

## Regneøvelser for Fys4760 innen CT

### Oppgave 1 Pitch beregninger for SSCT og MSCT

a) Gitt en GE HiSpeed CT/i CT, som er en enkelt-detektor spiral skanner (SSCT). Du bestiller en protokoll med 10 mm snitt tykkelse og 15 mm bordforflytning per rotasjon. Beregn pitch verdien. Du reduserer fra 1 sec rotasjonstid til 0,5 sec rotasjonstid. Hvilken betydning får dette for pitch verdien og total scantid?

b) Gitt en GE Lightspeed QX/i CT skanner. Denne fire kanalers MSCT gir i utgangspunktet adgang til to måter å kjøre spiralscan på, kalt HQ mode og HS mode. I tabellen under som er hentet fra spesifikasjonene, er det oppgitt hvordan bruken av detektoren endres avhengig av bestilt "scan mode" (HQ eller HS) og bordbevegelse. GE relaterer sin pitch angivelse for MSCT til enkeltkanals lengde, gitt som  $pitch_d$  i tabellen.

Detektor konfigurarotjon	Helical HS	Helical HQ	Axial/Cine 4i	Axial/Cine 2i	Axial/Cine 1i
4 x 5	30 mm/rot	15 mm/rot	5 mm	10 mm	-
4 x 3.75	22.5 mm/rot	11.25 mm/rot	3.75 mm	7.5 mm	-
4 x 2.5	15 mm/rot	7.5 mm/rot	2.5 mm	5 mm	10 mm
4 x 1.25	7.5 mm/rot	3.75 mm/rot	1.25 mm	2.5 mm	5 mm
$Pitch_d =$	6	3			

Vis at bestilt 5mm snitt-tykkelse med (a) HQ 15 mm/rotasjon og (b) HQ 7,5 mm/rotasjon I begge tilfeller gir  $Pitch_z=3$ .

Vis at "scan mode" HQ alltid tilsvarer pitch faktor 0.75, mens HS alltid tilsvarer pitchfaktor 1.5.

### Oppgave 2 Organdoser - gjennomsnittsbetraktninger

a) Ved hode CT leser vi av en verdi  $CTDI_w = 92$  mGy på CT konsollet. Snittene er lagt orthogonalt ( $90^\circ$ ) på pasientens lengdeakse, slik at øyelinsene er inkludert i det primære scanvolumet. Gi et estimat av dosen til øyelinsene. Underbygg og argumenter for verdien med kunnskap om hvordan dosene fordeler seg i et hodesnitt.

b) Ved en vanlig CT bekken protokoll leser vi av en verdi  $CTDI_w = 32$  mGy på CT konsollet. Tenk at man vil gjøre en CT pelvimetri med ett 10 mm snitt gjennom bekkenet, og at snittet treffer et foster med vekt 2.5 kg og 40 cm lengde gjennom fosterets hode. Hva omtrent blir gjennomsnittelig stråledose til fosteret?

Gitt at fosterets hjerne veier 500 g. Gjør et estimat av gjennomsnittelig stråledose til hjernen som organ. Fortell hvilke forutsetninger du legger til grunn for estimatet.

Her må dere holde tunga rett i munnen, og tenke på hva gjennomsnittelig stråledose i et organ betyr i forhold til dosen en kan måle i et punkt med en TLD eller et ionisasjonskammer.

Reflekter også på hvilken mening gjennomsnittelig organdose har dersom organet er mye større enn det eksponerte området, for eksempel dersom en eksponerer et lite område av huden (all hud er regnet som ett organ).

### Oppgave 3 Beregning av $CTDI_w$ , $CTDI_{vol}$ og DLP

Gitt en CT av bekken med formål en rask orienterende serie før CT biopsi på en GE HiSpeed CT/i (med smart beam) ved 120 kV 240 mA, 0.8 s rotasjonstid, med 5 mm snitt-tykkelse og pitch 1.5. Total scantid er 13.1 sec og det tas ut 24 bilder av 5 mm kant i kant. Ved bestilling av undersøkelsen oppgis  $CTDI_w = 7.85$  mGy og  $DLP = 96.6$  mGy·cm

På Impact hjemmesider <http://www.impactscan.org/> finner vi verdiene  $CTDI_{100,C} = 3.8$  mGy/100 mAs og  $CTDI_{100,P} = 7.3$  mGy/100 mAs. Vis hvordan du kan beregne  $CTDI_w$ ,  $CTDI_{vol}$  og DLP (og derved vise at oppgitt  $CTDI_w$  er korrigert for pitch) (du får litt ulikt resultat for DLP avhengig av hvordan du regner). Beregn effektiv dose utfra DLP verdien basert på overgangsfaktorer i EU's kvalitetskriterier <http://www.drs.dk/guidelines/ct/quality/> :

*Normalised values of effective dose per dose-length product (DLP) over various body regions*

Region of body	Normalised effective dose, $E_{DLP}$ (mSv mGy <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup> )
Head	0.0023
Neck	0.0054
Chest	0.017
Abdomen	0.015
Pelvis	0.019

Diskuter usikkerhetene i effektiv dose beregnet på denne måten versus effektiv dose beregnet med Impacts dosekalkulator

Følg også med på videreutviklingen av CT dosimetri på [http://www.msct.eu/CT\\_Quality\\_Criteria.htm](http://www.msct.eu/CT_Quality_Criteria.htm)

#### Oppgave 4 Detektorteknologi m.m. - diskusjoner rundt tekniske spesifikasjoner

Vedlagte sammendrag av tekniske spesifikasjoner for IGE Prospeed SX Hilight CT Scanner hentet fra en MDA evaluation report

##### a) Vektet CT doseindex, $CTDI_w$

Se på verdiene for CT doseindex (CTDI) målt i sentrum og periferi (1 cm under overflaten) av plexiglassfantom. Verdiene er relatert til "head" (16 cm diameter) og "body" (32 cm diameter).

- Verdiene er oppgitt for 10 mm snitt-tykkelse. Hva ville CTDI vært for 5 mm snitt-tykkelse?
- Diskuter forholdet mellom CTDI verdiene i sentrum og periferi. Hva forteller dette om fordelingen av dose for undersøkelser av hode og i abdomen?
- Oppgitte CTDI verdier er normalisert til 100mAs. Beregn  $CTDI_w$  for typiske mAs verdier for undersøkelse av abdomen for IGE Prospeed av modell a) S FAST og b) SX ADVANTAGE. Diskuter grunnen til forskjellen i  $CTDI_w$  verdi for de to skanner modellene.
- Gi en tolkning av størrelsen  $CTDI_w$  generelt, med hensyn til dose til pasient.

##### b) Lavkontrast detekterbarhet, støy og dose

Fra samme rapport kan en finne spesifikasjoner for "low contrast resolution" (LCR) og "Noise" (støy) relatert til eksponering av et fantom med 20 cm diameter, og dose målt på overflaten av fantomet. Kontrast og støy oppgis i %, der en litt forenklet kan si at 1% tilsvarer en variasjon eller differanse i målt CT tall på 10HU. Fantomet inneholder objekter av ulik diameter og kontrast, og LCR oppgis som minste diameter visualisert ved gitt kontrast. Støy er standard avvik i CT tall i en "region of interest" (ROI) i et homogent fantom, for eksempel vann.

Sanner modell	Bildekvalitet oppgitt i spesifikasjoner	Dose ved overflate 20 cm fantom
ProSpeed SX	LCR 2.5mm @ 0.40% contrast (4HU)	4.5 Rad (45 mGy)
Power	Noise 0.35% @ 4 rad (40 mGy)	4 rad (40 mGy)
HiLight Detector option	LCR 2.5mm @ 0.25% contrast (2.5HU)	4.5 Rad (45 mGy)
	Noise 0.33% @ 2.5 rad (25 mGy)	2.5 rad (25 mGy)

- Hva kan man trekke ut av disse dataene i forhold til grunnleggende detektorteknologi?
- Hva kan man trekke ut av dataene m.h.t. grunnleggende relasjoner mellom LCR, støy og dose?

##### c) Pitch, $CTDI_{vol}$ og DLP

Nye CT scannere oppgir  $CTDI_{vol}=CTDI_w/pitch$  verdi på konsollen ved bestilling av ny undersøkelse, sammen med dose lengde produktet (DLP) for hele den planlagte undersøkelsen. Der DLP er produktet mellom  $CTDI_{vol}$  og total scanlengde oppgitt i [mGy·cm].

- Du skal kjøre en CT abdomen med IGE Prospeed SX Advantage, med 10 mm snitt-tykkelse og 15 mm bordbevegelse per rotasjon. Hvilken pitch verdi tilsvarer dette?
- Du bruker 120 kV, 200 mA, 1s rotasjonstid, og skal dekke hele bekkenet til overkant lever, en scanlengde på 40 cm. Bruk  $CTDI_w$  fra oppgave 1) til å beregne  $CTDI_{vol}$  og DLP.
- Hva blir DLP hvis du kjører samme volum med pitch=1.0?
- Hva omtrent blir DLP hvis du kjører sekvensielt i 5/5, samme område med samme mAs per rotasjon? Hva tror du da skjer med bildestøy, LCR, og oppløsning i lengderetning?
- Gi en tolkning av størrelsen DLP generelt, med hensyn til dose til pasient.

TABLE 1 IGE PROSPEED SX POWER HILIGHT SUMMARY OF MANUFACTURERS SPECIFICATIONS with reference to the ProSpeed range				
	S FAST	SX POWER	SX POWER HILIGHT	SX ADVANTAGE
SCAN TIMES (sec)	1.5, 2, 3: 360°, 0.7 partial.	1, 1.5, 2, 3, 360° 0.7 partial.		
NOMINAL SLICE WIDTHS	1, 3, 5, and 10 mm. Pre-patient collimation for all slice widths			
GANTRY APERTURE	68 cm			
GANTRY TILT	+/- 25 deg.			
FIELDS OF VIEW	Body	25, 35, 50 cm.		
	Head	25 cm Adult, 25 cm Paediatric		
SLIP RING	Low voltage			
GENERATOR	42 kW	42 kW		
mA	60, 80, 100, 130, 160, 200, 250.	60, 80, 100, 130, 160, 200, 250, 300, 350.		
HELICAL SCAN SECONDS	33	60 Standard / 90 Option		
X-RAY TUBE	Heat storage capacity Maximum Output	2.5 MHU 30 kW	3.5 MHU 42 kW	
FOCAL SPOT	0.5 mm x 0.7 mm and 1.0 mm x 1.0 mm			
ANODE COOLING RATE	820 kHU/min			
kVp SELECTIONS	80, 120, 140 kVp			
NO. OF DETECTORS	813 + 14 reference detectors		917 + 23 reference detectors	
DETECTOR TYPE	Xenon pressurised gas		Solid state "HiLight" detector	
RECONSTRUCTION MATRIX	512 <sup>2</sup>			
DISPLAY MATRIX	512 <sup>2</sup>			
RECONSTRUCTION ALGS.	Soft tissue, Standard, Detail, Bone, Edge and Performance			
COMPUTER ARCHITECTURE	Micro-processor based CPU's			
SYSTEM DISC	1 Gbyte		2 Gbyte	
SPATIAL RESOLUTION	Xenon detectors		HiLight detectors	
c/cm	Standard alg. 25 cm FOV	Performance alg**. 6 cm FOV	Standard alg. 25 cm FOV	Performance alg**. 6 cm FOV
50% MTF	3.8	7.5	4.0	6.9
10% MTF	6.5	11.8	6.8	13.5
0% MTF	8.5	15.0	8.0	18.0
CTDI (mGy/100 mAs)	Centre		Periphery	
120kVp 10mm slice	Head	20	20.6	
	Body	5.7	10.3	
Typical mAs values Abdomen	300 ①		200 ②	
Typical mAs values Head	300 ①		250 ②	
SPACE REQUIREMENTS	27 m <sup>2</sup>			
CE MARKING ON PRODUCT?	YES ( MD/directive)			

All specifications taken from IGE product data sheets 96002-E & 95304-

\*\* not commonly used clinically.

① as used by ImPACT in the imaging performance report MDA/94/47

② as used by ImPACT in the imaging performance report MDA/96/75

## Oppgave 5 Håndregning av organdose ved bruk av MC baserte overgangsfaktorer

"National Radiological Protection Board" (NRPB) <http://www.hpa.org.uk/radiation/> (nå fusjonert med HPA i England) har utgitt tre rapporter i serien "Survey of CT Practice in the UK" (NRPB-R248, NRPB-R249 og NRPB-R250). Oppgaven er utformet med siktemål å gi forståelse for NRPB's metode for beregning av organdoser eller effektiv dose ved en gitt CT undersøkelse, basert på Monte Carlo beregnede overgangsfaktorer. NRPB gjorde Monte Carlo simuleringer av 23 vanlige CT scannere på 90-tallet (Vedlegg 1). De publiserte datafilene inneholder 208 sett av normaliserte dose data for 27 definerte organer og deler av NRPB matematiske fantom, svarende til CT scan av hver 5mm transversale snitt av fantomet. Disse 23 datasettene utgjør fremdeles er grunnlaget for doseberegninger i CT i mange land, gitt ved "dosekalkulator" utarbeidet av Impact <http://www.impactscan.org/>. Impact gruppen gjør også målinger av nye scannere på markedet for å finne hvilke av de gamle datasettene som passer best for å beskrive de nye.

**Problemstilling:** En kvinne var til CT undersøkelse av urinblæren rundt 1990. Det viste seg at hun var gravid i 4 uke, og barnet utviklet leukemi i 15 års alder. En ønsker en vurdering av dose til foster fra den aktuelle undersøkelsen. Det oppgis at CT scanneren var av typen GE CT PACE, en eldre aksial scanner mye i bruk på 80-tallet i Norge. Undersøkelsen ble utført med 10 snitt av 5 mm snitt-tykkelse med 10 mm bordbevegelse mellom snittene, og eksponeringsverdiene 120 kV og 260 mAs per rotasjon.

- a) Gamle målinger av CTDI på CT Pace er tilgjengelig. Målingene ble gjort med kalibrert ionisasjonskammer av 10 cm lengde, som var stilt inn langs rotasjonsaksen fritt i luft, slik at senter av snittet treffer kammeret midt på. Det forutsettes at hele doseprofilen fra ett snitt fanges opp av kammeret. For eksponering ved 120 kV og 260 mAs, 5 mm snitt-tykkelse, ble det avlest 54,2 mGy·cm på elektrometeret. Beregn  $CTDI_{air}$  ut fra formelen:

$$CTDI_{air} = \frac{1}{T} \int_{-z}^z D(z) dz$$

Diskuter ut fra figuren i Vedlegg 2 forståelsen av CTDI. Beregn CTDI normalisert til mAs og sammenlign med verdier du kan finne i litteraturen, for eksempel på Impact hjemmeside (hvis du har problemer med å laste ned dosekalkulator, dropp denne delen av oppgaven).

- b) NRPB matematiske fantom er bygd opp av 208 "slab". Man kan utfra gammelt bildemateriale av pasienten anslå at den totale scanlengden tilsvarer en ekponering i område fra slab 27 til og med 48. Studer fantomets oppbygning i Vedlegg 3 og plassering av urinblæra i Vedlegg 4, og diskuter om dette er rimelig.
- c) For å korrigere for de tilfellene hvor snittene ikke er lagt "butt i butt" (kontinuerlig) inngår en faktor p kalt "packing" faktoren, gitt ved formelen :

$$p = w \times n / L \quad (L = c(n - 1) + w)$$

der w er snitt-tykkelsen, n antall snitt og L total scanlengde og formel for total scanlengde er gitt i parantes, der c er bordbevegelsen

Diskuter størrelsen av p for kontinuerlige snitt, for overlappende snitt og for opphold mellom snittene. Beregn "packing" faktoren for gitte undersøkelse. Diskuter også betydning av packing factor versus pitch på mer moderne scannere.

- d) Dosen til et gitt organ beregnes utfra formelen (NRPB-R249):

$$D = \text{CTDI}_n (\text{Exposure setting}) p S_v D_f$$

der  $S_v D_f$  er total normalisert dose til organet summert over total scanlengde i fantomet, og forstås som dose til organ per dose til ICRU muskel ( ~ luft) målt fritt i luft ved rotasjonsaksen (mGy/mGy).

$\text{CTDI}_n$  er CTDI indexen for gitte eksponeringsparametre, og p "packing" faktoren.

NRPB har i rapportsform bare tabelert fire sett beregninger av  $D_f$ , som passer for en begrenset del av scannerne. Resterende datasett kan skaffes på diskett fra NRPB. Utsnitt av datasettet gitt i vedlegg 5 gjelder strengt tatt GE CT 8800/9000 serien med body filter. Vurder ut fra data i vedlegg 1 forskjellen på disse og CT PACE.

$D_f$  er gitt for alle 208 "slab" i det matematiske fantomet" for hver 5 mm oppover. Lengdeaksen har 0-punkt ved "slab" nummer 20. For å finne avlesningene for en gitt "slab" anvendes sammenhengen ( $\text{Slab.nr} \times 5 - 100$ ), noe som er tegnet inn på figuren i Vedlegg 3. Vis/bekreft ut fra dette at avlesningene for "slab" nummer 27 - 48 må foretas ved 35 til 140 mm.

Les ut tabellerte verdier av normert dose til uterus  $D_f$ , i området 35 til 140 mm, og før verdiene inn i tabellen gitt i vedlegg 6. Summer normert dose til uterus,  $S_v D_f$ .

Beregn dose til uterus fra formelen  $D = \text{CTDI}_n (\text{Exposure setting}) p S_v D_f$

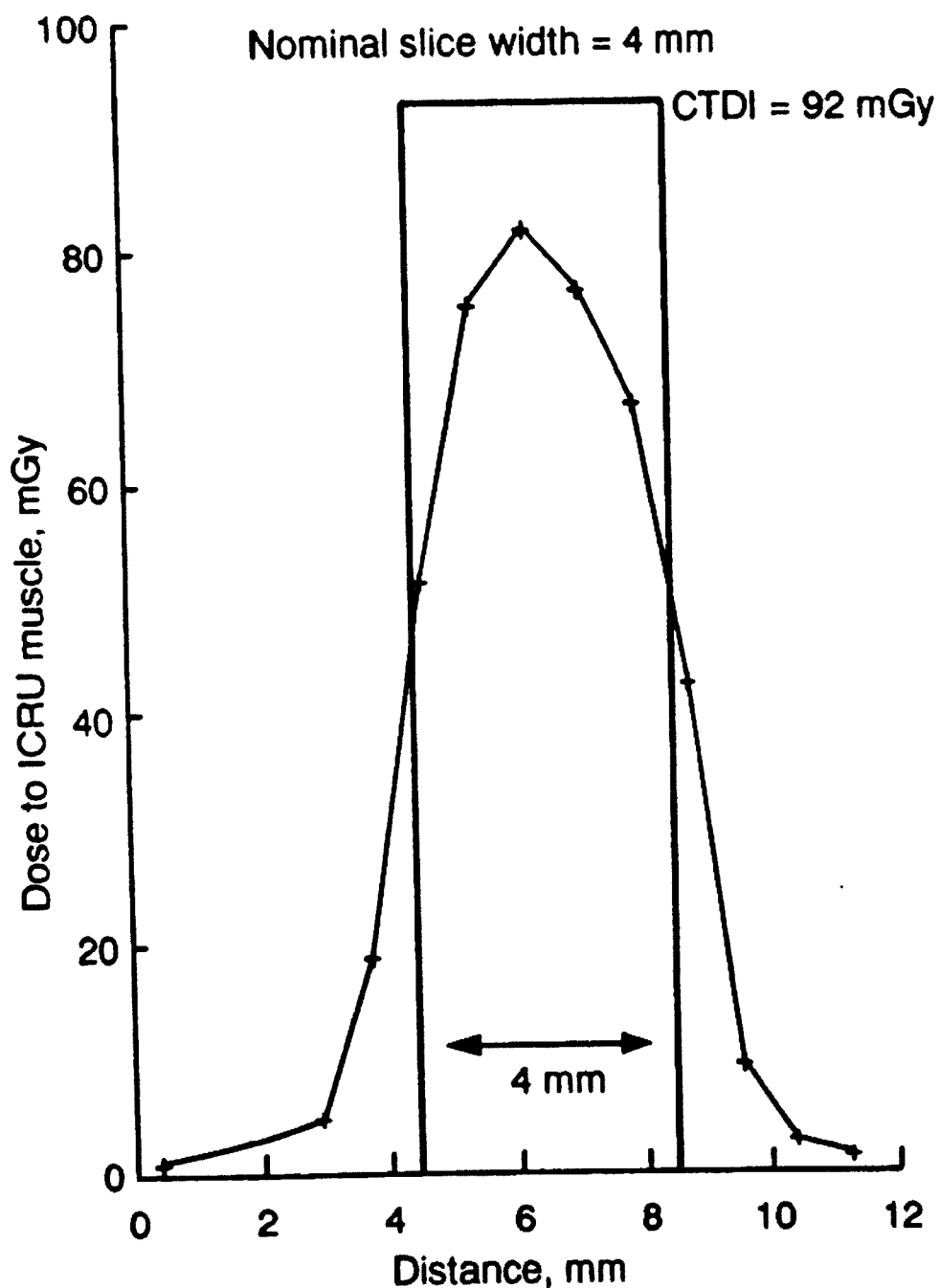
- e) Sammenlign den beregnede dosen til uterus med data hentet fra StrålevernRapport 11:1995: "Computer tomografi ved norske sykehus. Undersøkelsesteknikk og stråledose til pasient" for gjeldende scanner (vedlegg 7). Diskuter også dosene for undersøkelser av nyre versus bekken totalt for alle scannere (vedlegg 8), hvorfor dosen til uterus ved CT undersøkelser av pelvis normalt er mye høyere en ved "vår" urinblæreundersøkelse. (Hint : mAs, antall snitt, opphold mellom snittene, uterus plassering i scanvolumet...).
- f) Diskuter hvordan en kan slike data som i Vedlegg 5 til å beregne Effektiv dose fra undersøkelsen.
- g) Søk opp data over landsdekkende kartlegginger av effektiv dose (eks Google CT dose survey...). Diskuter erfaringer du har gjort deg i løsning av oppgaven med hensyn på å angi årsaken til den store variasjonen i CT doser for en og samme undersøkelse.

**TABLE 2 Exposure conditions assumed for NRPB Monte Carlo calculations of normalised organ doses from CT**

Monte Carlo data set no	CT scanner models for which data set is appropriate	Applied potential (kV)	Focus to axis distance (mm)	Flat filter		Shaped filter	
				Al (mm)	Cu (mm)	Option	Type
<b>Siemens</b>							
1	Somatom 2,DR1/2/3	125	760	2.2	0.25	-	-
2	Somatom DRG,DRG1	125	700	2.2	0.4	-	-
3 <sup>(a)</sup>	Somatom DRH,CR,CR512	125	700	2.2	0.2	-	-
<b>Picker</b>							
4	1200SX	130	640	0.7	-	HEAD	LEXAN
5	1200SX	130	640	0.7	-	BODY	LEXAN
<b>GE</b>							
6 <sup>(a)</sup>	CT 8800,9000/II/HP	120	780	2.7	-	HEAD	PMMA
7 <sup>(a)</sup>	CT 8800,9000/II/HP	120	780	2.7	-	BODY	PMMA
8	CT 9800,9800Quick	120	630	2.7	-	-	PTFE
9 <sup>(b)</sup>	CT 9800,9800Quick	140	630	2.7	-	-	PTFE
10	CT MAX	120	525	2.6	-	-	PTFE
11	CT PACE	120	525	2.7	-	-	PTFE
<b>CGR</b>							
12	CE 10000,12000	130	750	1.0	0.3	-	PEEK
<b>Philips<sup>(c)</sup></b>							
13	Tomoscan 305N,310,350 (GE No 2, no Cu)	120	487	3.5	-	-	Al
14	Tomoscan 305N,310,350 (GE No 2, with Cu)	120	487	3.5	0.25	-	Al
15	Tomoscan 310,350 (GE No 3, no Cu)	120	608	3.5	-	-	Al
16	Tomoscan 310,350 (GE No 3, with Cu)	120	608	3.5	0.25	-	Al
17	Tomoscan TX	120	606	1.4	0.1	-	Al
18 <sup>(a)</sup>	Tomoscan CX,CX/S	120	606	1.4	0.1	-	Al
19	Tomoscan LX	120	606	1.4	0.1	-	Al
20 <sup>(b)</sup>	Tomoscan TX	100	606	1.4	0.1	-	Al
21 <sup>(b)</sup>	Tomoscan TX	130	606	1.4	0.1	-	Al
22 <sup>(b)</sup>	Tomoscan LX	100	606	1.4	0.1	-	Al
23 <sup>(b)</sup>	Tomoscan LX	130	606	1.4	0.1	-	Al

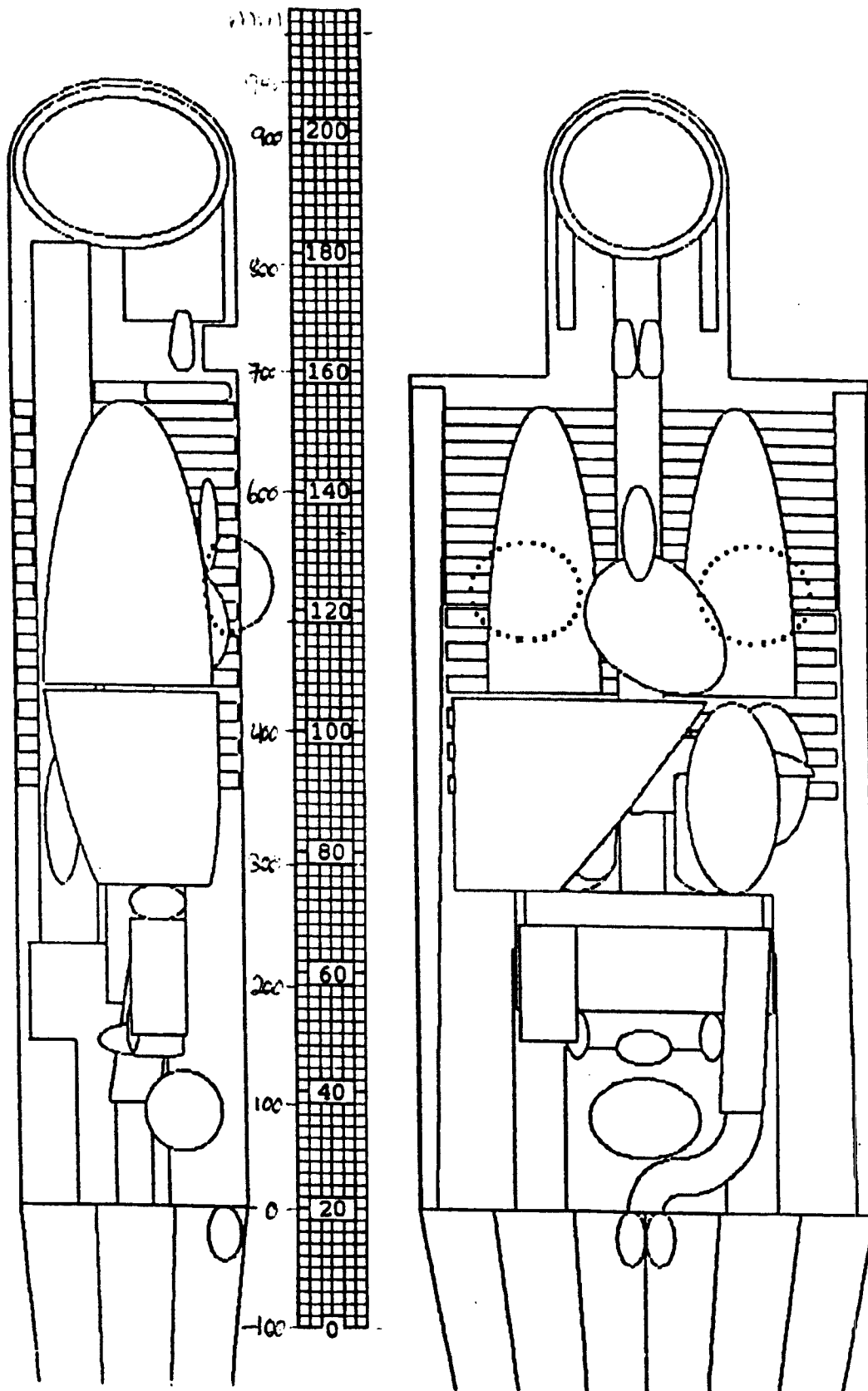
**Notes**

- (a) Data sets 3, 6, 7 and 18 are tabulated in the appendix.
- (b) Data sets 9, 20, 21, 22 and 23 relate to alternative applied potential settings for selected scanners.
- (c) Philips Tomoscan 300 series scanners have options for the variation of focus-to-axis distance (geometric enlargement setting) and for the inclusion of additional copper filtration.



**FIGURE 3 Derivation of CTDI from axial dose profile shown in Figure 2**





**FIGURE 1** Adult hermaphrodite phantom with a grid indicating the positions of the 208 Monte Carlo slabs, each 5 mm thick (numbers indicate the top edge of a given slab)

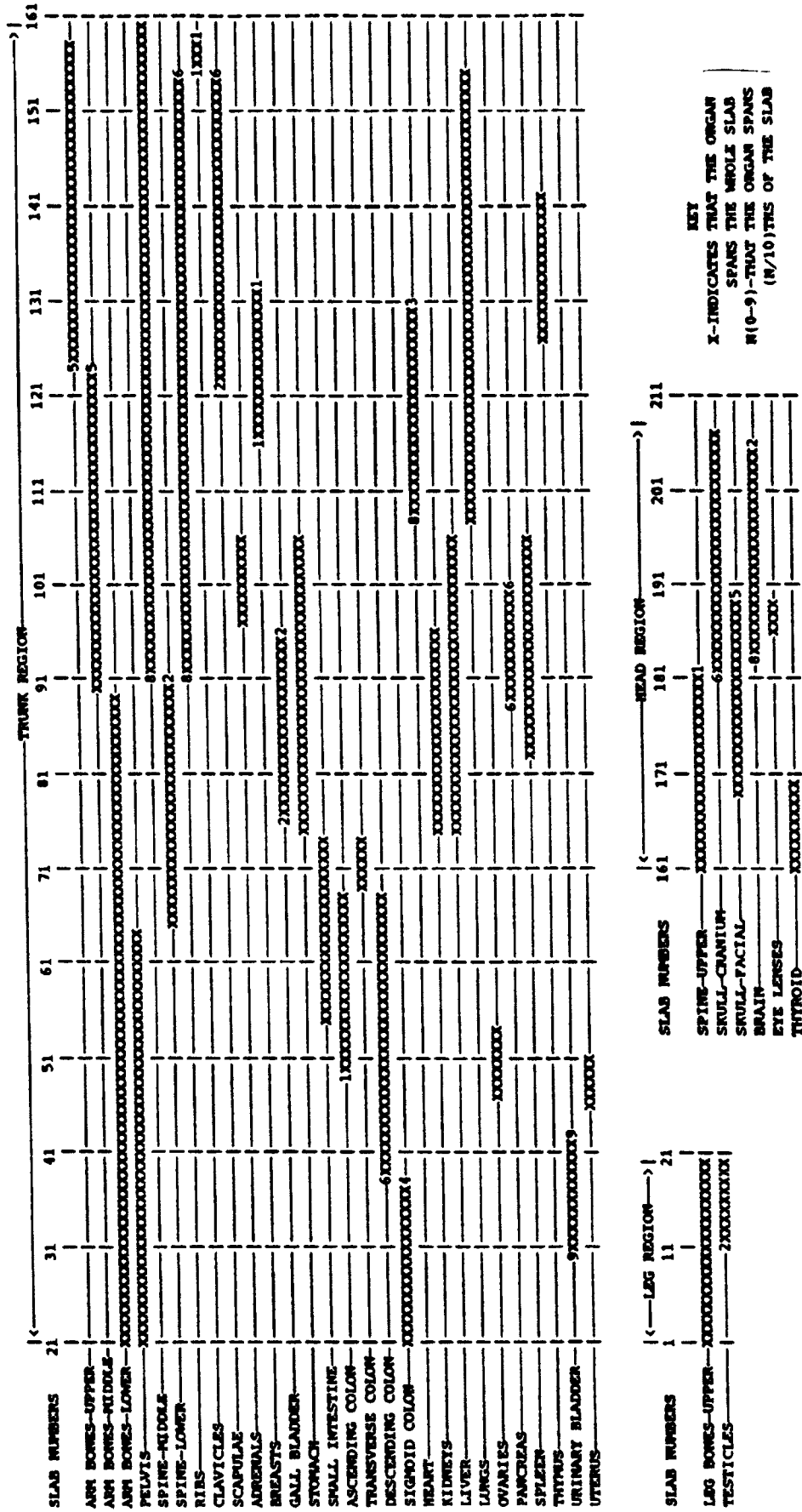


FIGURE 2 Division of bones and organs in the adult hermaphrodite phantom among the 208 Monte Carlo slabs each 5 mm thick

TABLE A3 (CONTINUED)

	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20			
BREASTS-	8.87E-6	4.23E-6	1.39E-5	6.13E-5	3.40E-6	8.73E-6	2.98E-6	7.03E-6	1.52E-6	7.43E-6	8.58E-7	9.03E-7
GALL BLADDER	3.84E-5	1.00E-5	2.96E-5	8.13E-5	3.16E-6	7.73E-6	3.58E-5	1.00E-5	1.35E-5	1.00E-5	7.27E-6	7.63E-6
STOMACH-	4.03E-6	6.83E-5	1.12E-5	5.13E-5	7.74E-6	4.53E-6	2.02E-5	3.63E-5	1.55E-5	3.33E-5	1.27E-5	3.93E-5
SMALL INTESTINE-	9.98E-5	6.33E-5	1.02E-4	8.53E-5	1.36E-4	8.33E-5	1.66E-4	7.33E-5	2.25E-4	5.73E-5	2.20E-4	5.53E-5
UPPER LARGE INTESTINE	7.15E-5	1.83E-5	1.04E-4	1.83E-5	1.11E-4	1.53E-5	1.37E-4	1.33E-5	1.62E-4	1.03E-5	1.92E-4	8.43E-5
LOWER LARGE INTESTINE	1.91E-3	4.13E-3	2.43E-3	3.63E-3	3.14E-3	3.43E-3	4.47E-3	4.03E-3	5.44E-3	3.13E-3	6.57E-3	2.53E-3
HEART-	8.51E-7	7.13E-7	3.50E-7	1.00E-7	1.34E-7	1.00E-7	1.37E-6	1.00E-7	1.91E-6	9.83E-7	2.38E-6	6.83E-6
KIDNEYS-	5.93E-6	4.23E-6	4.60E-6	5.23E-6	6.82E-6	3.73E-6	6.26E-6	3.43E-6	1.50E-5	3.23E-6	2.10E-5	2.83E-5
LIVER-	5.93E-6	3.43E-6	4.25E-6	3.13E-6	5.40E-6	3.53E-6	8.92E-6	2.53E-6	1.70E-5	2.53E-6	2.10E-5	2.83E-5
LUNGS-	2.32E-7	9.73E-7	2.95E-7	9.33E-7	2.95E-7	1.00E-7	9.51E-7	4.83E-7	1.70E-7	6.33E-7	4.83E-7	7.83E-7
OVARIES-	1.47E-4	3.33E-4	4.53E-4	4.23E-4	5.46E-4	4.43E-4	4.01E-4	3.53E-4	5.65E-4	2.83E-4	5.34E-4	3.03E-4
PANCREAS-	5.42E-6	1.43E-6	3.08E-6	8.83E-6	5.09E-6	5.23E-6	6.98E-6	2.63E-6	1.03E-5	3.93E-6	8.07E-6	5.23E-6
SKIN -	1.47E-3	1.13E-3	1.43E-3	1.23E-3	1.41E-3	1.53E-3	1.17E-3	1.23E-3	1.13E-3	1.33E-3	1.11E-3	1.06E-3
SPLEEN -	1.04E-7	1.00E-7	1.07E-6	7.93E-6	3.18E-6	6.73E-6	1.71E-5	5.73E-6	3.19E-6	6.43E-6	8.43E-6	5.13E-6
TESTICLES-	4.48E-2	2.33E-2	3.78E-2	2.53E-2	1.54E-2	3.03E-2	8.20E-3	3.53E-2	7.04E-3	4.43E-2	4.98E-3	6.43E-3
URINARY BLADDER-	1.56E-3	7.43E-3	1.71E-3	7.63E-3	2.35E-3	6.53E-3	2.61E-3	7.83E-3	2.54E-3	6.23E-3	3.41E-3	4.03E-3
UTERUS -	4.69E-4	1.33E-4	5.45E-4	1.13E-4	6.41E-4	1.33E-4	6.52E-4	9.93E-4	5.14E-4	8.43E-4	7.41E-4	8.83E-4
HEAD REGION-												
TRUNK REGION	4.53E-4	0.63E-4	5.31E-4	0.73E-4	6.06E-4	0.93E-4	7.29E-4	0.93E-4	1.64E-3	0.53E-3	1.87E-3	0.43E-3
LEG REGION -	3.82E-3	0.43E-3	3.66E-3	0.43E-3	3.48E-3	0.43E-3	3.24E-3	0.43E-3	1.50E-3	0.93E-3	1.09E-3	0.63E-3
TOTAL BONE -	1.93E-3	0.63E-3	1.87E-3	0.63E-3	1.77E-3	0.93E-3	1.75E-3	0.83E-3	1.56E-3	0.73E-3	1.45E-3	1.03E-3
RED MARROW -	3.94E-4	1.33E-4	4.14E-4	1.23E-4	4.38E-4	1.23E-4	4.97E-4	1.23E-4	7.45E-4	1.53E-4	8.15E-4	1.73E-4
ADRENALS -												
BREASTS -	9.73E-7	9.63E-7	2.23E-6	9.63E-6	1.37E-6	8.43E-6	7.11E-6	5.93E-6	6.56E-6	7.43E-6	2.67E-6	6.93E-6
GALL BLADDER	8.62E-6	8.13E-6	3.89E-5	1.00E-5	1.57E-5	9.93E-5	1.89E-5	8.33E-5	6.55E-5	8.63E-5	1.14E-4	7.83E-4
STOMACH-	2.18E-5	4.23E-5	1.82E-5	2.63E-5	3.24E-5	3.03E-5	9.63E-5	3.53E-5	2.60E-5	4.03E-5	3.10E-5	2.73E-5
SMALL INTESTINE-	2.65E-4	5.23E-4	2.99E-4	6.23E-4	3.18E-4	5.23E-4	3.46E-4	6.03E-4	3.71E-4	5.03E-4	4.25E-4	4.73E-4
UPPER LARGE INTESTINE	2.11E-4	1.13E-4	2.65E-4	1.03E-4	2.03E-4	8.43E-4	2.62E-4	7.63E-4	3.01E-4	6.83E-4	3.57E-4	6.63E-4
LOWER LARGE INTESTINE	6.88E-3	2.43E-3	7.13E-3	2.93E-3	7.21E-3	1.93E-3	7.22E-3	2.43E-3	7.15E-3	2.53E-3	6.24E-3	1.93E-3
HEART-	8.56E-7	9.83E-7	6.71E-7	1.00E-7	1.97E-6	9.73E-6	3.05E-6	4.63E-6	7.92E-6	6.73E-6	1.25E-6	4.73E-6
KIDNEYS-	1.84E-5	3.83E-5	1.69E-5	2.83E-5	2.42E-5	2.03E-5	1.31E-5	3.13E-5	2.28E-5	2.53E-5	3.25E-5	1.73E-5
LIVER-	1.25E-5	2.03E-5	1.22E-5	2.53E-5	1.41E-5	1.73E-5	1.25E-5	1.73E-5	1.28E-5	1.73E-5	1.90E-5	1.23E-5
LUNGS-	1.93E-6	5.83E-6	7.18E-6	6.23E-6	7.75E-6	4.03E-6	4.88E-6	5.63E-6	2.86E-6	4.13E-6	3.27E-6	4.63E-6
OVARIES-	1.13E-3	2.03E-3	8.89E-4	3.73E-3	8.27E-4	2.53E-3	1.29E-3	2.73E-3	1.43E-3	2.13E-3	1.48E-3	2.13E-3
PANCREAS -	2.06E-5	5.43E-5	1.00E-5	7.63E-5	1.66E-5	7.63E-5	1.06E-5	3.83E-5	1.11E-5	5.43E-5	4.16E-5	3.73E-5
SKIN -	1.08E-3	1.53E-3	1.09E-3	1.33E-3	1.06E-3	1.33E-3	1.04E-3	1.23E-3	1.04E-3	1.33E-3	1.06E-3	1.23E-3
SPLEEN -	2.25E-5	3.33E-5	3.44E-5	6.23E-5	8.02E-5	4.23E-5	1.63E-5	5.03E-5	1.10E-5	6.33E-5	1.02E-5	4.33E-5
TESTICLES-	4.39E-3	5.93E-3	3.48E-3	6.53E-3	3.48E-3	6.13E-3	2.54E-3	4.73E-3	2.39E-3	6.43E-3	2.34E-3	6.53E-3
URINARY BLADDER-	4.28E-3	4.53E-3	4.80E-3	3.83E-3	5.12E-3	3.73E-3	6.11E-3	4.93E-3	8.07E-3	3.33E-3	1.34E-2	4.03E-2
UTERUS -	1.27E-3	7.03E-3	1.32E-3	9.43E-3	6.88E-3	8.13E-3	8.66E-3	6.43E-3	1.89E-3	7.13E-3	2.07E-3	8.13E-3
TRUNK REGION	2.00E-3	0.43E-3	2.06E-3	0.53E-3	2.10E-3	0.43E-3	2.12E-3	0.43E-3	2.17E-3	0.43E-3	2.20E-3	0.43E-3
LEG REGION -	8.55E-4	0.83E-4	7.39E-4	0.83E-4	6.46E-4	1.03E-4	5.82E-4	1.13E-4	5.24E-4	1.03E-4	4.62E-4	0.93E-4
TOTAL BONE -	1.40E-3	1.13E-3	1.38E-3	0.93E-3	1.34E-3	0.93E-3	1.29E-3	0.93E-3	1.31E-3	1.03E-3	1.27E-3	1.13E-3
RED MARROW -	8.77E-4	1.43E-4	9.27E-4	1.63E-4	9.52E-4	1.53E-4	9.07E-4	1.43E-4	9.67E-4	1.43E-4	9.73E-4	1.23E-4



"Slab" nr.	lengdeaksen (mm)	Normert dose til uterus $D_f$ (mGy/mGy)
27	35	
28	40	
29	45	
30	50	
31	55	
32	60	
33	65	
34	70	
35	75	
36	80	
37	85	
38	90	
39	95	
40	100	
41	105	
42	110	
43	115	
44	120	
45	125	
46	130	
47	135	
48	140	

$$\Sigma_v D_f =$$

$$\begin{aligned} D_{\text{uterus}} &= \text{CTDI}_n \times p \times \Sigma_v D_f \\ &= \text{___ mGy/mAs} \times \text{___ mAs} \times \text{___} \times \text{___ mGy/mGy} \\ &= \text{___ mGy} \end{aligned}$$

Vedlegg 7 til oppgave 5

Dose data for General Electric Pace, Sytec 3000				(antall 13)				MC kode 11				
Eksponeringsparametre				CTDI				Organdoser (mGy)				
Start	n	w	c	mAs	mGy/mAs	Linse	RBM	Ovar	Test	Uter	H <sub>E</sub> E (mSv)	
Hode/Hjerne (CT KC), 1.0 Typisk undersøkelse												
Max:	895	32	10	10	0,409000	134,2	6,332	-	-	-	8,015	3,993
Min:	800	12	2	260	0,346700	3,692	2,744	-	-	-	2,830	1,725
Mean:	824,8	21,7	7,3	377,0	0,377885	32,48	4,278	-	-	-	5,284	2,731
Thorax (CT TH), 2.0 Typisk undersøkelse												
Max:	655	50	10	20	0,382200	-	24,59	0,374	0,010	0,270	34,51	31,86
Min:	370	20	5	180	0,370200	-	3,867	0,016	0	0,019	5,504	5,582
Mean:	427,5	28,6	9,2	283	0,372200	-	9,724	0,078	0,002	0,065	12,81	12,66
Abdomen (CT AB), 3.0 Typisk undersøkelse												
Max:	275	46	10	20	0,382200	-	17,32	44,58	9,795	52,63	29,37	22,57
Min:	0	17	5	234	0,370200	-	3,169	0,891	0,002	0,707	7,393	5,178
Mean:	86,5	31,3	9,3	330,6	0,371810	-	10,41	21,44	4,205	24,94	16,21	13,85
Lumbalcolumna (CT CL), 4.0 Typisk undersøkelse												
Max:	235	50	5	10	0,409000	-	8,106	15,15	0,228	12,74	14,17	9,073
Min:	165	10	3	260	0,360000	-	3,290	7,632	0,113	6,337	4,077	2,743
Mean:	186,8	19,3	4,5	427,2	0,378108	-	5,662	11,50	0,178	9,760	7,233	4,734
Lever (CT HE), 5.0 Typisk undersøkelse												
Max:	280	36	10	10	0,382200	-	11,27	3,069	0,079	2,289	27,07	18,83
Min:	175	15	5	234	0,370200	-	3,169	0,891	0,025	0,707	7,393	5,178
Mean:	269,5	26,9	8,7	322,1	0,373330	-	7,184	1,944	0,050	1,476	17,29	11,96
Nyre (CT RE), 6.0 Typisk undersøkelse												
Max:	280	38	10	10	0,382200	-	13,58	5,371	0,121	4,713	29,49	20,95
Min:	220	15	5	180	0,370200	-	4,132	1,675	0,041	1,352	9,899	6,705
Mean:	259,0	27,2	9	319,6	0,372600	-	7,113	2,892	0,070	2,373	17,36	11,81
Bekken (CT PE), 7.0 Typisk undersøkelse												
Max:	35	40	10	20	0,382200	-	18,75	74,93	21,53	91,88	33,98	25,98
Min:	0	17	5	234	0,370200	-	2,844	13,12	3,323	17,40	6,041	4,854
Mean:	4,2	23,8	7,8	354,1	0,375533	-	7,301	29,19	8,700	38,74	14,08	11,15

Vedlegg 8 ti oppgave 5

Eksponeringsparametre				CTDI <sub>n</sub>			Organdoser (mGy)				H <sub>E</sub>	E	
Start	n	w	c	mAs	mGy/mAs	Linse	RBM	Ovar	Test	Uter	(mSv)		
<b>Lumbalcolumna (CT CL), 4.3 Mistanke om metastaser i lumbale virvler</b>													
Max:	400	47	10	24	1024	0,382200	-	9,175	19,25	0,409	14,74	18,71	12,45
Min:	165	7	2	3	260	0,095500	-	0,398	0,085	0,004	0,070	0,759	0,424
Mean:	214,8	15,5	5,3	6,2	502,8	0,255138	-	3,856	5,856	0,119	4,967	6,142	4,049
Stdv:								2,324	4,863	0,099	3,947	3,391	2,351
Median								3,466	4,175	0,083	4,087	5,424	3,768
3.kvartil								5,098	9,377	0,176	7,677	7,698	5,265
<b>Lever (CT HE), 5.0 Typisk undersøkelse</b>													
Max:	300	40	10	16	560	0,382200	-	16,84	5,513	0,135	5,153	36,32	26,46
Min:	175	12	5	8	104	0,093500	-	1,856	0,437	0,008	0,363	4,431	3,050
Mean:	270,7	28,1	9,2	10,2	363,5	0,246209	-	7,102	1,901	0,049	1,580	16,82	11,87
Stdv:								3,567	1,137	0,033	1,014	8,134	5,864
Median								6,469	1,677	0,036	1,373	16,23	11,10
3.kvartil								9,925	2,498	0,071	2,000	23,59	16,36
<b>Nyre (CT RE), 6.0 Typisk undersøkelse</b>													
Max:	400	62	10	16	560	0,382200	-	13,58	5,401	0,141	5,032	29,49	21,15
Min:	220	12	5	5	104	0,093500	-	0,671	0,256	0,004	0,219	1,685	1,075
Mean:	262,3	25,0	9	9,7	356,1	0,255447	-	5,763	2,304	0,058	2,018	14,47	9,931
Stdv:								3,352	1,432	0,039	1,257	7,684	5,445
Median								5,355	2,139	0,051	1,782	14,96	10,10
3.kvartil								8,173	3,087	0,081	2,569	21,02	14,36
<b>Bekken (CT PE), 7.0 Typisk undersøkelse</b>													
Max:	120	50	10	20	560	0,382200	-	21,99	74,93	21,53	91,88	33,98	26,84
Min:	0	10	4	5	200	0,093500	-	1,013	2,202	1,559	2,625	1,638	1,556
Mean:	4,2	24,2	8	10,5	378,8	0,259759	-	7,149	25,69	7,238	30,92	12,42	9,806
Stdv:								4,561	16,21	4,360	19,35	7,589	5,910
Median								5,808	23,77	6,143	27,47	10,77	8,328
3.kvartil								9,074	30,71	8,290	36,64	15,55	11,80