

PRACOWNIA PROJEKTOWA  
**\*MASTER\***  
*inż. B. Wierchołowski*  
10-603 Olsztyn, ul. Metalowa 4, p. 307  
☎ 533-49-07; NIP 739-000-92-99

**OBLICZENIA OSŁON STAŁYCH  
PRZED PROMIENIOWANIEM**

**GABINET MAMMOGRAFICZNY**

***WOJEWÓDZKI SZPITAL SPECJALISTYCZNY  
W OLSZTYNIE***

***10-561 Olsztyn, ul. Żołnierska 18***

*mgr inż. Bogumił Wierchołowski*  
upr. bud. nr 282/87/OL  
§ 2 ust. 1 pkt 1, § 7 ust. 1, § 6 ust. 3, § 7, § 13 ust. 1 pkt 2  
(Dz. U. nr 8 z 1975r. poz. 46)



Praca wykonana pod kierunkiem:  
inż. Bogumiła Wierchołowskiego

*kwiecień 2008 r.*

## Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest wykonanie obliczeń osłon stałych przed promieniowaniem X emitowanym w czasie pracy aparatu do zdjęć mammograficznych MAMMOMAT 3000 Nova firmy Siemens zainstalowanego w Gabinet Mammograficznym Wojewódzkiego Szpitala Zespołonego w Olsztynie przy ul. Żołnierska 18.

Gabinet Mammograficzny zlokalizowany jest w pomieszczeniu wchodzącym w skład Pracowni Rentgenowskiej - na II piętrze Wojewódzkiego Szpitala Zespołonego.

Obliczenia osłon stałych wykonano w oparciu o następujące przepisy:

- Ustawa z dnia 29 listopada 2000r. Prawo Atomowe (Dz. U. Nr 42 z 2007, tekst jednolity)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 listopada 2002 w sprawie wymagań dotyczących dawek indywidualnych (Dz. U. Nr 207 poz 1753)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. Nr 20 poz 168)
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 25 sierpnia 2005 r w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznych (Dz.U. Nr.194, poz 1625)
- Polska Norma PN-86/J-80001
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21-08-2006 r w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. Nr 180, poz 1325).

W sąsiedztwie gabinetu, w którym usytuowany jest mammograf znajdują się:

- Ściana zewnętrzna budynku z oknem
- Ściana zewnętrzna budynku z 2 oknami
- Ściana oddzielająca gabinet od poczekalni/ korytarza
- Ściana oddzielająca gabinet od ciemni mammograficznej
- Ściana oddzielająca gabinet od sąsiedniego gabinetu z aparatem rtg
- Strop podłogowy oddziela gabinet od sali chorych
- Strop sufitowy oddziela gabinet od sali chorych

Powierzchnia pracowni w której znajduje się aparat mammograficzny – 13,5 m<sup>2</sup>  
Wysokość gabinetu – 3,0 m

## Założenia do obliczeń

Numerację obliczanych osłon przyjęto zgodnie z dołączonym szkicem sytuacyjnym gabinetu:

**Ściana 1** - ściana zewnętrzna budynku nie wymaga obliczeń (II piętro)

**Ściana 2** - ściana zewnętrzna budynku nie wymaga obliczeń (II piętro)

**Ściana 3-** ściana oddzielająca gabinet od poczekalni. Zbudowana z cegły dziurawki o grubości 6,5 cm i 12 cm i gęstości 1,4 g/cm<sup>3</sup>. Zgodnie z normą PN 86/J-80001, tabelą nr 9 i 7 ściana ta stanowi równoważnik 0,5 mm Pb dla 35 kV. W ścianie tej znajdują się drzwi.

**Ściana 4** - ściana wewnętrzna o grubości 12 cm, zbudowana z cegły dziurawki o gęstości 1,4 g/cm<sup>3</sup>. Zgodnie z normą PN 86/J-80001, tabelą nr 9 i 7 ściana ta stanowi równoważnik ok.0,3 mm Pb dla 35 kV. W ścianie znajdują się drzwi.

**Ściana 5** ściana wewnętrzna o grubości 12 cm, zbudowana z cegły dziurawki o gęstości 1,4 g/cm<sup>3</sup>. Zgodnie z normą PN 86/J-80001, tabelą nr 9 i 7 ściana ta stanowi równoważnik ok.0,3 mm Pb dla 35 kV. Od strony gabinetu rtg do zdjęć kostnych ściana jest wyłożona panelami ochronnymi o równoważniku 1,5 mm Pb.

**Strop sufitowy** –wykonany z płyty żelbetonowej o grubości 10 cm i gęstości 2,3 g/cm<sup>3</sup>. Zgodnie z normą PN 86/J-80001, tabelą nr 7 strop stanowi równoważnik ok.1,0 mm Pb dla 35 kV

**Strop podłogowy** - wykonany z płyty żelbetonowej o grubości 10 cm i gęstości 2,3 g/cm<sup>3</sup>. Zgodnie z normą PN 86/J-80001, tabelą nr 7 strop stanowi równoważnik ok.1,0 mm Pb dla 35 kV

**Miejsce ekspozycji** – osłona fabryczna wykonana ze szkła o równoważniku 0,3 mm Pb

## WZORY DO OBLICZEŃ

Obliczenia osłon stałych wykonano w oparciu o normę PN-86/J-80001. Wymagana grubość osłon określono na podstawie zawartych w w/w normie tabel i wykresów posługując się przytoczonymi niżej wzorami:

### ***KROTNOŚĆ OSŁABIENIA PROMIENIOWANIA PIERWOTNEGO PRZEZ OSŁONĘ:***

$$k = \frac{D^* \cdot I \cdot t}{D \cdot l^2} \cdot Y$$

gdzie:

**D\*** - moc dawki w odległości l [m] od ogniska lampy przeliczona dla prądu Anodowego I [mA], cGy x min<sup>-1</sup> x m<sup>2</sup> x mA<sup>-1</sup>

**I** – nominalne natężenie prądu anodowego lampy rtg [mA]

**t** – czas narażenia w ciągu tygodnia osób przebywających w miejscu osłanianym [m]  $t = T \times U \times t_0$

**T** – współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu

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

**t<sub>0</sub>** – maksymalny tygodniowy czas pracy źródła promieniowania [min]

**D** – przyjęta dawka tygodniowa [cGy]

**l** – najmniejsza odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy [m]

**Y** – współczynnik osłabienia w ośrodku

**OSŁONY PRZD PROMIENIOWANIEM ROZPROSZONYM PRZEZ WODĘ I TKANKĘ  
(BEZ UWZGLĘDNIENIA PROMIENIOWANIA UBOCZNEGO)**

$$C_1 = \frac{D * l^2}{t * I} \quad [ \text{cGy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1} ]$$

gdzie:

**l** – najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego promieniowanie od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy [m]

**t** – czas narażenia w ciągu tygodnia na promieniowanie rozpraszające [h]

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

**D** – dawka tygodniowa [cGy]

**I** – nominalne natężenie prądu lampy [mA]

## **OBLICZENIA.**

**Parametry techniczne aparatu Mammomat 3000 Nova firmy Siemens:**

- Napięcie znamionowe - 40 kV
- Prąd anodowy - -150 mA dla 25 kV (anoda molibdenowa)  
i 188 mA dla 25 kV (anoda wolframowa)
- Czas trwania ekspozycji:  
od 10 ms -4s dla dużego ogniska i od 10 ms -7 s dla małego ogniska (praca automatyczna)  
od 13 ms -4s dla dużego ogniska i od 70 ms -7 s dla małego ogniska (praca manualna)
- Filtracja własna - 1 mm Be
- Ognisko duże/ małe - 0,3/0,1 mm
- Przewidywana ilość pacjentek - 50/dziennie

Pozostałe parametry techniczne zostały dołączone w specyfikacji technicznej aparatu

Do obliczeń przyjęto następujące parametry:

- Napięcie na lampie 35 kV
- Prąd anodowy 188 mA
- Czas trwania ekspozycji: 4s
- Filtracja 1 mm Be (0,68 mm Al.)
- Przewidywana ilość pacjentek 250/tydzień
- $D' = 0,73 \text{ cGy} \times \text{min}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$
- $Y = 1$
- $t_0 = 50 \text{ eksp} \times 4 \text{ s} \times 5 \text{ dni} = 1000[\text{s}/\text{tydz}] = 16,7[\text{min.}/\text{tydz}] = 0,28 [\text{h}/\text{tydz}]$

### Ściana 1

Ściana 1 nie wymaga obliczeń.

### Ściana 2

Ściana 2 nie wymaga obliczeń

### Ściana 3

Na ścianę 3 pada promieniowanie pierwotne

..

a) Za ścianą znajduje się poczekalnia/ korytarz

**Krotność osłabienia promieniowania pierwotnego wynosi:**

$$I = 188[\text{mA}]$$

$$t_0 = 16,7[\text{min/tydz}]$$

$$U = 1$$

$$T = 0,25$$

$$l = 4,0 [\text{m}]$$

$$t = 1 \times 0,25 \times 16,7/4 [\text{min./tydz}] = 1 [\text{min./tydz}]$$

$$D^* = 0,73 [\text{cGy} \times \text{min}^{-1} \times \text{mA}^{-1}]$$

$$D = 0,001 [\text{cGy/tydz}]$$

$$Y = 1$$

$$k = \frac{0,73 \times 188 \times 1}{0,001 \times 4^2} \times 1 \cong 8577$$

Wymagana grubość osłony z ołowiu odczytana z wykresu nr 1 normy wynosi **0,25 mm**

b) Drzwi w ścianie 3

**Zredukowana moc dawki wynosi :**

$$D = 10 [\mu\text{Gy/tydz}]$$

$$t_0 = 0,28 \text{ h/tydz.}]$$

$$I = 188 [\text{mA}]$$

$$U = 0,25$$

$$T = 0,25$$

$$t = 0,28 \times 0,25 \times 0,25 = 0,0175[\text{h/tyd.}]$$

$$l = 3,5 [\text{m}]$$

$$C_1 = \frac{10 \times 3,5^2}{0,0175 \times 188} = 37$$

Wymagana grubość osłony z ołowiu odczytana z wykresu nr 3 normy wynosi **0,1 mm**

c) Stanowisko osoby wykonującej ekspozycję – wiązka pierwotna promieniowania

**Krotność osłabienia promieniowania pierwotnego wynosi:**

$$\begin{aligned} I &= 188[\text{mA}] \\ t_0 &= 16,7[\text{min/tydz}] \\ U &= 1 \\ T &= 1 \\ l &= 2,5 \text{ m} \\ t &= 1 \times 1 \times 16,7/4[\text{min./tydz}] = 4,2[\text{min./tydz}] \\ D^* &= 0,73 [\text{cGy} \times \text{min}^{-1} \times \text{mA}^{-1}] \\ D &= 0,0104 [\text{cGy/tydz}] \\ Y &= 1 \end{aligned}$$

$$k = \frac{0,73 \times 188 \times 4,2}{0,0104 \times 2,5^2} \times 1 \cong 8869$$

Wymagana grubość osłony z ołowiu odczytana z wykresu nr 1 normy wynosi **0,25 mm**

d) Stanowisko osoby wykonującej ekspozycję – promieniowanie rozproszone

**Zredukowana moc dawki wynosi :**

$$\begin{aligned} D &= 104 [\mu\text{Gy/tydz}] \\ t_0 &= 0,28 \text{ h/tydz} \\ I &= 188 [\text{mA}] \\ U &= 0,25 \\ T &= 1 \\ t &= 0,28 \times 0,25 \times 1 = 0,07 [\text{h/tydz}] \\ l &= 2,0 [\text{m}] \end{aligned}$$

$$C_1 = \frac{104 \times 2^2}{0,07 \times 188} = 32$$

Wymagana grubość osłony z ołowiu odczytana z wykresu nr 3 normy wynosi **0,1 mm**

## Ściana 4

Na ścianę 4 pada promieniowanie rozproszone od pacjenta  
Za ścianą znajduje się pomieszczenie ciemni.

**Zredukowana moc dawki wynosi :**

$$D = 104 [\mu\text{Gy/tydz}]$$

$$t_0 = 0,28 \text{ h/tydz}$$

$$I = 188 [\text{mA}]$$

$$U = 0,25$$

$$T = 1$$

$$t = 0,28 \times 0,25 \times 1 = 0,07 \text{ [h/tydz]}$$

$$l = 1,0 \text{ [m]}$$

$$C_1 = \frac{104 \times 1^2}{0,07 \times 188} = 8$$

Wymagana grubość osłony z ołowiu odczytana z wykresu nr 3 normy wynosi **0,1 mm.**

## Ściana 5

Na ścianę 5 pada promieniowanie rozproszone od pacjenta  
Za ścianą znajduje się gabinet rtg.

**Zredukowana moc dawki wynosi :**

$$D = 10 [\mu\text{Gy/tydz}]$$

$$t_0 = 0,28 \text{ h/tydz}$$

$$I = 188 [\text{mA}]$$

$$U = 0,25$$

$$T = 1$$

$$t = 0,28 \times 0,25 \times 1 = 0,07 \text{ [h/tydz]}$$

$$l = 2,5 \text{ [m]}$$

$$C_1 = \frac{10 \times 2,5^2}{0,07 \times 188} = 5$$

Wymagana grubość osłony z ołowiu odczytana z wykresu nr 3 normy wynosi **0,1 mm.**

## 6. Strop sufitowy

Na strop pada promieniowanie rozproszone od pacjenta.  
Nad gabinetem są sale chorych

**Zredukowana moc dawki wynosi :**

$$D = 10 [\mu\text{Gy/tydz}]$$

$$t_0 = 0,28 \text{ h/tydz}$$

$$I = 188 [\text{mA}]$$

$$U = 0,25$$

$$T = 1$$

$$t = 0,28 \times 0,25 \times 1 = 0,07 [\text{h/tydz}]$$

$$l = 1,7 [\text{m}]$$

$$C_1 = \frac{10 \times 1,7^2}{0,07 \times 188} = 2$$

Wymagana grubość osłony z ołowiu odczytana z wykresu nr 3 normy wynosi **0,1 mm**.

## 7. Strop podłogowy

Na strop pada promieniowanie wiązki pierwotnej

**Krotność osłabienia promieniowania pierwotnego wynosi:**

$$I = 188 [\text{mA}]$$

$$t_0 = 16,7 [\text{min/tydz}]$$

$$U = 1$$

$$T = 1$$

$$l = 1,3 \text{ m}$$

$$t = 1 \times 1 \times 16,7/4 [\text{min./tydz}] = 16,7 [\text{min./tydz}]$$

$$D^* = 0,73 [\text{cGy} \times \text{min}^{-1} \times \text{mA}^{-1}]$$

$$D = 0,001 [\text{cGy/tydz}]$$

$$Y = 1$$

$$k = \frac{0,73 \times 188 \times 16,7}{0,001 \times 1,3^2} \times 1 \cong 1356$$

Wymagana grubość osłony z ołowiu odczytana z wykresu nr 1 normy wynosi **0,2 mm**



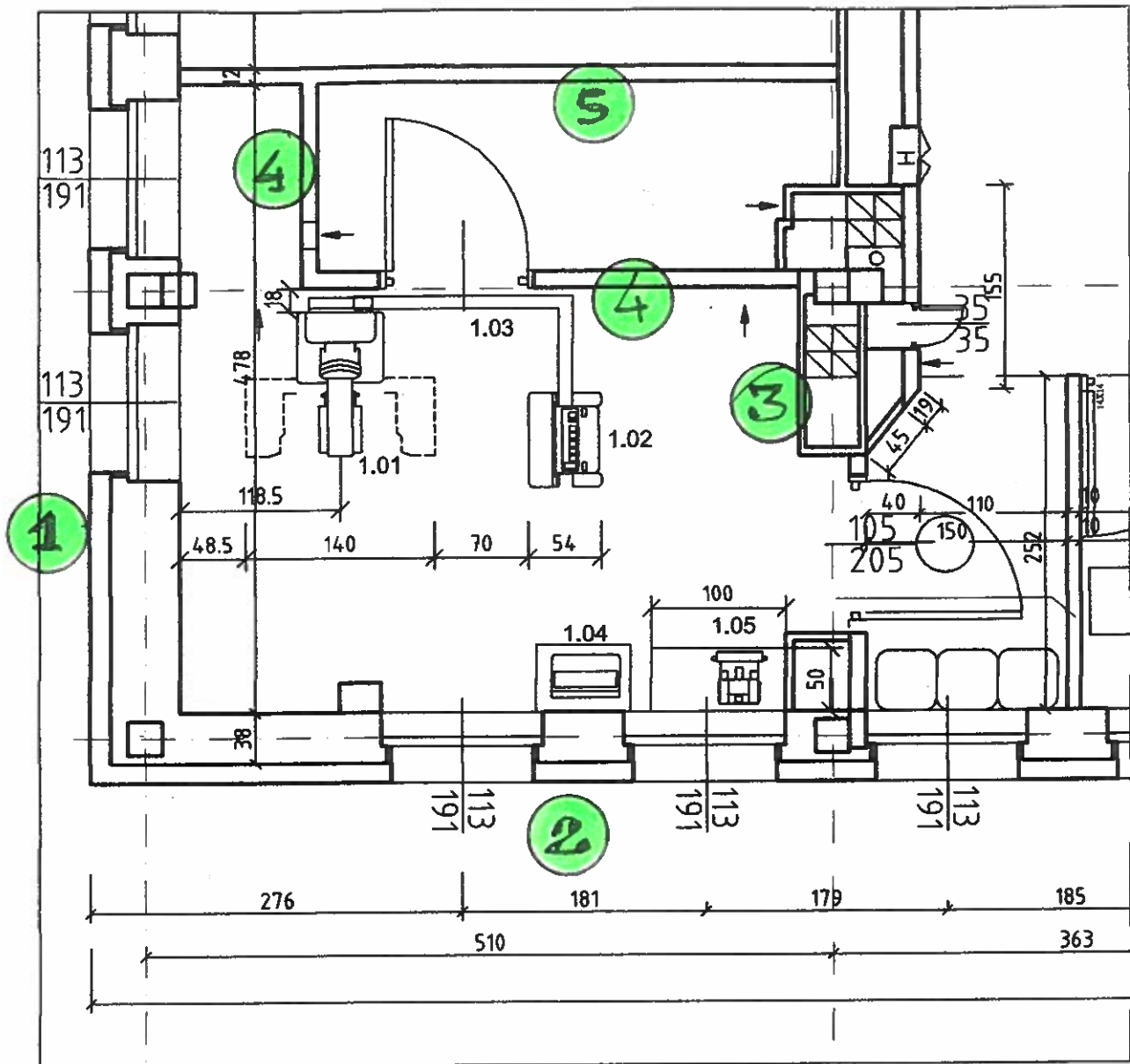
## ZESTAWIENIE OSŁON

Rodzaj osłony	Materiał z którego wykonana jest osłona	Grubość osłony [mm]	Równoważnik materiału [mmPb] (osłona istniejąca)	Równoważnik osłony – obliczony [mmPb]	UWAGI
Ściana 1	Ściana zewnętrzna na wysokości II piętra nie wymaga obliczeń				
Ściana 2	Ściana zewnętrzna na wysokości II piętra nie wymaga obliczeń				
Ściana 3	Cegła dziurawka o gęstości 1,4 g/cm <sup>3</sup>	120 + 65	0,5	0,25	. Osłona spełnia wymagania
Drzwi w ścianie 3	-	-	-	0,1	Nie wymagają osłony ze względu na usytuowanie za fabrycznym parawanem o równoważniku 0,3 mm Pb usytuowanym przy generatorze
Ściana 4	Cegła dziurawka o gęstości 1,4 g/cm <sup>3</sup>	120	0,3	0,1	Osłona spełnia wymagania
Drzwi w ścianie 4	-	-	-	-	Drzwi należy zabezpieczyć materiałem ochronnym o równoważniku minimum 0,1 mm Pb lub przestrzec organizację pracy polegającej na jednoosobowej obsłudze aparatu i ciemni
Ściana 5	Cegła dziurawka o gęstości 1,4 g/cm <sup>3</sup>	120+ panel o równoważniku 1,5 mm Pb	1,8	0,1	Osłona spełnia wymagania
Miejsce wykonywania ekspozycji	Osłona fabryczna przy generatorze szkło ołowiane	0,3mm Pb	0,3	0,25	Osłona spełnia wymagania
Strop sufitowy	Żelbeton o gęstości 2,3 g/cm <sup>3</sup>	100	1,0	0,1	Osłona spełnia wymagania
Strop podłogowy	Żelbeton o gęstości 2,3 g/cm <sup>3</sup>	100	1,0	0,2	Osłona spełnia wymagania

### Uwagi:

- 1). W Gabinetcie mammograficznym należy zapewnić 1,5 krotną wymianę powietrza w ciągu godziny.
- 2). W ciemni mammograficznej należy zapewnić wentylację mechaniczną o co najmniej 3 krotnej wymianie powietrza.
- 3). Nad drzwiami wejściowymi do Gabinetu należy zainstalować sygnalizację świetlną ostrzegawczą włączaną równocześnie z zasilaniem generatora.

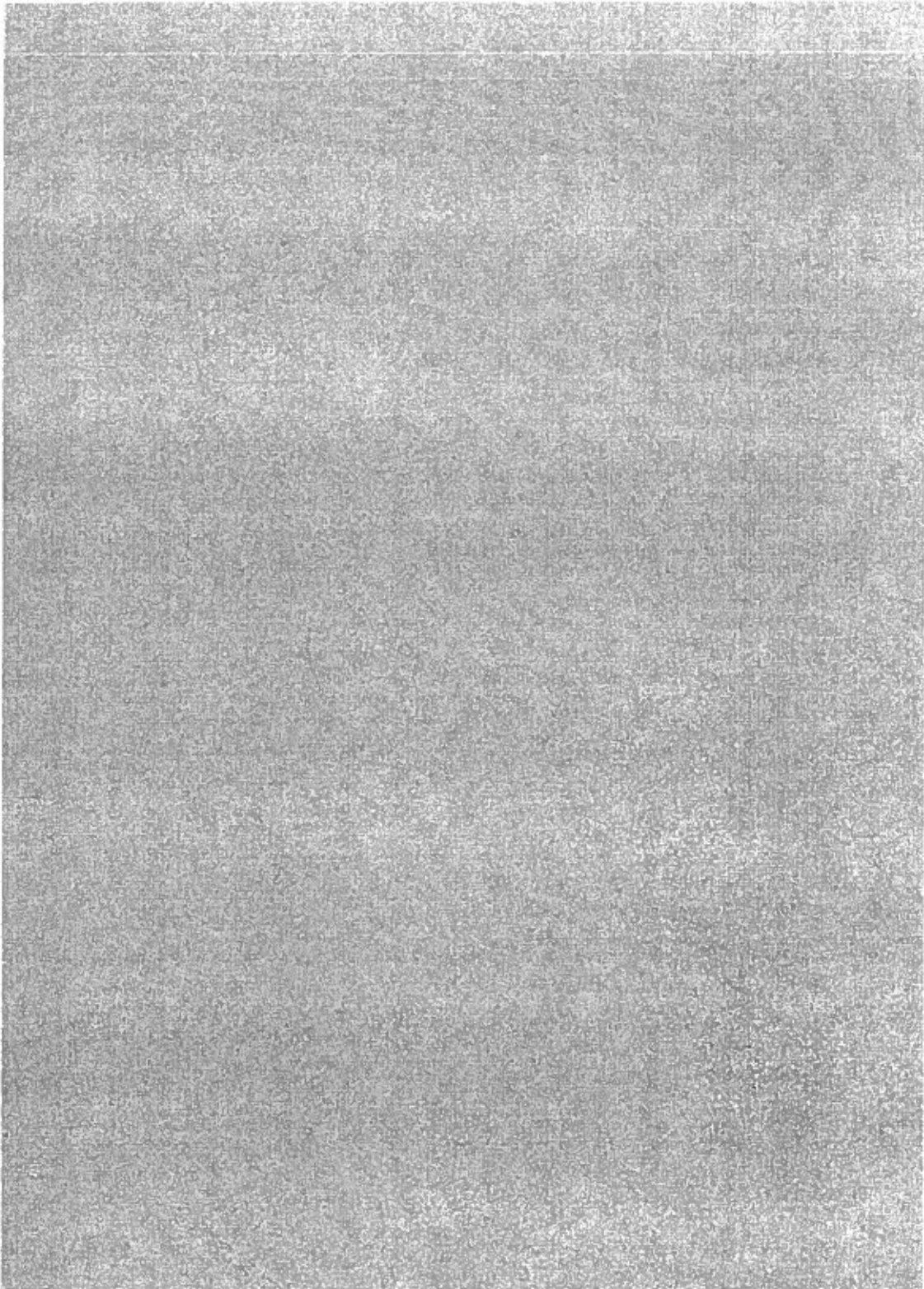
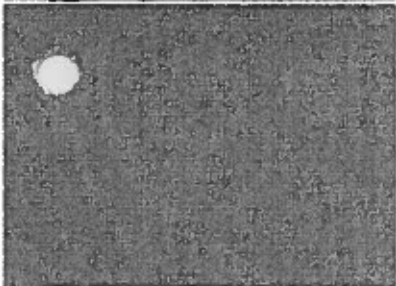
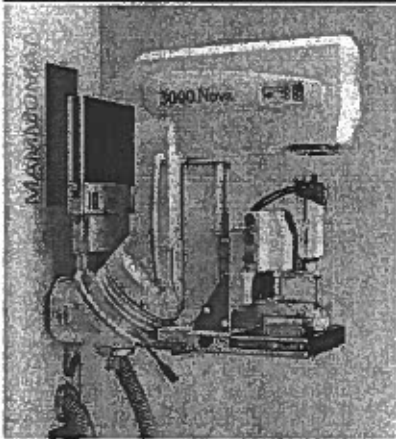
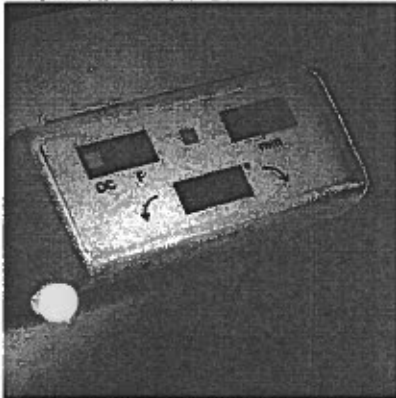
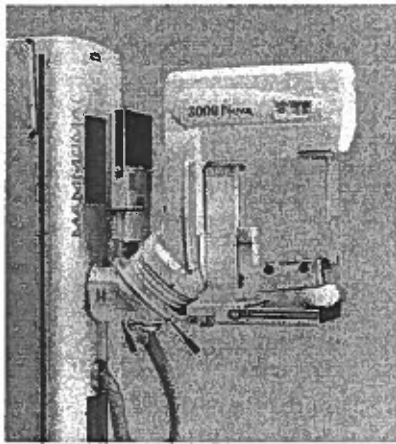
mgr inż. Bogumił Wierchołowski  
 upr. bud. nr 282/87/OI  
 § 2 ust. 1 pkt 1, § 5 ust. 1, § 6 ust. 3, § 7, § 13 ust. 1 pkt 2  
 (Dz. U. nr 8 z 1975r. poz. 46)



Usytuowanie aparatu Mammomat 3000 Nova  
 Rys. 2008 061-POS00266-w2-01  
 Skala 1:50

## GABINET MAMMOGRAFII

Wojewódzki Szpital Zespolony  
 10-561 Olsztyn  
 ul. Żołnierska 16



# MAMMOMAT 1000 / 3000 Nova

Universal mammography system for screening and diagnosis

Technical Data

[www.siemens.com/medical](http://www.siemens.com/medical)

**SIEMENS**  
medical

### **X-ray generator**

Microprocessor-controlled high-frequency generator (20 kHz)

Power output (IEC 601)	5 kW
kV range	23 kV to 35 kV (adjustable in 1 kV increments)
<u>mAs range</u>	
Molybdenum anode	2 mAs to 560 mAs in mAs mode 0 mAs to 600 mAs in AEC mode
Tungsten anode	2 mAs to 710 mAs in mAs mode 0 mAs to 752 mAs in AEC mode
Exposure times, automatic	10 ms to 4 s (large focus), 10 ms to 7 s (small focus)
Exposure times, manual	13 ms to 4 s (large focus), 70 ms to 7 s (small focus)

### **X-ray tube unit**

Mammography X-ray tube unit with quadruple-focus rotating-anode tube (molybdenum / tungsten<sup>1)</sup>)

#### Focal spot nominal value

Molybdenum focal spot	0.1 / 0.3 (star pattern test) 0.15 / 0.3 (IEC 336)
Tungsten focal spot <sup>1)</sup>	0.1 / 0.3 (star pattern test) 0.15 / 0.3 (IEC 336)

#### Maximum tube current

Molybdenum focal spot	150 mA at 25 kV
Tungsten focal spot <sup>1)</sup>	188 mA at 25 kV
Nominal voltage (IEC 613)	40 kV
Heat storage capacity (tube unit)	1 100 000 J, 1 500 000 HU
Heat storage capacity (anode)	120 000 J, 162 000 HU
Optical anode angle (IEC 788)	20°
Inherent filtration	1 mm Be
Anode speed	8800 rpm

# MAMMOMAT 1000/3000 Nova

## Technical Data

### Automatic exposure control

Automatic exposure control (AEC)	Microprocessor-controlled, with transparency compensation
Detectors	Semiconductor detector
Accuracy of optical density (2 to 6 cm)	$\pm 0.15$ OD from the mean optical density for predefined film-screen combinations (separately for each Bucky table, magnification table and anode/filter combination at appropriate clinical kV)
Density correction	$\pm 3$ exposure points, adjustable in $1/8$ step increments
Film-screen combinations	Selectable at the generator control panel (H/D)

### Stereotactic biopsy device\* 1)

Accuracy for $\leq 100$ mm compression thickness	x, y, z $\pm 1.0$ mm
Needle position in steps	0.1 mm
Biopsy field size	58 mm x 40 mm
Compression opening	0 to 140 mm
Accommodates needle lengths	from 30 mm to 175 mm
Needle holders	0.7 mm (22 G), 0.9 mm (20 G), 1.2 mm (18 G), 1.65 mm (16 G), 2.1 mm (14 G), 2.5 mm (13 G)
Open needle holders (localization)	0.9 mm (20 G), 1.2 mm (18 G)
Film size	18 cm x 24 cm
Cassettes	DIN 6832 / IEC 406 (15 mm thickness)
Weight, biopsy unit	12 kg
Weight, evaluation unit	12 kg

### Weight

Examination stand	300 kg (660 lbs)
Generator with radiation shield	141 kg (310 lbs)
Free-standing radiation shield	46 kg (100 lbs)

\* Option

1) Only for MAMMOMAT 3000 Nova

## ZAŁOŻENIA DO OBLICZEŃ

### Pracownia Mammografii w WSzS w Olstynie

#### Ściany.

1. Ściana zewnętrzna podłużna nr 1 - grubość 51 cm – nie wymaga obliczeń ;
2. Ściana zewnętrzna szczytowa nr 2 - grubość 38 cm – nie wymaga obliczeń ;
3. Ściana wewnętrzna nr 3 – składa się z dwóch rodzajów ścian, między którymi znajduje się tzw. szachty wentylacyjne i instalacyjne :
  - ściana wewnętrzna gr. 6.5 cm z cegły dziurawki o ciężarze objętościowym  $1.4 \text{ g/cm}^3$  ;
  - ściana zewnętrzna gr. 12 cm z cegły dziurawki o ciężarze objętościowym  $1.4 \text{ g/cm}^3$  ;
  - w ścianie znajdują się drzwi ;
4. Ściana wewnętrzna nr 4 - grubość 12 cm,
  - cegła dziurawka na zaprawie c-w,
  - ciężar obj.  $1.4 \text{ g/cm}^3$ ,
  - w ścianie znajdują się drzwi ;
5. Ściana wewnętrzna nr 5 - grubość 12 cm,
  - cegła dziurawki na zaprawie c-w,
  - ciężar obj.  $1.4 \text{ g/cm}^3$  .
  - od strony Pracowni Radiologii – panele ochronne

1.5 Pb

#### Stropy.

6. Strop nad I piętrem - grubość 10 cm,
  - płyta żelbetowa ,
  - ciężar obj.  $2.3 \text{ g/cm}^3$
7. Strop nad II piętrem - grubość 10 cm,
  - płyta żelbetowa ,
  - ciężar obj.  $2.3 \text{ g/cm}^3$

70P PŁYTA ŻELBETOWA : SIACIA MOKRYM

NAD - " - - " - : - " - - " -

mgr inż. Bogumił Wierchołowski  
upr. bud. nr 282/87/OL  
§ 2 ust. 1 pkt 1, § 5 ust. 1, § 6 ust. 3, § 7, § 13 ust. 1 pkt 2  
(Dz. U. nr 8 z 1975r. poz. 46)