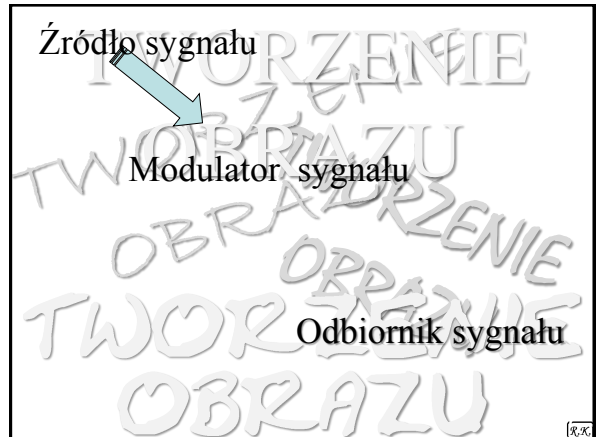


Metody otrzymywania i rejestracji obrazu radiologicznego



SYGNAŁ = nośnik informacji

Fala elektromagnetyczna

Fala dźwiękowa

Źródło sygnału

Lampa rtg

Antena radiowa

Laser

Izotop

Głowica usg

Źródło światła

Źródło sygnału = Modulator sygnału

Pacjent

Materiał pobrany od pacjenta

Modulator sygnału

Pacjent

Materiał pobrany od pacjenta

Odbiornik sygnału

Błona rtg, płyta CR, panel DR,
elektronowy wzmacniacz obrazu

Antena radiowa

Detektor światła

Licznik fotonów

Głowica usg

Kamera

Lampa rtg

Zdjęcie rtg

Pacjent



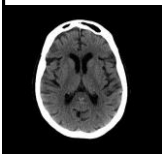
Błona rtg

Sygnal: fala elektromagnetyczna

Lampa rtg

TK

Pacjent



Tablica detektorów

Sygnal: fala elektromagnetyczna

Głowica USG

USG

Pacjent



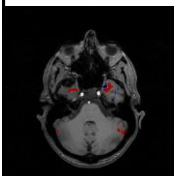
Głowica USG

Sygnal: fala mechaniczna dźwiękowa

Antena radiowa, pacjent

RM

Pacjent



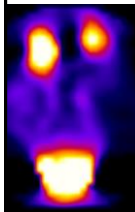
Antena radiowa

Sygnal: fala elektromagnetyczna

Pacjent

MN / PET / SPECT

Pacjent



Kryształy scyntylacyjne

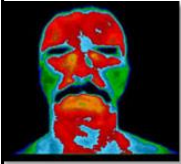
Sygnal: fala elektromagnetyczna

B 004 Str. 2.

Pacjent

Termografia

Pacjent



Detektor podczerwieni

Sygnal: fala elektromagnetyczna

Obraz radiologiczny – mapa

rentgenografia, TK – *mapa współczynników pochłaniania promieniowania rtg*

ultrasonografia – *mapa czasów powrotu echa i jego intensywności, zmian częstotliwości*

PET, SPECT – *mapa rozkładu radiofarmaceutyka w ustroju*

MRI – *mapa stanu fizycznego różnych obszarów ustroju*

termografia – *mapa rozkładu temperatury*

Obraz 2D

Mapa różnic parametru stabilnego w czasie adekwatnym do uzyskanego obrazu (np. współczynnika pochłaniania promieniowania rtg) na płaszczyźnie (np. warstwa tomograficzna lub rozciągnięty na płaszczyźnie obraz nierównej powierzchni).

Obraz 3D

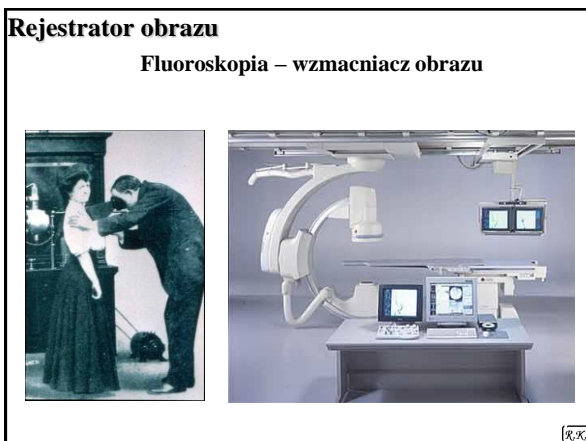
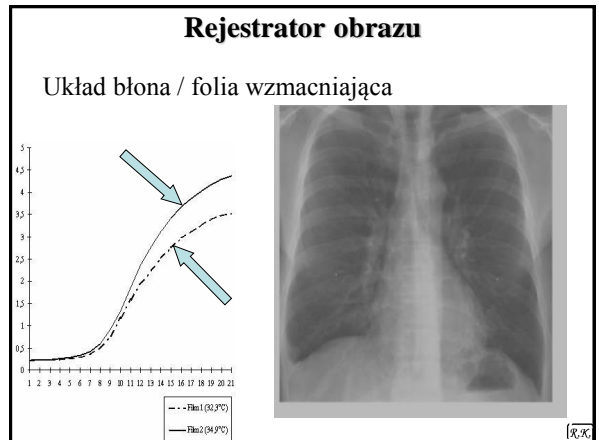
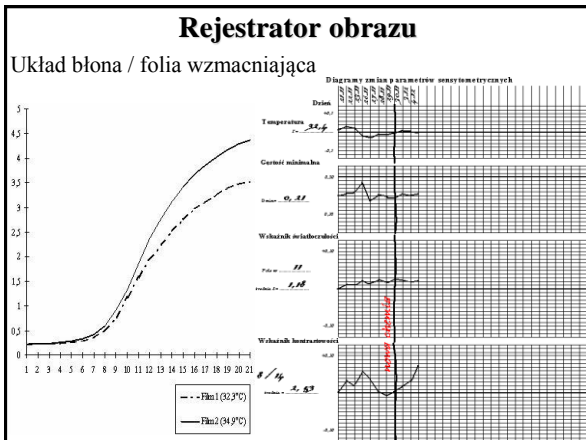
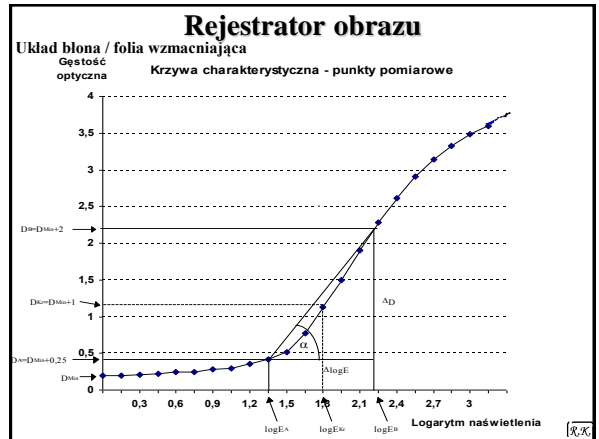
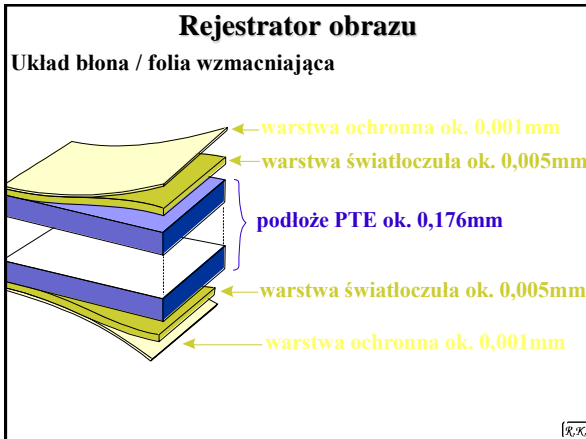
Mapa różnic parametru stabilnego w czasie adekwatnym do uzyskanego obrazu (np. współczynnika pochłaniania promieniowania rtg) w przestrzeni (np. trójwymiarowa rekonstrukcja sieci naczyniowej w fazie tętnicznej).

Obraz 4D

Mapa różnic parametru zmiennego w czasie adekwatnym do uzyskanego obrazu (np. współczynnika pochłaniania promieniowania rtg) w przestrzeni, uwzględniająca czas (np. trójwymiarowa rekonstrukcja sieci naczyniowej w fazie żylniej z pokazaniem jej przejściem w fazę tętniczną; dyfuzja – bez wymuszenia mechanicznego lub perfuzja – z wymuszeniem najczęściej krążeniowym).

Obraz 5D

Mapa zmian wartości parametru zmiennego w czasie (np. prędkości zmian współczynnika pochłaniania promieniowania rtg) w przestrzeni (np. trójwymiarowa rekonstrukcja obrazu kierunku i prędkości przemieszczania się krwi lub innego płynu ustrojowego; tensor dyfuzja).

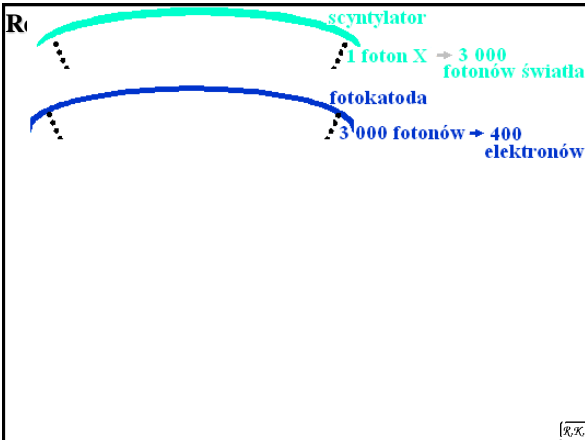
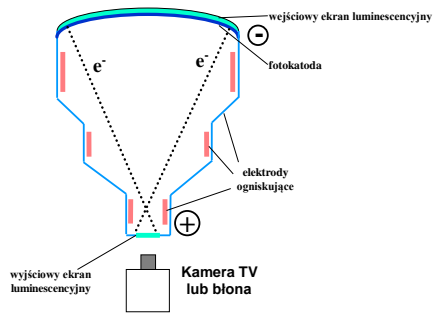


Rejestrator obrazu



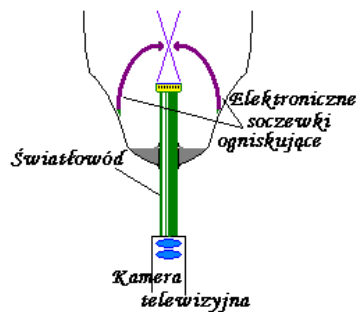
Rejestrator obrazu

Fluoroskopia – wzmacniacz obrazu



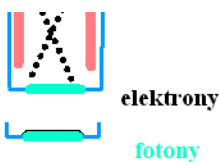
Rejestrator obrazu

Fluoroskopia – wzmacniacz obrazu



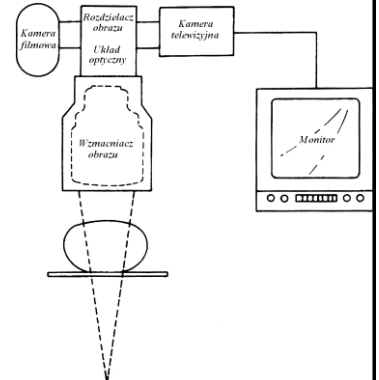
Rejestrator obrazu

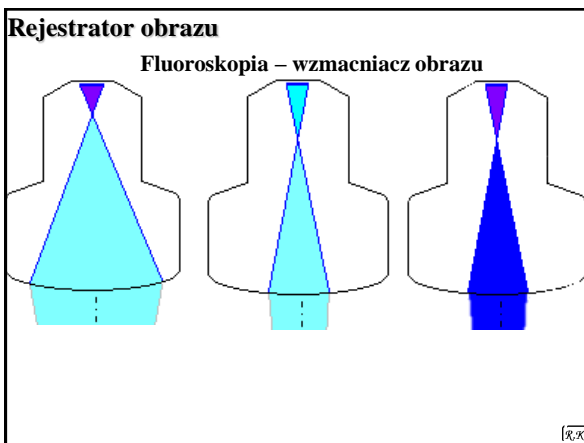
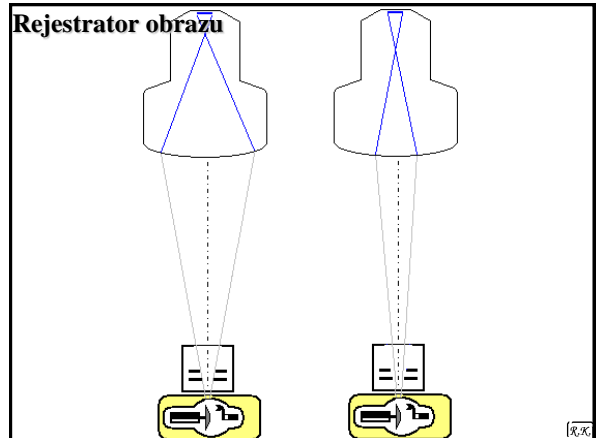
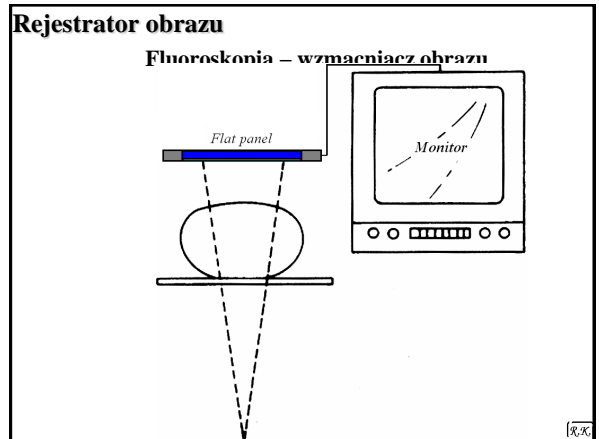
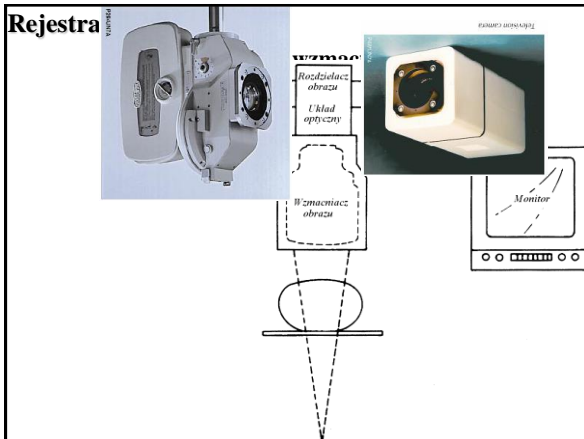
Fluoroskopia – wzmacniacz obrazu

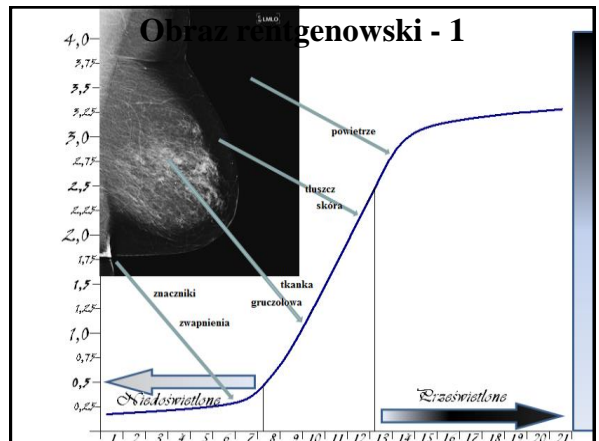
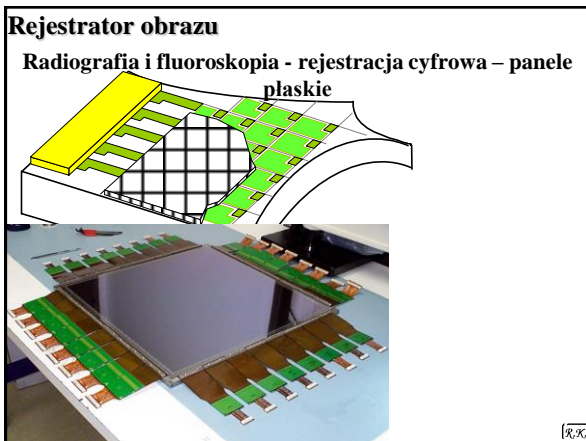
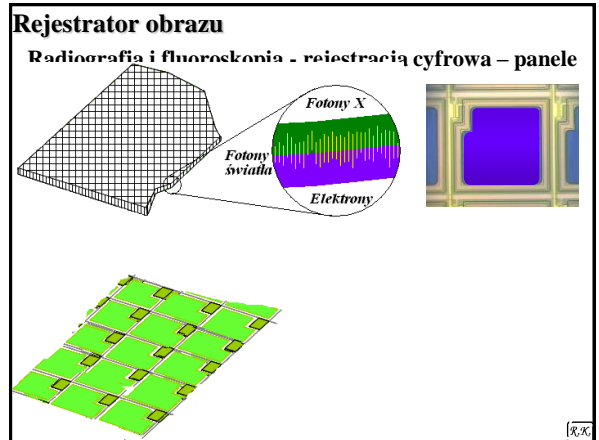
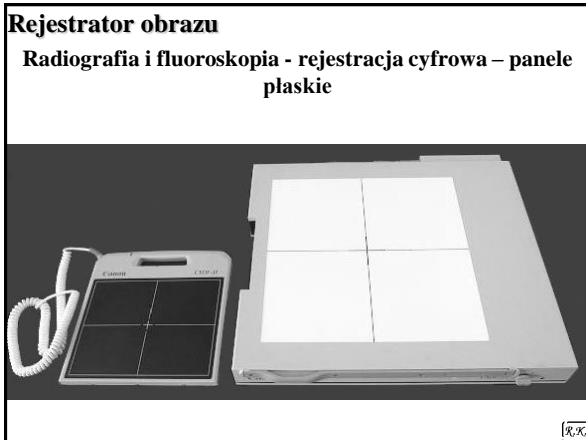
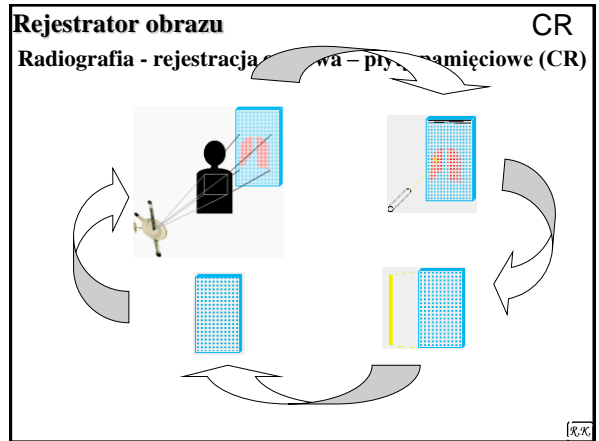
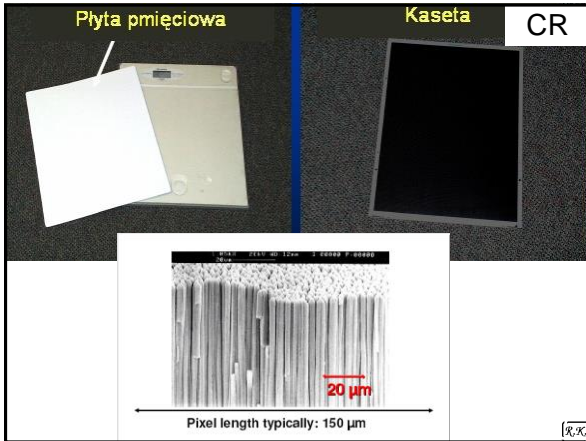


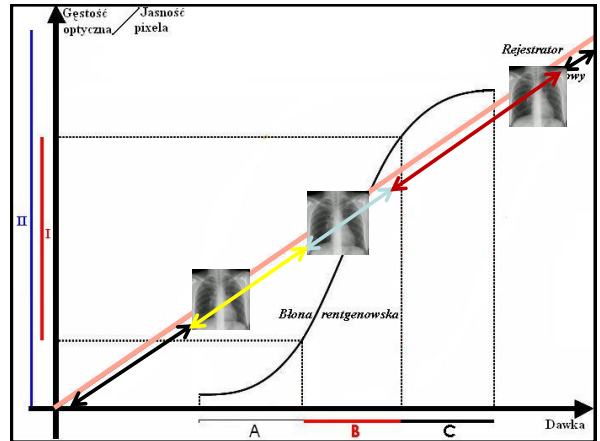
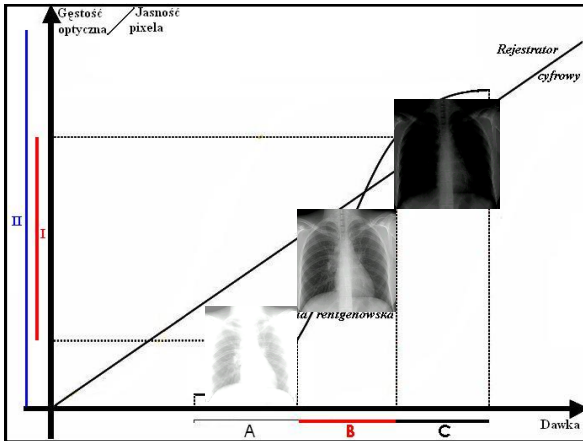
Rejestrator obrazu

Fluoroskopia – wzmacniacz obrazu









Obraz cyfrowy - 1

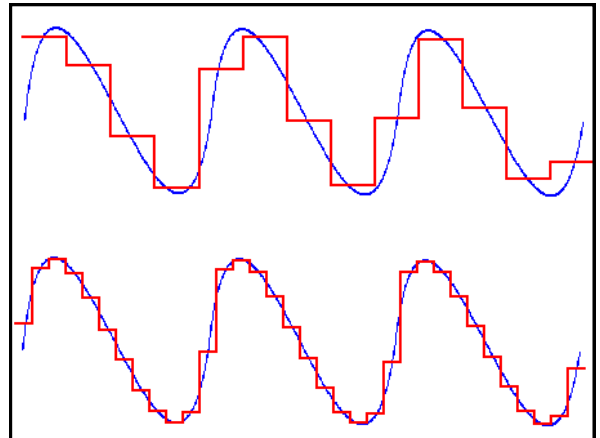
Obraz analogowy:

- „nieskończona” liczba elementów
- „ciągła” skala szarości

Obraz cyfrowy:

- skończona liczba elementów
- skończona liczba poziomów szarości

AK



Obraz cyfrowy

Cechy charakterystyczne

- Matryca (liczba pixeli)
- Głębokość bitowa (ile bitów informacji o jasności jest na 1 pixel)
- Wielkość pixela (rozdzielczość przestrzenna)

AK

Obraz cyfrowy

Specyficzne pojęcia i wielkości

Pixel – najmniejszy element płaskiej matrycy obrazu; punkt na obrazie płaskim

Voxel – najmniejszy element przestrzennej matrycy obrazu; punkt obrazowy w przestrzeni

Rozdzielczość przestrzenna – określana przez największą możliwą do rozróżnienia liczbę par wysokokontrastowych obiektów na jednostkę długości; zdolność do obrazowania małych obiektów

Rozdzielczość kontrastowa – określana przez największą możliwą do obrazowania liczbę poziomów szarości; zdolność do obrazowania obiektów mało różniących się gęstością

AK



Metody otrzymywania i rejestracji obrazu radiologicznego

mgr inż. Ryszard Kowski

B 004

Obraz cyfrowy

Specyficzne pojęcia i wielkości

Dynamika kontrastu – określa zdolność systemu obrazowego do prezentacji elementów obrazu znacznie różniących się gęstością (absorbencją promieniowania)

SD – odchylenie standardowe – miara zmienności, pokazująca jak bardzo od średniej wartości odchylają się np. gęstości punktów obrazu jednorodnego; im większy szum, tym większe SD

SNR – stosunek sygnału do szumu – mówi o ile sygnał jest silniejszy od szumu; im SNR większy, tym lepszy uzyskamy obraz

Obraz cyfrowy

Specyficzne parametry i wielkości

CNR – stosunek kontrastu do szumu – wyznaczany dla dwóch obszarów o różnych gęstościach mówi jak sprawnie system obrazowy odwzorowuje różnice gęstości

MTF – współczynnik przenoszenia modulacji – jej wartość odwzorowuje rozdzielczość przestrzenną; mówi jak sprawnie system odwzorowuje blisko siebie leżące obiekty

DQE – sprawność wykrywania kwantów – mówi jak sprawnie system obrazowy zamienia kwanty promieniowania jonizującego na czytelny obraz

Obraz cyfrowy

DICOM 3.0 (Digital Image Communication in Medicine) - 1996 - ACR, NEMA, European Medical Informatics Committee, Japanese Medical Informatics Committee i inne

- obraz
- 12 bitów głębokości obrazu
- informacje o pacjencie
- dane badania, projekcji, warstwy etc

DICOM

```
0002,0002 Media Storage SOP Class UID: 1.2.840.10008.5.1.4.1.2
0002,0003 Media Storage SOP Inst UID: 1.2.392.200036.9116.2.2.1.762569964.1241487124.705295
0002,0016 Transfer Syntax UID: 1.2.840.10008.1.2
0002,0012 Implementation Class UID: 2.16.124.11.3531.1.1
0002,0013 Implementation Version Name: CEGARIA V1.4.0
0002,0018 Source Application Entity Title: CEGOR12
0008,0008 Image Type: ORIGINALPRIMARYVAGAL
0008,0016 SOP Class UID: 1.2.840.10008.5.1.4.1.1.2
0008,0018 SOP Instance UID: 1.2.392.200036.9116.2.2.1.762569964.1241487124.705295
0008,0020 Study Date: 20090505
0008,0022 Acquisition Date: 20090505
0008,0023 Image Date: 20090505
0008,0030 Study Time: 103156.000
0008,0032 Acquisition Time: 131622.650
0008,0033 Image Time: 131622.650
0008,0056 Accession Number: 38980
0008,0060 Modality: CT
0008,0076 Manufacturer: TOSHIBA
0008,0080 Institution Name: Zakł. Rad. WGS im. M. Kopernika - Łódź
0008,0090 Referring Physician's Name:
0008,1016 Station Name: ID_STATION
0008,1048 Institutional Department Name: ID_DEPARTMENT
0008,1099 Manufacturer's Model Name: Astelon
0010,0010 Patient's Name: TEST Gae**
0010,0020 Patient ID: TEST GA
0010,0030 Patient's Birth Date:
0010,0040 Patient's Sex:
0018,0022 Scan Options: NORMAL_CT
0018,0056 Slice Thickness: 1
0018,0066 kVp: 125
0018,0090 Data Collection Diameter: 180.00
0018,1000 Device Serial Number: SERIALNO
0018,1026 Software Version(s): V1.762569964
0018,1100 Reconstruction Diameter: 180.00
0018,1120 QuantityDetector Tilt: +0.0
0018,1130 Table Height: -38.00
0018,1145 Rotation Direction: CVY
0018,1150 Exposure Time: 1300
0018,1151 X-ray Tube Current: 150
0018,1152 Exposure: 225
0018,0210 Convolution Kernel: FC20
```

DICOM

```
0018,0210 Convolution Kernel: FC20
0010,0100 Patient Position: HFS
0020,000D Study Instance UID: 1.2.392.200036.9116.2.2.1.762569964.1241487067.862012
0020,000E Series Instance UID: 1.2.392.200036.9116.2.2.1.762569964.1241487124.701705
0020,0010 Study ID: 45781
0020,0011 Series Number: 12
0020,0012 Acquisition Number: 1
0020,0013 Image Number: 1
0020,0020 Patient Orientation: LIP
0020,0032 Image Position (Patient): -90.000000;68.132810;-1101.000000
0020,0037 Image Orientation (Patient): 1.00000000;0.00000000;0.00000001;0.00000000;0.00000000
0020,0042 Frame of Reference UID: 1.2.392.200036.9116.2.2.1.762569964.1241487065.405555
0020,1040 Position Reference Indicator:
0020,1041 Slice Location: -487.50
0020,0002 Samples per Pixel: 1
0020,0004 Photometric Interpretation: MONOCHROME2
0020,0010 Rows: 512
0020,0011 Columns: 512
0020,0030 Pixel Spacing: 0.35110;351
0020,0100 Bits Allocated: 16
0020,0101 Bits Stored: 16
0020,0102 High Bit: 15
0020,0103 Pixel Representation: 1
0020,1050 Window Center: 40
0020,1051 Window Width: 110
0020,1063 Rescale Intercept: 0
0020,1063 Rescale Slope: 1
0040,0002 Scheduled Procedure Step Start Date: 20090505
0040,0003 Scheduled Procedure Step Start Time: 103143.000
0040,0004 Scheduled Procedure Step End Date: 20090505
0040,0005 Scheduled Procedure Step End Time: 104243.000
0040,0244 Performed Procedure Step Start Date: 20090505
0040,0245 Performed Procedure Step Start Time: 103156.000
0040,0253 Performed Procedure Step ID: 43087
FFE0 0010 Pixel Data: 1678
```

DICOM

```
Title: 00000001
Width: 179.71 mm (512)
Height: 179.71 mm (512)
Resolution: 2.849 pixels per mm
ID: -4
Coordinate origin: 0,0
Bits per pixel: 16 (signed)
Display range: -10 - 90
No Threshold

Calibration Function: y = a * b * x
a: -32768.000000
b: 1.000000
Unit: "gray value"
Path: G:\Pomiar\Województwa Łódzkiego\Łódź\WNSZKoper\2009\
Kopernik ASTELION 05 2009\WNSZS\Kopernik Astelon obrazki\00000001
```

B 004 Str. 9.

Obraz cyfrowy

Obrazowanie – czynniki wpływające na efekt ostateczny:

- A. Pacjent: *kontrast tkanek, rozproszenie...*
B. Detektor: *przenoszenie modulacji i szumu, rozproszenie...*
C. Obróbka obr.: *skala szarości, jednorodność, odwzorowanie krawędzi...*
D. Wyświetlacz: *modulacja, szum, skala szarości, barwa...*
E. Obserwacja: *odbiór obrazu, rozpoznawanie...*

Obraz cyfrowy

Idealny system radiologii cyfrowej:

*wierne odwzorowanie obrazu otrzymanego
przy optymalnych parametrach ekspozycji
pozwalające na właściwą interpretację*

System radiologii cyfrowej:

sprzęt + człowiek

Świat nie jest idealny

Obraz cyfrowy

Co można ocenić:

- A. Radiolog: „Obraz jest gorszy”
B. Fizyk:
• Spadek rozróżniania kontrastu
• Spadek ostrości
• Spadek rozdzielczości
• Zmniejszenie zakresu dynamiki kontrastowej
• Wzrost szumu
• Spadek czułości

Problem dla fizyków:

*nie wszystko daje się jednoznacznie
określić, nawet zakresy tolerancji*

Obraz cyfrowy

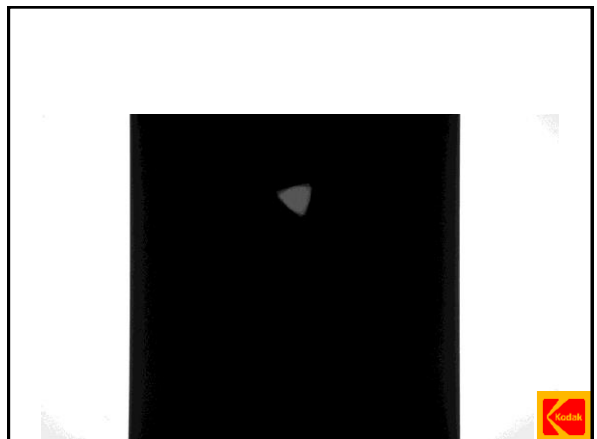
Problemy z DR:

- A. Defekt pixela
• wewnętrzne uszkodzenie komórki lub elementu brzegowego
B. Zmienna odpowiedź na dawkę
• zmienność matrycy; fluktuacje w transporcie elektronów w DR
• niestabilność wzmacniacza
C. „Duchy” lub powidoki
• „duchy” – zmiana czułości komórek lub ich odpowiedzi na dawkę
• powidok – efekt prądu ciemnego lub fluktuacji offsetu
D. Artefakty „matrycowe” (Moire)
• interferencja linii monitora, matrycy lub czytnika z kratką
E. Nieprawidłowa obróbka obrazu
• Niewłaściwe ustawienie
• Nieprawidłowe określenie struktur anatomicznych

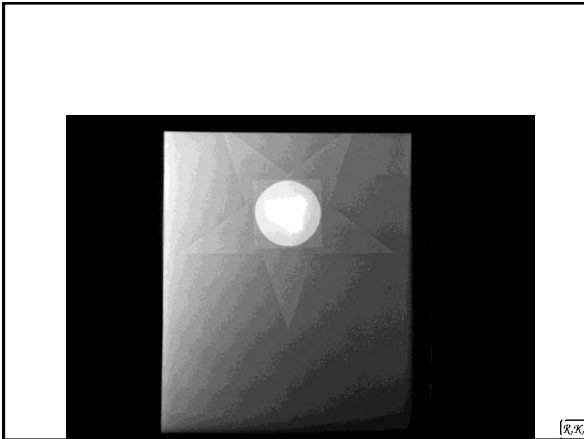
Obraz cyfrowy

Problemy z CR:

- A. Białe obszary lub linie
• brudna lub uszkodzona płyta
B. Pionowe linie
• zanieczyszczony układ przesuwu płyty
C. „Duchy” lub nałożone obrazy
• nieskasowana lub niewystarczająco skasowana płyta
D. Artefakty „matrycowe” (Moire)
• interferencja linii monitora, matrycy lub czytnika z kratką
E. Nieprawidłowa obróbka obrazu
• Niewłaściwe ustawienie
• Nieprawidłowe określenie struktur anatomicznych



B 004 Str. 10.



Zmiany obrazu w czasie, od włączenia monitora przez pierwsze 20 minut dla różnych typów monitorów

LCD starujący od ciemnego

LCD starujący od jasności

LCD ze specjalną stabilizacją

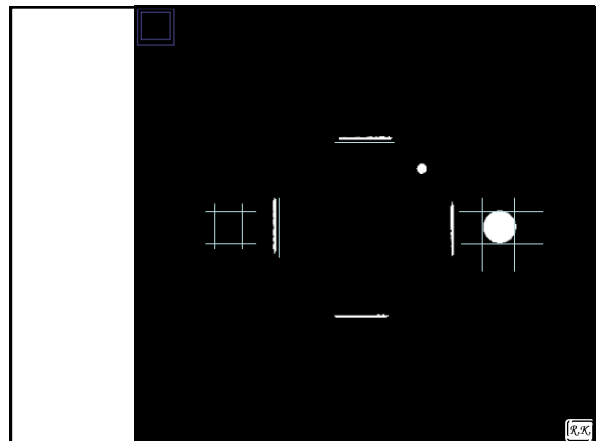
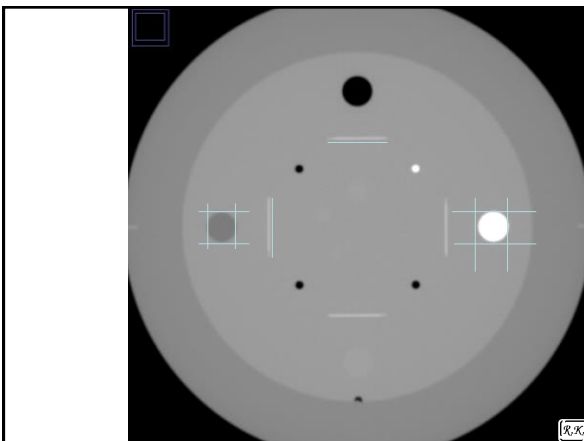
Sprawdź jaki masz monitor!

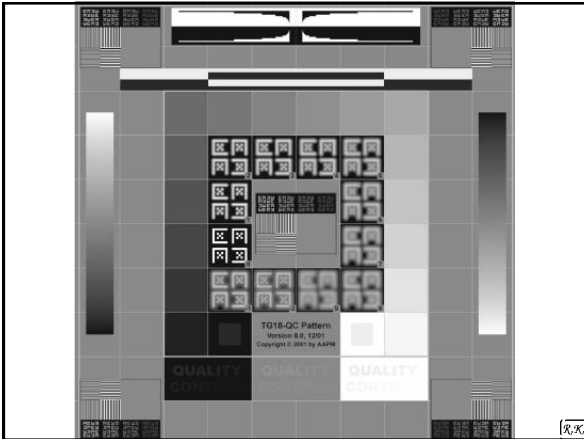
J. Siwek, ALSTOR

Window: 6; Level: 312, 183, -76, -600

Window: 150; Level: 312, 183, -76, -600

Procedury wzorcowe	
zalecany protokół badania	nominalna grubość warstwy: 2 - 5 mm tylny dół; 5 - 10 mm obszar półkul
skok spirali	1.0
FoV	wielkość głowy, zwykle ok. 24 cm
Kąt pochylecia gantry	10 - 12 st; do linii oczno - usznej (minimalizacja dawki na gałki oczne)
Napięcie [kV]	typowe dla wrzędzenia
Obciążenie [mAs]	możliwie najmniejsze, bez utraty informacji z obrazu
Algorytm rekonstrukcyjny	dla tkanki miękkiej
Szerokość okna:	0 - 90 HU (ocena obszaru nadnamiotowego)
	140 - 160 HU (ocena mózgu w tylnym dole)
	2000 - 3000 HU (kości)
Poziom okna	40 - 45 HU (obszar nadnamiotowy)
	30 - 40 HU (mózg w tylnym dole)
	200 - 400 HU (ocena kości)





Podstawy ochrony radiologicznej

Dawki promieniowania; jednostki

1. Pojęcia
2. Wielkości i jednostki
3. Natężenie promieniowania

KROTNOŚCI

0,000001	mikro	μ	10^{-6}
0,001	mili	m	10^{-3}
0,01	centy	c	10^{-2}
0,1	decy	d	10^{-1}
1			10^0
1.000	kilo	k	10^3
1.000.000	mega	M	10^6
1.000.000.000	giga	G	10^9

Pojęcia - 1

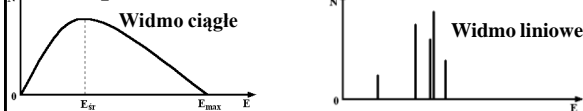
Energia promieniowania - elektronowolty

$$1eV = 1,6 * 10^{-19} J$$

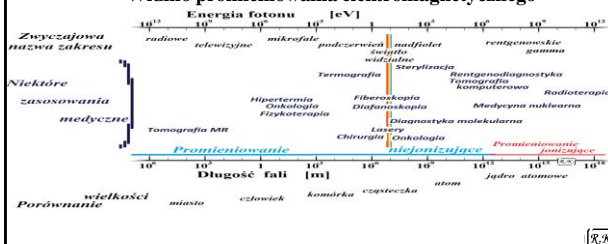
$$1MeV = 1,6 * 10^{-13} J$$

Pojęcia - 2

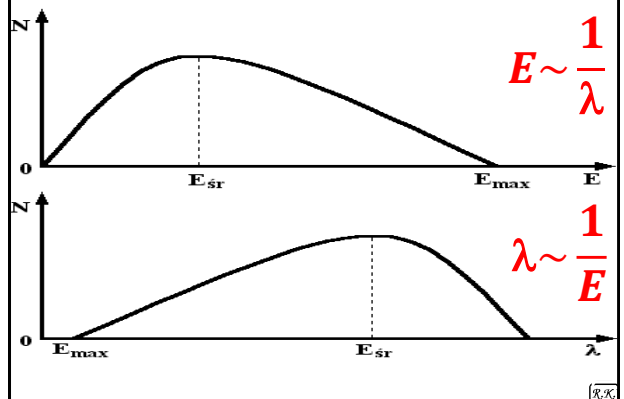
Widmo promieniowania - 1



Widmo promieniowania elektromagnetycznego



Pojęcia - 3



Pojęcia - 4

DAWKA – energia lub ładunek dostarczona lub wytworzony w jednostce masy / objętości

MOC DAWKI – dawka w jednostce czasu



Pojęcia - 4

NAPROMIENIENIE – dostarczenie dawki do określonego obiektu

SKAŻENIE – „zabrudzenie” substancją promieniotwórczą

WCHŁONIĘCIE – skażenie wewnętrzne (np. pokarmowo, wziewnie etc)



Pojęcia - 4

**W rentgenodiagnostyce
możliwe jest jedynie
NAPROMIENIENIE**



Wielkości i jednostki - 1

AKTYWNOŚĆ - _____ **A**

liczba rozpadów promieniotwórczych w jednostce czasu

Jednostka: bekerel [Bq] $1\text{Bq} = 1\text{s}^{-1}$

jednostka dawna: *kiur* [Ci]

$1\text{ Ci} = 3.7 \cdot 10^{10}\text{ Bq} = 37\text{ GBq}$



Wielkości i jednostki - 2

DAWKA EKSPozyCYJNA - _____ **X**

liczba par jonów wytworzonych w jednostce masy powietrza

Jednostka: kulomb na kilogram [C/kg]

Jednostka dawna: *rentgen* [R]

$1\text{ R} = 2.58 \cdot 10^{-4}\text{ C/kg}$

MOC DAWKI EKSPozyCYJNEJ

Jednostka: amper na kilogram [A/kg]

Jednostka dawna: *rentgen na godzinę* [R/h]



Wielkości i jednostki - 3

DAWKA POCHŁONIĘTA - _____ **D**

miara energii pochłoniętej w jednostce masy

Jednostka: grej [Gy] $1\text{Gy} = 1\text{J/kg}$

Jednostka dawna: *rad* [rad]

$100\text{ rad} = 1\text{Gy}$

MOC DAWKI POCHŁONIĘTEJ

Jednostka: grej na sekundę [Gy/s]

$1\text{ Gy/s} = 1\text{ W/kg}$

Jednostka dawna: *rad/s*



Wielkości i jednostki - 8

KERMA - K

Suma energii kinetycznej wszystkich naładowanych cząstek w jednostce masy.

Jednostka: $J \cdot kg^{-1}$

Wielkości i jednostki - 4

Dawka równoważna

RÓWNOWAŻNIK DAWKI -

H

dawka pochłonięta w danym narzędziu lub tkance zmodyfikowana przez współczynnik jakości promieniowania w_R (Q)

$$H = Q \cdot D$$

Jednostka: siwert [Sv]

Jednostka dawna: rem [rem]

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$$

Wielkości i jednostki - 5

współczynniki w_R

• fotony wszystkich energii	1
• elektrony i miony (prawie) wszystkich energii	1
• neutrony < 10 keV	5
• neutrony 10 keV - 100 keV	10
• neutrony 100 keV - 2 MeV	20
• neutrony 2 MeV - 20 MeV	10
• neutrony > 20 MeV	5
• protony > 20 MeV (z wyl. protonów odrzutu)	5
• cząstki α , ciężkie jony, fragmenty rozszczepienia	20

Wielkości i jednostki - 6

DAWKA SKUTECZNA

EFEKTYWNY RÓWNOWAŻNIK DAWKI - E

dawka równoważna zmodyfikowana przez współczynnik tkankowy W_T

$$H_E = \sum W_T \cdot H_T$$

Jednostka: siwert [Sv]

Jednostka dawna: rem [rem]

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$$

Wielkości i jednostki - 7

w_T

• Gruczoły płciowe (gonady)	0,2
• Czerwony szpik kostny	0,12
• Jelito grube	0,12
• Płuca	0,12
• Żołądek	0,12
• Pęcherz moczowy	0,05
• Gruczoły sutkowe	0,05
• Wątroba	0,05
• Przełyk	0,05
• Tarczyca	0,05
• Skóra	0,01
• Powierzchnia kości	0,01
• Pozostałe	0,05

UWAGA

Siwert [Sv] jest jednostką wszystkich dawek związanych z efektami wywoływanymi przez promieniowanie jonizujące w tkance żywej.

Natężenie promieniowania

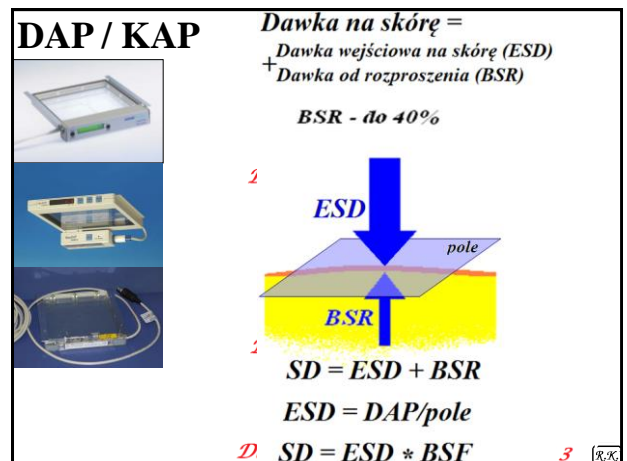
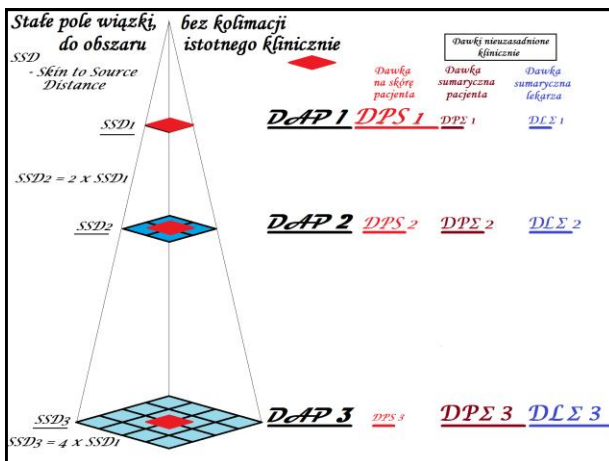
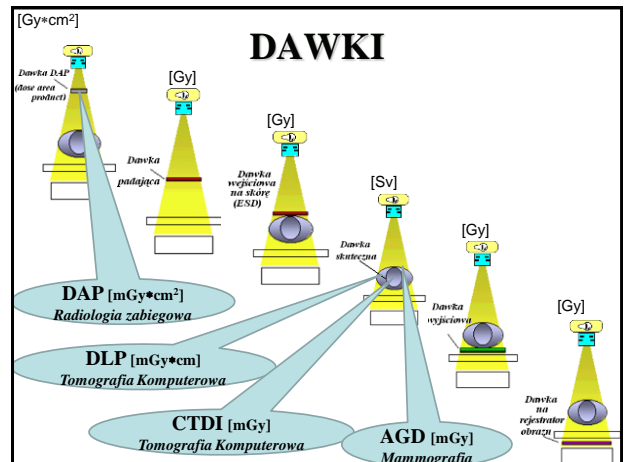
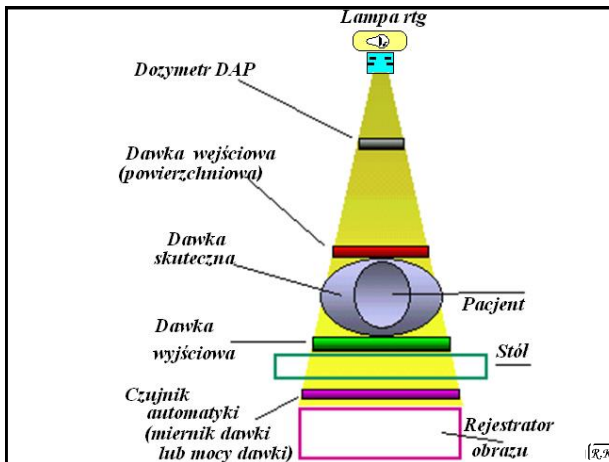
Wielkością opisującą natężenie promieniowania jest **moc**. Jest to miara dawki w czasie. Jednostką jest jednostka dawki na jednostkę czasu

- Moc dawki ekspozycyjnej [A/kg]
- Moc dawki pochłoniętej [Gy/s]
- Moc dawki równoważnej [Sv/s] etc, etc

©

Wielkości charakterystyczne dla różnych rodzajów procedur

©



Dokument nr 60 (z 1991 roku) Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej (ICRP) wskazuje na trzy etapy (poziomy) uzasadnienia radiologicznej procedury medycznej.

1. Pierwszy (ogólny): wynika z przekonania, że korzyści przewyższają ryzyko.

2. Drugi (Grupowy): wynika z przekonania, że przy tych objawach zastosowanie procedury ułatwi postawienie diagnozy lub poprawi efekty leczenia w większości podobnych przypadków.

3. Trzeci (indywidualny): upewnienie się, że nie istnieją inne metody uzyskania koniecznych danych dotyczących stanu konkretnego pacjenta, i że takie dane nie zostały już wcześniej uzyskane.



Podstawy ochrony radiologicznej w radiologii klasycznej

1927r. – Międzynarodowy Kongres Radiologiczny powołał Międzynarodową Komisję Ochrony Radiologicznej (ICRP), która miała określić zasady i praktyki ochrony radiologicznej przed promieniowaniem X w medycynie i przed promieniowaniem emitowanym podczas radioterapii.

Ochrona radiologiczna w Polsce

- 1925 – powstaje Polskie Towarzystwo Radiologiczne (PTR)
- 1927 – przekształcenie PTR w Polskie Lekarskie Towarzystwo Radiologiczne

Cele - ...rentgenologia jest dla medycyny doniosłą nauką, równorzędną z innymi dyscyplinami nauk lekarskich i powinna należeć do przedmiotów obowiązkowych w czasie studiów (warunki specjalizacji w dziedzinie rentgenologii i nadania tytułu specjalisty rentgenologa).

Zarząd PLTR, w trosce o narażonych na promieniowanie rentgenologów, zaproponował by poczynić starania w sprawie ustawy, według której rentgenolog miałby 25% wyższą pensję i skrócony czas pracy potrzebny do emerytury o 25%.

Podstawowe przesłanki ochrony radiologicznej:

Promieniowanie jonizujące może być szkodliwe.

Uszkodzenia sprzętu, uszczerbek na zdrowiu, zwiększenie kosztów, zwiększone zużycie energii i materiałów, błędne obrazy lub ich interpretacja...

Podstawowe przesłanki ochrony radiologicznej:

Ochrona radiologiczna musi być skuteczna.

Obniżanie dawek do poziomu akceptowalnego, minimalizacja szkodliwych efektów, doskonalenie narzędzi i umiejętności, wdrażanie nowych metod i technologii, obniżanie kosztów – do rozsądnego poziomu (ALARA)

Promieniowanie jonizujące może mieć szkodliwy wpływ (ukryty pod słowem „narażenie”) na:

Ogół ludności („populację”)
Wyposażenie radiologiczne
Personel
Pacjentów (ekspozycje medyczne)



Podstawy ochrony radiologicznej w radiologii klasycznej

B 006

mgr inż. Ryszard Kowski

Na skuteczność ochrony radiologicznej mają znaczący wpływ:

- Ogólny poziom wiedzy
- Poziom dostępnej technologii
- Konstrukcja i skuteczność prawa
- Możliwości finansowe

Człowiek



Na skuteczność ochrony radiologicznej mają znaczący wpływ:

- Ogólny poziom wiedzy

Człowiek



Na skuteczność ochrony radiologicznej mają znaczący wpływ:

- Poziom dostępnej technologii

Człowiek



Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006r.

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006r.

w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi

(Dz.U. z 2006r. Nr 180, poz. 1325)

Rozporządzenie obowiązuje od dnia 05.09.2006r.



Rozporządzenie MZ z dnia 21.08.2006

- Wymagania dla pracowni, gabinetów rtg i ambulansów
- Wymagania dla aparatów rtg



Rozporządzenie MZ z dnia 21.08.2006 - definicje

ambulans rentgenowski –

pojazd z zainstalowanym zestawem rentgenowskim wykorzystywanym do celów medycznych;

zestaw rentgenowski –

aparat lub zestaw aparatury składającej się z urządzeń przeznaczonych do wytwarzania i wykorzystywania promieniowania rentgenowskiego, w których źródłem promieniowania jonizującego jest lampa rentgenowska;



B 006 Str. 2.

Rozporządzenie MZ z dnia 21.08.2006 - definicje

pracownia rentgenowska –

pomieszczenie lub zespół pomieszczeń, przeznaczonych do wykonywania medycznych procedur radiologicznych z wykorzystaniem promieniowania rentgenowskiego;

gabinet rentgenowski –

pomieszczenie pracowni rentgenowskiej, w którym zainstalowana jest na stałe co najmniej jedna lampa rentgenowska.



Rozporządzenie MZ z dnia 21.08.2006

WENTYLACJA

Gabinety rentgenowskie – 1,5-krotna wymiana powietrza na godzinę.

Ciemnia „mokra” – 3-krotna wymiana powietrza na godzinę.



Zabronione jest stosowanie następujących aparatów rtg:

- *do prześwietleń bez toru wizyjnego lub cyfrowego zapisu obrazu;*
- *półfalowych (jednopulsowych); z wyjątkiem stomatologicznych*
- *pełnofalowych (dwupulsowych); z wyjątkiem stomatologicznych*
- *mammograficznych bez generatora z przemianą częstotliwości i bez stolika z ruchomą kratką przeciwrozproszeniową;*



Zabronione jest stosowanie następujących aparatów rtg:

- *zestawów rentgenowskich do prześwietleń bez miernika czasu ekspozycji (max czas skopii – 10 min)*
- *zestawów rtg używanych w radiologii zabiegowej bez*
 - *miernika wielkości ekspozycji (rejestrator dawki) umożliwiającego ocenę narażenia pacjenta,*
 - *skopii pulsacyjnej,*
 - *układu zapamiętywania ostatniego obrazu.*



Ponadto aparaty muszą być tak zainstalowane, by:

- *zapewnić dostęp do pacjenta z co najmniej dwóch stron*
- *odległość lampy rtg (osi wiązki) od najbliższej ściany była większa niż 1,5 m*
- *uniemożliwić skierowanie wiązki promieniowania rentgenowskiego w stronę sterowni lub drzwi wejściowych*



Na skuteczność ochrony radiologicznej mają znaczący wpływ:

Konstrukcja i skuteczność prawa

Człowiek



B 006 Str. 3.



Podstawy ochrony radiologicznej w radiologii klasycznej

B 006

mgr inż. Ryszard Kowski

USTAWA z dnia 29 listopada 2000r.
PRAWO ATOMOWE - nowelizacje

Z dnia 12 marca 2004 r.

o zmianie ustawy – Prawo atomowe oraz ustawy o opłacie skarbowej

(Dz. U. z 2004 Nr 70 poz. 632)

OBWIESZCZENIE MARSZAŁKA SEJMU
RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

z dnia 30 czerwca 2004 r.

w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Prawo atomowe



USTAWA z dnia 29 listopada 2000r.
PRAWO ATOMOWE - nowelizacje

Ustawa z dnia 24 lutego 2006 r.

o zmianie ustawy – Prawo atomowe

(Dz. U. z 2006 Nr 52 poz. 378)

Nowelizacja związana z wdrożeniem do prawa krajowego postanowień dyrektywy 2003/122/Euroatom z dnia 22 grudnia 2003r. W sprawie kontroli wysokoaktywnych zamkniętych źródeł promieniotwórczych i źródeł niekontrolowanych

tekst jednolity Dz. U. z 2007r nr 42, poz. 276



USTAWA z dnia 29 listopada 2000r.
PRAWO ATOMOWE - nowelizacje

Ustawa z dnia 11 kwietnia 2008 r.

o zmianie ustawy – Prawo atomowe
(Dz. U. z 2008 Nr 93 poz. 583)

wchodzi w życie od dnia 25 grudnia 2008r.

Nowelizacja związana z wdrożeniem do prawa krajowego postanowień dyrektyw Rady:

2003/122/Euroatom z dnia 22 grudnia 2003r.

w sprawie kontroli wysokoaktywnych zamkniętych źródeł promieniotwórczych i źródeł niekontrolowanych

2006/117/EUROATOM z dnia 20 listopada 2006r.

W sprawie nadzoru i kontroli nad przemieszczaniem odpadów promieniotwórczych oraz wypalonego paliwa jądrowego



Rola ustawy

Ustawa Prawo atomowe wprowadziła zintegrowany system zapewniający bezpieczeństwo jądrowe i ochronę radiologiczną dla wszystkich rodzajów działalności związanej ze stosowaniem promieniowania jonizującego.



System ochrony radiologicznej

- *Obowiązek uzyskania zezwolenia na działalność.*
- *Ustanowienie nadzoru nad stosowaniem promieniowania przez państwowe organy.*
- *Ustanowienie odpowiedzialności kierownika zakładu*
- *Wprowadzenie obowiązkowego nadzoru wewnętrznego prowadzonego przez inspektora ochrony radiologicznej.*
- *Obowiązek optymalizacji i kontroli narażenia*
- *(ocena narażenia)*
- *Obowiązek kontroli środowiska pracy*
- *Obowiązek okresowego szkolenia w zakresie ochrony radiologicznej oraz zakresu ochrony radiologicznej pacjentów*



Rozdział 1 - Definicje

Zdefiniowanie określeń:

- ✓ Audyt kliniczny
- ✓ Bezpieczeństwo jądrowe
- ✓ Dawka graniczna, pochłonięta, równoważna, skuteczna
- ✓ Medyczna procedura radiologiczna
- ✓ Medyczny wypadek radiologiczny
- ✓ Narażenie
- ✓ Ochrona radiologiczna i ochrona radiologiczna pacjenta
- ✓ Ograniczniki dawek
- ✓ Poziomy referencyjne
- ✓ Pracodawca, pracownik, praktykant
- ✓ Program zapewnienia jakości (*wcześniej- program bezpieczeństwa jądrowego*)
- ✓ Radiologia zabiegowa, radioterapia, rentgenodiagnostyka, medycyna nuklearna
- ✓ System zarządzania jakością
- ✓ Szkoda dla zdrowia człowieka
- ✓ Teren kontrolowany i nadzorowany



B 006 Str. 4.



Wewnętrzny nadzór: IOR;
odpowiedzialność: Kierownik

Wewnętrzny nadzór nad przestrzeganiem wymagań bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej sprawuje osoba, która posiada uprawnienia IOR

Uprawnienia nadaje:

- Prezes Państwowej Agencji Atomistyki
- Główny Inspektor Sanitarny

w zależności od tego, który organ jest właściwy do wydania zezwolenia na prowadzenie działalności

(uprawnienia ważne przez okres 5 lat, możliwość cofnięcia uprawnień w przypadku utraty pełnej zdolności prawnej przez IOR lub stwierdzenia nieprawidłowego wywiązywania się z obowiązków)

12.12

Zapewnienie przeprowadzania badań lekarskich: wstępnych, okresowych i kontrolnych.

Zapewnienie szkoleń wstępnych i okresowych zgodnie z programem

12.12

Rejestr dawek

1. Pomiary dawek indywidualnych mogą być wykonywane przez akredytowane laboratoria
2. Wartości dawek indywidualnych pracowników kategorii A przekazywane są do centralnego rejestru dawek (PPAA)
3. Przed zatrudnieniem pracownika w warunkach narażenia kierownik jednostki organizacyjnej jest zobowiązany wystąpić do PPAA z wnioskiem o informacje z centralnego rejestru dawek o dawkach otrzymywanych w ciągu ostatniego roku kalendarzowego oraz w ciągu ostatnich 4 lat.

12.12

Przekroczenie dawek

Po stwierdzeniu przekroczenia którejkolwiek z dawek granicznych:

1. Skierowanie na badania lekarskie
2. Dalsza praca w warunkach narażenia wymaga zgody lekarza
3. W przypadku podejrzenia powstania choroby zawodowej ⇒ przepisy prawa pracy

12.12

Rozporządzenia, w których jest mowa o zasadach ochrony personelu

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego. (Dz. U. z 2005r. Nr 20, poz. 168)

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi. (Dz. U. z 2006r. Nr 180, poz. 1325)

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18 lutego 2011 r. w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej. (Dz. U. z 2011 r. Nr 51, poz. 265)

12.12

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego

(Dz. U. Nr 20 z dnia 3 lutego 2005r., poz. 168)

Rozporządzenie obowiązuje od dnia 17.02.2005r.

12.12

Ocena narażenia

1. *Oceny narażenia pracowników dokonuje się dla każdego roku kalendarzowego w oparciu o dawki wyznaczone na podstawie pomiarów (dozymetria indywidualna lub środowiskowa), wykonywanych w okresach nie dłuższych niż trzymiesięczne, a jeżeli okres zatrudnienia w warunkach narażenia jest krótszy niż trzy miesiące, po zakończeniu tego okresu.*
2. *Oceny narażenia osób z ogółu ludności dokonuje się raz w roku.*



Ocena narażenia

Wyznaczając dawki skuteczne, zmniejsza się je o dawki wynikające z naturalnego tła promieniowania jonizującego występującego na danym terenie, uwzględniając rzeczywisty czas narażenia. Jeżeli tło naturalne nie jest znane, za jego wartość przyjmuje się 2,4 mSv w ciągu roku kalendarzowego.



Na skuteczność ochrony radiologicznej mają znaczący wpływ:

Możliwości finansowe
Człowiek



Na skuteczność ochrony radiologicznej mają znaczący wpływ:

**realizacja zobowiązań
pracownik ↔ pracodawca**

Człowiek



Rozdział 3 – Zatrudnianie pracowników

Warunki zatrudnienia pracowników:

1. **Orzeczenie** o braku przeciwwskazań do zatrudnienia w warunkach narażenia wydane przez lekarza posiadającego odpowiednie kwalifikacje
2. Do pracy ze źródłem promieniowania jonizującego można dopuścić pracownika, który posiada odpowiednią do stanowiska pracy **znajomość przepisów** z zakresu bezpieczeństwa jądowego i ochrony radiologicznej oraz **niezbędne umiejętności**.

Szkolenia wstępne i okresowe - nie rzadziej niż co 5 lat zgodnie z programem szkoleń zatwierdzonym przez organ wydający zezwolenie.



Podsumowanie: Ustawa rozdz. 3 – obowiązki pracodawcy

Zapewnienie wykonywania działalności zgodnie z zasadą optymalizacji, wymagającą aby, przy rozsądnym uwzględnieniu czynników ekonomicznych i społecznych, liczba narażonych pracowników i osób z ogółu ludności była jak najmniejsza, a otrzymywane przez nich dawki były możliwie małe.

Kierownik ustala ograniczniki dawek dla personelu.





Rozdział 3 – Ochrona zdrowia pracowników, obowiązki kierownika

Odpowiedzialność kierownika jedn. org. za przestrzeganie wymagań bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej

- zgłaszanie zmian dotyczących danych określonych w zezwoleniu;
- przestrzeganie wymagań ochrony radiologicznej;
- uzasadnienie lub weryfikacja uzasadnienia dla nowych lub istniejących działalności;
- zapewnienie działalności zgodnie z zasadą optymalizacji;
- przeprowadzanie oceny narażenia pracowników;
- ustalanie ograniczników dawek;
- zapewnienie prowadzenia wstępnych i okresowych szkoleń pracowników;
- opracowywanie programu szkoleń;
- zaliczanie pracowników do kategorii A lub B;
- zapewnienie spełniania wymagań dla terenów kontrolowanych i nadzorowanych;
- prowadzenie rejestru dawek indywidualnych i przekazywanie wyników do centralnego rejestru dawek;
- zapewnienie opieki medycznej (sprzęt dozymetryczny, środki ochrony indywidualnej).

Rozdział 3 – Ochrona zdrowia pracowników, obowiązki kierownika

W każdej jednostce organizacyjnej wykonującej działalność wymagającą zezwolenia kierownik odpowiada za opracowanie i wdrożenie programu zapewnienia jakości.

Zobowiązania kierownika

Zapewnia pracownikom:

- opiekę medyczną,
- środki ochrony indywidualnej,
- sprzęt dozymetryczny,
- prowadzenie pomiarów dawek lub pomiarów dozymetrycznych oraz rejestracji wyników.

Kary

Kierownikowi jednostki organizacyjnej, który

- prowadzi działalność bez wymaganego zezwolenia, lub
- dopuszcza do narażenia pracownika lub innej osoby (przekroczenia dawek granicznych), lub
- nie dopełnia obowiązków w zakresie (...) ochrony radiologicznej

wymierza się karę pieniężną

Oslony (jedną z podstawowych metod ochrony radiologicznej) dzielimy na:

Stale

Oslony stale – beton, cegła, panele naścienne zawierające ołów, barytobeton, szkło (akryl) ołowiowe...

Oslony (jedną z podstawowych metod ochrony radiologicznej) dzielimy na:

Ruchome

Oslony ruchome – szkło ołowiowe, szkło „akryl” ołowiowe, blacha ołowiana, blacha stalowa...

Oslony (jedną z podstawowych metod ochrony radiologicznej) dzielimy na:

Indywidualne

Oslony indywidualne – guma ołowiowa, lateks / bizmut, ołów, szkło (akryl) ołowiowe...

O skuteczności osłony mówi jej zdolność do osłabienia promieniowania, czyli wartość ułamka:

$$\frac{\text{dawka przed osłoną}}{\text{dawka za osłoną}}$$

Oslony stałe

Konstrukcja ścian, stropów, okien, drzwi oraz zainstalowane urządzenia ochronne w pracowni rentgenowskiej zabezpieczają osoby pracujące:

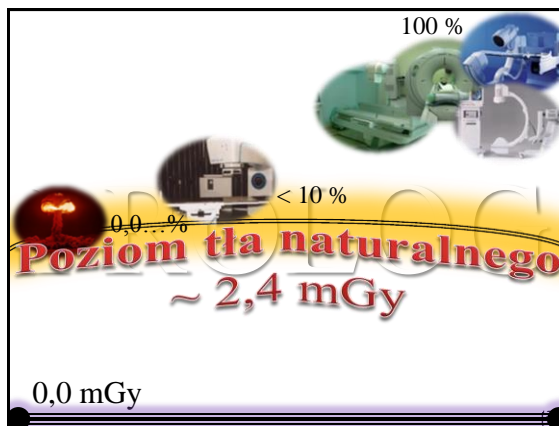
- 1) w gabinecie rentgenowskim przed otrzymaniem w ciągu roku dawki przekraczającej 6 mSv;
- 2) w pomieszczeniach pracowni rentgenowskiej poza gabinetem rentgenowskim przed otrzymaniem w ciągu roku dawki przekraczającej 3 mSv;
- 3) w pomieszczeniach poza pracownią rentgenowską, a także osoby z ogółu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

Oslony stałe

Konstrukcja ścian i stropów oraz okien i drzwi pracowni rentgenowskiej znajdujących się w budynkach mieszkalnych zapobiega otrzymaniu przez osoby z ogółu ludności w roku kalendarzowym dawki skutecznej przekraczającej wartość 0,1 mSv.

Moc dawki promieniowania rentgenowskiego na zewnętrznych ścianach ambulansu rentgenowskiego do wysokości 2,5 m od powierzchni ziemi nie przekracza 0,1 mGy/h przy maksymalnych parametrach pracy lampy i największej rozwartości przesłony oraz najczęściej stosowanym kierunku wiązki promieniowania.

Dawka od tła i innych źródeł



Dawka od tła i innych źródeł

Dawka vs skutek

Prawdopodobieństwo szkody zdrowotnej na każde 100 Sv		Efekty stochastyczne
Nowotwór (zgon)	5	
Nowotwór	1	
Poważny efekt dziedziczny	1,3	
Sumarycznie	7,3	
	Grupa wiekowa (lata)	Współczynnik wzrostu ryzyka
	< 10	x 3
	10 - 20	x 2
	20 - 30	x 1,5
	30 - 50	x 0,5
	50 - 80	x 0,3
> 80	ryzyko nieistotne	

Efekty progowe

5 do 15 % - zmiany skórne

Dawka od tła i innych źródeł

Dawka vs skutek

Brak dawki granicznej

Ilość informacji

vs

dawka

dwadzieścia kilka mSv

kilka do
kilkunastu
Sv!

DAWKA
INFORMACJA

DAWKA

DAWKA promieniowania jonizującego DAWKA środka kontrastowego

Dwie drogi

Promieniowanie jonizujące

Personel Pacjent

Personel
– **ochrona przed promieniowaniem**

Pacjent
– **optymalizacja**

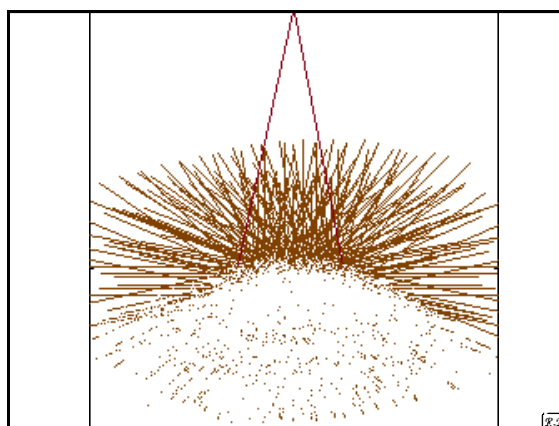
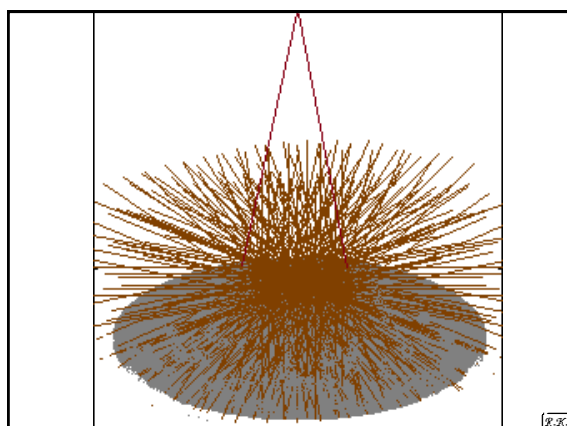
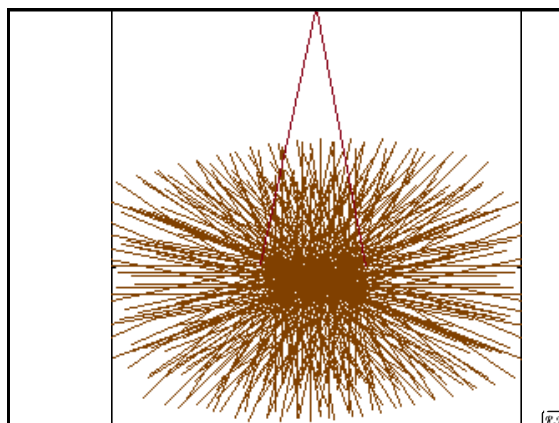
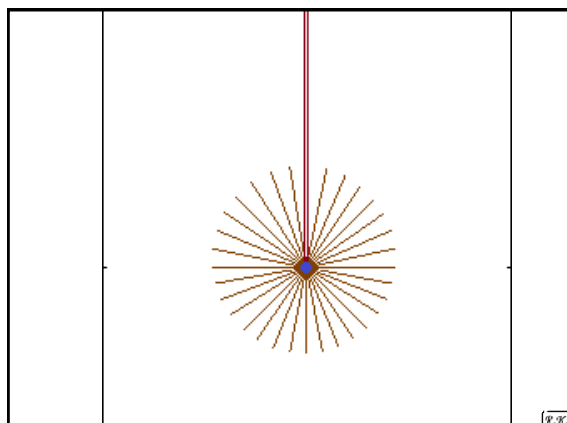
OPTYMALIZACJA
to nie tylko
REDUKCJA DAWKI

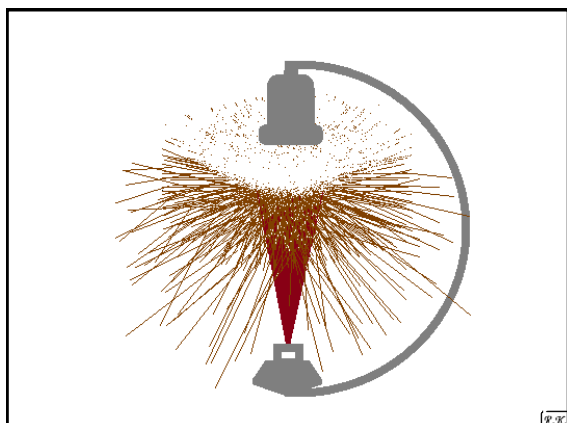
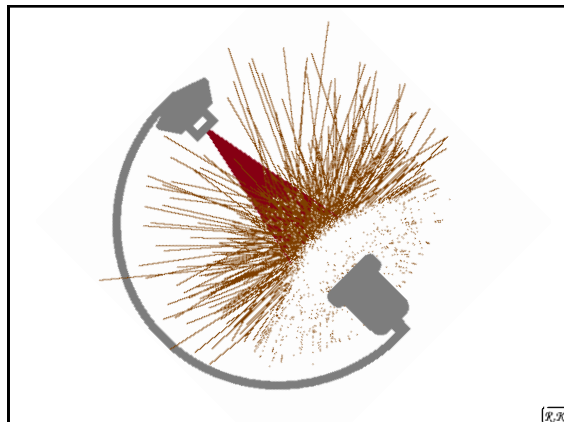
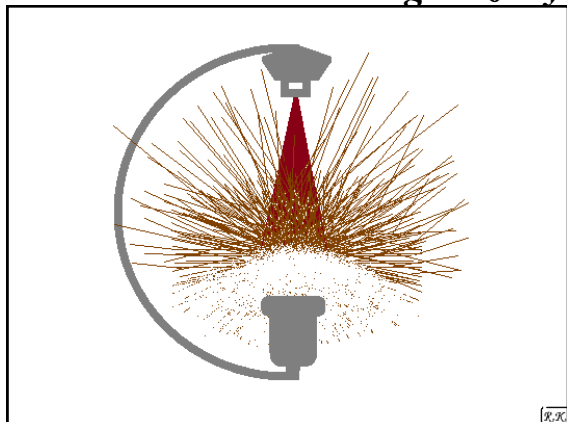
OPTYMALIZACJA
to nie tylko
POPRAWA JAKOŚCI OBRAZU

OPTIMALIZACJA
to jednocześnie
WYSTARCZAJĄCA JAKOŚĆ
OBRAZU PRZY ROZSADNIE
NISKIEJ DAWCE

Badanie	Dawka [μ Sv]	Ryzyko raka (na milion)
Wewnątrzustne	1 - 8,3	0,02 - 0,6
Panoramyczne	3,85 - 30	0,21 - 1,9
Cefalometria	2 - 3	0,34
CT zuchwy	364 - 1202	18,2 - 88
CT szczęki	100 - 3324	8 - 242
Status radiologiczny	150	9,5
CBCT	35 - 75	2 - 5

Państwo	Liczba zdjęć	Liczba zdjęć na 1 000 osób
Dania	2 400 000	449
Niemcy	22 520 000	274
Hiszpania	5 515 000	138
Luxemburg	191 000	433
Holandia	2 700 000	169
Portugalia	986 000	96
Finlandia	1 484 000	286
Szwecja	15 000 000	1 660
Wielka Brytania	12 500 000	209





MYŚLENIE

- Prawidłowe ustawienie filtracji
- Kratka przeciwrozproszeniowa
 - Świadomy wybór jakości obrazu
 - Świadome użycie procedur specjalnych
 - Świadome pozycjonowanie pacjenta
- Rozsądne korzystanie z automatyki (ABC / ADRC)
- System Zarządzania Jakością

Audyt kliniczny zewnętrzny

(...) Ponadto należy przygotować do przekazania materiały dokumentujące:

Dwie ostatnie sesje Analizy wyników niezgodnych z założonymi kryteriami (kto brał udział, ilości względne vs przyczyny odrzuceń, analiza przyczyn, wnioski),

Działania korygujące i zapobiegawcze wykonane w ciągu ostatnich 12 miesięcy w układzie: przyczyna działania – rodzaj podjętego działania – osiągnięty efekt,

Wyniki ostatnich audytów wewnętrznych obejmujących pełny zakres określony w Rozporządzeniu wraz z dokumentacją ewentualnej realizacji działań korygujących wynikających z ustaleń poauditowych oraz ocenę ich skuteczności

Sposób realizacji nadzoru nad dawkami i ich optymalizacji – zasady i zapisy