

Storheter och enheter inom strålskyddsdosimetrin Vad är Gy cm² för nåt??

Jan Persliden
professor, leg sjukhusfysiker
Universitetssjukhuset Örebro

M-huset på USÖ Svartån



Jan Persliden, Universitetssjukhuset
Örebro

Storheter och enheter

- Vem var Sievert?

Rolf Maximillian Sievert (1898-1966)



- Den svenska radiofysikens fader
- Professor i Radiofysik i Stockholm
- Grundare av SSI och Inst för radiofysik, KI.
- Internationellt verksam inom ICRP.
- Fått en stråldosenhet uppkallad efter sig

Dos hit och Dos dit

Nu måste vi vara noga med orden,
För vi skiljer på

- Dos
- Ekvivalent dos
- Effektiv dos
- ingångs-yt-dos

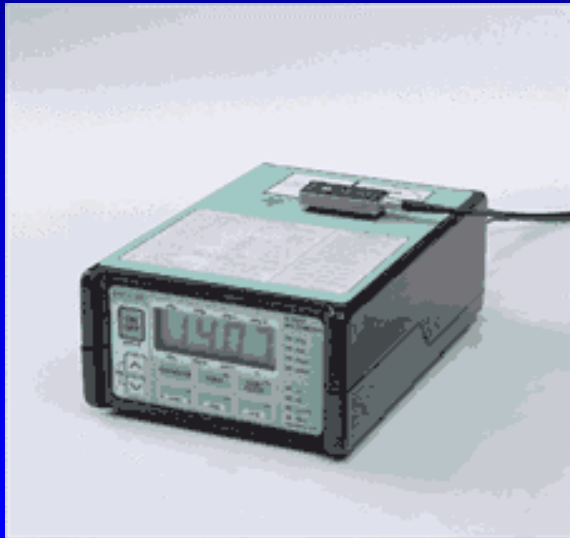
Dos = absorberad energi per
massenhet

- Sort Joule/kg eller Gray (Gy)

- Egentligen en punktegenskap för

Dos = $\lim_{\text{massenhet} \rightarrow 0} \text{abs. energi/massenhet}$

Dosmätning



Enhet: Gy

Gray är en mycket stor enhet.

6 Gy i helkroppsdos dödar en människa,
($LD_{50,30} = 5 \text{ Gy}$) men får en 6,0 W glödlampa att lysa
1 sekund,

OBS inte 60 W utan 6 W.

Det är bara i strålterapi vi använder Gy,
exvis. tumördos 60 Gy.

Inom Röntgen jobbar vi med oftast med milliGray, mGy

Nu blir det svårt



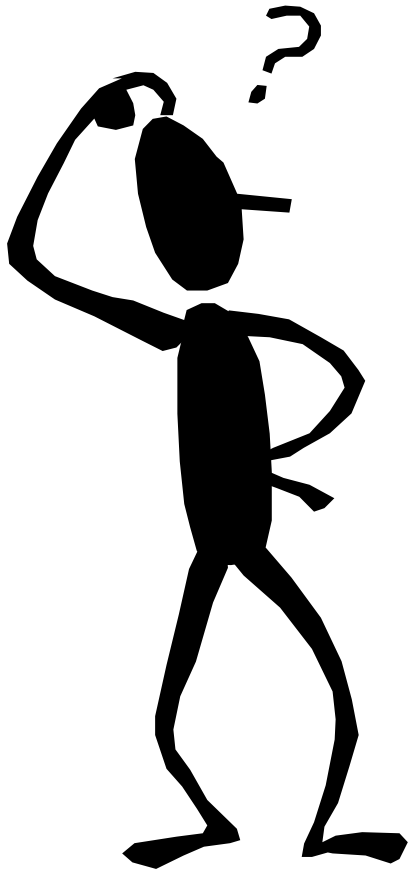
Jan Persliden, Universitetssjukhuset
Örebro

Ekvivalent dos (H_T)

- Då tittar man på biologisk effekt av strålningen i ett organ T
- Alfa, neutroner har större biologisk effekt än elektroner och röntgen/gamma
- Olika viktsfaktorer används för olika strålslag
- För röntgen, gamma och elektroner är viktfaktorn = 1
- Sort = Sievert (Sv) eller milliSievert, mSv

Ekvivalent dos (H_T)

- Den ekvivalenta dosen H_T till organet T är, summerat över samtliga strålslag R, medelvärdet av den absorberade dosen $D_{T,R}$ i organet T för varje strålslag R, multiplicerat med respektive strålslags viktningsfaktor w_R .
- $$H_T = \sum w_R D_{T,R}$$
 - Sort = Sievert (Sv) eller mSv



- Vaddå??

Olika strålslag och energiområden får
Viktningfaktorer (W_R)
pga olika biologisk effekt för samma dos,

dessa viktningfaktorer hämtas från
publikationerna

ICRP 60 (1990) och ICRP 103 (2007)

Typ och energinivå	W_R ICRP60	W_R ICRP103
Fotoner	1	1
Elektroner, myoner	1	1
Protoner, pioner	5	2
Alfa, tunga kärnor fissionsfragment	20	20
Neutroner <10 keV	5	
10 keV – 100 keV	10	
100 keV – 2 MeV	20	
2 MeV – 20 MeV	10	
>20 MeV	5	

Neutroner: $5 + 17 \exp(-1/6(\ln(2E))^2)$

HP

Effektiv dos (E)

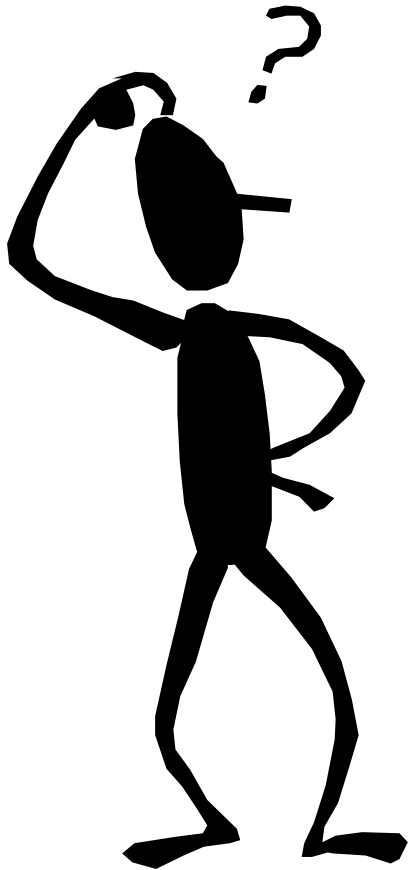
- Då tittar man på olika kroppsorgans cancerkänslighet, de får olika vikter w_T
- Sort = Sievert, Sv eller milliSievert, mSv

Effektiv dos (E)

- Olika organs känslighet för cancer har viktats. Data från Japan-materialet (Atombomberna över Hiroshima och Nagasaki 1945).
- Pågående forskning och viktsfaktorerna har ändrats 1990 och en ändring kom 2007, men denna är ännu inte införd i Sverige.

Effektiv dos (E)

- E beräknas genom uttrycket
- $E = \sum w_T \sum w_R D_{T,R} = \sum w_T H_T$
- w_T är viktningsfaktorn för vävnaden eller organet T.



- Vaddå??

Vävnad	ICRP60	ICRP103
Tarm*	0.12	0.12
Lungor	0.12	0.12
Röd benmärg	0.12	0.12
Mage	0.12	0.12
Bröst	0.05	0.12
Övrig**	0.05	0.12
Gonader	0.20	0.08
Thyroidea	0.05	0.04
Esofagus	0.05	0.04
Blåsa	0.05	0.04
Lever	0.05	0.04
Benytor	0.01	0.01
Hud	0.01	0.01
Hjärna	-	0.01
Spottkörtlar	-	0.01

* Medeldos ULI och LLI

**ICRP60: split-regel
ICRP103: medeldos i 13 organ
binjure
extrathoracic (ET)
gallblåsa
hjärta
njure
lymfkörtlar
muskler
orala slemhinnor
bukspottkörteln
prostata
tunntarm
mjälte
tymus
uterus/cervix

- Vad blir det då för förändring när vi använder ICRP 103 istället för den gamla ICRP 60, för beräkning av effektiv dos?
- Jag simulerade delar av några röntgenundersök. i programmet PCXMC från STUK, Finland och jämförde i samma geometri och ingångsdos.
- PCXMC ger effektiv dos både för ICRP60- och ICRP 103-organviktfaktorer.

Monte Carlo data for this definition file have already been generated

Header text Typical chest PA, Adult

Phantom data

Age: 0 1 5 10 15 Adult

Phantom height: 178.60 Standard: 178.6

Phantom mass: 73.20 Standard: 73.2 Arms in phantom

Symmetry data for the x-ray beam

Field width: 160.00 Beam width: 30.10 Beam height: 37.60

Xref: 0.0000 Yref: 0.0000 Zref: 52.0000

Projection angle: 90.00 Cranio-caudal angle: 0.00

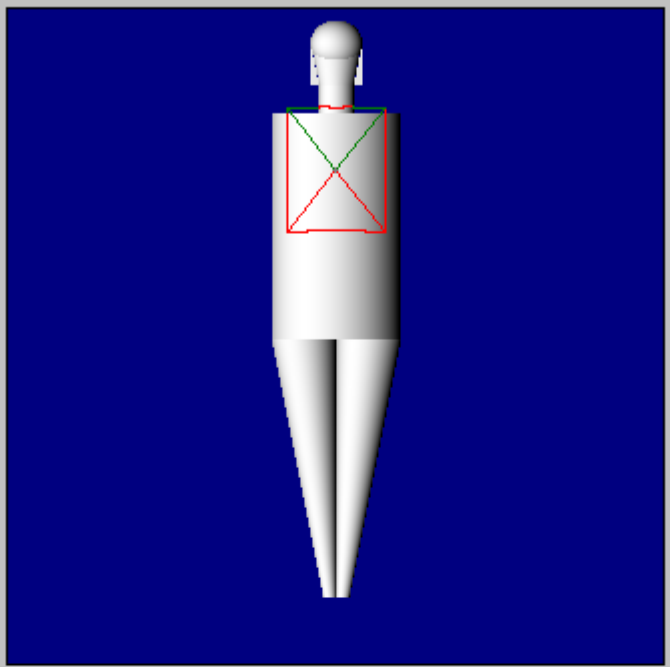
LATR=180 AP=270 (pos) Cranial X-ray tube
LATL=0 PA=90 (neg) Caudal X-ray tube

Draw x-ray field

Draw

Update Field

Stop



Rotation increment + 30 - View angle 90

Monte Carlo simulation parameters

Max energy (keV): 150 Number of photons: 100000

Field size calculator

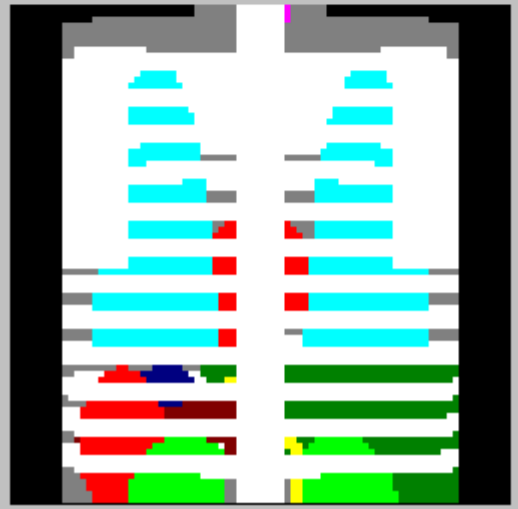
Field width: 110 Image width: 18 Image height: 24

Phantom exit- image distance: 5.0

Calculate

Use this data

- Skeleton
- Brain
- Heart
- Testes
- Spleen
- Lungs
- Ovaries
- Kidneys
- Thymus
- Stomach
- Salivary glands
- Oral mucosa
- Pancreas
- Uterus
- Liver
- Upper large intestine
- Lower large intestine
- Small intestine
- Thyroid
- Urinary bladder
- Gall bladder
- Oesophagus
- Prostate
- Pharynx/trachea/sinus



Quick Sharp

Monte Carlo data for this definition file have already been generated

Header text: Typical head AP, Adult

Phantom data

Age: 0 | 1 | 5 | 10 | 15 | **Adult**

Phantom height: Standard: 178.6

Phantom mass: Standard: 73.2

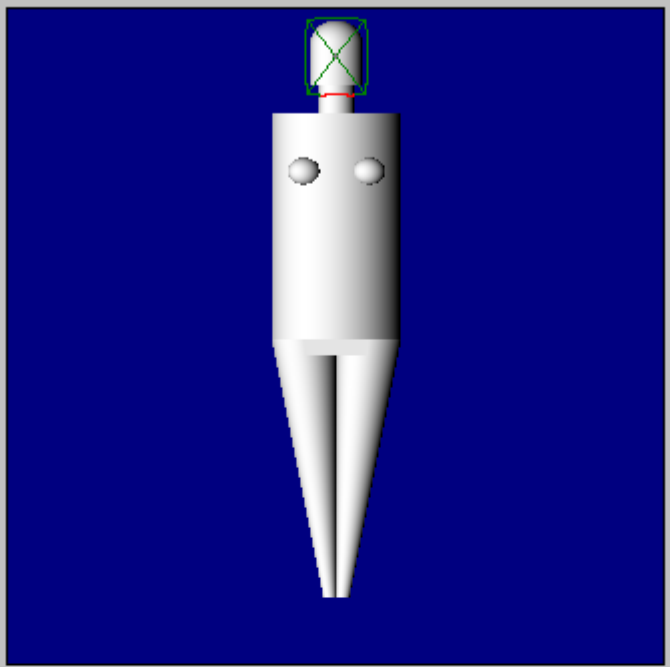
Arms in phantom

Symetry data for the x-ray beam

<input type="text" value="75.00"/>	<input type="text" value="17.60"/>	<input type="text" value="22.06"/>	<input type="text" value="0.0000"/>	<input type="text" value="0.0000"/>	<input type="text" value="87.0000"/>
Projection angle: <input type="text" value="270.00"/>		Cranio-caudal angle: <input type="text" value="0.00"/>			

LATR=180 AP=270 (pos) Cranial X-ray tube
 LATL=0 PA=90 (neg) Caudal X-ray tube

Draw x-ray field



Rotation increment: View angle:

Monte Carlo simulation parameters

Max energy (keV):

Number of photons:

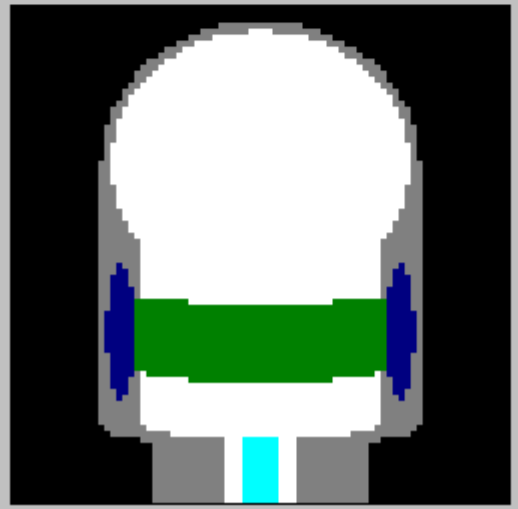
Field size calculator

FFID: Image width: Image height:

Phantom exit- image distance:

FSD: Beam width: Beam height:

- Skeleton
- Brain
- Heart
- Testes
- Spleen
- Lungs
- Ovaries
- Kidneys
- Thymus
- Stomach
- Salivary glands
- Oral mucosa
- Pancreas
- Uterus
- Liver
- Upper large intestine
- Lower large intestine
- Small intestine
- Thyroid
- Urinary bladder
- Gall bladder
- Oesophagus
- Prostate
- Pharynx/trachea/sinus



Quick Sharp

Monte Carlo data for this definition file have already been generated

Header text

Phantom data

Age: 0 1 5 10 15 Adult

Phantom height Standard: 178.6

Phantom mass Standard: 73.2 Arms in phantom

Symetry data for the x-ray beam

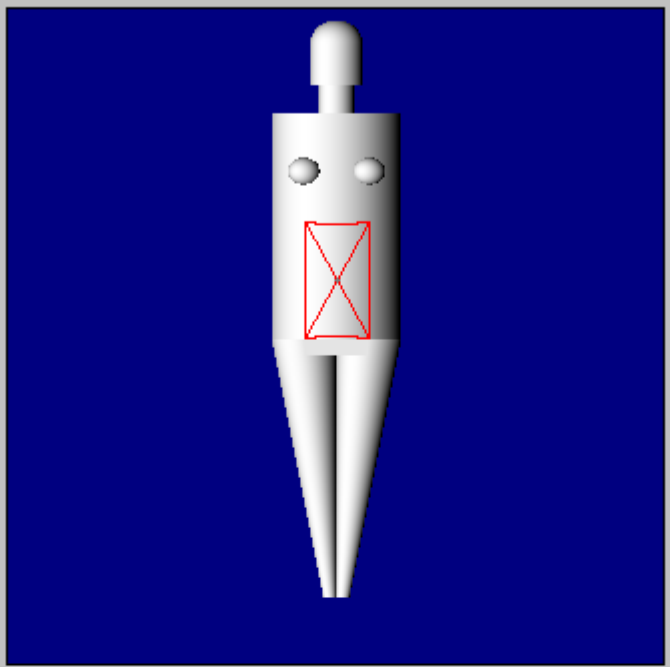
FOV Beam width Beam height

Xref Yref Zref

Projection angle Cranio-caudal angle

LATR=180 AP=270 (pos) Cranial X-ray tube
LATL=0 PA=90 (neg) Caudal X-ray tube

Draw x-ray field



Rotation increment View angle

Monte Carlo simulation parameters

Max energy (keV) Number of photons

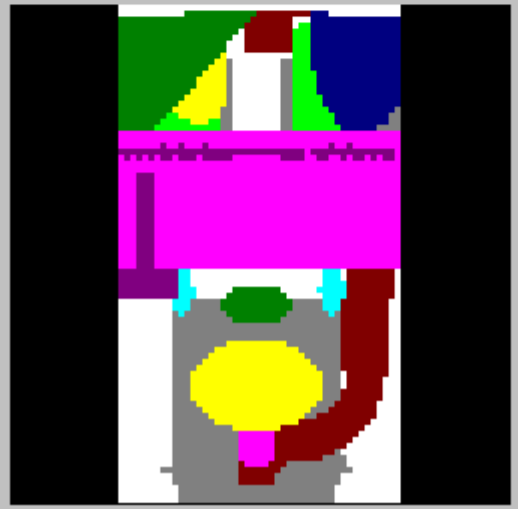
Field size calculator

FOV Image width Image height

Phantom exit- image distance:

FSID Beam width Beam height

- Skeleton
- Brain
- Heart
- Testes
- Spleen
- Lungs
- Ovaries
- Kidneys
- Thymus
- Stomach
- Salivary glands
- Oral mucosa
- Pancreas
- Uterus
- Liver
- Upper large intestine
- Lower large intestine
- Small intestine
- Thyroid
- Urinary bladder
- Gall bladder
- Oesophagus
- Prostate
- Pharynx/trachea/sinus



Quick Sharp

Vävnad	ICRP60	ICRP103
Tarm*	0.12	0.12
Lungor	0.12	0.12
Röd benmärg	0.12	0.12
Mage	0.12	0.12
Bröst	0.05	0.12
Övrig**	0.05	0.12
Gonader	0.20	0.08
Thyroidea	0.05	0.04
Esofagus	0.05	0.04
Blåsa	0.05	0.04
Lever	0.05	0.04
Benytor	0.01	0.01
Hud	0.01	0.01
Hjärna	-	0.01
Spottkörtlar	-	0.01

* Medeldos ULI och LLI

**ICRP60: split-regel
ICRP103: medeldos i 13 organ
binjure
extrathoracic (ET)
gallblåsa
hjärta
njure
lymfkörtlar
muskler
orala slemhinnor
bukspottkörteln
prostata
tunntarm
mjälte
tymus
uterus/cervix

Effektiv dos (PCXMC)

Undersökning	ICRP 60 mSv	ICRP 103 mSv	Skillnad i %
Lung-rtg, PA (Incident air kerma 0,327 mGy (standard))	0,096	0,101	5
Head AP (Incident air kerma 1 mGy)	0,026	0,037	30
Ländrygg AP (4 Gycm ²)	0,0017	0,0015	-13

Effektiv dos (E)



- Mätning går ej på patient
- Mätning med fantom
- Monte Carlo-simulering
- Enhet: Sv

Effektiv dos (E)

- Vi mäter infallande strålning.
- Vi räknar ut ekvivalenta dosen till olika organ (Monte Carlo simulering i dator).
- Vi multiplicerar med viktsfaktorn för organet.
- Vi summerar bidraget från alla organ = Effektiv dos

Exempel på effektiva doser inom röntgendiagnostiken i Sverige (SSI)

- En CT ger 5-10 mSv
- En magundersökning ca 1 mSv
- En urografi ca 4 mSv
- Colon ca 10 mSv
- Ländrygg ca 1,8 mSv
- Lungor ca 0,1 mSv
- Naturlig bg ~2-4 mSv

Universitetssjukhuset Örebro, M-huset

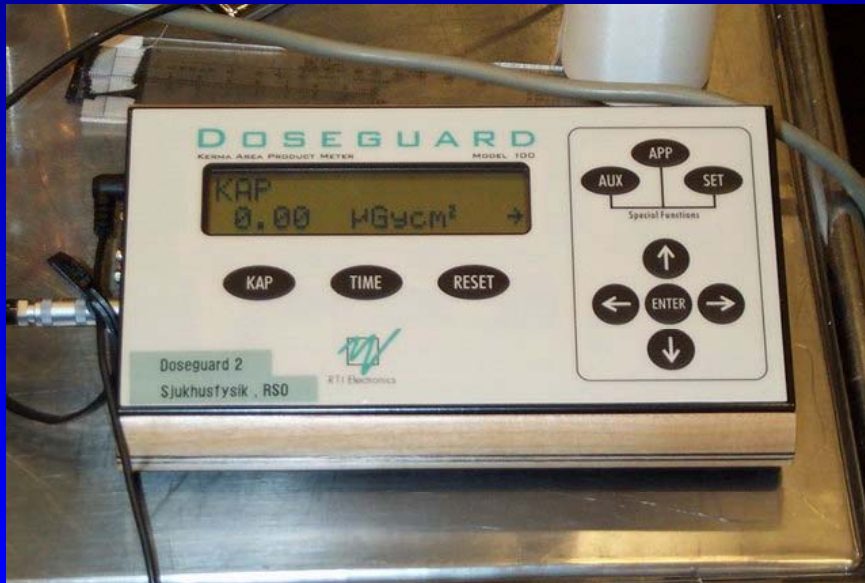


Jan Persliden, Universitetssjukhuset
Örebro

Gy cm² ????

- KAP-mätning, (Kerma Area Produkt-mätning)
- Dos i centrum av ett strålfält * fältstorlek
- Alltså en kombination av hur mycket vi strålar på en patient i en punkt men också hur dåligt du bländar in!!! Eller bra !!!!
- Sort = Gy cm²

KAP (kerma area-produkt)



Enhet: Gy cm²

Referensdos-nivåer (SSI)

<u>Organ</u>	<u>DRN</u>	<u>Medel i Sverige (2003-2006)</u>
• Colon	50 Gy cm ²	30 Gy cm ²
• Lungor	0,6	0,4
• Ländrygg	10	6,5
• Urografi	20	15
• Bäckén	4	1,6
• Koronarangio	80	44

Nu blir det enklare



Jan Persliden, Universitetssjukhuset
Örebro

Entrance Surface Dose (ESD)

ingångs-yt-dos
(hud-dos)

Vaffö ä det intessant?

Chronic radiodermatitis in 17 year old female patient after x2 radiofrequency ablation procedures

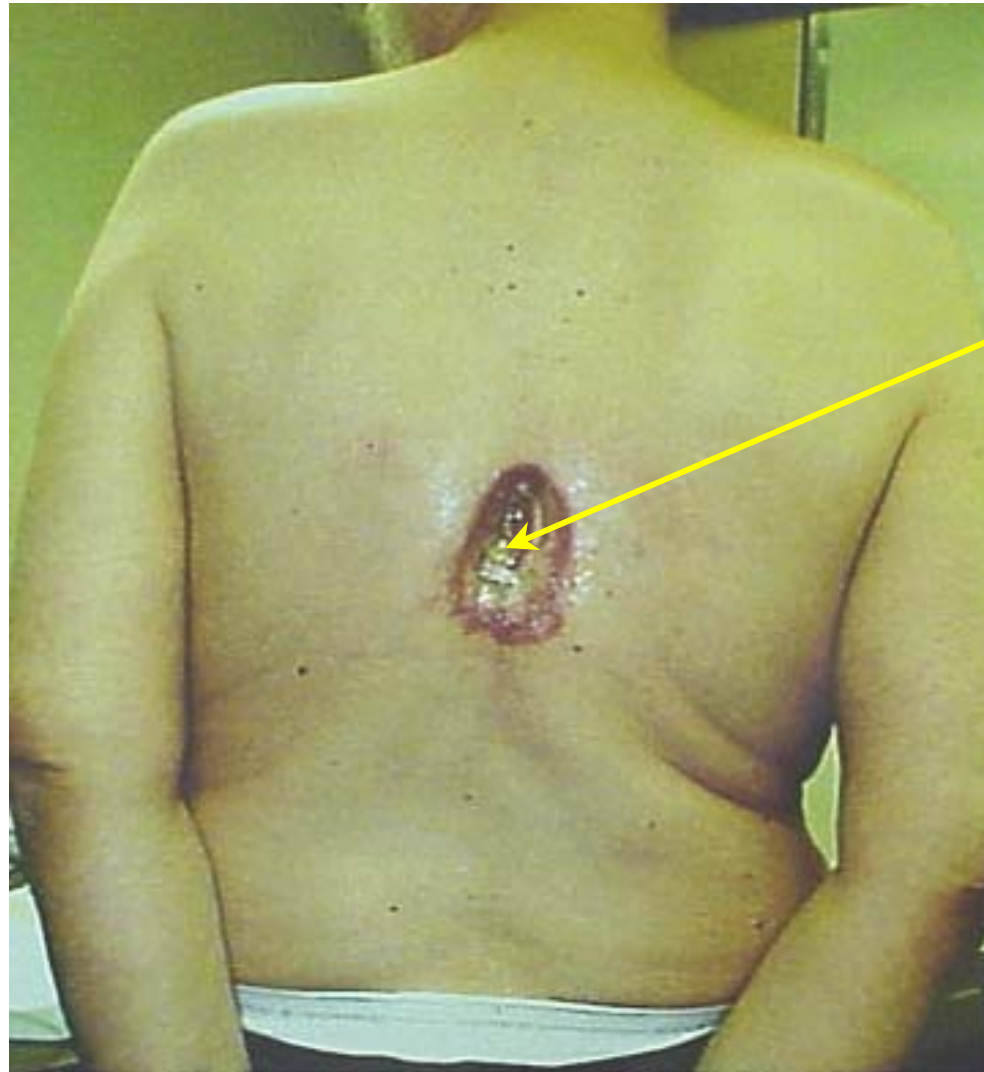
Atrophic indurated plaque

Hyper & hypo pigmentation,
with telangiectasia



(REPORTED BY E. VANO, 1997)

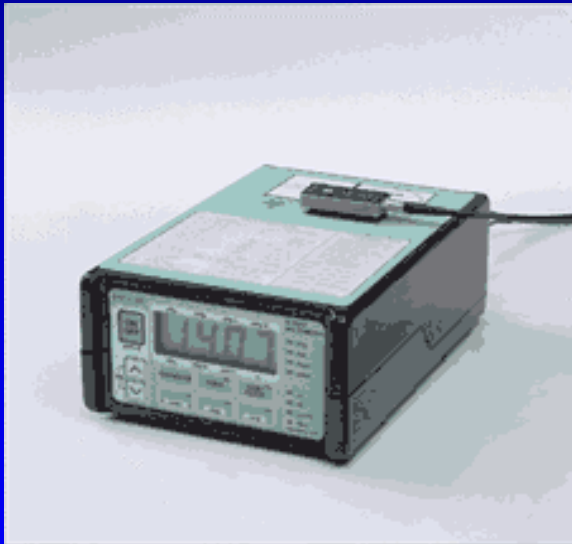
Example of chronic skin injury due to cumulative skin dose of ~20,000 mGy (20 Gy) from coronary angiography and x2 angioplasties



21 months after first procedure, base of ulcer exposes spinous process

- Ingångs-yt-dos, mGy eller mSv
 - Med eller utan bakåtspridning.
 - Med: huddos eller ekvivalent huddos, Sv
 - Utan: Dos fritt i luft, Gy

Entrance Surface Dose (ESD)



Enhet: Gy

Personal-strålskydd

Jan Persliden, Universitetssjukhuset
Örebro

Dosgränser

Situation	Period Storhet	Högsta effektiva dos eller ekvivalent dos (mSv)
Arbetstagare	År	
	Effektiv dos	50
	Ekvivalent dos till ögats lins	150
	Ekvivalent dos till hud	500
	Ekvivalent dos till extremiteter	500
	Samtidigt gäller under fem på varandra följande år	
	Effektiv dos	100



Exempel på personal-dos-nivåer - USÖ (Örebro), 2006, årsdos

- Röntgen

- Gastro: 0,2 - 2,1 mSv

- Akut: 0,1 - 1,4

- Thoraxradiol: 0,2 - 7,5

- **Fys-lab:** 0,1 - 3,5

M-huset på USÖ



Jan Persliden, Universitetssjukhuset
Örebro

B- och A-huset på USÖ



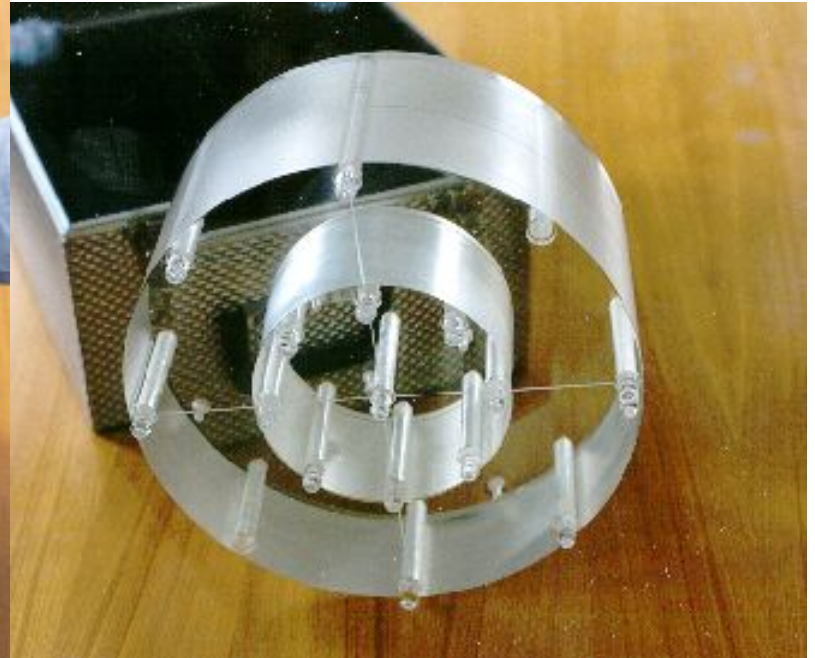
Jan Persliden, Universitetssjukhuset
Örebro

Datortomografi

CTDI = Computed Tomography
Dose Index

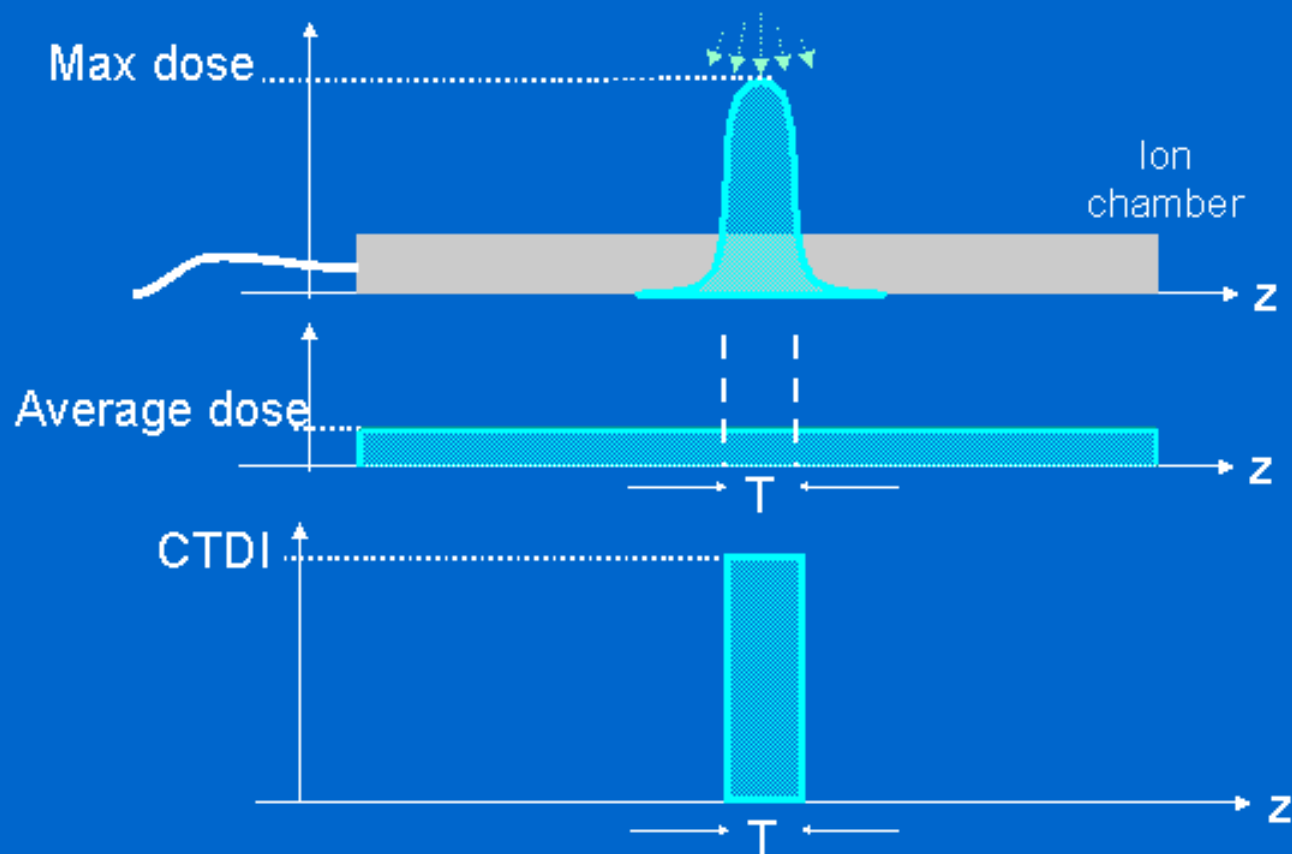
Mäts i enheten: Gy

Mäts med penn-jonkammare i plexiglas
fantom.



Jan Persliden, Universitetssjukhuset
Örebro

Measurement of CTDI with ion chamber



The principal dosimetric quantity used in CT is the *computed tomography dose index (CTDI)*. This is defined (6) as the integral along a line parallel to the axis of rotation (z) of the dose profile (D(z)) for a single slice, divided by the nominal slice thickness T:

$$CTDI = \frac{1}{T} \int_{-\infty}^{+\infty} D(z) dz$$

In practice, a convenient assessment of CTDI can be made using a pencil ionisation chamber with an active length of 100 mm so as to provide a measurement of $CTDI_{100}$ expressed in terms of absorbed dose to air (mGy). Such measurements may be carried out free-in-air on or parallel with the axis of rotation of the scanner ($CTDI_{100,air}$), or at the centre ($CTDI_{100,c}$) and 10 mm below the surface ($CTDI_{100,p}$) of standard CT dosimetry phantoms. The subscript 'n' ($CTDI_n$) is used to denote when these measurements have been normalised to unit radiographic exposure (mAs).



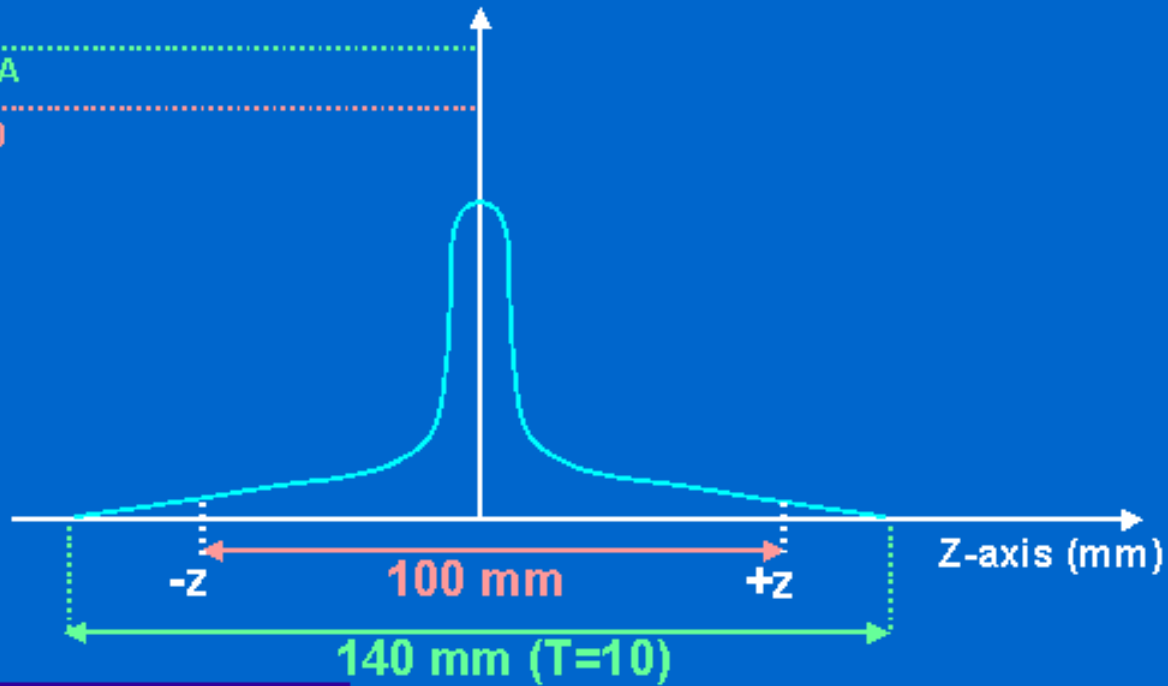
Jan Persliden, Universitetssjukhuset
Örebro

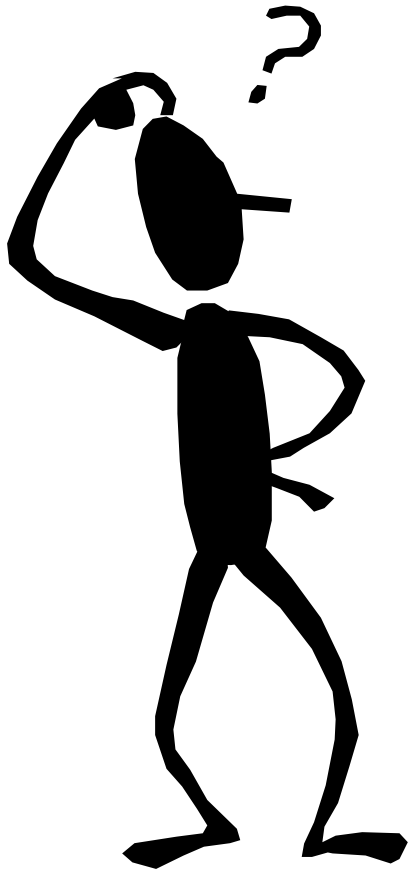
Integration distance

$$\text{CTDI} = \frac{1}{T} \int_{-z}^{+z} D(z) dz$$

CTDI_{FDA}

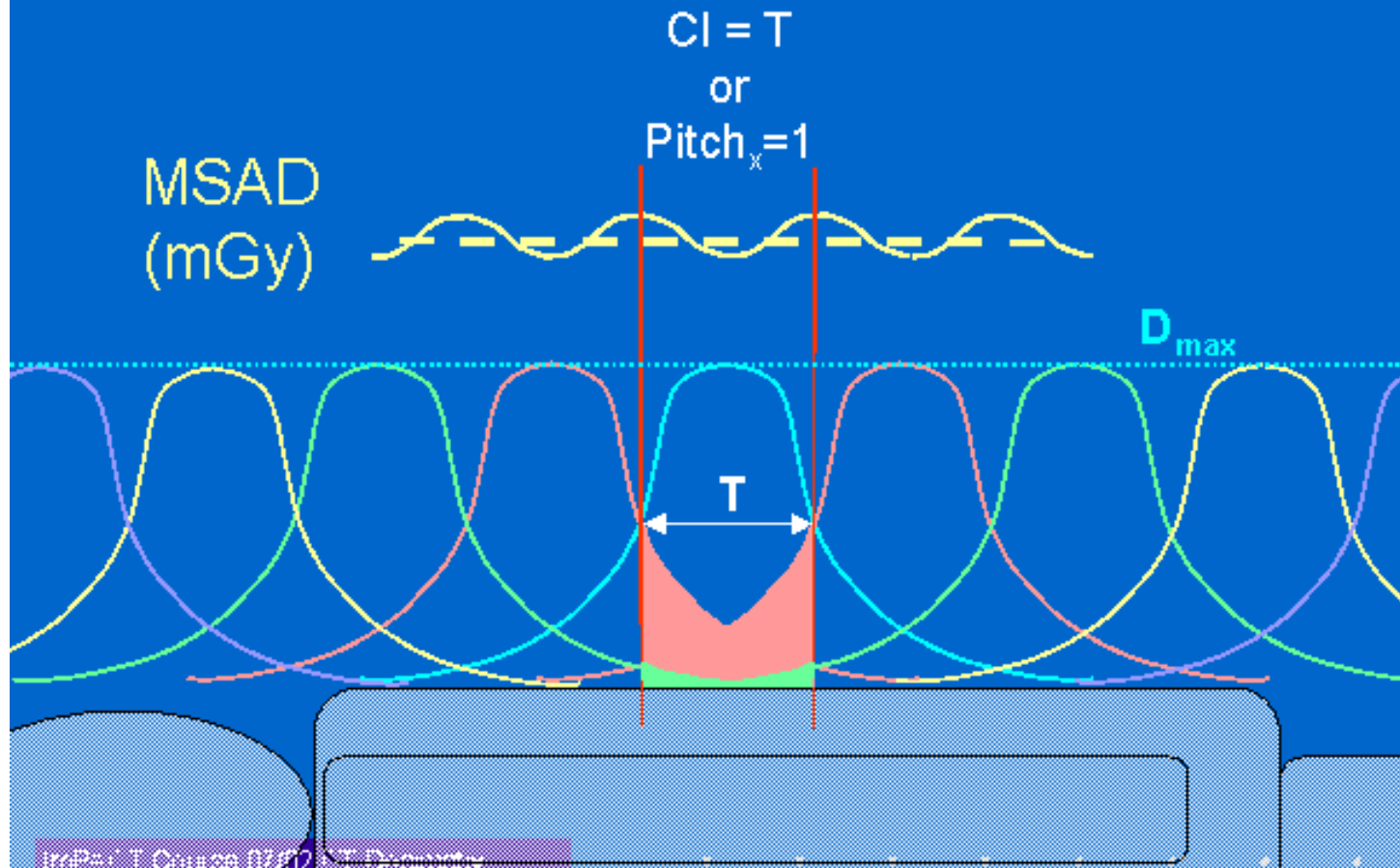
CTDI_{100}

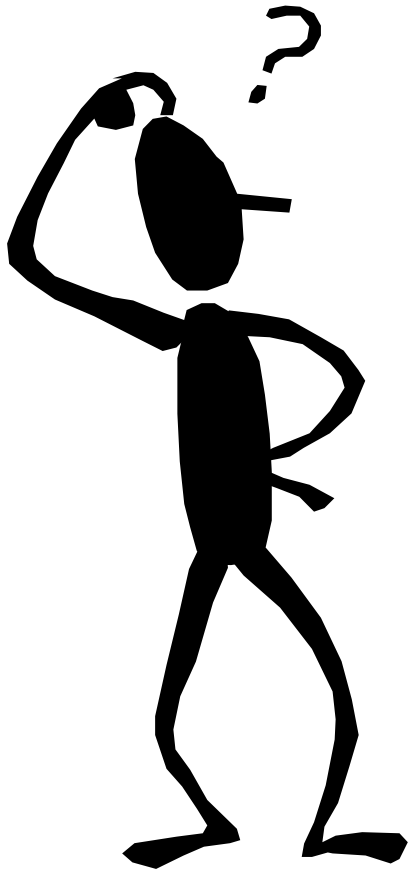




- Vaddå??

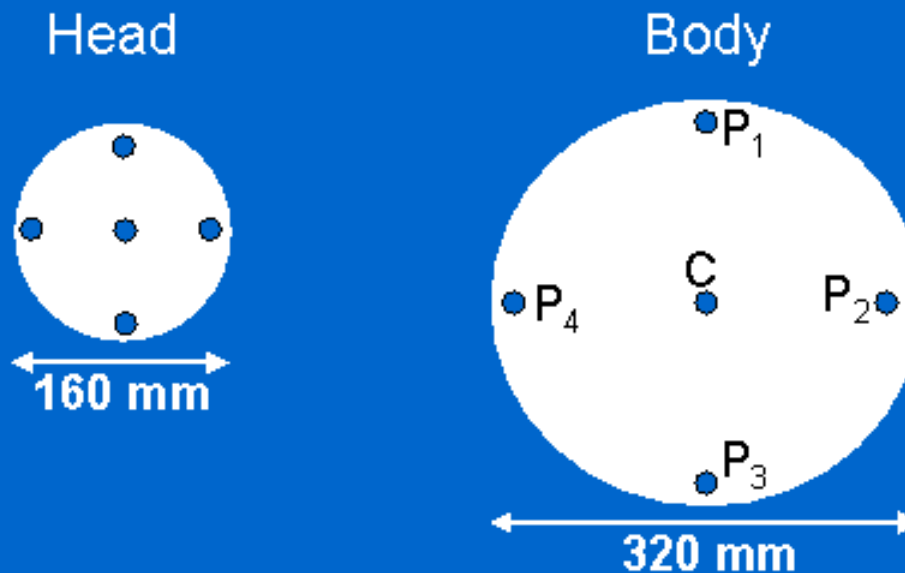
Multiple Scan Average Dose - MSAD





- Jassååå !!

CTDI in Perspex phantoms

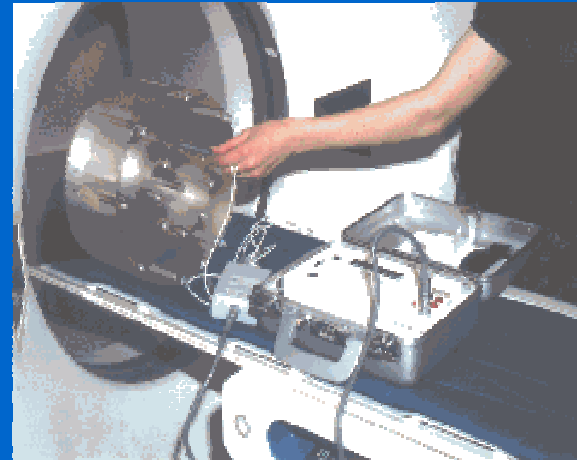


Measurements with ion chamber

- CTDI



In air



In Perspex phantoms

In a "world-famous" paper,
the Swedish scientists
Leitz W, Axelsson B and Szendrő G.
published 1995

Leitz W, Axelsson B and Szendrő G.
Computed tomography dose assessment - a practical approach.

Radiation Protection Dosimetry, 57 (1-4), 377-380 (1995)

the normalised average dose to the slice (7) is approximated by the (normalised) weighted CTDI ($CTDI_w$):

$$nCTDI_w = \frac{1}{C} (1/3CTDI_{100,c} + 2/3CTDI_{100,p})$$

(mGy(mAs)⁻¹) (2)

where C is the radiographic exposure (mAs) and $CTDI_{100,p}$ represents an average of measurements at four different locations around the periphery of the phantom.

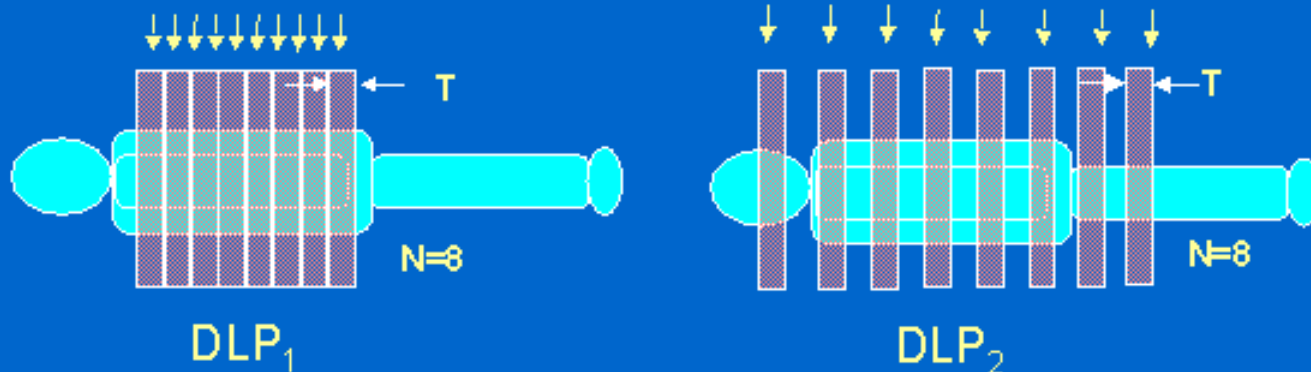
Dose Length Product - DLP

$$DLP = CTDI_w \cdot N \cdot T \text{ (mGy.cm)}$$

T = nominal slice width

Axial: N = no. of slices

Helical: N = no. of rotations



$$DLP_1 = DLP_2$$

Datortomografi

Referensdos-nivåer, mGy cm

<u>Organ</u>	<u>DLP</u>	<u>DRN</u>
• DT hjärna	972	1200
• DT buk	667	na
• DT thorax	390	600
• DT ländrygg	510	600

Estimates of Effective Doses

- Effective dose = $E_{DLP} \cdot DLP$ (mSv)

Region of body	Conversion factor, E_{DLP} (mSv mGy ⁻¹ cm ⁻¹)
Head	0.0023
Neck	0.0054
Chest	0.017
Abdomen	0.015
Pelvis	0.019

Ref. European Guidelines on Quality Criteria for Computed Tomography,
EUR 16262, May 1999

SLUT

Tack för mig

Har Du hängt med ända hit
så vet Du också vilket hus det här är??



Jan Persliden, Universitetssjukhuset
Örebro