

**PROJEKT TECHNICZNY
W ZAKRESIE OCHRONY RADIOLOGICZNEJ
pomieszczenia przeznaczonego do instalacji
tomografu komputerowego LightSpeed Pro³²
firmy General Electric**

**Instytut Psychiatrii i Neurologii
Zakład Rentgenodiagnostyki**

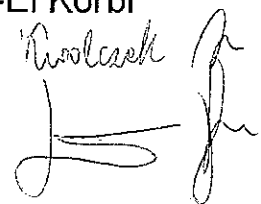
**02-957 Warszawa
Al. Sobieskiego 1/9**

Autorzy:

mgr inż. Irena Kwolczak-El Korbi

mgr inż. Jan Kopeć

mgr inż. Ludwik Kotulski

Handwritten signatures of the authors. The first signature is 'Kwolczak' and the second is 'Kopeć'.

Warszawa, listopad 2005 r.

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie tomografu komputerowego **LightSpeed Pro³²**

SPIS TREŚCI

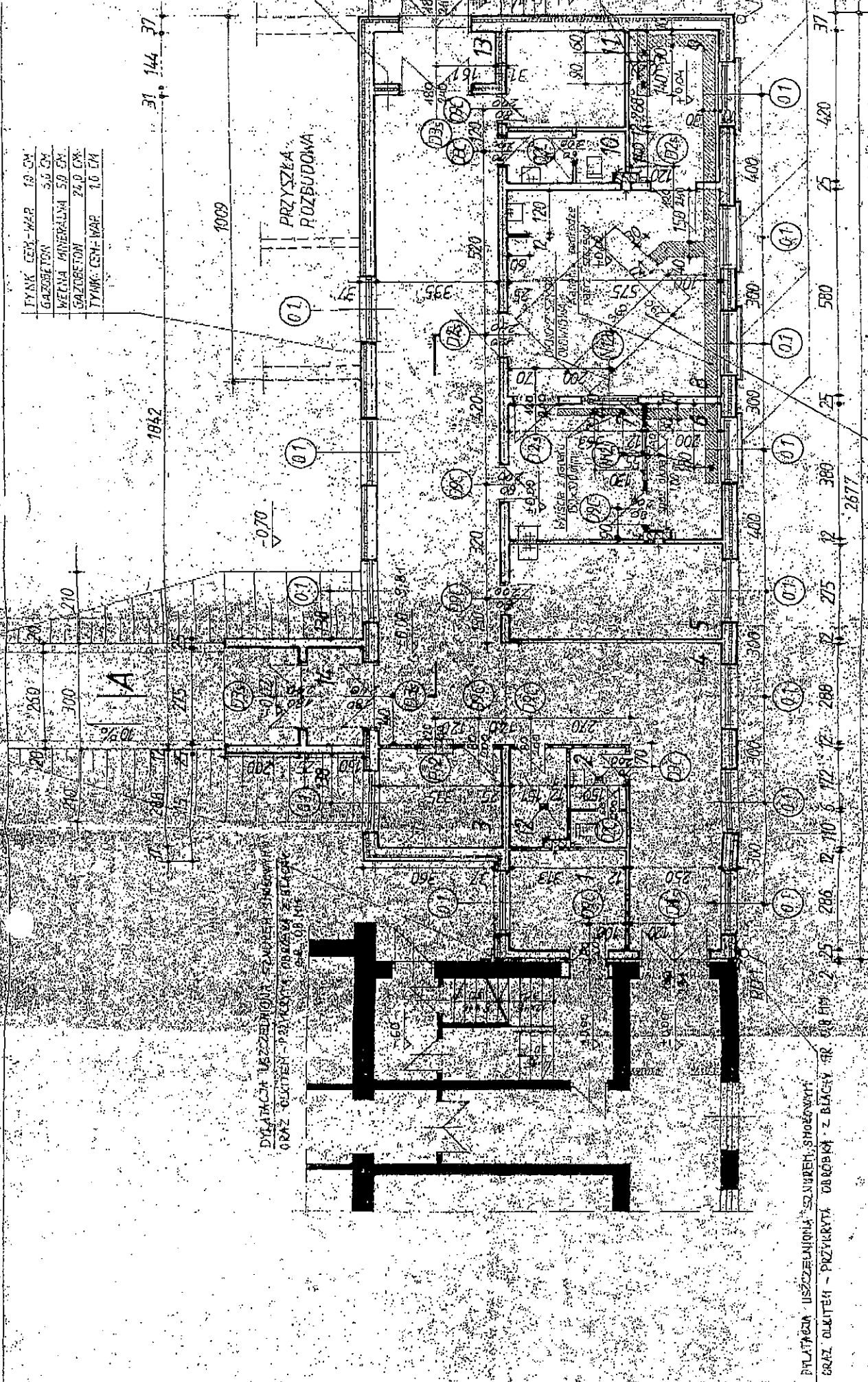
	Strona
1. Przedmiot opracowania	4
2. Przepisy prawne	4
3. Zastosowanie i dane techniczne tomografu komputerowego LightSpeed Pro ³²	5
4. Opis pracowni	6
5. Technologia	6
6. Założenia do projektu istotne z punktu widzenia ochrony radiologicznej	6
6.1 Dawki graniczne: przyjęte do obliczeń dawki promieniowania dla osób przebywających w pobliżu	6
6.2 Lokalizacja	7
6.3 Obciążenie robocze aparatu	8
6.4 Ocena zagrożenia pracowników	8
6.5 Ruch ludzi w obiekcie i otoczeniu	9
6.6 Tereny nadzorowane	9
7. Obliczenia osłon	9
7.1 Wzory wyjściowe	10
7.2 Obliczenia osłon w pracowni tomografu – aparat LightSpeed Pro ³²	13
8. Wymagania branżowe	21
8.1 Ściany i stropy	21

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie tomografu komputerowego **LightSpeed Pro³²**

8.2 Drzwi i okna rtg	21
8.3 Wentylacja	21
8.4 Instalacja wodno-kanalizacyjna	22
8.5 Opis systemu ochrony przeciw – pożarowej	22
8.6 System sygnalizacyjno – ostrzegawczy	22
8.7 Wyposażenie pracowni dla potrzeb ochrony radiologicznej	22
8.8 Bezpieczna eksploatacja	23
8.9 Przekazanie pracowni do eksploatacji	23
9. Bibliografia	23

TYNIA: CEM-MAF	19 CM
GAZOBETON	5,5 CM
WECNA MINERALNA	50 CM
GAZOBETON	24,0 CM
TYNIA: CEM-MAF	1,0 CM

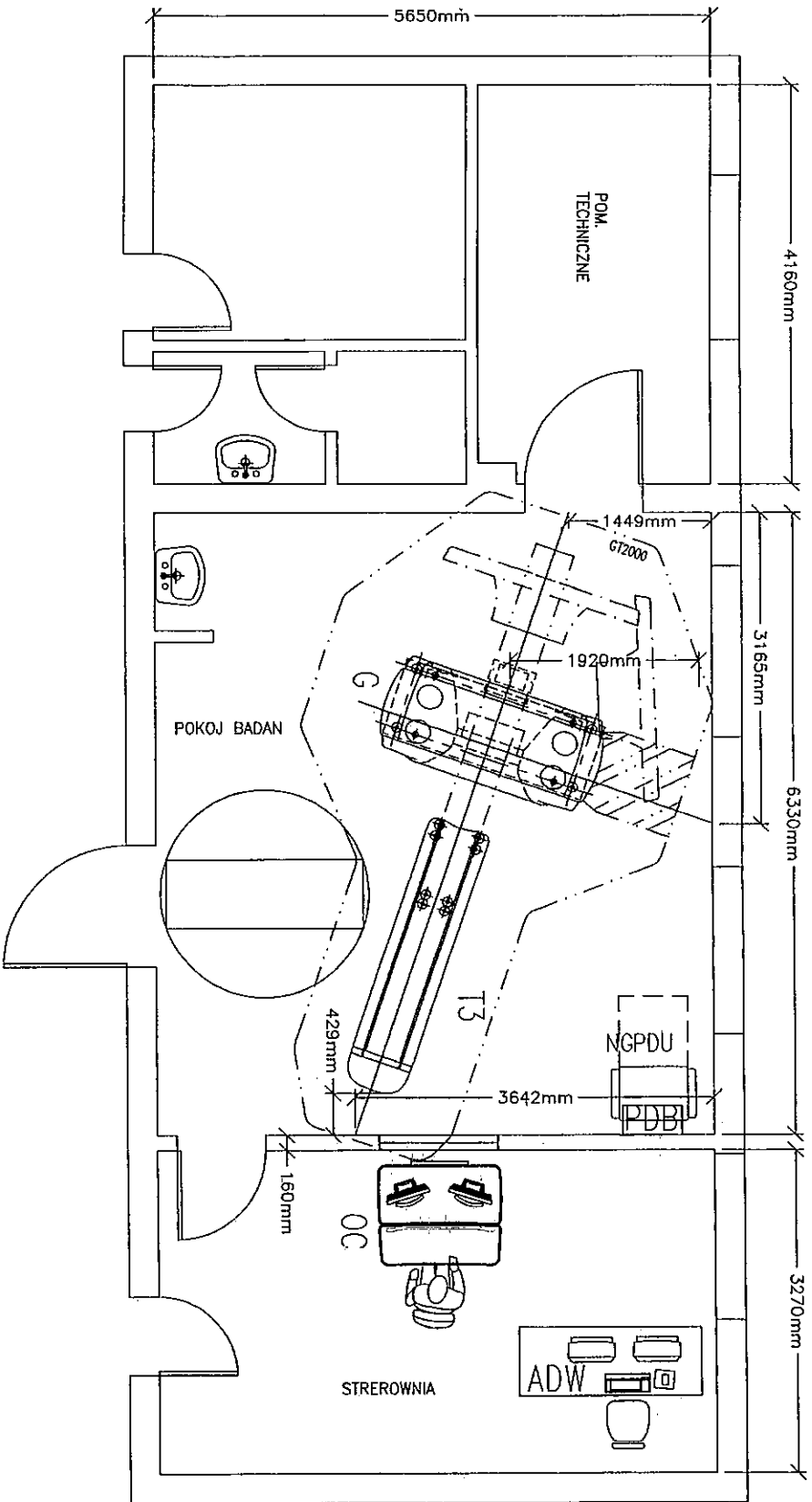


DYLATAcja ŁAZZELNICOWIEM I KUCHNIA, SZEROKOŚĆ 10 CM
 GRUZ OLKITEK - PRZYKRYCIA OKAZAŁA SIĘ BŁĘDNE
 CAŁOŚĆ NIE

PLATACZA USZCZELNIENIA SZUMIEM, SPOSOBYMI
 GRUZ OLKITEK - PRZYKRYCIA OKAZAŁA SIĘ BŁĘDNE

FUNDAMENTY DOPROJEKTOWANE DO PRAC
 SZEROKOŚĆ WYKONANIE OLKITEM
 PATRZ OKRES KONSTRUKCYJNY NR 4-3878

Zat. nr 1



WSTĘPNE PLANOWANE USTAWIENIE

NAZWA PROJEKTU: IPIN CT 32 Table 2000

NR. PROJEKTU: PLWA05003 RYSOWALD. Turczynski DATA: 9/11/05

PROJEKT TEN MUSI BYC ZAKCEPTOWANY PRZED PRYSTAPIENIEM DO PLANU FINALNEGO. DZIEKUJEMY

UZYTEKOWNIK

DATA:

GE INSTALL. SPECIALIST

DATA:



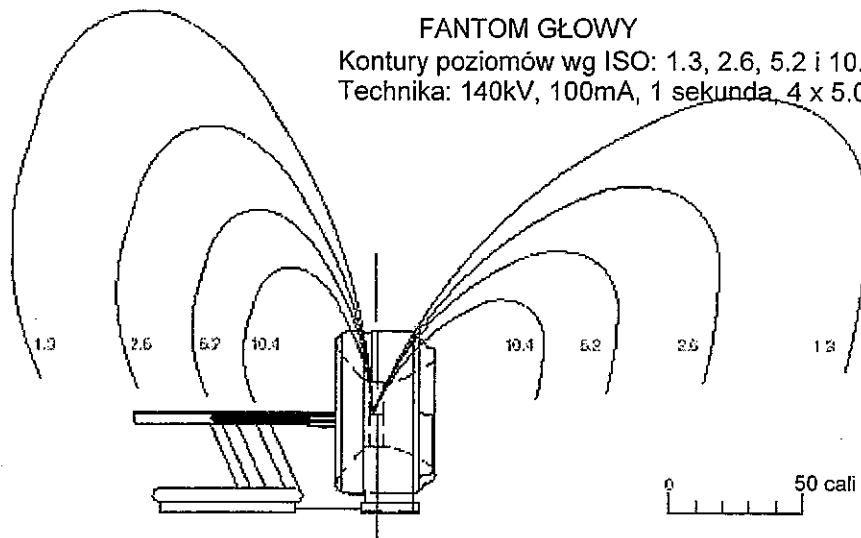
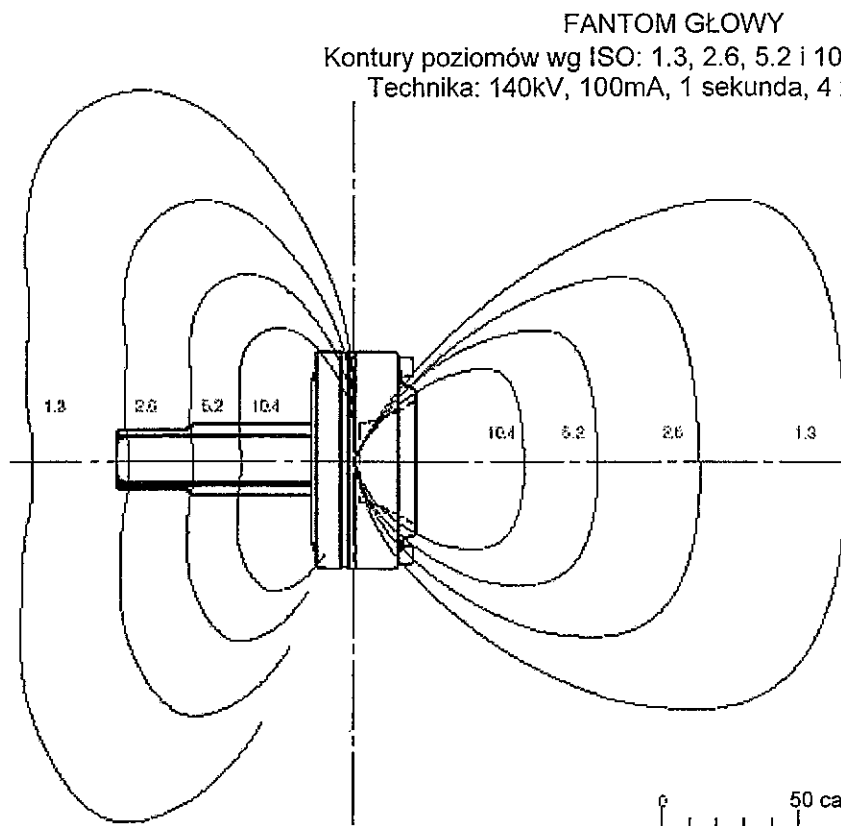
GE Medical Systems

Modality Installation Planning

WARSZAWA

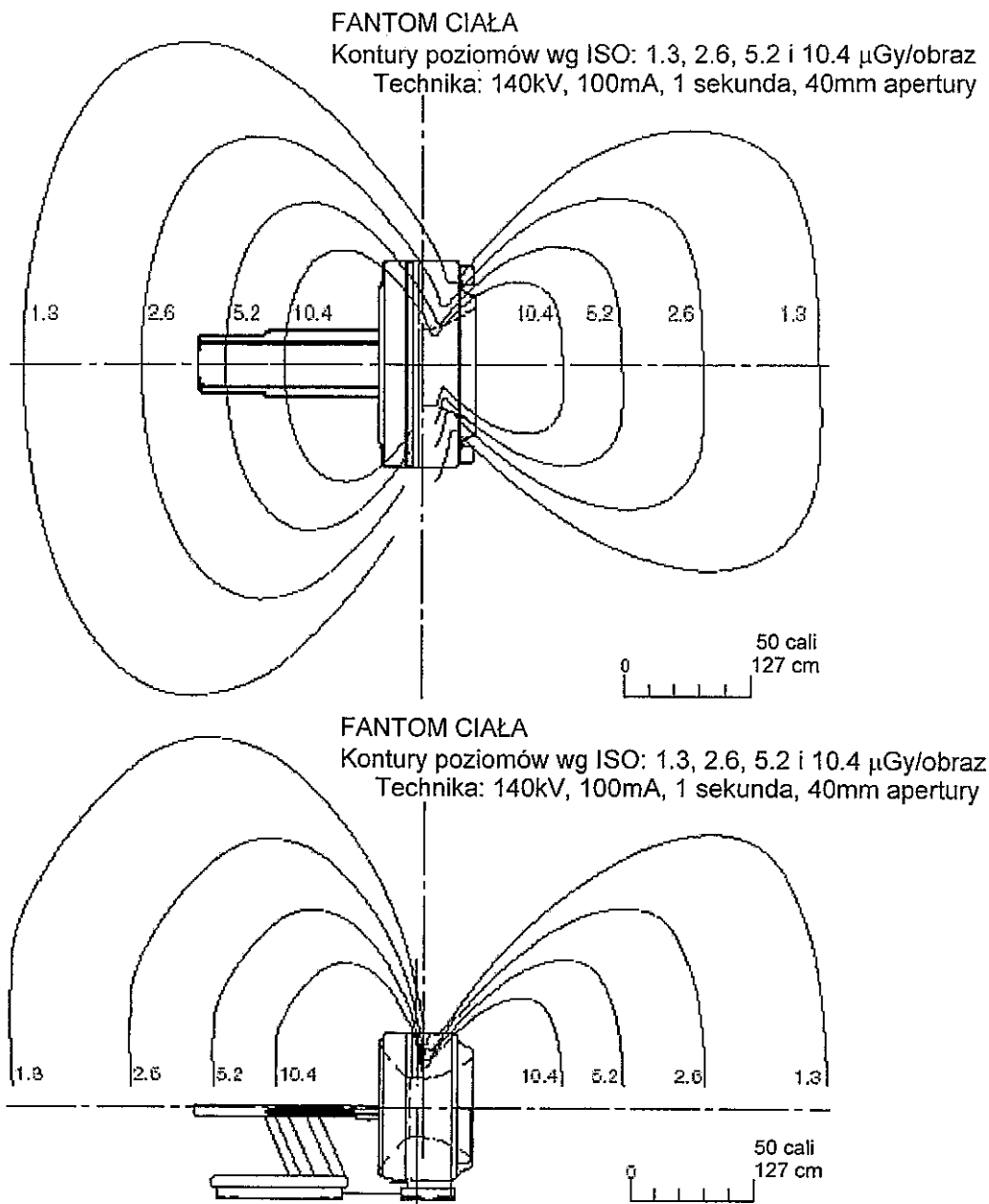
Polska

Zat. mł



Rysunek 4-13 Typowy rozkład promieniowania (Fantom głowy)

Zat. nr 3



Rysunek 4-12 Typowy rozkład promieniowania (Fantom ciała)

1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest projekt techniczny w zakresie ochrony radiologicznej dostosowania / adaptacji istniejącego pomieszczenia w Zakładzie Rentgenodiagnostyki w Instytucie Psychiatrii i Neurologii w Warszawie przy ulicy Al. Wilanowska 1/9, pod kątem instalacji aparatu LightSpeed Pro³², firmy General Electric. W adaptowanym pomieszczeniu zainstalowany był tomograf komputerowy firmy Elscint (w innym ustawieniu).

Plan zabudowy uwzględniający omawiane pomieszczenie, przedstawia załącznik nr 1.

Plan usytuowania aparatu LightSpeed Pro³² w pracowni, na podstawie założeń firmy General Electric, przedstawia załącznik nr 2.

Rzut poziomy pomieszczenia, z usytuowaniem urządzenia, w rozumieniu punktów istotnych dla ochrony radiologicznej, przedstawia rysunek 1.

Projekt wykonano w oparciu o:

- Plan zabudowy, z omawianym pomieszczeniem i wcześniejszym usytuowaniem aparatu (załącznik nr 1) oraz dane budowlano - technologiczne.
- Plan usytuowania aparatu LightSpeed Pro³² w pracowni, na podstawie założeń firmy General Electric (załącznik nr 2).
- dane techniczne aparatu.
- Rozkład izodawek aparatu (załącznik nr 3),
- wizję lokalną.

Celem opracowania jest obliczenie grubości osłon stałych umożliwiających instalację i pracę wymienionego aparatu.

Do obliczeń przyjęto tomograf komputerowy LightSpeed Pro³², firmy General Electric.

2. Przepisy prawne

- a) Ustawa Prawo Atomowe z dn. 29.11.2000r. - Dz.U. Nr 31 z 2001r, poz. 18, z późniejszymi zmianami.
- b) Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i Gamma.
PN-86/J-80001 - Obliczanie osłon stałych.

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie tomografu komputerowego **LightSpeed Pro³²**

- c) Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18.01.2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego.
- d) Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 11.09.2003 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z aparatami rentgenowskimi o energii promieniowania do 300 KeV stosowanych w celach medycznych, Dz. U. Nr 173. poz. 1681.
- e) Norma DIN 6812/1994r - Medizinische Rontgenanlagen bis 300 kV.

3. Zastosowanie i dane techniczne tomografu komputerowego LightSpeed Pro³²

Tomograf komputerowy LightSpeed Pro³² jest wielofunkcyjnym, w pełni skomputeryzowanym, sterowanym mikroprocesorowo urządzeniem stosowanym w diagnostyce.

Zostanie zainstalowany w istniejącym, omawianym pomieszczeniu, zgodnie z planem usytuowania.

Jest zamontowany na podstawie zabetonowanej w stropie podłogi i składa się z następujących głównych podzespołów:

- ramienia,
- łóżka,
- konsoli,
- komputera,

Dane techniczne:

Lampa rentgenowska

- Zakres napięć lampy rentgenowskiej do 140 kV;
- Zakres prądów do 800mA (możliwy przy ograniczonym napięciu);
- Ognisko lampy: małe (0,9x0,9mm) i duże (1,2x1,2mm), zgodne z normą IEC;
- Filtracja lampy zgodna z normą IEC i DIN (2,5mm Al).

Generator

- Generator wysokiej częstotliwości o mocy wyjściowej 100 kW.
- Zakres napięć: 80, 100, 120, 140kW;
- Prąd: 10 do 800mA.

Obliczenia zostaną wykonane dla wybranych charakterystycznych punktów i będą dotyczyły promieniowania rozproszonego oraz ubocznego.

4. Opis pracowni

Zgodnie z rysunkiem 1, zagospodarowanie pomieszczeń tworzy pracownię diagnostyczną, w której możliwe będzie wykonywanie badania z zastosowaniem tomografu komputerowego.

Pracownia zawiera:

- pomieszczenie, w którym zainstalowany będzie aparat;
- pomieszczenie sterowni;
- pokój przygotowawczy;
- pokój personelu.

5. Technologia

Wykonanie badań w pracowni będzie odbywało się w sposób następujący:

- wypełnienie karty pacjenta, wprowadzenie danych pacjenta do komputera;
- przygotowanie pacjenta do badania;
- wykonywanie badania.

6. Założenia do projektu istotne z punktu widzenia ochrony radiologicznej

6.1 Dawki graniczne: przyjęte do obliczeń dawki promieniowania dla osób przebywających w pobliżu

W celu określenia wielkości osłon stałych, do obliczeń dla celów budowlanych powinny zostać przyjęte, zgodnie z wymaganiami PN-86/J-80001 - Obliczanie osłon stałych, następujące dawki graniczne:

- dawka graniczna dla osób narażonych zawodowo
20mSv/rok (0,40mSv/tydz.)
- dawka graniczna dla osób nie narażonych zawodowo
1 mSv/rok (0,02 mSv /tydz.)

Uwaga: 1 tydzień pracy dla osób nie narażonych zawodowo = 40 h'
1 tydzień pracy dla osób narażonych zawodowo = 25 h.

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie tomografu komputerowego **LightSpeed Pro³²**

Przykładowe zestawienie dawek granicznych przedstawiono w tabeli 1.

TABELA 1.

Zestawienie dawek granicznych

Źródło informacji:	Narażenie zawodowe osób:	Osoby z ludności:
Zarządzenie Prezesa PAA z dnia 18.01.2005 r.	0,4 mSv/tydz. (dawka graniczna, wyrażona jako dawka skuteczna (efektywna))	0,02 mSv/tydz. (dawka graniczna, wyrażona jako dawka skuteczna (efektywna))
Raport ICRP - 60	0,4 mSv/tydz.	0,02 mSv/tydz.
Raport NCRP - 49	1 mSv/tydz.	0,1 mSv/tydz.
Norma DIN 6847/2	Kat. A. 1 mSv/tydz. Kat. B. 0,3 mSv/tydz.	Pracownicy Zakładu: 0,1 mSv/tydz. Ludność: 0,03 mSv/tydz.

6.2 Lokalizacja

Na podstawie wizji lokalnej i dostarczonego planu architektonicznego, adaptowane pomieszczenie tomografu znajduje się w Zakładzie Rentgenodiagnostyki w Instytucie Psychiatrii i Neurologii w Warszawie przy Al. Sobieskiego 1/9. Budynek jest parterowy, bez podpiwniczenia, a pomieszczenie było przystosowane do pracy tomografu komputerowego.

Ściany adaptowanego pomieszczenia wykonane są z bloczków gazobetonowych, dosłoniętych od wewnątrz tynkiem barytowym o gr. 1,5cm, wg danych technologicznych.

Drzwi, oddzielające pomieszczenie tomografu od korytarza, posiadają wkładkę z blachy o grubości 2 mm Pb.

Wymagania instalacyjne nowego aparatu powodują konieczność przesunięcia ściany sterowni.

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie tomografu komputerowego LightSpeed Pro³²

Do opisywanego pomieszczenia przylegają:

- sterownia (osoby narażone zawodowo),
- pokój lekarski wewnątrz zakładu (osoby narażone zawodowo),
- toaleta pacjentów (osoby nie narażone zawodowo),
- korytarz wewnętrzny zakładu / poczekalnia (osoby nie narażone zawodowo),
- teren zewnętrzny – trawnik, droga wewnętrzna, budynek szpitala (osoby nie narażone zawodowo),
- pokój techniczny przy pomieszczeniu tomografu (osoby narażone zawodowo).

W dalszej odległości znajdują się:

- pomieszczenie opisów (osoby narażone zawodowo),
- budynek szpitala (osoby nie narażone zawodowo).

Rysunek numer 1 (opracowany na podstawie zał. nr 1 i 2) przedstawia usytuowanie aparatu, wymiary ścian i osłon biologicznych oraz punkty zagrożeń przyjęte do obliczeń.

6.3 Obciążenie robocze aparatu

Aparat będzie stosowany do celów diagnostycznych.

- Obciążenie robocze (tygodniowe) aparatu dla jednej zmiany

$$W = I \times t$$

gdzie:

I – natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej [mA]

t – czas działania aparatu (emisji promieniowania) w ciągu tygodnia [min]

przyjęto na poziomie $W = 20000 \text{ mA} \times \text{min} \times \text{tydz}^{-1}$ (1200000 mAs/tydz)

- napięcie na lampie $U = 120 \text{ kV}$
- filtracja zewnętrzna $g = 2,5 \text{ mm Al}$.

6.4 Ocena zagrożenia pracowników

Zgodnie z Ustawą Prawo Atomowe z dn. 29.11.2000r. - Dz.U. Nr 31 z 2001r, poz. 18, z późniejszymi zmianami, art. 9 i 12, pracownicy Zakładu Rentgenodiagnostyki są zakwalifikowani do kategorii B, co oznacza, że mogą być narażeni na dawkę skuteczną powyżej 1mSv/rok, a których ogranicznik dawki (limit użytkowy dawki) nie przekroczy 6mSv/rok.

Ocena narażenia pracowników jest prowadzona na podstawie kontrolnych pomiarów dawek indywidualnych.

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie tomografu komputerowego LightSpeed Pro³²

Zgodnie z metodyką obliczeń, zastosowaną w niniejszym projekcie, parametry osłon przed promieniowaniem jonizującym zawierają znaczny margines bezpieczeństwa poprzez:

- zrównanie dawki miejscowej z dawką pochłoniętą przez organizm dla miejsc długotrwałego przebywania,
- zrównanie dawki miejscowej dla miejsca przebywania z wartością maksymalną za osłoną,
- zryczałtowanie współczynnika przebywania,

Przeprowadzone obliczenia nie wymagają konieczności zmiany kategorii narażenia pracowników.

6.5 Ruch ludzi w obiekcie i otoczeniu

Opis lokalizacji ścian został przedstawiony w rozdziale 1, a pomieszczenia przyległe do nich przedstawione są na rys. nr 1.

Punkty istotne dla ochrony radiologicznej zostaną przeliczone w:

- o sterowni – osoby narażone zawodowo;
- o pokoju lekarskim – osoby narażone zawodowo;
- o pokoju personelu – osoby narażone zawodowo;
- o pomieszczeniu technicznym – osoby narażone zawodowo;
- o na zewnątrz – osoby nie narażone zawodowo;
- o korytarzu wewnętrznym zakładu / poczekalni – pacjenci / osoby z populacji, nie narażone zawodowo oraz pracownicy szpitala, również osoby nie narażone zawodowo.

6.6 Tereny nadzorowane

Terenami nadzorowanymi będą: pomieszczenie tomografu oraz sterownia.

7. Obliczenia osłon

Obliczenia przeprowadzono na podstawie:

- normy PN-86/J-80001 – Obliczanie osłon stałych (obliczenia osłon dla tomografu);
- normy DIN 6812/1994r: Medizinische Röntgenanlagen bis 300 kV, stosując nomenklaturę i oznaczenia normy polskiej (obliczenia dla betonu komórkowego);

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie tomografu komputerowego **LightSpeed Pro**³²

Obliczenia zostaną wykonane dla wybranych charakterystycznych punktów i będą dotyczyły promieniowania rozproszonego i ubocznego.

7.1 Wzory wyjściowe

Wzory wg PN-86/J-80001 – Obliczanie osłon stałych

Do obliczenia grubości osłon stałych przed **promieniowaniem pierwotnym X** stosuje się wzór na krotność osłabienia promieniowania (pkt 2.5.1.2 normy PN)

Krotność osłabienia „k”

$$k = \frac{D \times I \times t}{D \times l^2} \times y \quad \dots\dots\dots(1)$$

gdzie:

- D - moc dawki wg pkt 2.5.1. w odległości 1 m od ogniska lampy, przeliczona dla prądu anodowego 1 mA, [mGy × min⁻¹ × m² × mA⁻¹]
- I - nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej, [mA]
- t - czas narażenia w ciągu tygodnia osób przebywających w miejscu osłanianym, wyznaczony zgodnie z pkt 2.3, [min/tydz]
- y - współczynnik osłabienia promieniowania w ośrodku znajdującym się pomiędzy źródłem promieniowania a miejscem osłanianym zgodny z pkt 2.4.
- D - dawka tygodniowa, określona zgodnie z pkt 2.2., [mGy/tydz]
- l - najmniejsza odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy, [m].

Czas narażenia „t” [min/tydz]

$$t = T \times U \times t_0 \quad \dots\dots\dots(2)$$

gdzie:

- T - współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu zgodnie z pkt 2.3.,

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie tomografu komputerowego **LightSpeed Pro**³²

- U - współczynnik określający prawdopodobieństwo skierowania użytecznej wiązki promieniowania w kierunku osłony zgodnie z pkt 2.3.,
- t_0 - maksymalny czas pracy źródła promieniowania w ciągu tygodnia na jednej zmianie, [min/tydz]

Iloczyn natężenia prądu anodowego „I” i czasu pracy źródła „ t_0 ” definiowany jest jako obciążenie robocze „W” [mA × min × tydz⁻¹].

$$W = I \times t_0 \quad \dots\dots\dots(3)$$

Po przekształceniu wzorów (1,2 i 3) otrzymano

$$k = \frac{D \times W \times T \times U}{D \times I^2} \times y \quad \dots\dots\dots(4)$$

grubość osłon z ołowiu wyznacza się na podstawie krzywych pokazanych na rys.1,2 normy. Grubości osłon z innych materiałów przyjmuje się zgodnie z tabl. 4÷9.

Oslony przed promieniowaniem rozproszonym przez wodę lub tkankę obliczono stosując wzór na zredukowaną moc dawki pkt 2.5.2.1. normy.

Zredukowana moc dawki „ C_1 ” [mGy × h⁻¹ × m² × mA⁻¹]

$$C_1 = \frac{D \times I^2}{t \times I} \quad \dots\dots\dots(5)$$

gdzie:

- D - dawka tygodniowa określona zgodnie z 2.2., [mGy/tydz]
- I - najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego promieniowanie od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy, [m]
- I - nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej, [mA].
- t - czas narażenia w ciągu tygodnia na promieniowanie rozproszone, - wyznaczony zgodnie z pkt 2.3., [h].

Po przekształceniach wzorów (2,3 i 5) otrzymano

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie tomografu komputerowego **LightSpeed Pro³²**

$$C_1 = \frac{D \times I^2}{W \times T} \quad \dots\dots\dots(6)$$

gdzie:

W - obciążenie robocze [mA × h × tydz⁻¹]

Pozostałe oznaczenia jak poprzednio.

Grubość osłon z ołowiu wyznaczono z odpowiedniej krzywej podanej na rys.3 normy PN-86/J-80001. Grubości osłon z innych materiałów przyjęto zgodnie z tabl. 10.

W przypadku badań z zastosowaniem tomografu komputerowego uwzględnia się promieniowanie rozproszone i uboczne.

Wzory wg DIN 6812/1994r: Medizinische Rontgenanlagen bis 300 kV

Wymaganą krotność osłabienia oblicza się ze wzoru:

$$F_{x,St} = \frac{H_{x,St}}{H_W} = f_K \times f_D \times F_{1,N} \times \left(\frac{x_0}{a}\right)^2 \times \left(\frac{x_0}{x}\right)^2 \quad \dots\dots(1)$$

$$F_{1,N} = \frac{H_{0,1} \times I \times t^2 \times T}{H_W} \quad \dots\dots(2)$$

gdzie $I \times t = W$

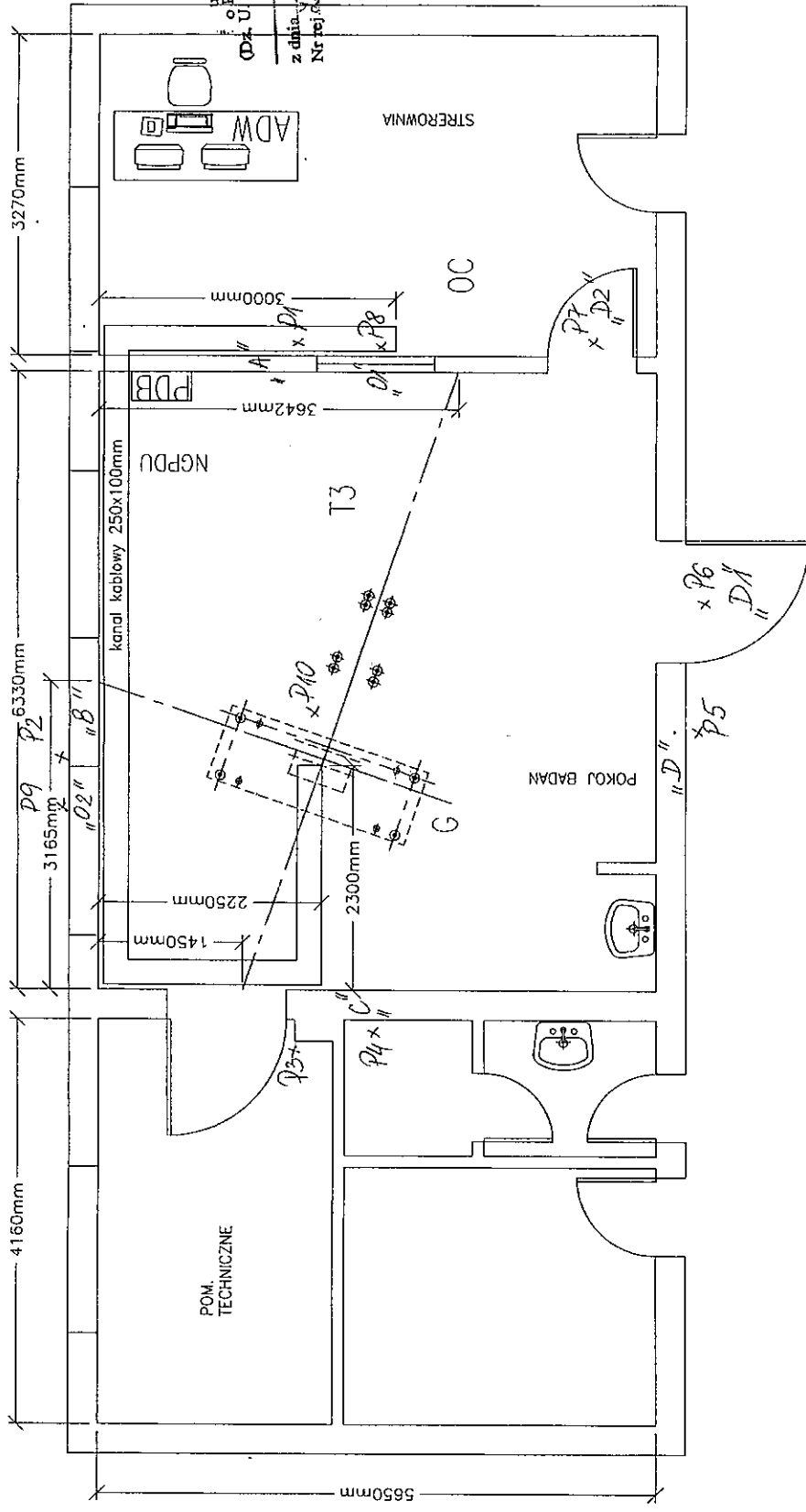
oraz;

$F_{x,St}$ - wymagana krotność osłabienia w miejscu osłanianym

$H_{x,St}$ - moc równoważnika dawki w miejscu osłanianym [mSv/tydz]

H_W - dawka tygodniowa: obliczona z podanej w przepisach dawki granicznej lub założona zgodnie z zasadą ALARA tygodniowa wartość równoważnika dawki w miejscu osłanianym [mSv/tydz]

$H_{0,1}$ - moc równoważnika dawki w wiązce głównej w odległości 1 m od ogniska



Zbadano na podstawie
 rozporządzenia z dnia 14 marca 1985 r.
 o Państwowej Inspekcji Sanitarnej
 (Dz. Urz. z 1998 r. Nr 90 poz. 575 z późn. zm.)
 z dnia 27.08.2005
 Nr rej. 15.116.1665-130/GF

z up. PAŃSTWOWEGO WCIĘWODZKIEGO
 INSPEKTORA SANITARNEGO W WARSZAWIE
 KIEROWNIK POKOJU SANITARNO-
 NAUCZONKA SANITARNEGO
 mgr inż. Malina Norkat-Nejno

P2

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie tomografu komputerowego **LightSpeed Pro³²**

	lampy rentgenowskiej dla prądu lampy o natężeniu 1 mA	[mSv/mAmin]
$F_{1,N}$	- krotność osłabienia wiązki pierwotnej promieniowania przez osłonę w odległości 1 m	
I	- natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej	[mA]
t	- czas działania aparatu w ciągu tygodnia	[min]
f_k	- współczynnik wydajności rozpraszania dla największej grubości skanu 1,0 cm	
f_D	- współczynnik udziału promieniowania ubocznego	
T	- współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu	
a	- odległość ogniska lampy od punktu rozpraszania	[m]
x_0	- odległość odniesienia równa 1 m	
x	- odległość miejsca osłanianego od punktu rozpraszania	[m]

W przypadku badań z zastosowaniem tomografu komputerowego uwzględnia się promieniowanie rozproszone i uboczne.

7.2 Obliczenia osłon w pracowni tomografu – aparat **LightSpeed³²**

Obliczenia osłon wg PN-86/J-80001 - Obliczanie osłon stałych

Pkt. P1 Ściana „A” - sterownia

Dane do obliczeń:

$$W = 20000 \text{ mA} \times \text{min} \times \text{tydz}^{-1} = 333 \text{ mA} \times h \times \text{tydz}^{-1} \quad \text{- obciążenie robocze}$$

$$T = 1 \quad \text{- wg PN-86/J-80001}$$

$$l = 4,3 \text{ m}$$

$$D = 0,4 \text{ mSv/tydz} = 0,348 \text{ mGy/tydz} = 348 \text{ } \mu\text{Gy/tydz}$$

$$C_1 = \frac{348 \times 4,3^2}{333 \times 1} = 19,3 \text{ } \mu\text{Gy} \cdot h^{-1} \cdot m^2 \cdot mA^{-1}$$

INSTYTUT PSYCHIATRII I NEUROLOGII

Zakład Rentgenodiagnostyki

02-957 Warszawa Al. Sobieskiego 1/9

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie tomografu komputerowego **LightSpeed Pro³²**

Wyznaczona z wykresu rys.3 dla $C_1 = 19,3 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}$ i napięcia na lampie 120 kV, konieczna grubość osłony wynosi 0,7 mm Pb.

Projektowaną ścianę „A” należy wykonać z uwagi na małą ilość miejsca z paneli karton - gips, zawierających wkładkę z blachy o grubości min. 1 mm Pb.

Pkt. P2 Ściana „B” - teren zewnętrzny / chodnik wewnętrzny

Dane do obliczeń:

$$W = 20000 \text{ mA}\cdot\text{min}\cdot\text{tydz}^{-1} = 333 \text{ mA}\cdot\text{h}\cdot\text{tydz}^{-1}$$

$$T = 0,25$$

$$l = 4 \text{ m}$$

$$D = 0,02 \text{ mSv/tydz} = 0,0174 \text{ mGy/tydz} = 17,4 \mu\text{Gy/tydz}$$

$$C_1 = \frac{17,4 \times 4^2}{333 \times 0,25} = 3,34 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}$$

Wyznaczona z wykresu rys.3 dla $C_1 = 3,3 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}$ i napięcia na lampie 120 kV, konieczna grubość osłony wynosi ok. 1,5 mm Pb, co jest równoważne około 14 mm tynku barytowego.

Ściana „B” wykonana jest z betonu komórkowego o grubości 48cm (odpowiednik ok. 1,6mm Pb wg DIN), pokrytego tynkiem barytowym o grubości 1,5cm.

Dla punktu P2, ściana „B” spełnia warunek osłonności.

Pkt. P2' Ściana „B” - teren zewnętrzny / w pobliżu okna

Dane do obliczeń:

$$W = 20000 \text{ mA}\cdot\text{min}\cdot\text{tydz}^{-1} = 333 \text{ mA}\cdot\text{h}\cdot\text{tydz}^{-1}$$

$$T = 0,05$$

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

$$D = 0,02 \text{ mSv/tydz} = 0,0174 \text{ mGy/tydz} = 17,4 \mu\text{Gy/tydz}$$

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie tomografu komputerowego **LightSpeed Pro³²**

$$C_1 = \frac{17,4 \times 2,6^2}{333 \times 0,05} = 7 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Wyznaczona z wykresu rys.3 dla $C_1 = 7 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$ i napięcia na lampie 120 kV, konieczna grubość osłony wynosi ok. 0,9 mm Pb, co jest równoważne około 9 mm tynku barytowego.

Ściana „B” wykonana jest z betonu komórkowego o grubości 48cm (odpowiednik ok. 1,6mm Pb wg DIN), pokrytego tynkiem barytowym o grubości 1,5cm.

Dla punktu P2', ściana „B” spełnia warunek osłonności.

Pkt. P3 Ściana „C” - pomieszczenie techniczne

Dane do obliczeń:

$$W = 20000 \text{ mA} \times \text{min} \times \text{tydz}^{-1} = 333 \text{ mA} \times \text{h} \times \text{tydz}^{-1}$$

$$T = 0,1$$

$$l = 2,7 \text{ m}$$

$$D = 0,02 \text{ mSv/tydz} = 0,0174 \text{ mGy/tydz} = 17,4 \text{ } \mu\text{Gy/tydz}$$

(zakładając, że w pomieszczeniu tym znajdzie się przypadkowo osoba nie narażona zawodowo)

$$C_1 = \frac{17,4 \times 2,7^2}{333 \times 0,1} = 3,81 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Sprawdzenie dla przypadku, gdy w pomieszczeniu technicznym przebywać będą sporadycznie pracownicy serwisu (osoby narażone zawodowo).

$$D = 0,4 \text{ mSv/tydz} = 0,384 \text{ mGy/tydz} = 384 \text{ } \mu\text{Gy/tydz}$$

$$C_1 = \frac{348 \times 2,7^2}{333 \times 0,25} = 30,5 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Wyznaczona z wykresu rys.3 dla $C_1 = 3,8 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$ i napięcia na lampie 120 kV, konieczna grubość osłony wynosi ok. 1,4mm Pb.

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie tomografu komputerowego **LightSpeed Pro**³²

Wyznaczona z wykresu rys.3 dla $C_1 = 30,5 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}$ i napięcia na lampie 120 kV, konieczna grubość osłony wynosi ok. 0,55mm Pb.

Ściana „C” wykonana jest z betonu komórkowego o grubości 30cm (odpowiednik ok. 1mm Pb wg DIN), pokrytego tynkiem barytowym o grubości 1,5cm.

Ściana „C” spełnia warunek osłonności.

Pkt. P4 Ściana „C” - Toaleta

Dane do obliczeń:

$$W = 20000 \text{ mA}\cdot\text{min}\cdot\text{tydz}^{-1} = 333 \text{ mA}\cdot\text{h}\cdot\text{tydz}^{-1}$$

$$T = 0,1$$

$$l = 2,7 \text{ m}$$

$$D = 0,02 \text{ mSv/tydz} = 0,0174 \text{ mGy/tydz} = 17,4 \mu\text{Gy/tydz}$$

$$C_1 = \frac{17,4 \times 2,7^2}{333 \times 0,1} = 3,81 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}$$

Wyznaczona z wykresu rys.3 dla $C_1 = 3,8 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}$ i napięcia na lampie 120 kV, konieczna grubość osłony wynosi ok. 1,4 mm Pb.

Ściana „C” wykonana jest z betonu komórkowego o grubości 30cm (odpowiednik ok. 1mm Pb wg DIN), pokrytego tynkiem barytowym o grubości 1,5cm.

Ściana „C” spełnia warunek osłonności.

Pkt. P5 Ściana „D” - Korytarz wewnętrzny Zakładu / poczekalnia

Dane do obliczeń:

$$W = 20000 \text{ mA}\cdot\text{min}\cdot\text{tydz}^{-1} = 333 \text{ mA}\cdot\text{h}\cdot\text{tydz}^{-1}$$

$$T = 0,25$$

$$l = 3,8 \text{ m}$$

$$D = 0,02 \text{ mSv/tydz} = 0,0174 \text{ mGy/tydz} = 17,4 \mu\text{Gy/tydz}$$

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie tomografu komputerowego **LightSpeed Pro**³²

$$C_1 = \frac{17,4 \times 3,8^2}{333 \times 0,25} = 3,02 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Wyznaczona z wykresu rys.3 dla $C_1 = 3 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$ i napięcia na lampie 120 kV, konieczna grubość osłony wynosi ok. 1,5 mm Pb.

Ściana „D” wykonana jest z betonu komórkowego o grubości 30cm (odpowiednik ok. 1mm Pb wg DIN), pokrytego tynkiem barytowym o grubości 1,5cm.

Ściana „D” spełnia warunek osłonności.

Pkt. P6 Drzwi „D1” Korytarz wewnętrzny Zakładu / poczekalnia

Dane do obliczeń:

$$W = 20000 \text{ mA} \times \text{min} \times \text{tydz}^{-1} = 333 \text{ mA} \times \text{h} \times \text{tydz}^{-1}$$

$$T = 0,25$$

$$l = 3,9 \text{ m}$$

$$D = 0,02 \text{ mSv/tydz} = 0,0174 \text{ mGy/tydz} = 17,4 \text{ } \mu\text{Gy/tydz}$$

$$C_1 = \frac{17,4 \times 3,9^2}{333 \times 0,25} = 3,18 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Wyznaczona z wykresu rys.3 dla $C_1 = 3 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$ i napięcia na lampie 120 kV, konieczna grubość osłony wynosi ok. 1,5 mm Pb.

Drzwi „D1” posiadają wkładkę z blachy o grubości 2 mm Pb.

Drzwi „D1” spełniają warunek osłonności.

Pkt. P7 Drzwi „D2” sterowni

Dane do obliczeń:

$$W = 20000 \text{ mA} \times \text{min} \times \text{tydz}^{-1} = 333 \text{ mA} \times \text{h} \times \text{tydz}^{-1}$$

$$T = 1$$

$$l = 4,9 \text{ m}$$

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie tomografu komputerowego **LightSpeed Pro³²**

$$D = 0,4 \text{ mSv/tydz} = 0,348 \text{ mGy/tydz} = 348 \text{ }\mu\text{Gy/tydz}$$

$$C_1 = \frac{348 \times 4,9^2}{333 \times 1} = 25,9 \text{ }\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}$$

Wyznaczona z wykresu rys.3 dla $C_1 = 25,9 \text{ }\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}$ i napięcia na lampie 120 kV, konieczna grubość osłony wynosi ok. 0,6 mm Pb,.

Drzwi „D2” powinny posiadać wkładkę z blachy o grubości 1 mm Pb.

Pkt. P8 Sterownia okno „O1”

Dane do obliczeń:

$$W = 20000 \text{ mA}\cdot\text{min}\cdot\text{tydz}^{-1} = 333 \text{ mA}\cdot\text{h}\cdot\text{tydz}^{-1}$$

$$T = 1$$

$$l = 4,3 \text{ m}$$

$$D = 0,4 \text{ mSv/tydz} = 0,384 \text{ mGy/tydz} = 384 \text{ }\mu\text{Gy/tydz}$$

$$C_1 = \frac{384 \times 4,3^2}{333 \times 1} = 19,3 \text{ }\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}$$

Wyznaczona z wykresu rys.3 dla $C_1 = 19,3 \text{ }\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}$ i napięcia na lampie 120 kV, konieczna grubość osłony wynosi 0,7 mm Pb.

Projektowane okno „O1” powinno być wykonane jest ze szkła ołowiowego o równoważniku min. 1 mm Pb.

Pkt. P9 Okno „O2” (ze szkła zwykłego)

teren zewnętrzny / chodnik wewnętrzny

Dane do obliczeń:

$$W = 20000 \text{ mA}\cdot\text{min}\cdot\text{tydz}^{-1} = 333 \text{ mA}\cdot\text{h}\cdot\text{tydz}^{-1}$$

$$T = 0,25$$

$$l = 4 \text{ m}$$

$$D = 0,02 \text{ mSv/tydz} = 0,0174 \text{ mGy/tydz} = 17,4 \text{ }\mu\text{Gy/tydz}$$

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie tomografu komputerowego **LightSpeed Pro³²**

$$C_1 = \frac{17,4 \times 4^2}{333 \times 0,25} = 3,34 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Wyznaczona z wykresu rys.3 dla $C_1 = 3,3 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$ i napięcia na lampie 120 kV, konieczna grubość osłony wynosi ok. 1,5 mm Pb.

Podczas uruchamiania aparatu wykonać pomiary dozymetryczne.
W istniejących oknach wstawić przesłonę stałą o wymaganym ekwiwalencie Pb na podstawie pomiarów dozymetrycznych.

Pkt. P10 Ściana „E” strop sufitu

Dane do obliczeń:

$$W = 20000 \text{ mA} \times \text{min} \times \text{tydz}^{-1} = 333 \text{ mA} \times \text{h} \times \text{tydz}^{-1}$$

$$T = 0,1$$

$$l = 2,2 \text{ m}$$

$$D = 0,02 \text{ mSv/tydz} = 0,0174 \text{ mGy/tydz} = 17,4 \text{ } \mu\text{Gy/tydz}$$

$$C_1 = \frac{17,4 \times 2,2^2}{333 \times 0,1} = 2,53 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Wyznaczona z wykresu rys.3 dla $C_1 = 2,5 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$ i napięcia na lampie 120 kV, konieczna grubość osłony wynosi 1,3 mm Pb.

Strop sufitu wykonany jako żelbetowy, pokryty 1,5cm tynku barytowego.

Strop sufitu spełnia warunek osłonności.

Sprawdzenie wybranych punktów na promieniowanie uboczne

Ponieważ producent tomografu nie podaje wartości promieniowania ubocznego, do obliczeń przyjęto graniczną moc dawki promieniowania podaną w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 11 września 2003 r.

Przyjęta moc dawki promieniowania wynosi: $D_u^* = 1,0 \text{ mGy/h}$

Obliczenia przeprowadzono według punktu 2.5.4 normy PN-86/J-80001

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie tomografu komputerowego **LightSpeed Pro**³²

Tygodniowa dawka promieniowanie ubocznego:

$$D_u = D_u^* \times t \quad \dots\dots\dots(7)$$

gdzie:

D^* - moc dawki promieniowania ubocznego określona zgodnie z 2.5.4.1.,
[mGy/h]

t - czas narażenia w ciągu tygodnia na promieniowanie uboczne,
- wyznaczony zgodnie z pkt 2.3., [h].

Dla obciążenia roboczego $W = 20000 \text{ mAmin/tydz}$ (1200000 mAs/tydz) i średniego natężenia prądu $I = 200 \text{ mA}$, czas narażenia wynosi:

$$t = \frac{W}{I} = \frac{1,2 \times 10^6}{200} = 6 \times 10^3 \text{ s / tydz} \approx 1,7 \text{ h / tydz}$$

Dawka tygodniowa promieniowania ubocznego w odległości 1 m od źródła

$$D_u = 1,0 \times 1,7 = 1,7 \text{ mGy / tydz}$$

Sprawdzenie punktu P1

Dla ściany „A” wykonanej z paneli z wkładką z blachy ołowianej o grubości 1 mm Pb i napięcia na lampie 120 kV, krotność osłabienia wyznaczona z rys 1 PN wynosi $k = 3,5 \times 10^2$

Dawka tygodniowa od promieniowania ubocznego w punkcie P1 wynosi:

$$D_u' = \frac{D_u}{k \times l^2} = \frac{1,7}{3,5 \times 10^2 \times 4,3^2} = 2,6 \times 10^{-4} \text{ mGy / tydz}$$

Stosunek dawki tygodniowej promieniowania ubocznego w miejscu osłanianym do limitu użytkowego dawki wyrażony w procentach wynosi:

$$\frac{D_u'}{D} \times 100 = \frac{2,6 \times 10^{-4}}{0,348} \times 100 = 7,47 \times 10^{-2} \%$$

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie tomografu komputerowego **LightSpeed Pro³²**

Zgodnie z polską normą PN-86/J-80001 dla stosunku dawek poniżej 10% grubość osłony uważa się za wystarczającą.

8. Wymagania branżowe

8.1 Ściany i stropy

Ściana „A”: Projektowaną ścianę „A” należy wykonać z uwagi na małą ilość miejsca z paneli karton - gips, zawierających wkładkę z blachy o grubości min. 1 mm Pb.

Rozbiórka starej (istniejącej) ściany „A” powinna odbywać się z zachowaniem szczególnej uwagi, aby nie uszkodzić istniejącego tynku barytowego

Ściana „B”: wykonana z betonu komórkowego o grubości 48cm, pokrytego tynkiem barytowym o grubości 1,5cm spełnia wymagania ochrony radiologicznej.

Ściana „C”: wykonana z betonu komórkowego o grubości 30cm, pokrytego tynkiem barytowym o grubości 1,5cm spełnia wymagania ochrony radiologicznej.

Ściana „D”: wykonana z betonu komórkowego o grubości 30cm, pokrytego tynkiem barytowym o grubości 1,5cm spełnia wymagania ochrony radiologicznej.

Strop „E”: wykonany z betonu zwykłego (gęstość 2,3 g/cm³), pokrytego tynkiem barytowym o grubości 1,5cm spełnia wymagania ochrony radiologicznej.

8.2 Drzwi i okna rtg

Drzwi („D₁”) Punkt P6: spełniają wymagania ochrony radiologicznej.

Drzwi („D₁”) Punkt P7: wymagana wkładka z blachy o grubości min.1 mm Pb.

Okno („O₁”) Punkt P8: szyba ołowiowa o równoważniku ołowiu równym min.1 mm

Okno („O₂”) Punkt P9: szyba zwykła.

Podczas uruchamiania aparatu wykonać pomiary dozymetryczne. W istniejących oknach wstawić przesłonę stałą o wymaganym ekwiwalencie Pb na podstawie pomiarów dozymetrycznych.

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie tomografu komputerowego **LightSpeed Pro**³²

8.3 Wentylacja

Według obowiązujących przepisów, diagnostyczna pracownia rentgenowska powinna mieć zainstalowaną mechaniczną wentylację nawiewno-wyciągową, zapewniającą co najmniej 4 wymiany powietrza na godzinę.

8.4 Instalacja wodno-kanalizacyjna

W pomieszczeniu przewiduje się pozostawienie umywalki. Prowadzenie przewodów nie powinno wpływać na warunki osłoności.

8.5 Opis systemu ochrony przeciw - pożarowej

Sposób wykonania i dobór materiałów są podyktowane ochroną przed promieniowaniem jonizującym, a nie z racji występującego zagrożenia ogniowego. Ściany i strop adaptowanego pomieszczenia są wykonane z betonu komórkowego o grubości 30cm, pokrytego tynkiem barytowym o grubości 1,5cm. Drzwi będą zawierały osłonę z ołowiu (blachę) o grubościach odpowiednio 2 i min. 1mmPb.

8.6 System sygnalizacyjno-ostrzegawczy

Nad drzwiami powinien być zainstalowany system sygnalizacyjno-ostrzegawczy, zabraniający wstępu w czasie wykonywania badań.

Wymagane jest:

- zainstalowanie nad drzwiami świecącej sygnalizacji w czasie pracy urządzenia,
- umieszczenie na drzwiach wejściowych do pracowni znaku koniczynki.

8.7 Wyposażenie pracowni dla potrzeb ochrony radiologicznej

W pracowni powinny znajdować się:

- komplet osłon będących wyposażeniem aparatu i fartuch ochronny,
- instrukcja pracy ze źródłami promieniowania jonizującego,
- plan sytuacyjny pracowni rtg,
- dokumentacja techniczno – ruchowa urządzenia,
- protokoły pokontrolne PWIS,

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie tomografu komputerowego **LightSpeed Pro**³²

- ewidencja osób zatrudnionych w pracowni rtg, dawek otrzymanych przez pracowników, terminów badań specjalistycznych personelu.

8.8 Bezpieczna eksploatacja

Tylko odpowiednio przeszkolony personel może obsługiwać urządzenie, zgodnie z instrukcją obsługi.

8.9 Przekazanie pracowni do eksploatacji

Warunkiem przekazania pracowni do eksploatacji, jest wykonanie prac budowlanych i instalacyjnych zgodnie z zaleceniami f-my General Electric i niniejszym „Projektem technicznym ochrony radiologicznej”, zaopiniowanym przez Stację Sanitarno Epidemiologiczną w Warszawie.

Odbioru pracowni dokonuje Stacja Sanitarno Epidemiologiczna w Warszawie.

9. Bibliografia

- 1) Gostkowska B. Wielkości, jednostki i obliczenia stosowane w ochronie radiologicznej, CLOR 1991.
- 2) Hrynkiewicz A. Dawki i działanie biologiczne promieniowania jonizującego – PAA, Instytut Fizyki Jądrowej, Warszawa – Kraków, 1993r.