} = \frac{2,6 \mu\text{Gy} \cdot 8 \cdot 100000 \cdot 1}{435 \mu\text{Gy}} = 4781,61$$

Takiej wartości współczynnika osłabienia odpowiada warstwa ołowiu o grubości **2,4mm**.

Obliczenia wg normy DIN 6812

Tygodniowe obciążenie aparatu **W = 20 000 mA min/tydzień**.

D_t = 0,006 mSv – osoby zatrudnione w narażeniu na promieniowanie jonizujące

$$a = 0,5 \text{ m}$$

Nominalna krotność osłabienia:

$$12 \text{ mSv} \cdot 20\,000 \text{ mA min} \cdot 1$$

$$k_{1,p} = \frac{12 \text{ mSv} \cdot 20\,000 \text{ mA min} \cdot 1}{\text{mA min} \cdot 0,006 \text{ mSv}} = 40\,000\,000$$

$$\text{mA min} \cdot 0,006 \text{ mSv}$$

Współczynnik rozpraszania dla tomografu komputerowego:

$$f_r = 0,002 S^* / 25 \text{ gdzie } S^* - \text{grubość warstwy (w cm) pojedynczego skanu w osi rotacji} -$$

dla aparatu analizowanego $S_{\text{max}} = 1 \text{ cm}$ – zatem krotność osłabienia dla promieniowania rozproszonego:

$$k_{s,r} = 0,002 \cdot 0,04 \cdot 40\,000\,000 \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{(0,5 \text{ m})^2} \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{(2,9)^2} = 1521,99$$

uwzględniając promieniowanie uboczne ($f_u = 6$) otrzymuje się wartość **9131,98** co odpowiada współczynnikowi transmisji $1/k = 1,1 \times 10^{-4}$ i osłabieniu w warstwie ołowiu o grubości **3 mm**.

3,5mm >> 2,4mm, 3,5mm >> 3 mm

Ośłona jest wystarczająca

Punkt P9

Punkt P9 znajduje się pomieszczenie techniczne.

Oddzielający pomieszczenia strop ma grubość 25 cm żelbetonu, co stanowi równoważnik ołowiu 3,5mm

Obliczenia wg rozkładu izodoz:

Prawdopodobieństwo przebywania pracowników szpitala nie zatrudnionych w warunkach narażenia (personel oddziału) wynosi $T = 0,25$ Ogranicznik dawki dla tej grupy osób wynosi $D_2 = 435 \mu\text{Gy}$.

Odległość punktu P9 od płaszczyzny skanowania: 2,93 m

Dawka na 1 skan w pkt P9, wg rys.2:

$$D_{P5} = 2,6 \mu\text{Gy}$$

Wymagany współczynnik osłabiania:

$$k_{rp} = \frac{2,6 \mu\text{Gy} \cdot 8 \cdot 100000 \cdot 0,25}{435 \mu\text{Gy}} = 1195,4$$

Takiej wartości krotności osłabienia odpowiada warstwa ołowiu o grubości **1,8mm**.

Obliczenia wg normy DIN 6812

Tygodniowe obciążenie aparatu **$W = 20\,000 \text{ mA min/tydzień}$** .

$D_t = 0,006 \text{ mSv}$ – osoby zatrudnione w narażeniu na promieniowanie jonizujące

$$T = 0,3$$

a = 0,5 m

Nominalna krotkość osłabienia:

$$12 \text{ mSv} \bullet 20\,000 \text{ mA min} \bullet 0,3$$

$$k_{1,p} = \frac{12\,000\,000}{\text{mA min} \bullet 0,006 \text{ mSv}} = 12\,000\,000$$

$$\text{mA min} \bullet 0,006 \text{ mSv}$$

Współczynnik rozpraszania dla tomografu komputerowego:

$f_r = 0,002 S^*/25$ gdzie S^* - grubość warstwy (w cm) pojedynczego skanu w osi rotacji –

dla aparatu analizowanego $S_{\text{max}} = 1 \text{ cm}$ – zatem krotkość osłabienia dla promieniowania rozproszonego:

$$k_{s,r} = 0,002 \bullet 0,04 \bullet 12\,000\,000 \bullet \frac{1 \text{ m}^2}{(0,5 \text{ m})^2} \bullet \frac{1 \text{ m}^2}{(2,9)^2} = 136,97$$

uwzględniając promieniowanie uboczne ($f_u = 6$) otrzymuje się wartość **821,88**, co odpowiada współczynnikowi transmisji $1/k = 1,22 \times 10^{-3}$ i osłabieniu w warstwie ołowiu o grubości **2 mm**.

3,5mm >> 1,8mm, 3,5mm >> 2mm

Ośłona jest wystarczająca

5.4 Zestawienie osłon

Punkt osłona	osłaniany,	Istniejąca osłona	Wymagania minimalne
P1 - ściana GA		Cegła pełna o grubości 120mm + tynk barytowy 25mm (równoważnik 2,8mm Pb)	2,2 mm Pb
P2 - ściana AB		Cegła pełna o grubości 120mm + tynk barytowy 25mm (równoważnik 2,8mm Pb)	2,3 mm Pb
P3 - ściana BC		Cegła pełna o grubości 120mm + tynk barytowy 25mm (równoważnik 2,8mm Pb)	1,8 mm Pb
P4 - ściana CD		Cegła pełna o grubości 120mm + tynk barytowy 15mm (równoważnik 2,0mm Pb)	0,8 mm Pb
P4 - drzwi CD		Blacha ołowiana o grubości 1,5mm Pb	1,1 mm Pb
P5, P6 - Ściana DE		Cegła pełna o grubości 120mm + tynk barytowy 15mm (równoważnik 2,0mm Pb)	1,7 mm Pb
P5 - drzwi DE		Blacha ołowiana o grubości 1,5mm Pb	1,7 mm Pb
P6 - okno podglądu DE		Szkło ołowiowe o równoważniku 2,0mm Pb	2 mm Pb
P7, P7' - Ściana EF		Cegła pełna o grubości 120mm + tynk barytowy 15mm (równoważnik 2,0mm Pb)	2 mm Pb
P7 - Drzwi EF		Blacha ołowiana o grubości 2,0mm Pb	2 mm Pb
P7' - Drzwi FG		Blacha ołowiana o grubości 2,0mm Pb	2 mm Pb
P8 - Strop nad pracownią		Żelbeton o grubości 200mm (równoważnik 3,5mm Pb)	3 mm Pb
P9 - strop pod pracownią		Żelbeton o grubości 200mm (równoważnik 3,5mm Pb)	2 mm Pb

Podsumowanie:

Należy zamontować drzwi do sterowni (punkt kontrolny P5) o krotności osłabienia minimum 1,7 mm Pb

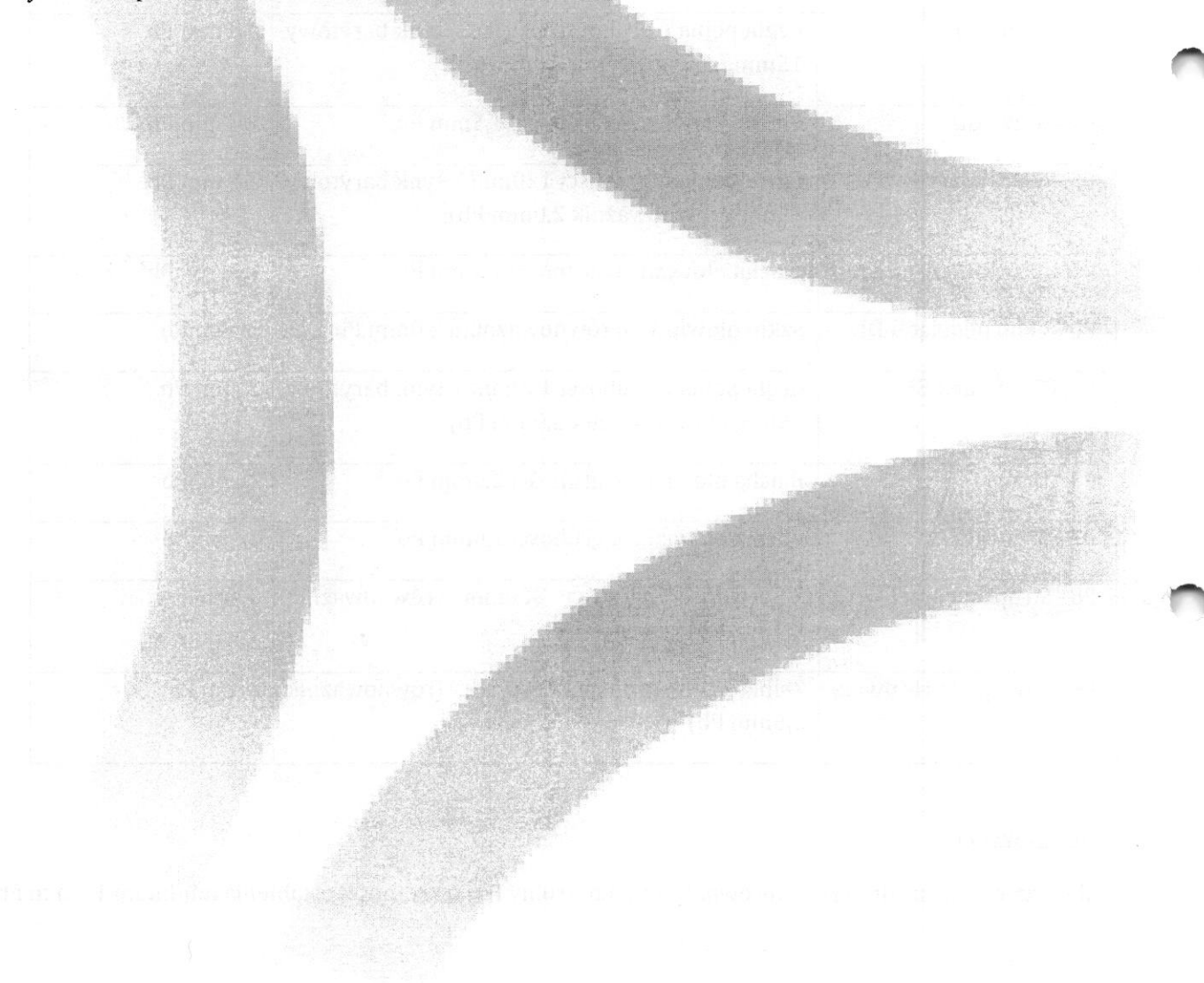
5.5 Zestawienie rysunków

Rys.1 Typowy rozkład izodoz (poziomy) w otoczeniu aparatu REVOLUTION GSI CT dla badań tułowia – fantom 32 cm (w tekście opracowania).

Rys.2 Typowy rozkład izodoz (pionowy) w otoczeniu aparatu Discovery CT750 HD dla badań w obszarze tułowia (body phantom) (w tekście opracowania).

Rys.3 Transmisja promieniowania wtórnego w ołowiu dla osłon sąsiedztwa tomografu komputerowego wg [21] (w tekście opracowania).

Rys. 4 Rzut pracowni TK i najbliższego otoczenia.



PROTOKÓŁ POMIARU WYDAJNOŚCI INSTALACJI WENTYLACYJNEJ



Data pomiaru: 12.03.2015

Obiekt: Pracownia Tomografii Komputerowej Szpitala Specjalistycznego im. Jędrzeja Śniadeckiego w Nowym Sączu

Urządzenie pomiarowe: Anemometr AZ8911 S/N: 9650368

Pomiaru dokonał: Zbigniew JURASZEK, Michał GADAJ

Warunki pomiaru:	
Temp wewn.:	21 °C
Temp zewn.:	3 °C

Nr	Nazwa pomieszczenia	V [m3]	Rodzaj nawiewnika/wywiewnika	Powierzchnia nawiewnika / wywiewnika [m2]	Wynik pomiaru [m/s]	Nawiew [m3/h]	Wywiew [m3/h]	Ilość wymian zmierzona [1/h]	Ilość wymian projektowana [1/h]	Uwagi
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
						=5x6x3600	=5x6x3600	n=7:3 / w=8:3		
1	Pom. badań TK	83,25	anemostat nawiew d100	0,00785	10,2	288,25	-	3,46	1,5	brak
2	Pom. badań TK	83,25	anemostat nawiew d100	0,00785	10,5	296,73	-	3,56	1,5	brak
3	Pom. badań TK	83,25	anemostat wywiew d100	0,00785	6,2	-	175,21	2,1	1,5	brak
4	Pom. badań TK	83,25	anemostat wywiew d100	0,00785	6,5	-	183,69	2,21	1,5	brak
5	Sterownia TK	28,37	anemostat wywiew d100	0,00785	6,8	-	192,17	6,77	1,5	brak
6	Sterownia TK	28,37	anemostat nawiew d100	0,00785	11,3	319,34	-	11,26	1,5	brak

Powyższa instalacja nadaje się do eksploatacji

TAK ☒

NIE ☐

Juraszek

ALTERIS SA
Michał Gadaj

Kierownik Działu Budowlanego

ALTERIS S.A.
ul. Ceglana 35, 40-514 Katowice
NIP 6312421111