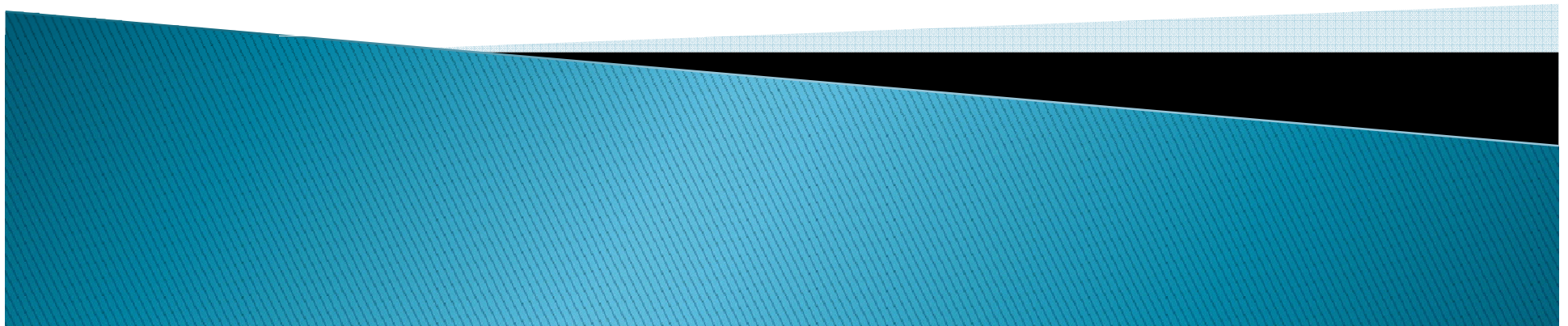


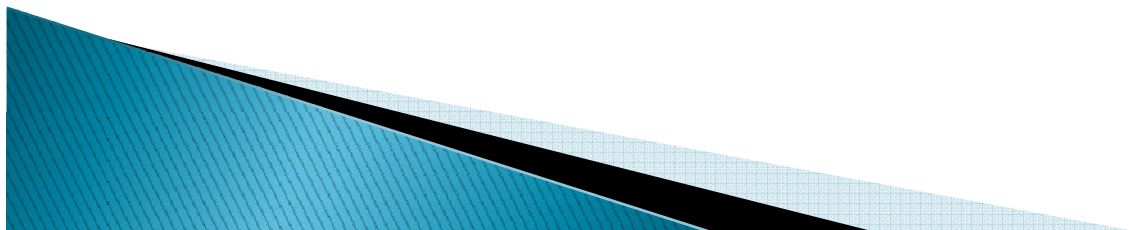
Planning Fotonen I

Bas Gobets, 12 mei 2010



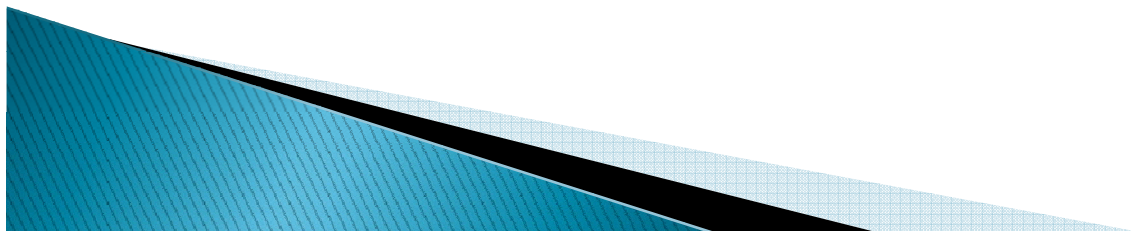
Inhoud

- ▶ Basale aspecten van treatment planning
- ▶ “Klassieke” RT
- ▶ GEEN:
 - IMRT/VMAT etc.
 - inhomogeniteiten (patient = water)
- ▶ WEL:
 - Ophalen essentiële fysica
 - Meervelden technieken
 - Wiggen
 - Schuin invallende bundels
 - Afblokkingen
- ▶ Begin inhomogeniteiten



Herhaling

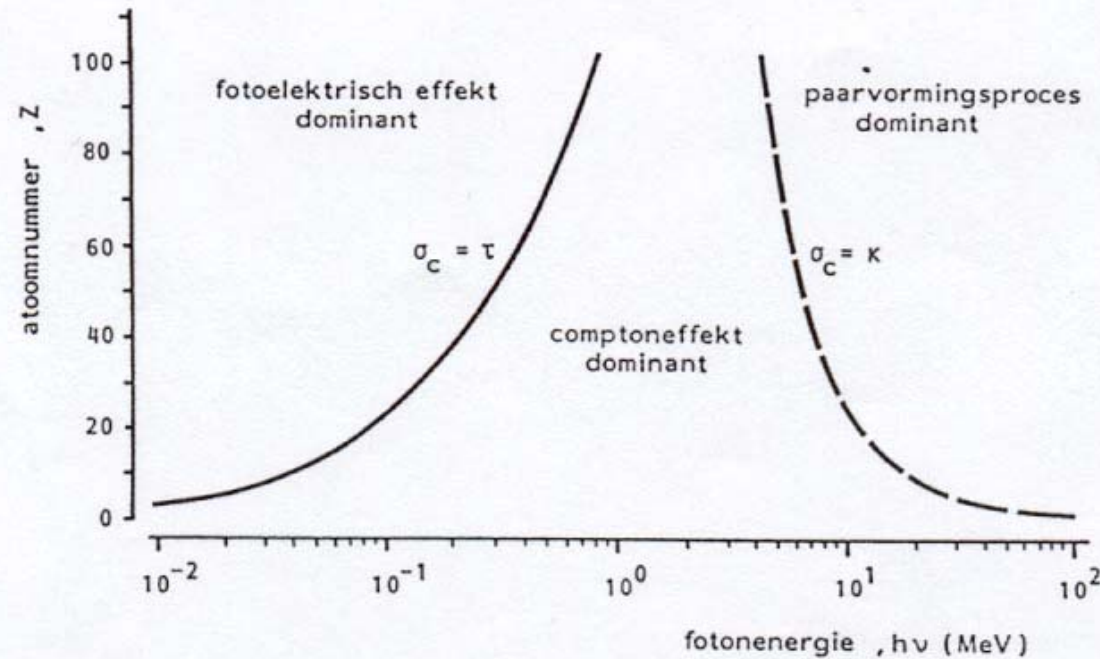
- ▶ Welke interacties spelen een rol?
 - Wat houden deze interacties in?
 - Wat is de dominante interactie?
- ▶ Energie afhankelijkheid van:
 - PDDs
 - Profielen
- ▶ Veldgrootte afhankelijkheid van:
 - PDDs
- ▶ Kwadratenwet



Herhaling:

belang van verschillende interacties

Relatieve belang van: fotoelectrisch effect
 compton effect
 paarvormingseffect

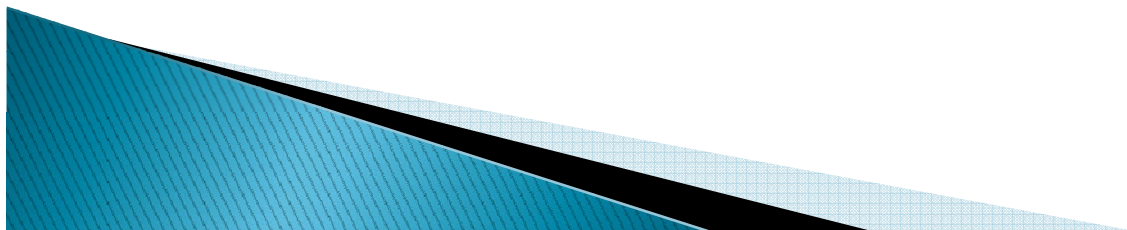


Herhaling:

belang van verschillende interacties

Samenstelling menselijk lichaam

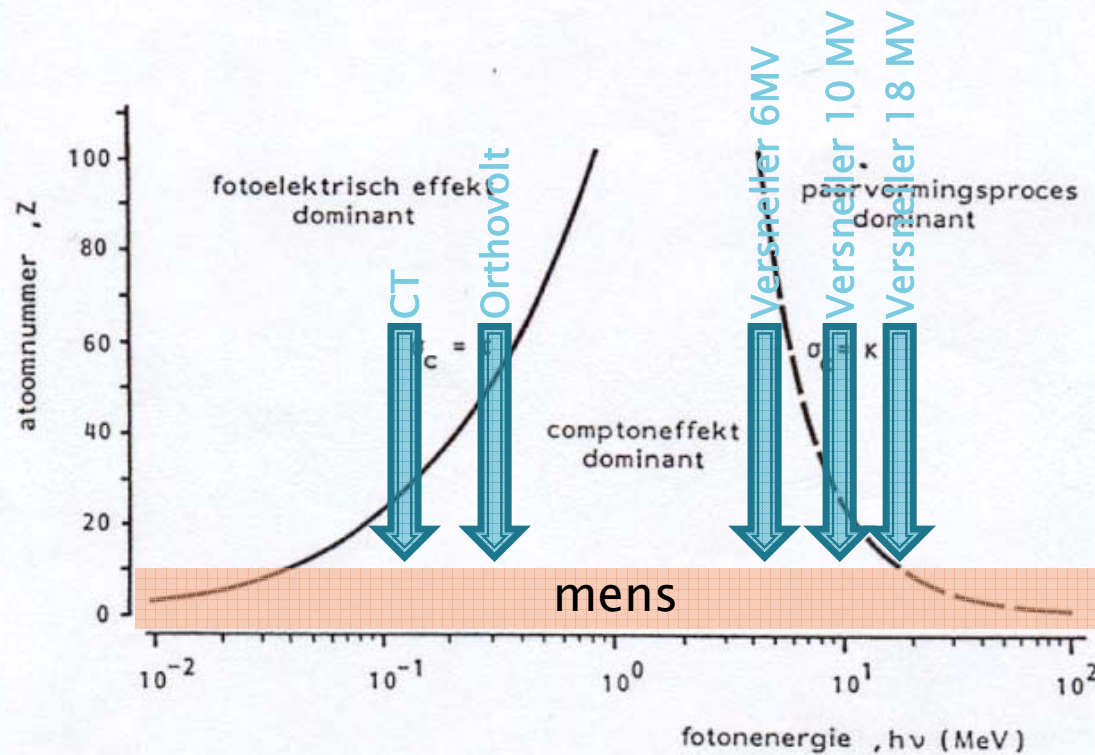
Element	Z	Massa percentage
Zuurstof	8	65%
Koolstof	6	18%
Waterstof	1	10%
Stikstof	7	3%
Calcium	20	1.5%
Fosfor	15	1.2%
Totaal (effectief)	7.07	98.7%
Overig		1.3%



Herhaling:

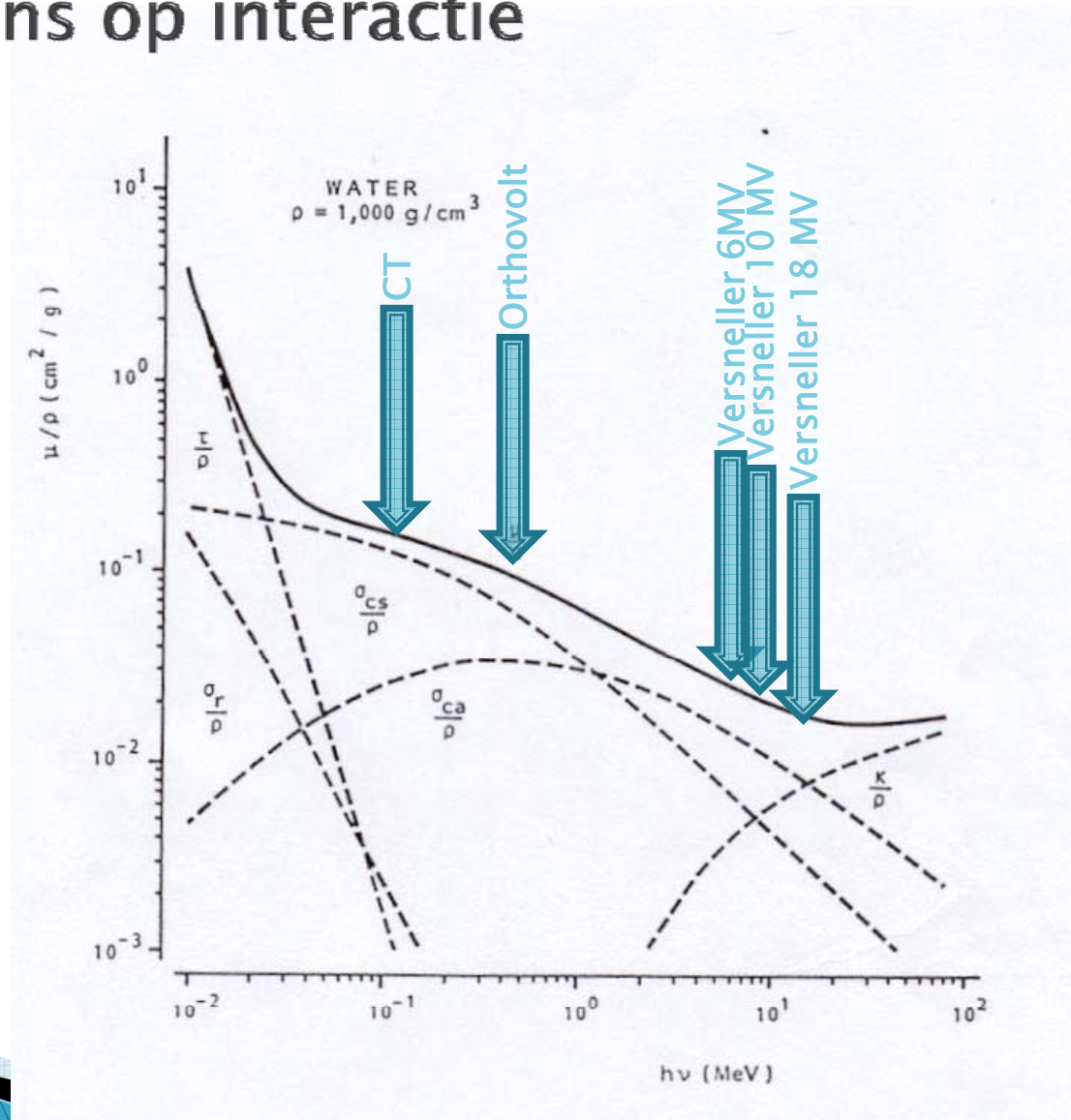
belang van verschillende interacties

Relatieve belang van: fotoelectrisch effect
 compton effect
 paarvormingseffect



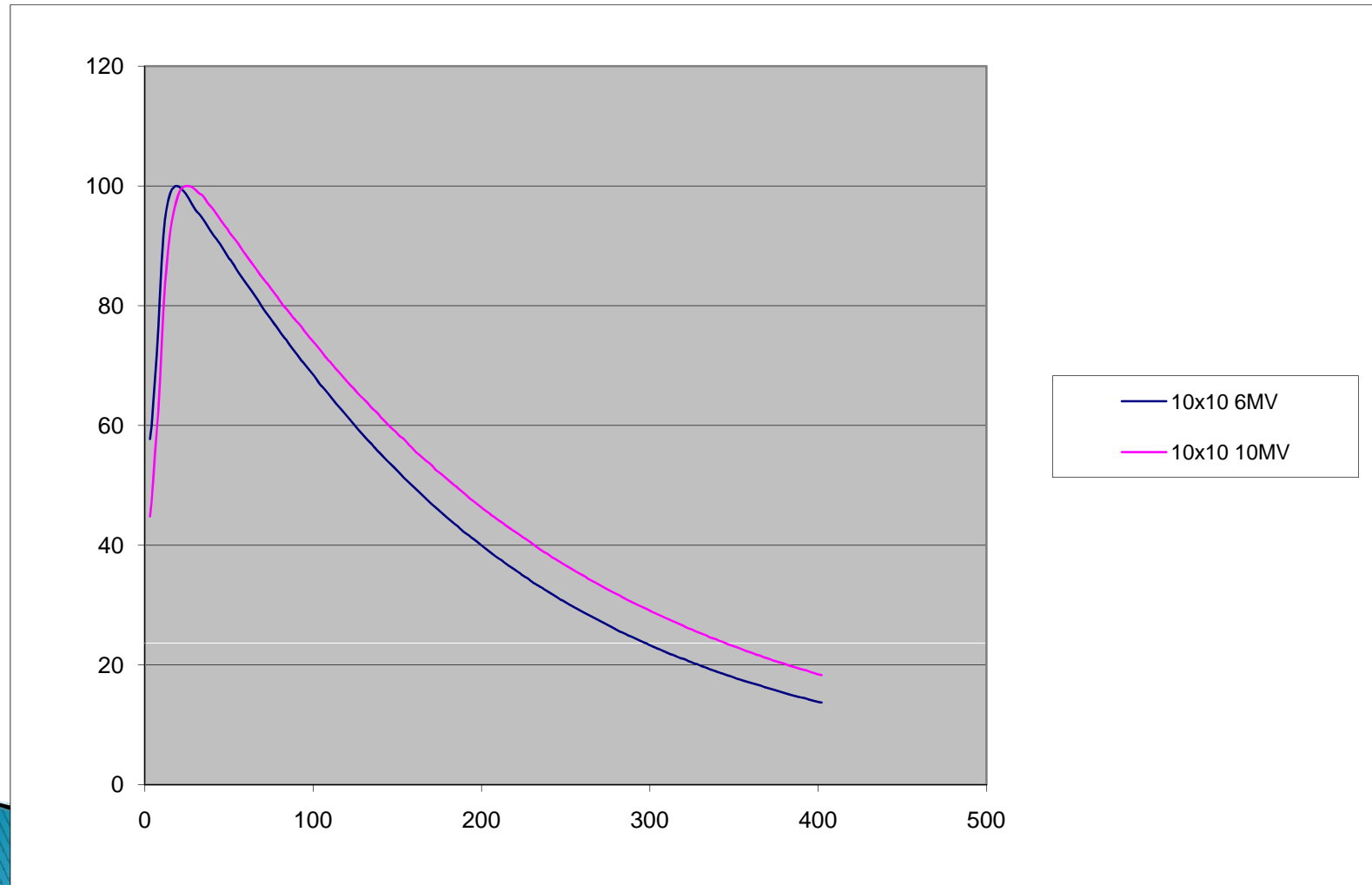
Herhaling:

Totale kans op interactie



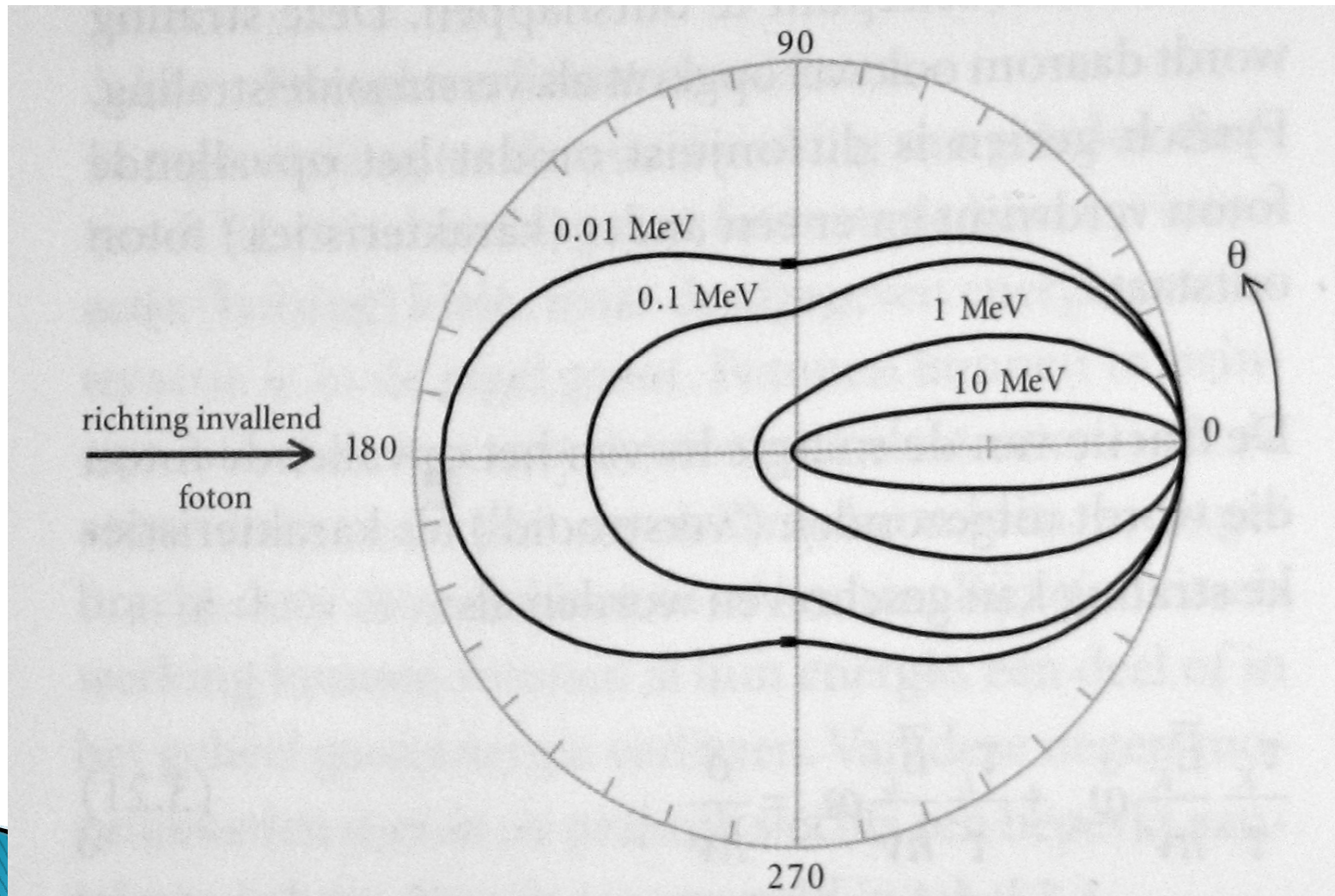
Herhaling:

Totale kans op interactie: effect op PDD



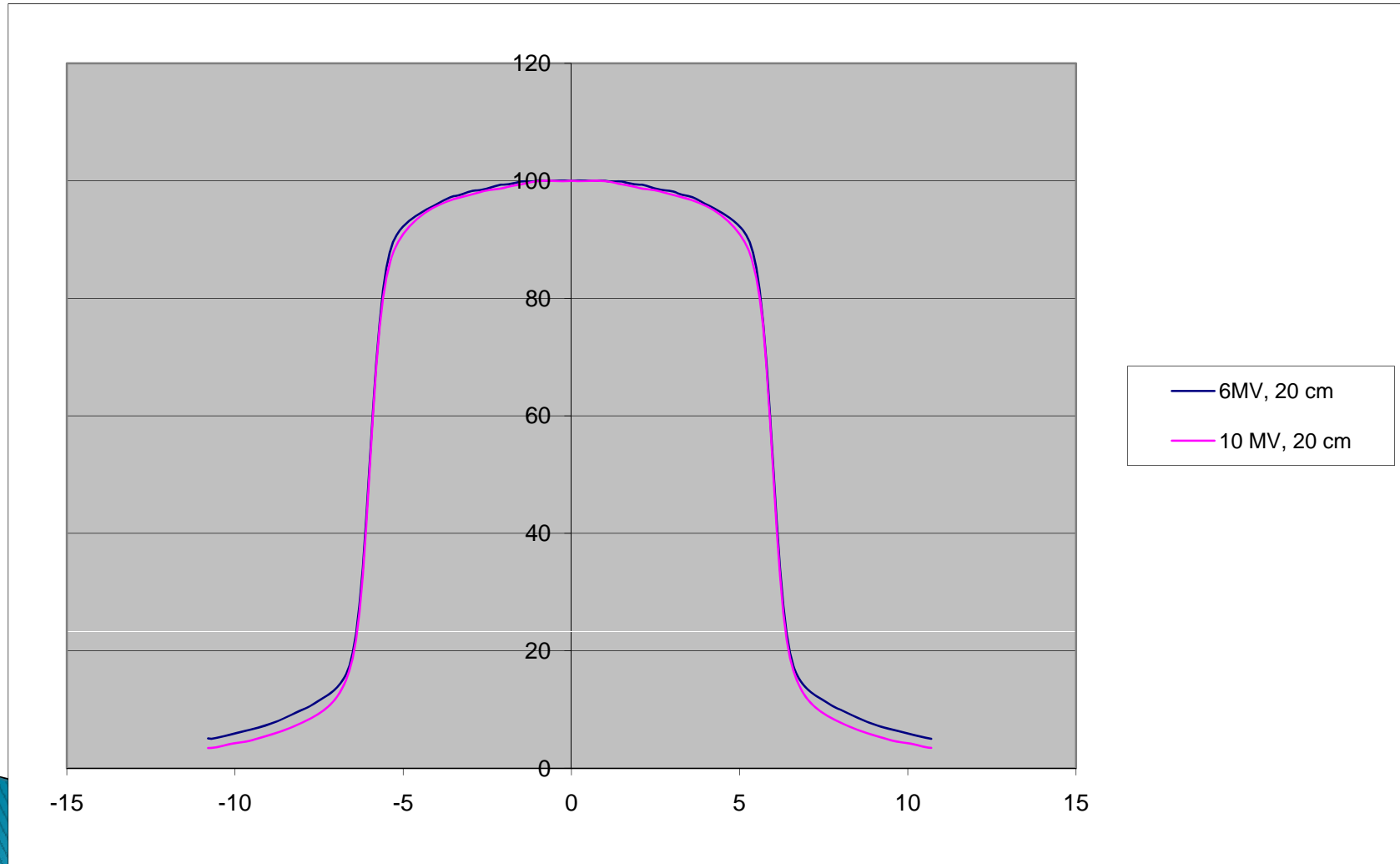
Herhaling:

Hoekverdeling fotonen ná Compton scatter



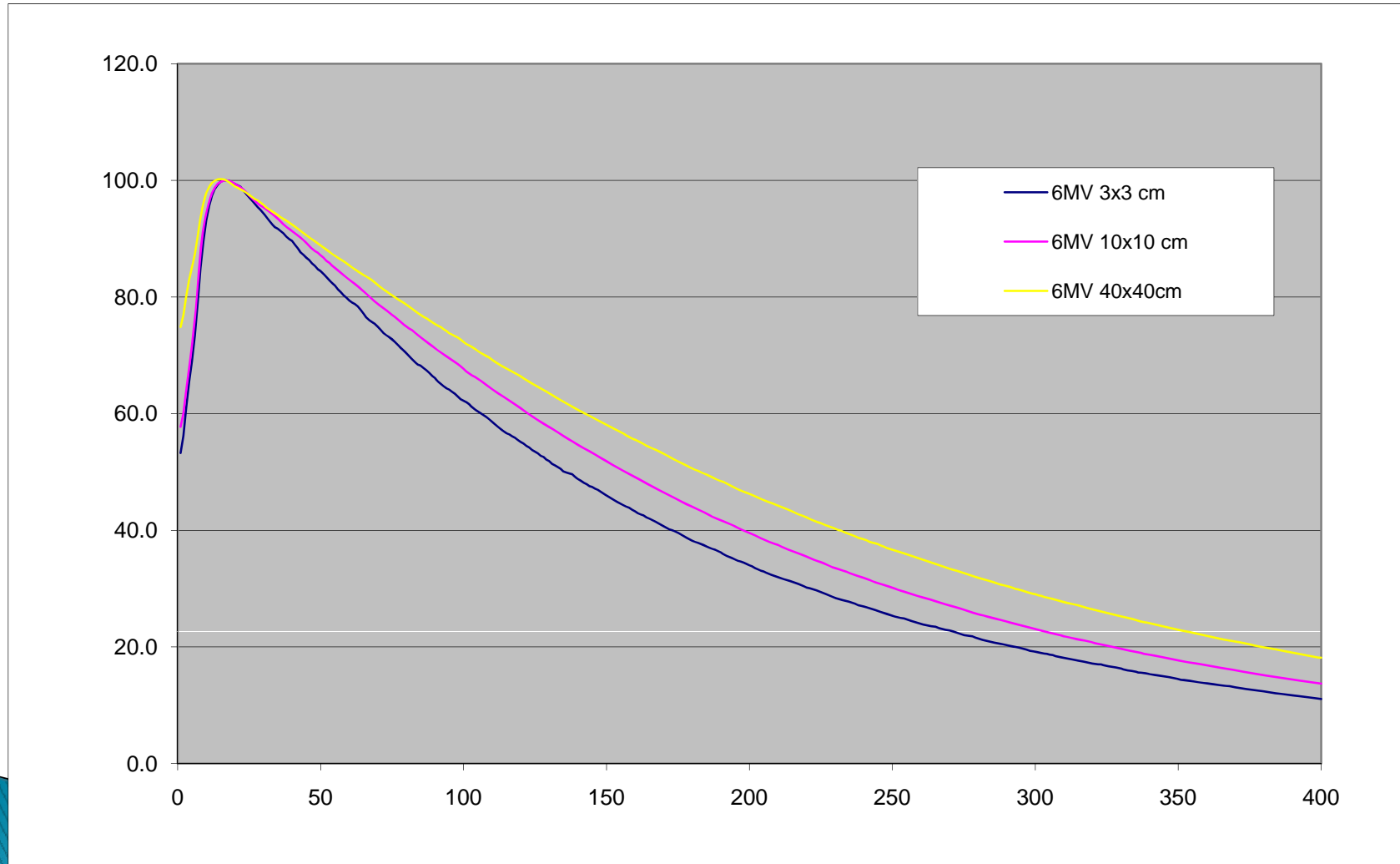
Herhaling:

Hoekverdeling fotonen ná Compton scatter:
Effect op profiel



Herhaling:

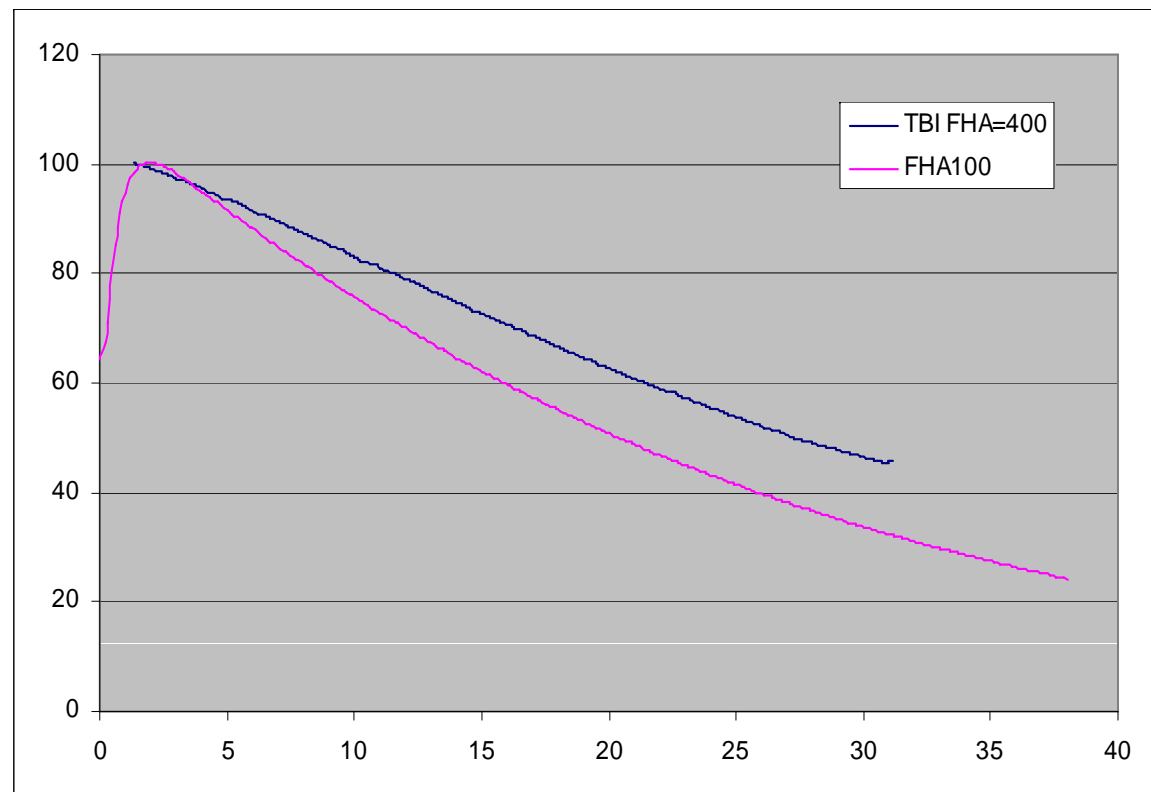
Hoekverdeling fotonen ná Compton scatter:
Veldgrootte afhankelijkheid van de PDD



Herhaling:

Kwadratenwet

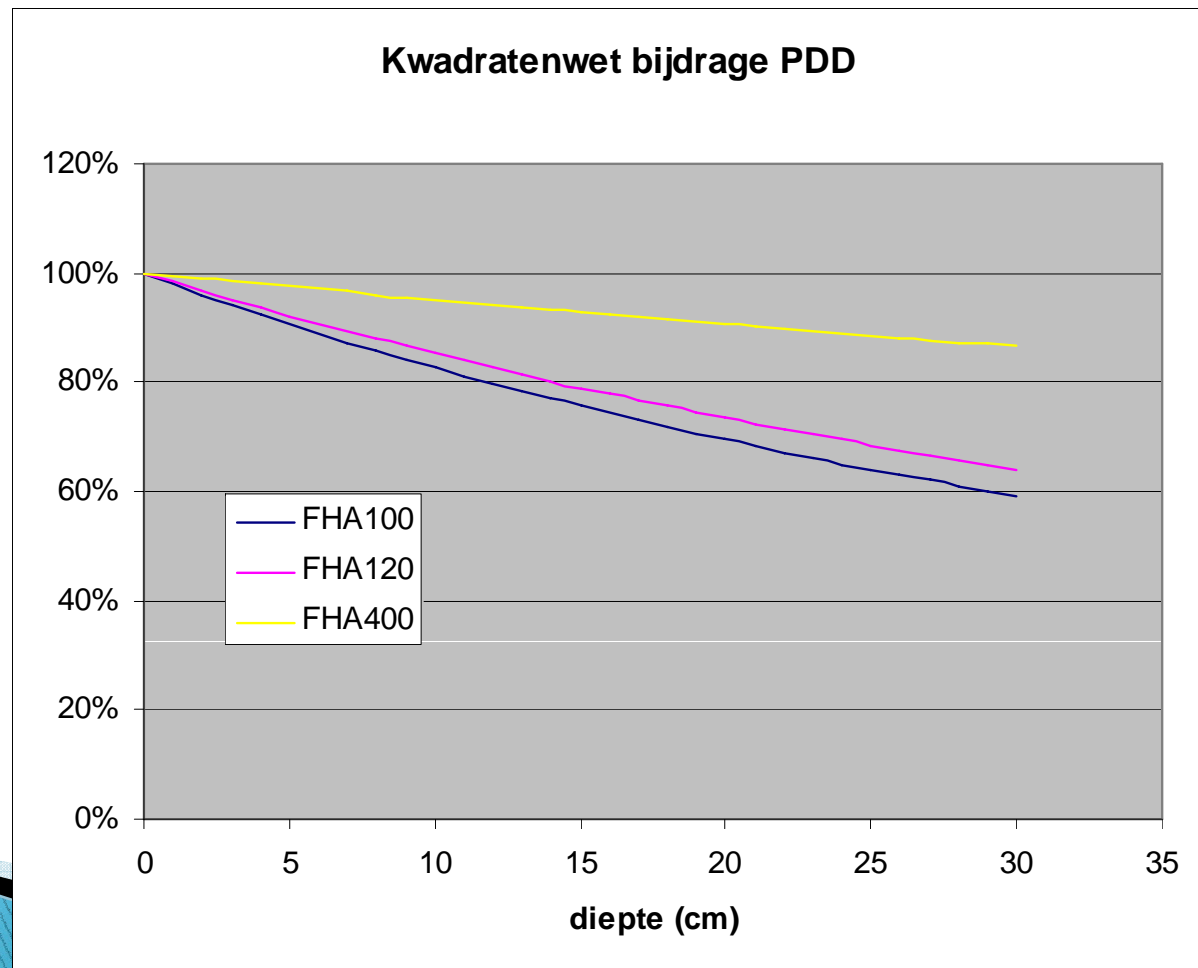
- ▶ PDD voor FHA100 en FHA400



Herhaling:

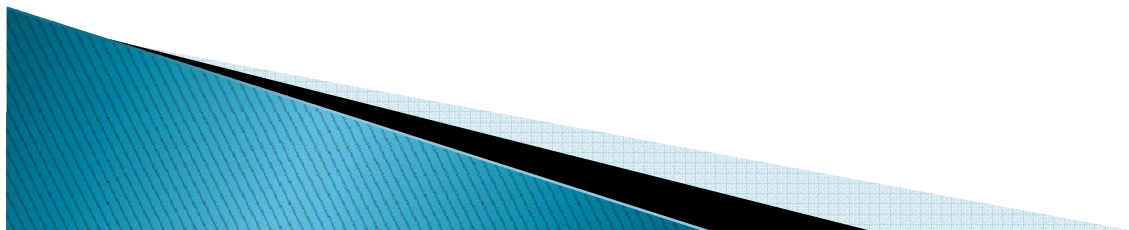
Kwadratenwet

- ▶ Kwadratenwet FHA100 FHA120 en FHA400



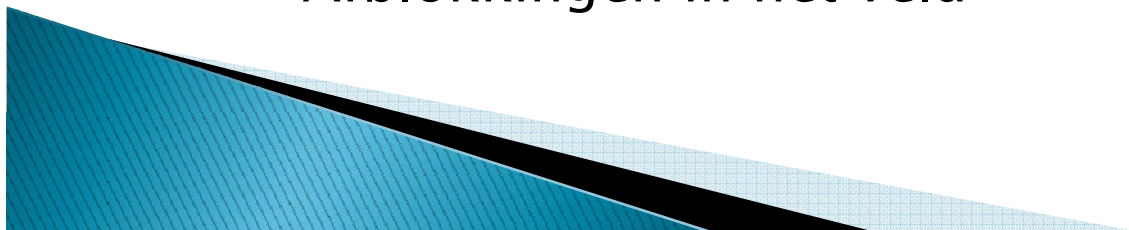
Herhaling: samenvatting

- ▶ Compton scatter is de dominante interactie voor RT
- ▶ Met toenemende energie
 - Neemt de absorptie af
 - Is de fotonen–scatter meer voorwaarts gericht
- ▶ Dit uit zich in:
 - Energie afhankelijkheid van PDDs en Profielen
 - Veldgrootte afhankelijkheid van PDDs
- ▶ Kwadratenwet:
 - Geringere dosisafval met diepte bij grotere FHA



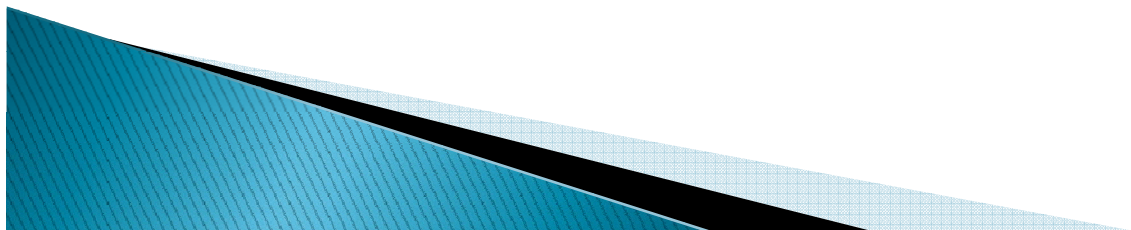
Planning: doelen

- ▶ (Homogene) voldoende hoge dosis in het doelgebied
 - Meerdere bundels (opponerende velden)
 - Wiggen
- ▶ Beperking van de dosis in gezond weefsel (Risico-organen)
 - Keuze bundelhoeken
 - Gewichten bundels
 - Aanpassing veldvormen
 - MLC's
 - Vaste blokken
 - Afblokkingen in het veld

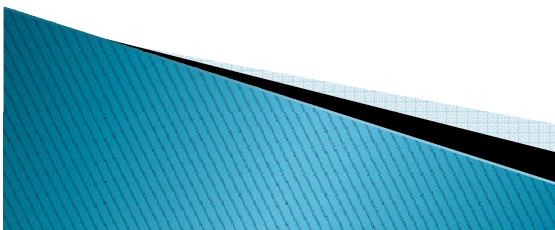


Isocentrische versus SSD techniek

- ▶ Isocentrisch (FAD 100)
 - Isocentrum i.h.a. in target
 - Meerdere bundels worden eenvoudig gegeven zonder patiënt verplaatsing
- ▶ Vaste Huidafstand (SSD 100)
 - Verplaatsen van patient zodat de huid zich voor iedere bundel op de juiste afstand bevindt.
 - Grotere afstand tot de patiënt
 - PDD neemt minder snel af met diepte
 - Bundel is minder divergent
 - Historie: metingen met SSD 100

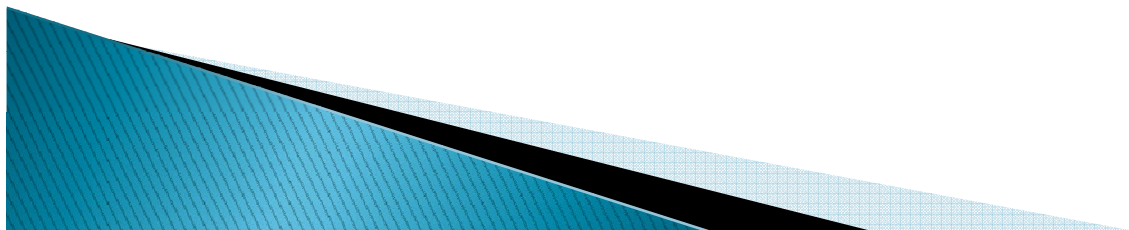


De ideale patient volgens Fysici

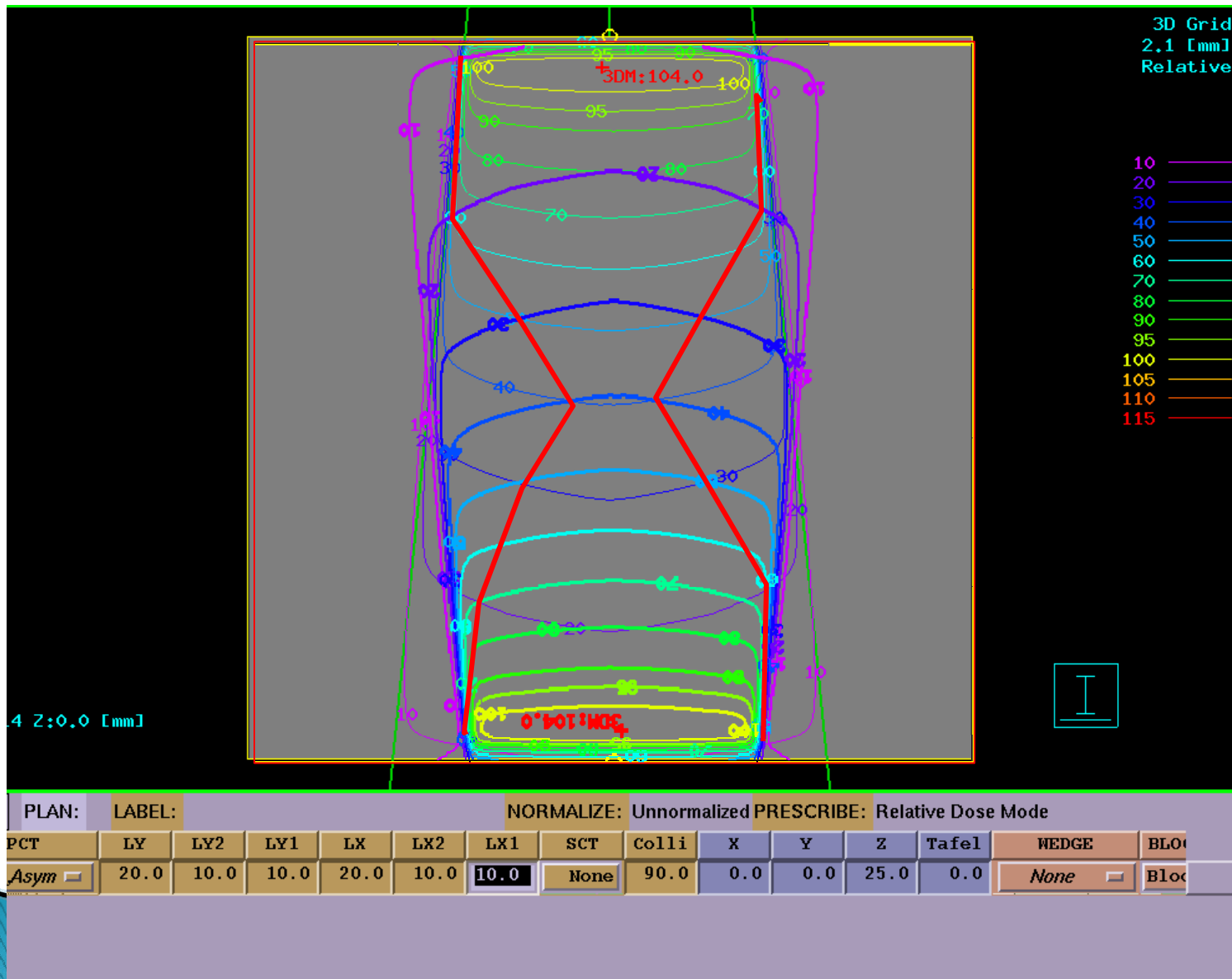


Isocentrische versus SSD techniek

- ▶ Isocentrisch (FAD 100)
 - Isocentrum i.h.a. in target
 - Meerdere bundels worden eenvoudig gegeven zonder patiënt verplaatsing
- ▶ Vaste Huidafstand (SSD 100)
 - Verplaatsen van patient zodat de huid zich voor iedere bundel op de juiste afstand bevindt.
 - Grotere afstand van patiënt
 - PDD neemt minder snel af met diepte
 - Bundel is minder divergent
 - Historie: metingen met SSD 100
- ▶ I.h.a gaat de voorkeur uit naar isocentrische techniek



Opponerende velden



Opponerende velden

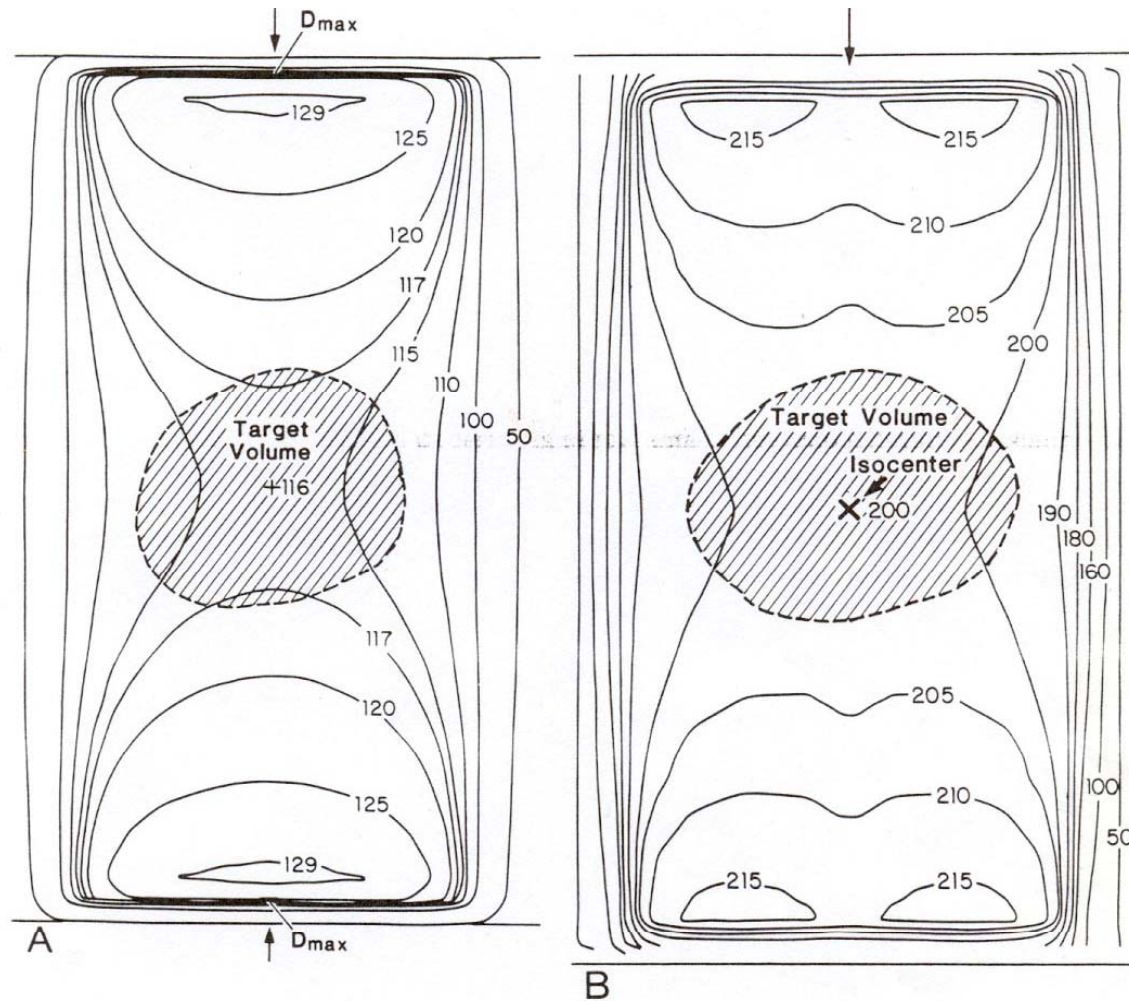
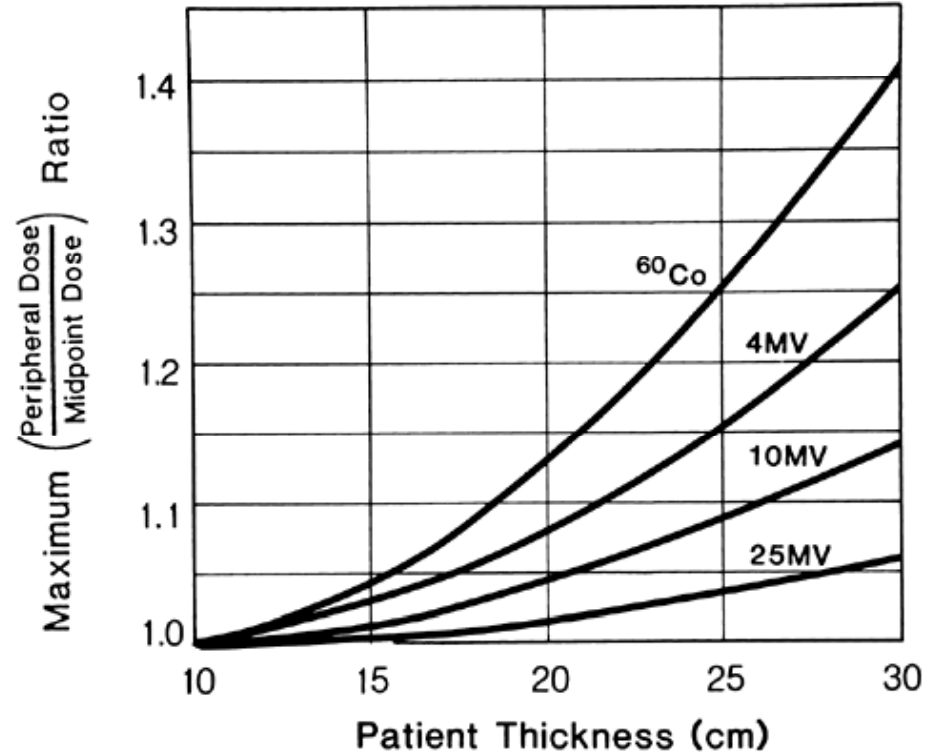
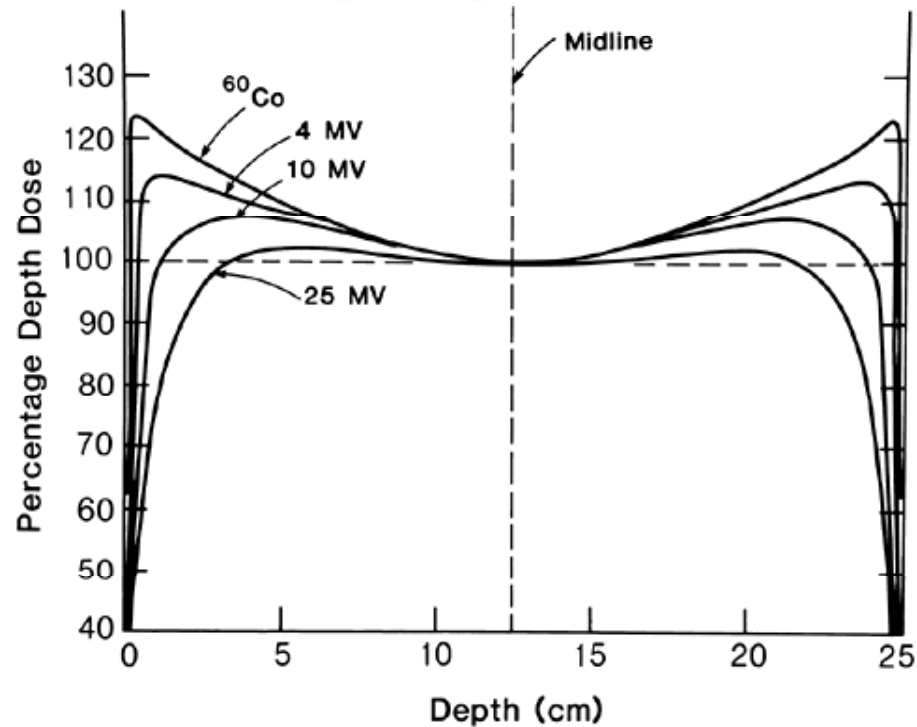


Figure 11.10. Composite isodose distribution for a pair of parallel opposed fields. A, Each beam is given a weight of 100 at the depth of D_{max} . B, Isocentric plan with each beam weighted 100 at the isocenter.

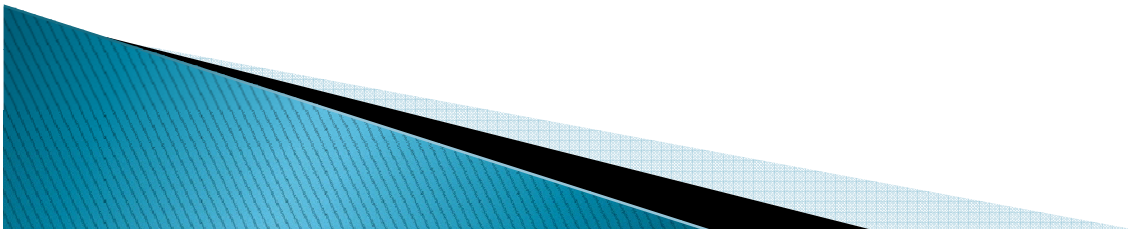
Opponerende velden

diepte profiel



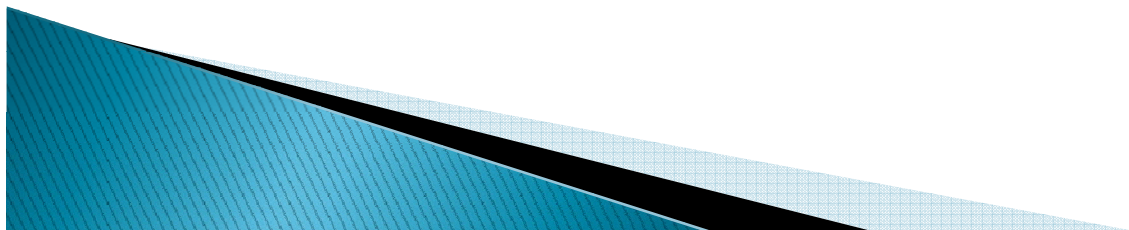
Opponerende velden

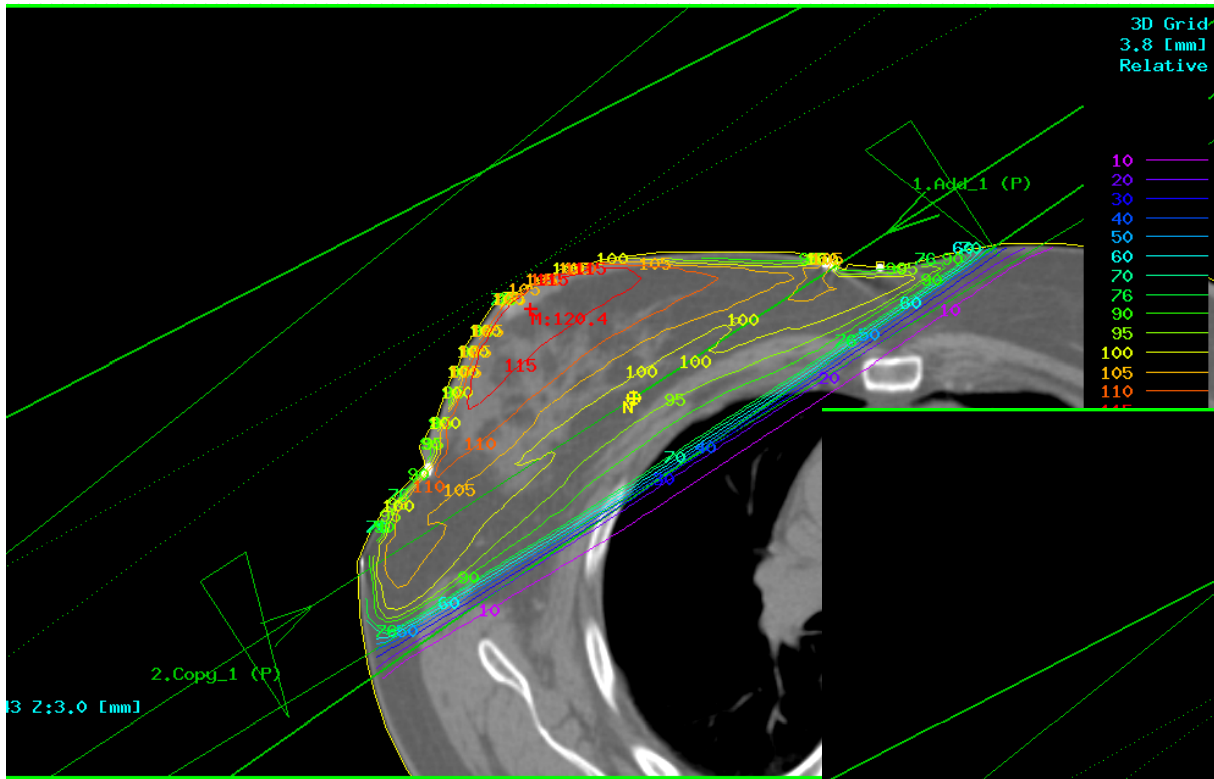
- ▶ Relatief homogene dosis over de centrale as
- ▶ Kleine diktes (<10cm): lage energie (snellere dosisopbouw)
- ▶ Grotere diktes: hoge energie (grotere homogeniteit)
- ▶ Nadelen (i.h.a):
 - Groot hoge dosisvolume buiten doelgebied
 - Dosismaximum buiten doelgebied



Bundel modificatie

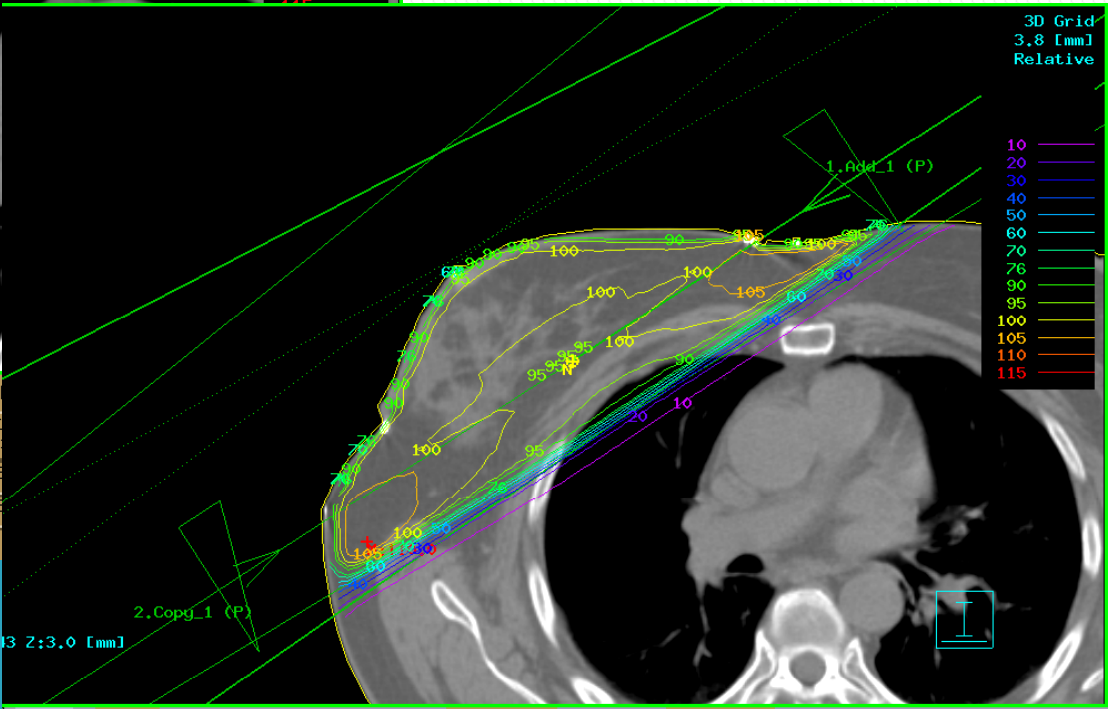
- ▶ Wigger
- ▶ Afblokkingen
- ▶ <http://www.slideshare.net/santam/beam-modification-in-radiotherapy-147021>





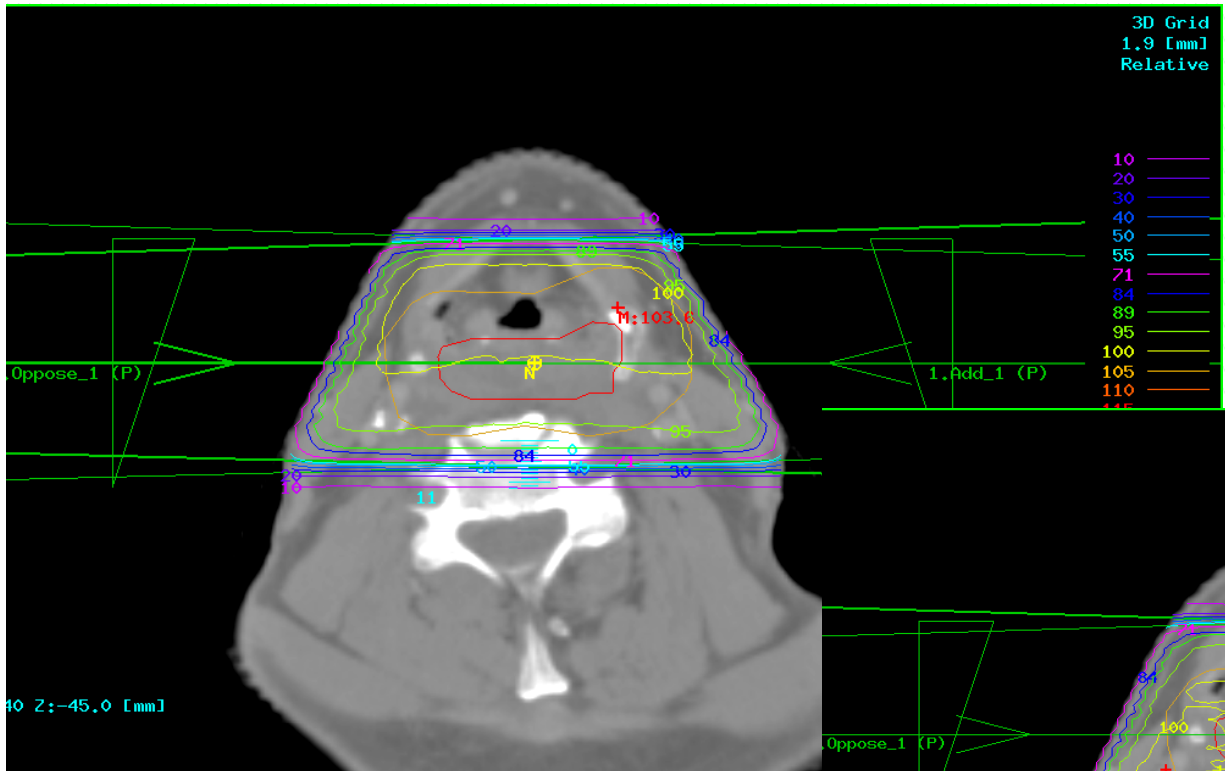
PLAN:	LABEL:		NORMALIZE:				Isocenter 1	PRESCRIB				
Name	WEDGE	ANGLE	FRAC TION	MODE	BEAM/ POINT	Depth	SSD	M. U. / Min.	WEIGHT	#1 Dmax	#1 Isoc	D
Add_1	SAD	60.0	0.0	0.00	Isoc <input type="checkbox"/>	1	9.1	90.9	0.530	74.0	53.0	
Copy_1	SAD	60.0	0.0	0.00	Isoc <input type="checkbox"/>	2	12.1	87.9	0.470	31.9	47.0	
										105.9	100.0	Total

geen wig



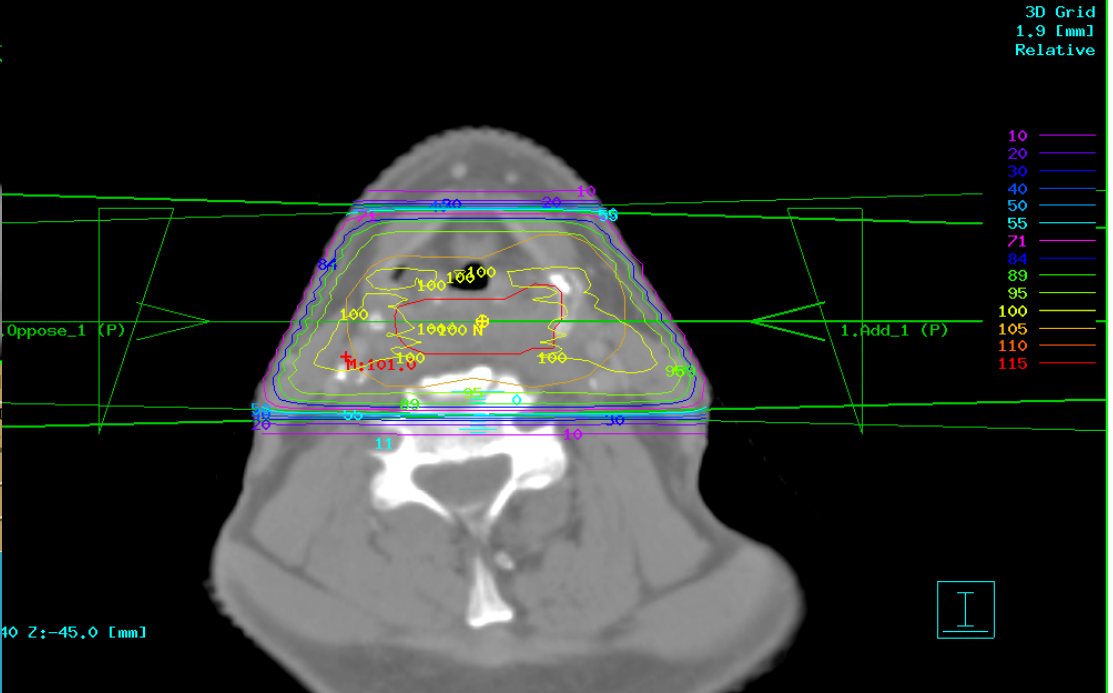
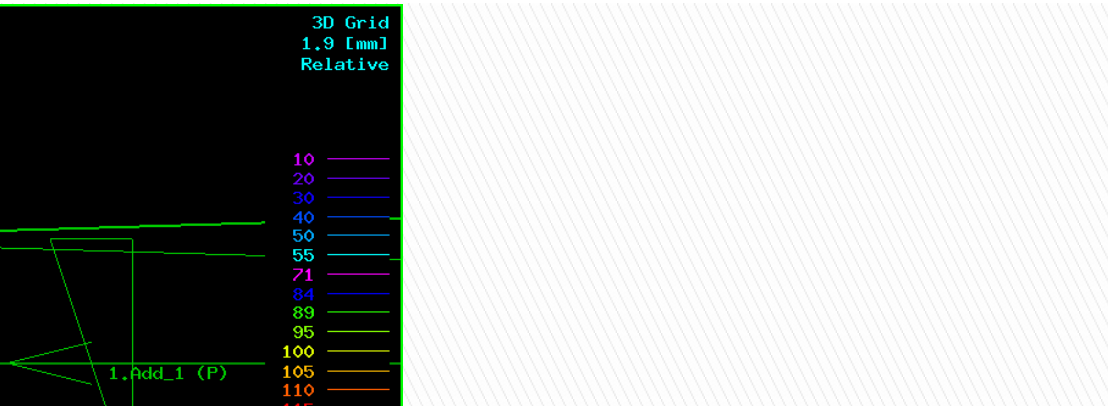
PLAN:	LABEL:		NORMALIZE:				Isocenter 1	PRESCRIBE: 200.0cGy to 100% in 25				
Name	WEDGE	ANGLE	FRAC TION	MODE	BEAM/ POINT	Depth	SSD	M. U. / Min.	WEIGHT	#1 Dmax	#1 Isoc	D
Add_1	SAD	60.0	40.0	0.48	Isoc <input type="checkbox"/>	1	9.1	90.9	69.6	0.530	74.0	53.0
Copy_1	SAD	60.0	40.0	0.48	Isoc <input type="checkbox"/>	2	12.1	87.9	69.6	0.470	31.9	47.0
										105.9	100.0	Total

wig



PLAN:	LABEL:	NORMALIZE: Isocenter 1							PRESCR
Name	WEDGE	ANGLE	FRAC TION	MODE	BEAM/ POINT	Depth	SSD	M. U. / Min.	
Add_1	SAD	60.0	0.00	Isoc <input type="checkbox"/>	1	5.1	94.9		
Oppose_1	SAD	60.0	0.00	Isoc <input type="checkbox"/>	2	5.3	94.7		

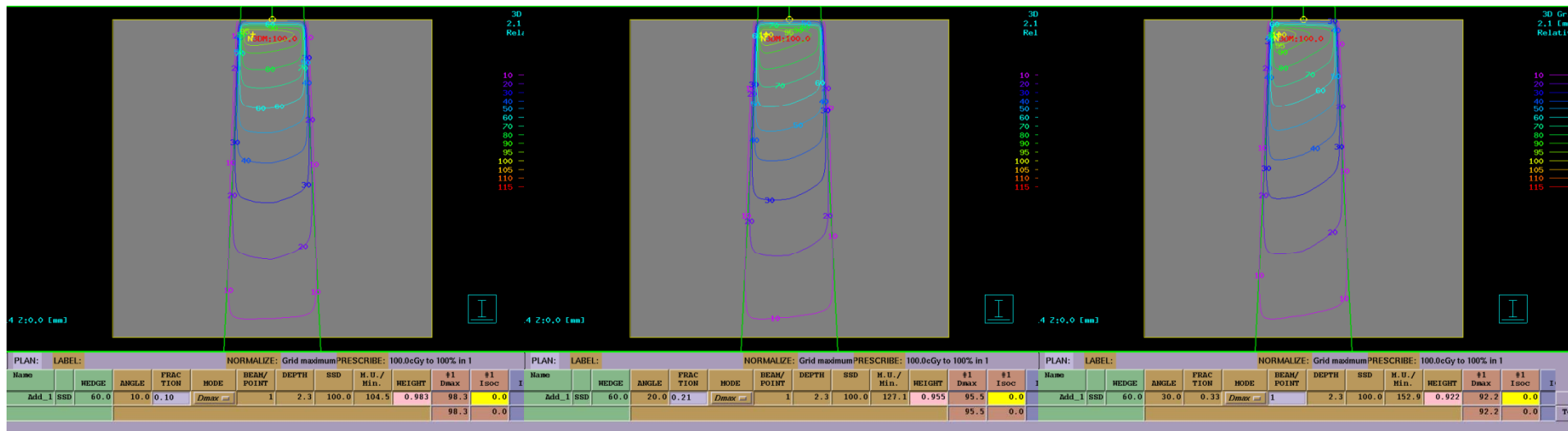
geen wig



PLAN:	LABEL:	NORMALIZE: Isocenter 1							PRESCRIBE: 238.8cGy to 100% in 30				
Name	WEDGE	ANGLE	FRAC TION	MODE	BEAM/ POINT	Depth	SSD	M. U. / Min.	WEIGHT	#1 Dmax	#1 Isoc	D	
Add_1	SAD	60.0	0.27	Isoc <input type="checkbox"/>	1	5.1	94.9	6.8	0.502	59.3	50.2		
Oppose_1	SAD	60.0	0.27	Isoc <input type="checkbox"/>	2	5.3	94.7	6.8	0.498	40.8	49.8		
										100.2	100.0	Total	

wig

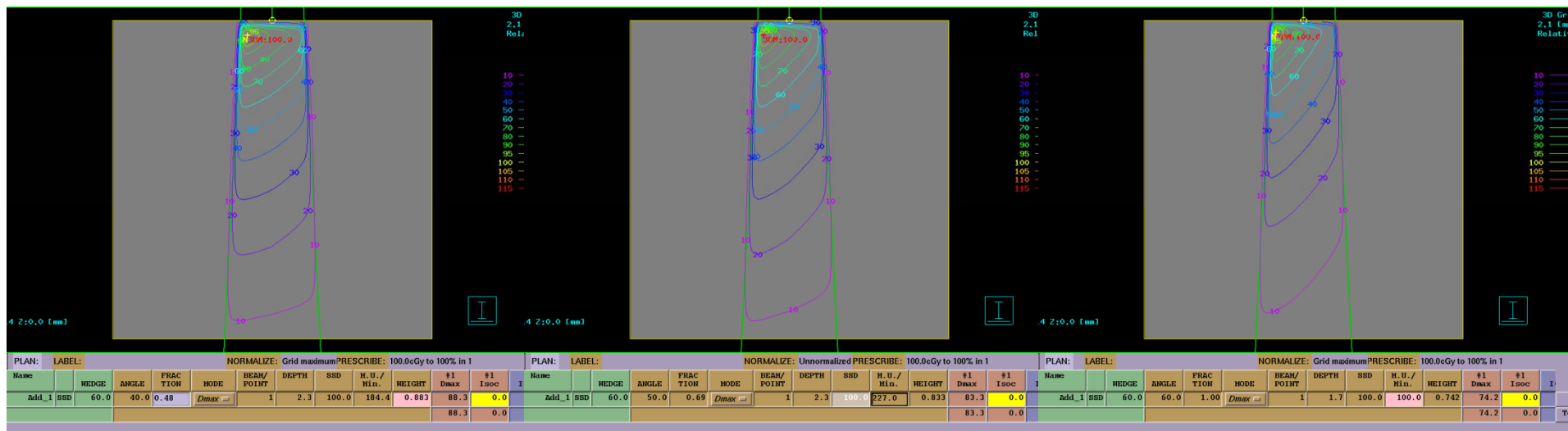
Wiggen



10°

20°

30°



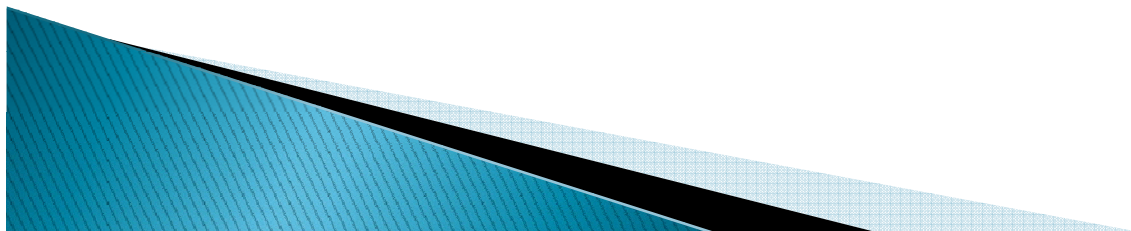
40°

50°

60°

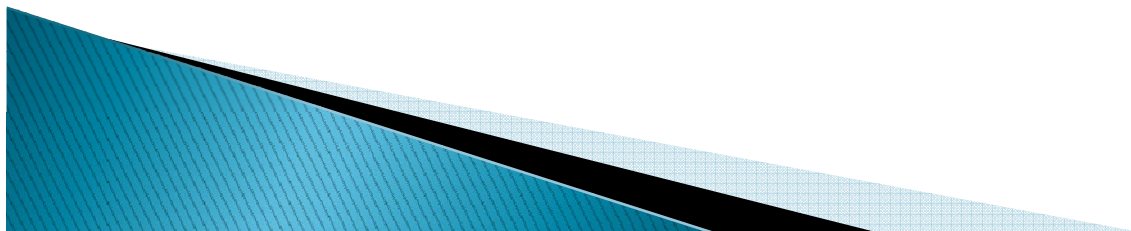
Wighoek

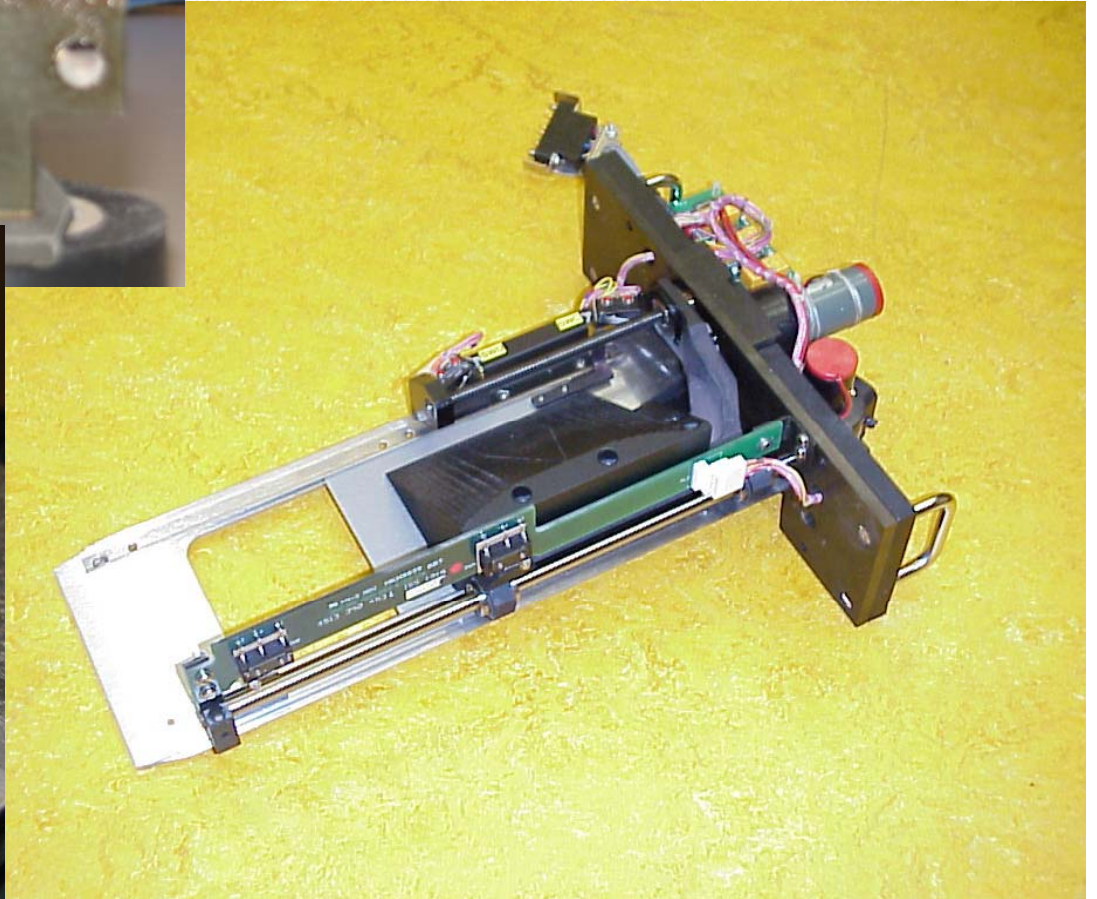
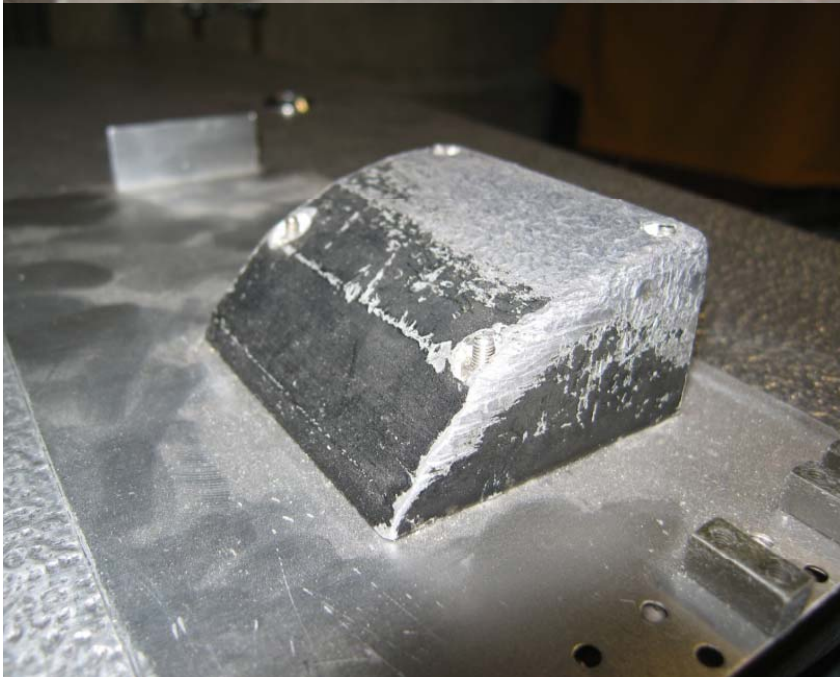
- ▶ Wat is de wighoek?
 - NIET de fysieke hoek van de metalen wig
 - WEL de hoek die de isodosen maken met de bundelas
 - 50% isodose
 - Isodose op een bepaalde diepte (afhankelijk van de veldgrootte)
 - DE WIGHOEK IS DUS NIET EENDUIDIG GEDEFINIEERD (verschillen per instituut/ fabrikant)



Wig: soorten

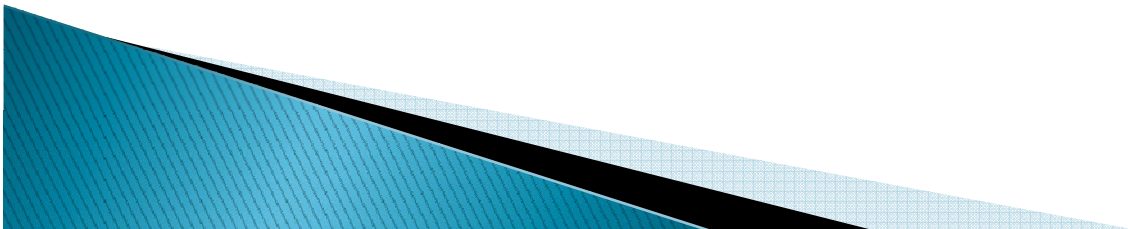
- ▶ Harde wig (tray)
- ▶ Harde wig (motorisch)
 - Verschillende wighoeken worden “gemaakt” door combinaties van een open veld en een wigveld met vaste (grote) wighoek.
- ▶ Dynamische wig





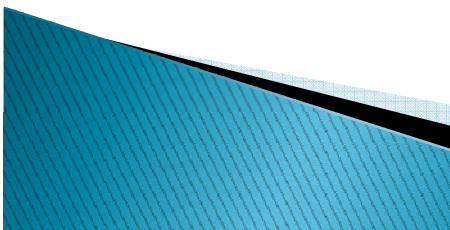
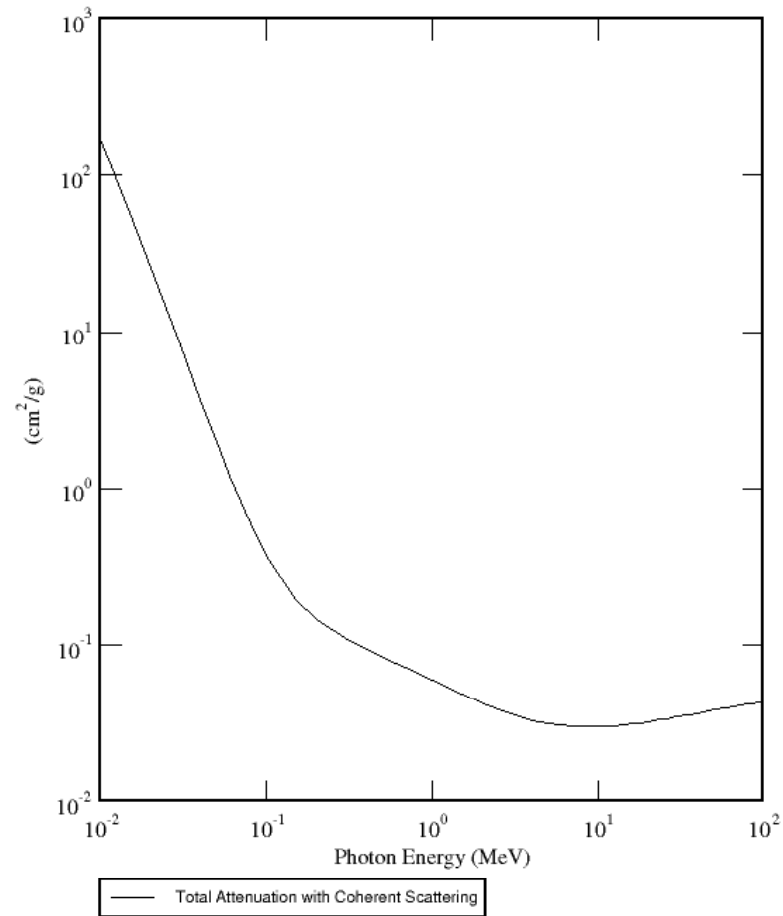
Wig: effect op bundelkwaliteit

- ▶ Verandering bundeleigenschappen
 - Beam-hardening: lage energie fotonen worden bij voorkeur geabsorbeerd, dus in verhouding meer hoog energetische fotonen ná de wig



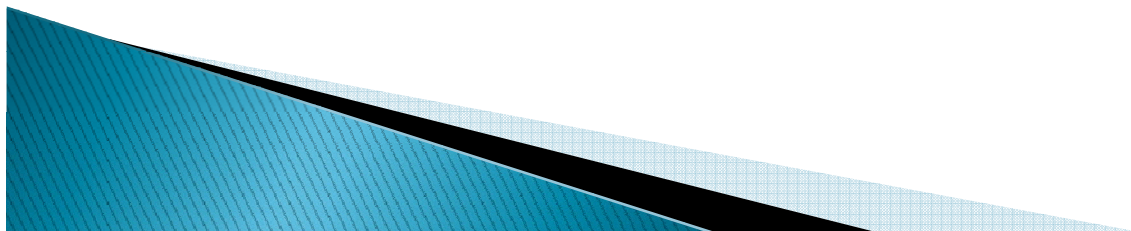
Herhaling: Totale kans op interactie

Iron

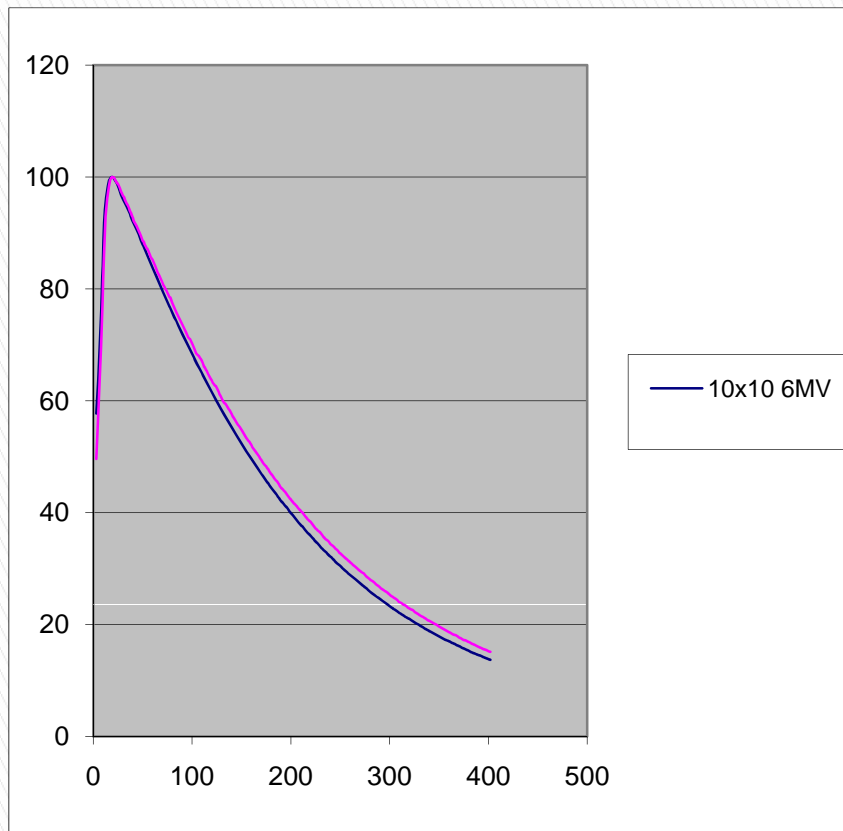


Wig: effect op bundelkwaliteit

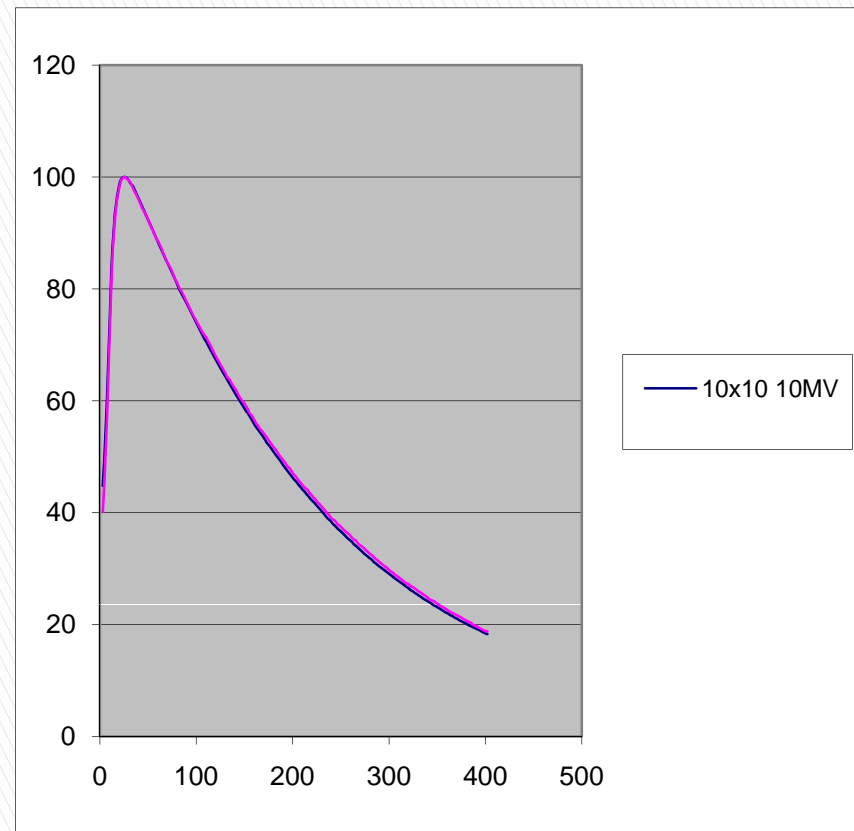
- ▶ Verandering bundeleigenschappen
 - Beam-hardening: lage energie fotonen worden bij voorkeur geabsorbeerd, dus in verhouding meer hoog energetische fotonen ná de wig
 - PDD verandert.



Beam Hardening

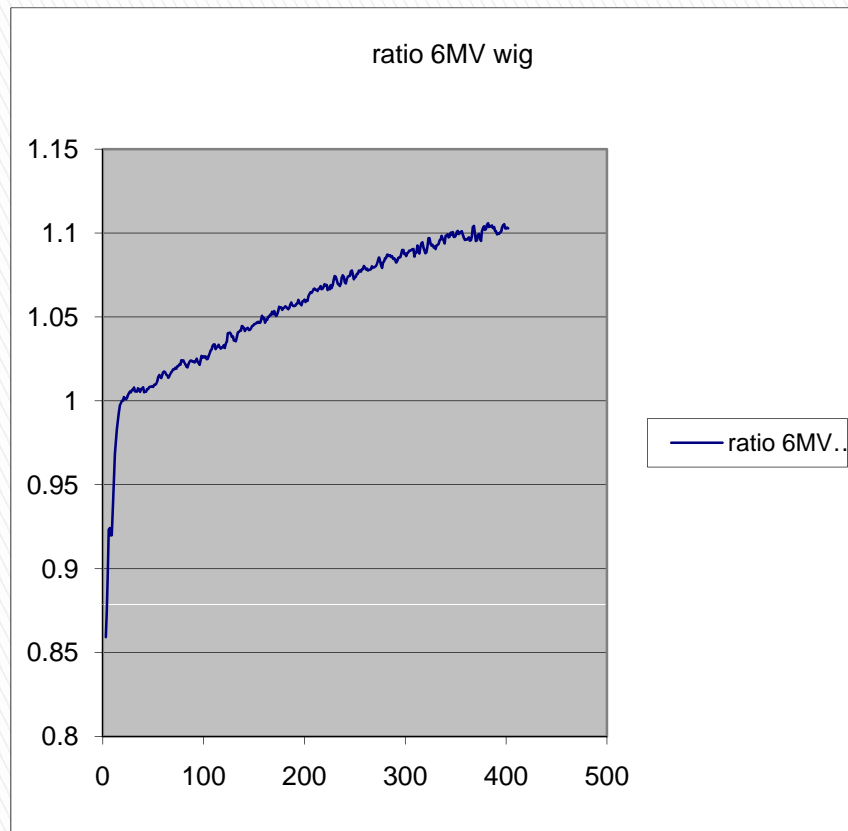


6MV open en wig PDD

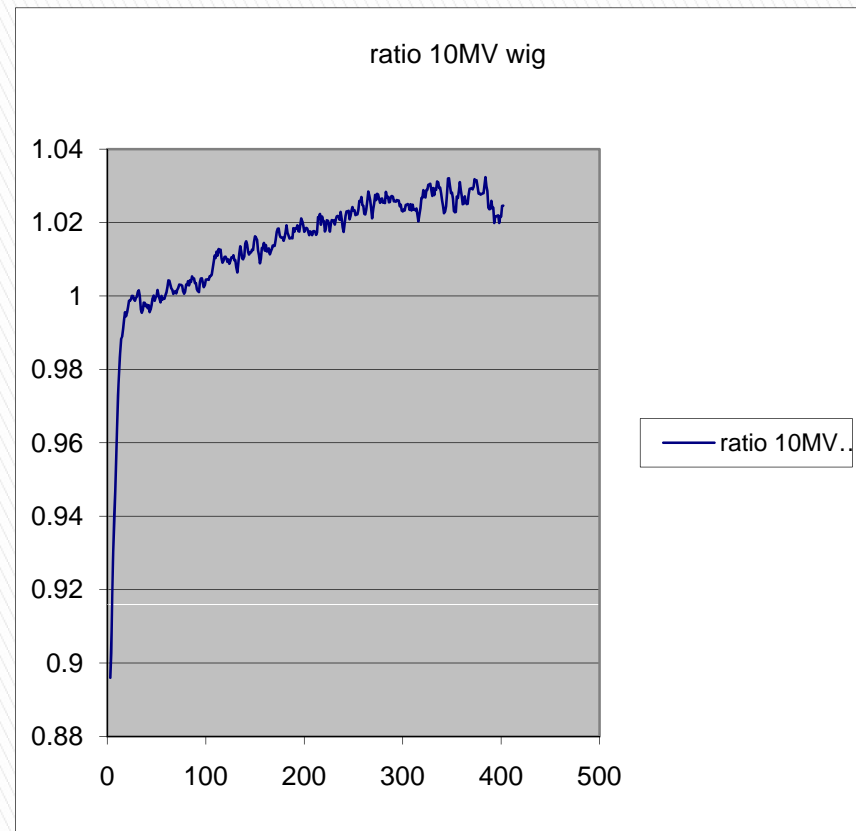


10 MV open en wig PDD

Beam Hardening



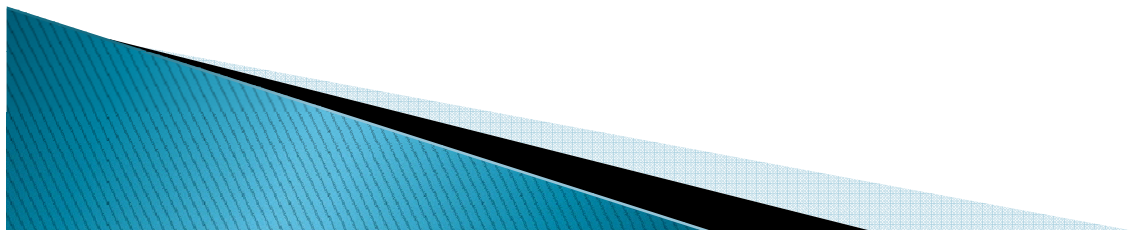
6MV verhouding
wig/open PDD

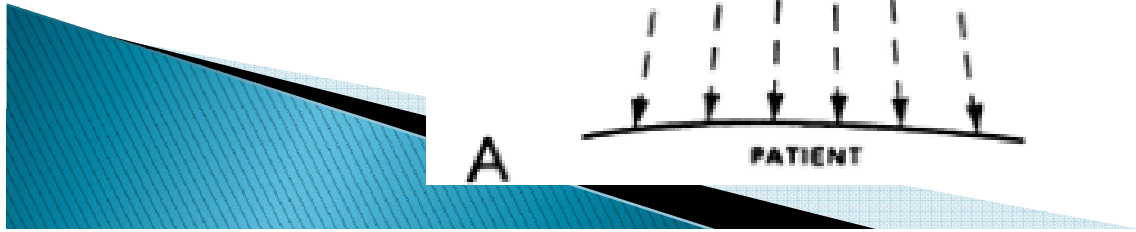
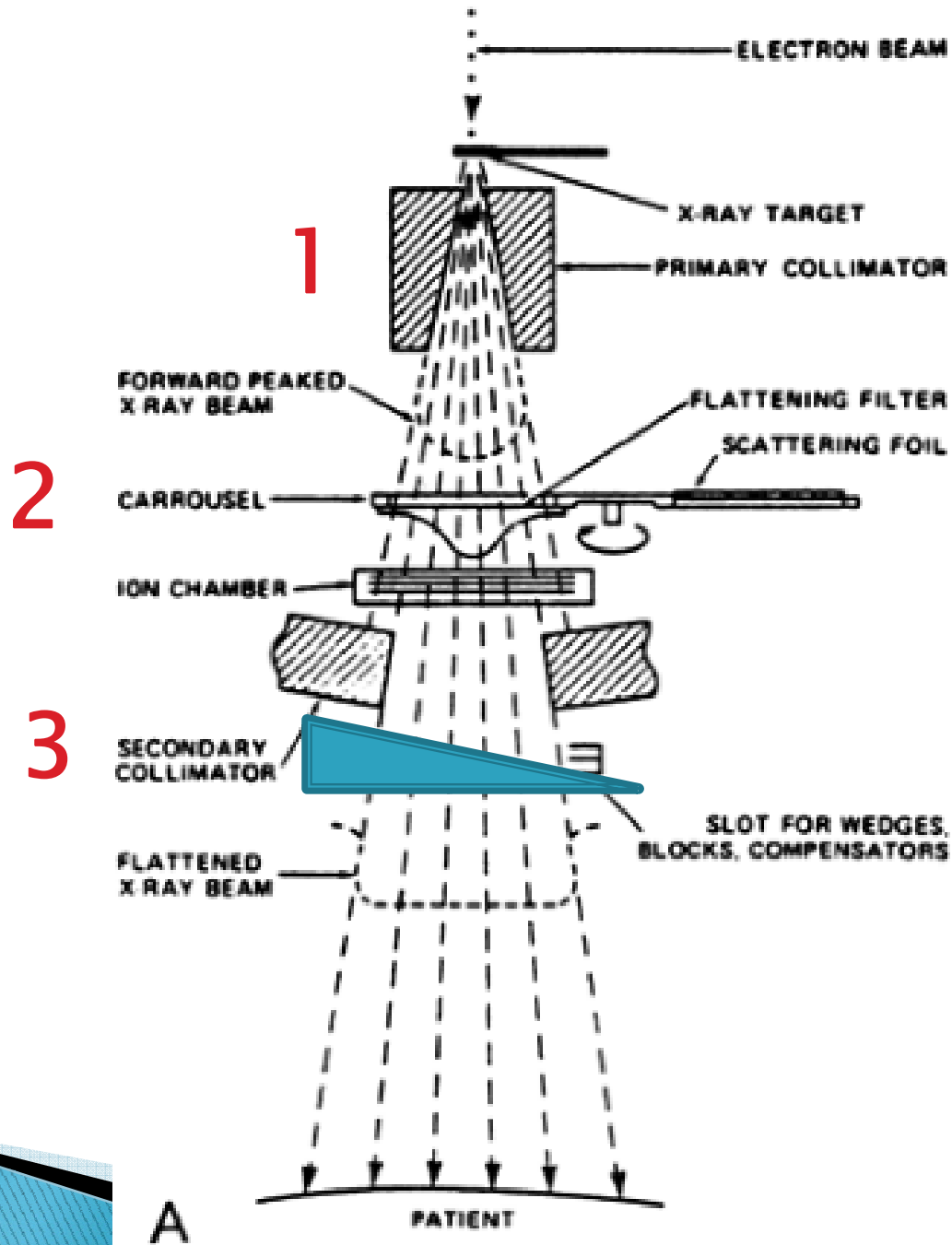


10 MV verhouding
wig/open PDD

Wig: effect op bundelkwaliteit

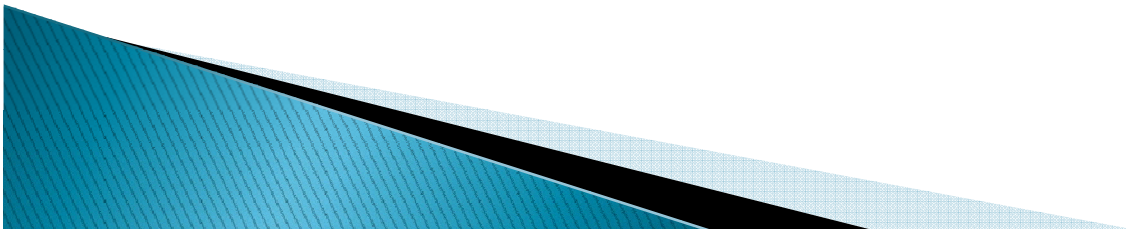
- ▶ Verandering bundeleigenschappen
 - Beam-hardening: lage energie fotonen worden bij voorkeur geabsorbeerd, dus in verhouding meer hoog energetische fotonen ná de wig
 - PDD verandert
 - Fotonen verstrooien aan de wig (Compton Scattering). De wig wordt effectief een fotonen bron.
 - De wig wordt wel aangeduid als “third source”. Wat zijn de “first” en “second” source?





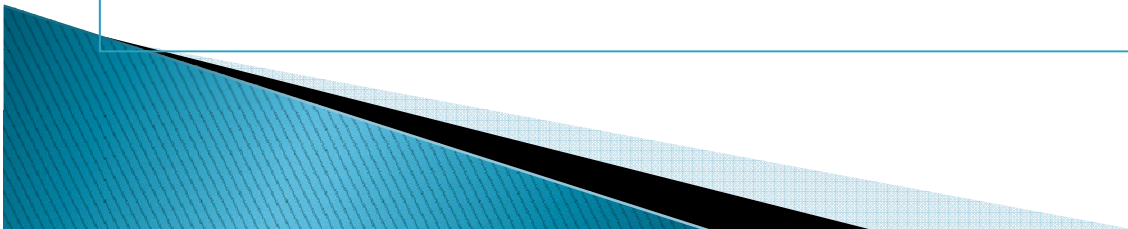
Wig: effect op bundelkwaliteit

- ▶ Verandering bundeleigenschappen
 - Beam-hardening: lage energie fotonen worden bij voorkeur geabsorbeerd, dus in verhouding meer hoog energetische fotonen ná de wig
 - PDD verandert
 - Waarom is dit geen probleem met een cobalt-apparaat?
 - Fotonen verstrooien aan de wig (Compton Scattering). De wig wordt effectief een fotonen bron.
 - De wig wordt wel aangeduid als “third source”. Wat zijn de “first” en “second” source?
 - Electron contamination



Wanneer gebruik je een wig?

- Meerdere bundels die niet onder gelijke hoeken zijn opgesteld

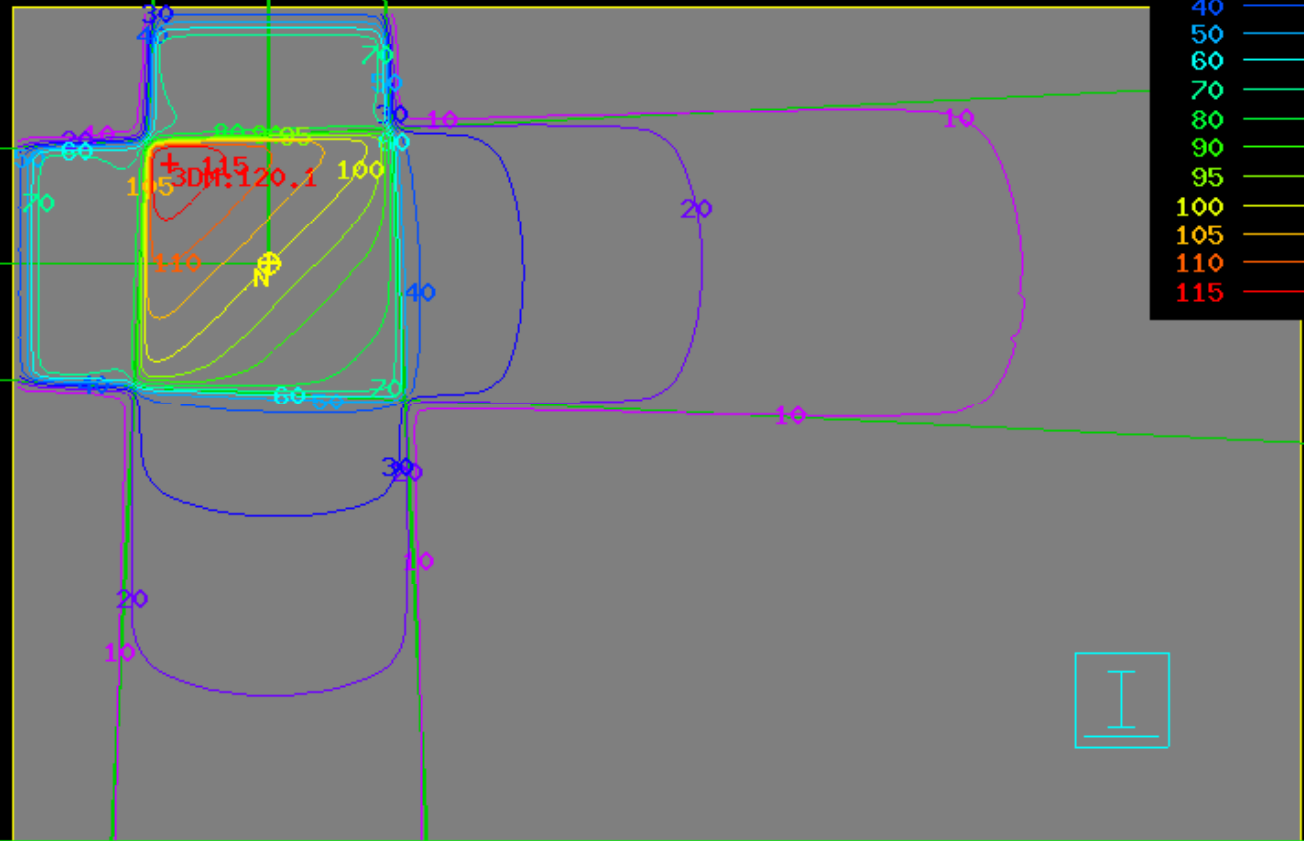
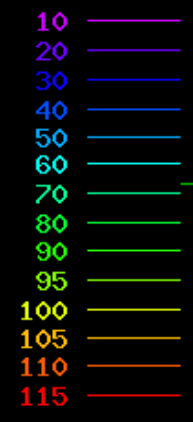


6MV 10x10
geen wig

3D Grid
2.1 [mm]
Relative

1.Add_1 (P)

2.Links (P)



4 Z:0.0 [mm]

PLAN: LABEL: NORMALIZE: Isocenter 1 PRESCRIBE: 100.0cGy to 100% in 1

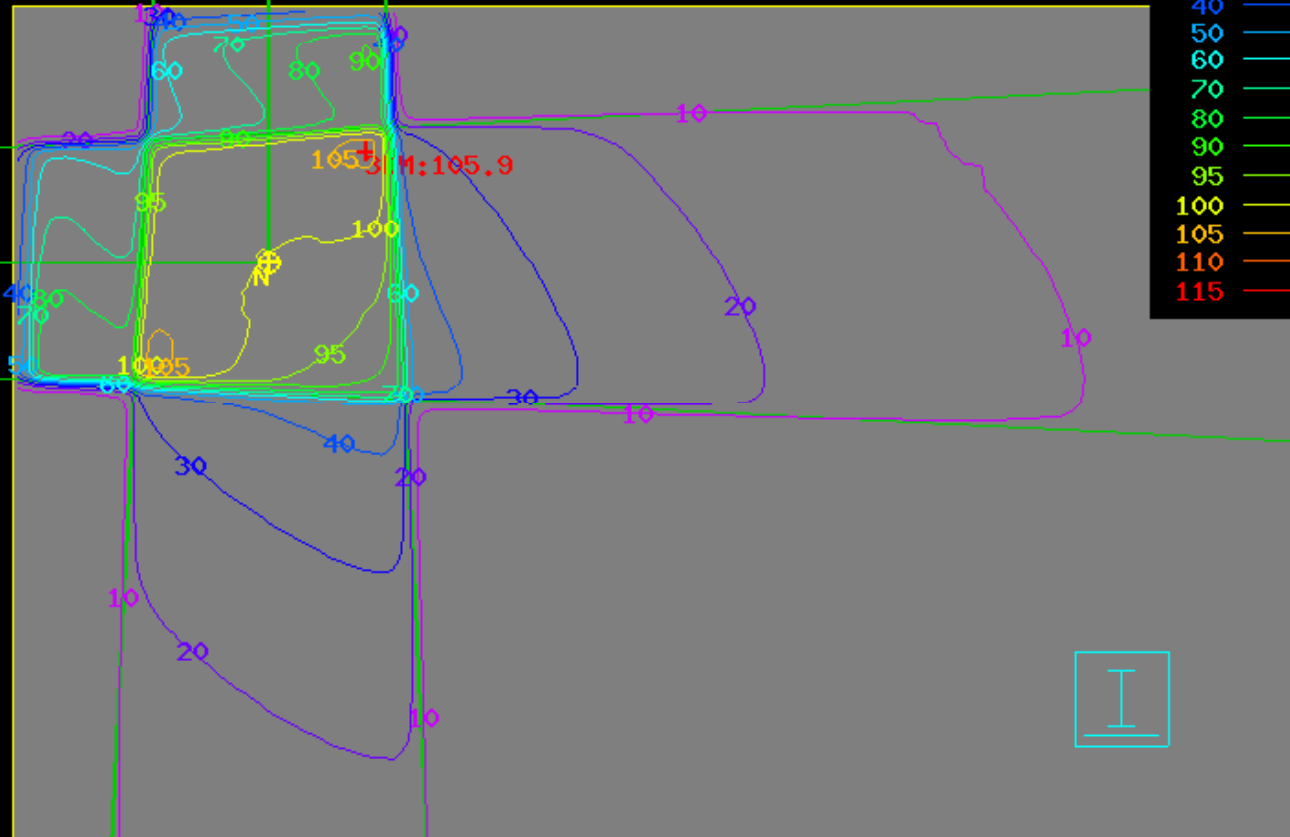
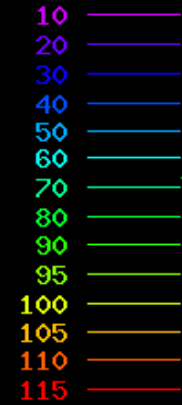
Name	UNIT	X/E		SSD	DEPTH	Gantr	START	STOP	PCT	LY	LY2	LY1
Add_1	AMC-U1 <input type="checkbox"/>	6.0X <input type="checkbox"/>	SAD <input type="checkbox"/>	90.0	10.0	0.0	0.0	0.0	Asym,Asym <input type="checkbox"/>	10.0	5.0	5.0
Links	AMC-U1 <input type="checkbox"/>	6.0X <input type="checkbox"/>	SAD <input type="checkbox"/>	90.0	10.0	270.0	0.0	0.0	Asym,Asym <input type="checkbox"/>	10.0	5.0	5.0

6MV 10x10
45° wig

3D Grid
2.1 [mm]
Relative

1.Add 1 (P)

2.Links (P)



4 Z:0.0 [mm]

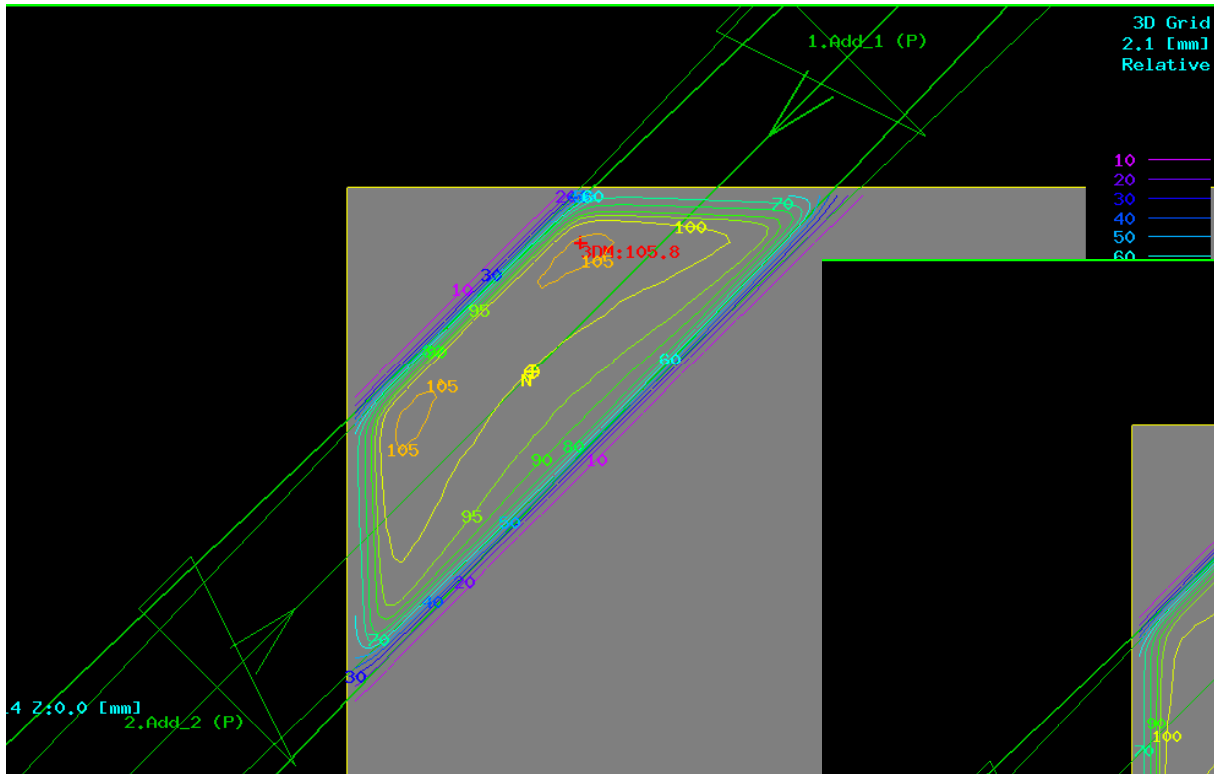
PLAN:		LABEL:		NORMALIZE: Isocenter 1				PRESCRIBE: 100.0cGy to 100% in 1					
Name		WEDGE	ANGLE	FRAC TION	MODE	BEAM/ POINT	DEPTH	SSD	M. U. / Min.	WEIGHT	#1 Dmax	#1 Isoc	D
Add_1	SAD	60.0	45.0	0.58	Isoc <input type="checkbox"/>	1	10.0	90.0	69.2	0.500	74.6	50.0	
Links	SAD	60.0	45.0	0.58	Isoc <input type="checkbox"/>	2	10.0	90.0	69.2	0.500	1.4	50.0	
											76.0	100.0	Tota

Wanneer gebruik je een wig?

- Meerdere bundels die niet onder gelijke hoeken zijn opgesteld
 - $\text{Wighoek} = 90 - \text{Scharnierhoek} / 2$ graden

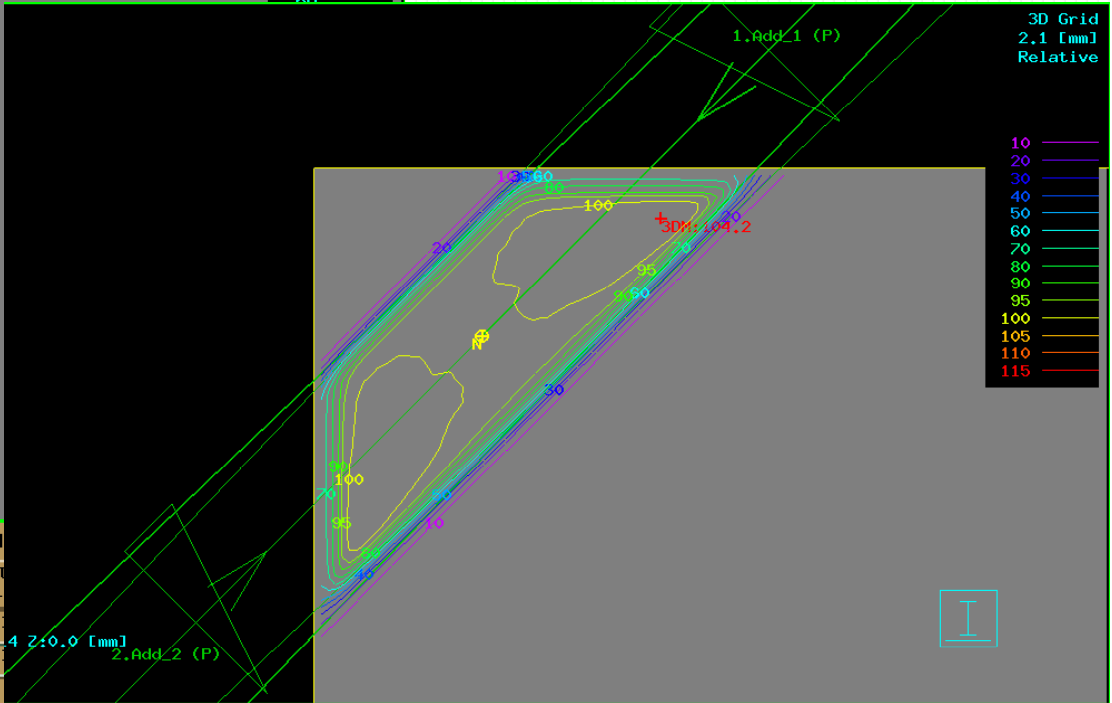
Wanneer gebruik je een wig?

- Meerdere bundels die niet onder gelijke hoeken zijn opgesteld
 - $\text{Wighoek} = 90 - \text{Scharnierhoek} / 2$ graden
- Compensatie voor missing tissue



PLAN:	LABEL:		NORMALIZE: Isocenter 1				PRESCRIBED DOSE:					
Name	WEDGE	ANGLE	FRAC TION	MODE	BEAM/ POINT	DEPTH	SSD	M. U. / Min.	WEIGHT	#1 Dmax	#1 Isoc	D
Add_1	SAD	60.0	0.00	Isoc	1	7.1	92.9					
Add_2	SAD	60.0	0.00	Isoc	2	7.1	92.9					

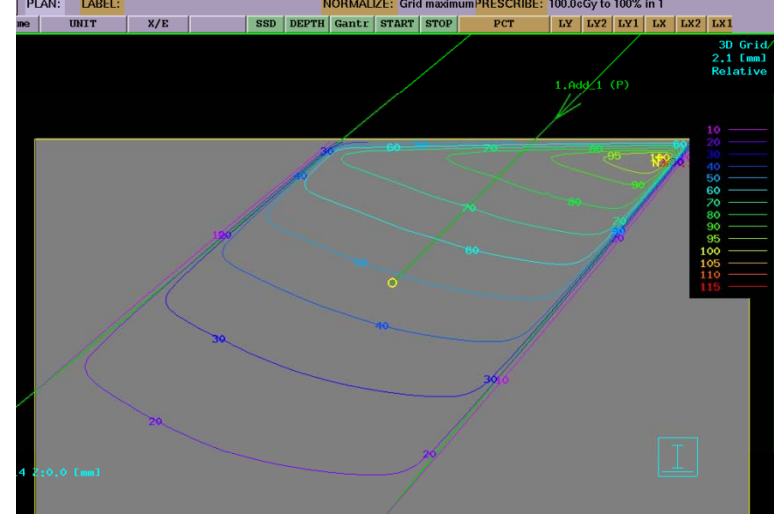
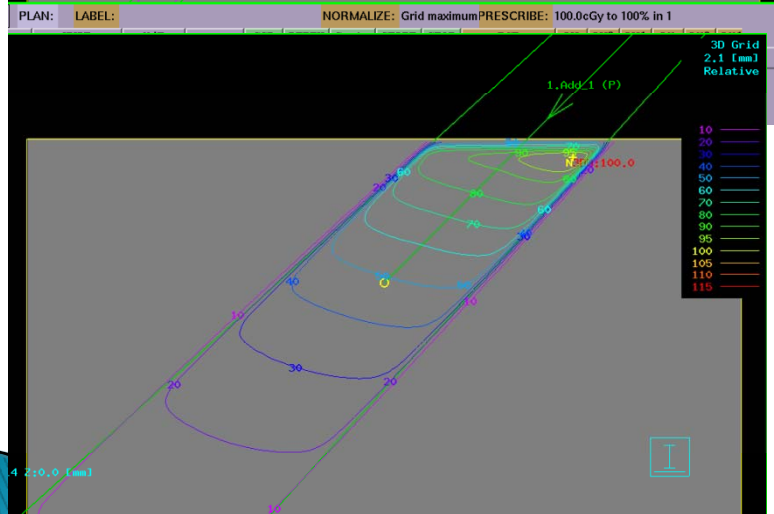
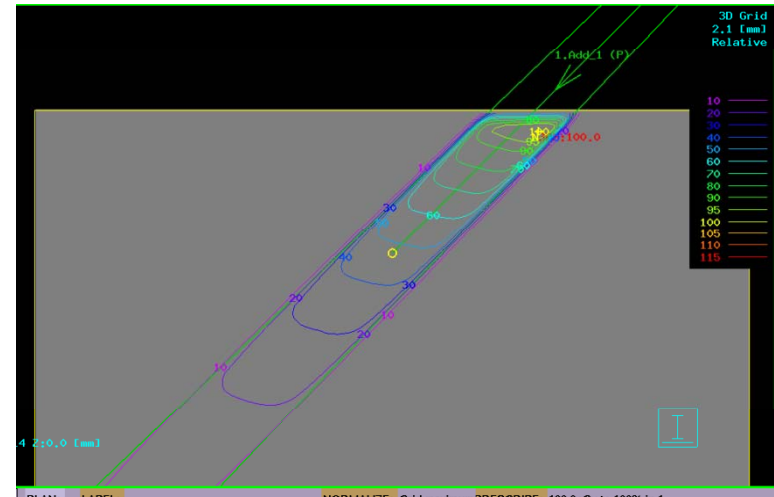
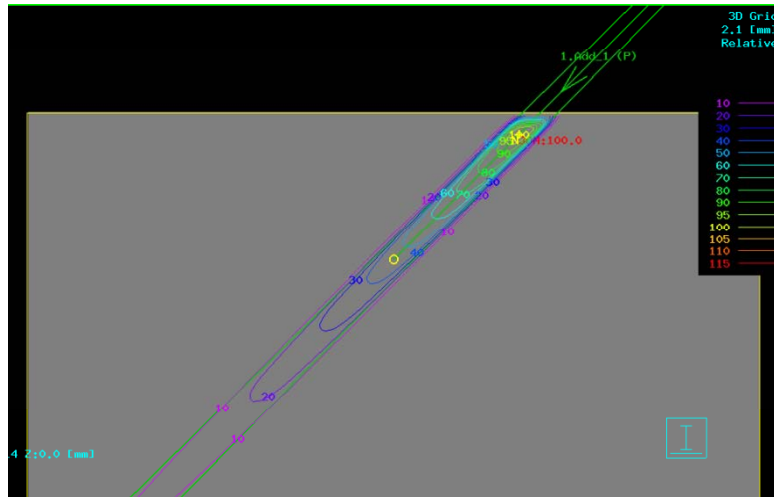
6 MV 5x5 geen wig



PLAN:	LABEL:		NORMALIZE: Isocenter 1				PRESCRIBED DOSE: 100.0cGy to 100% in 1					
Name	WEDGE	ANGLE	FRAC TION	MODE	BEAM/ POINT	DEPTH	SSD	M. U. / Min.	WEIGHT	#1 Dmax	#1 Isoc	D
Add_1	SAD	60.0	37.0	Isoc	1	7.1	92.9	32.4	0.499	65.4	49.9	
Add_2	SAD	60.0	37.0	Isoc	2	7.1	92.9	32.4	0.501	36.6	50.1	
										102.0	100.0	Total

6 MV 5x5 37° wig

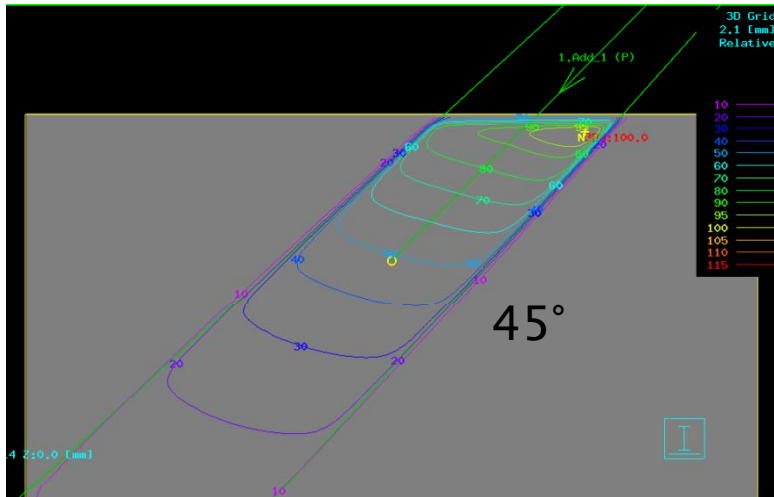
Schuine inval (veldgrootte)



no	UNIT	X/E	SSD	DEPTH	Gantr	START	STOP	PCT	LY	LY2	LV1	LX	LX2	L
1_1	AMC-UI	6.0X	SAD	85.8	14.2	45.0	0.0	0.0	Asym,Asym	10.0	5.0	5.0	10.0	20.0

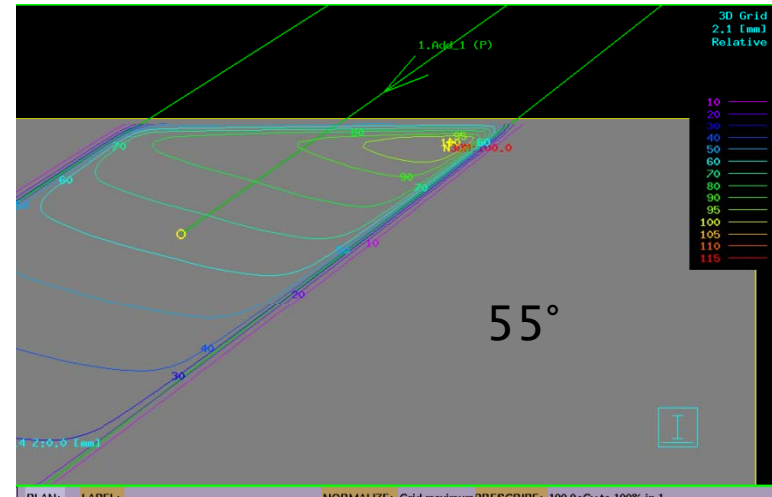
no	UNIT	X/E	SSD	DEPTH	Gantr	START	STOP	PCT	LY	LY2	LV1	LX	LX2	LX1
1_1	AMC-UI	6.0X	SAD	85.8	14.2	45.0	0.0	0.0	Asym,Asym	20.0	10.0	10.0	20.0	10.0

Schuine inval (hoek)



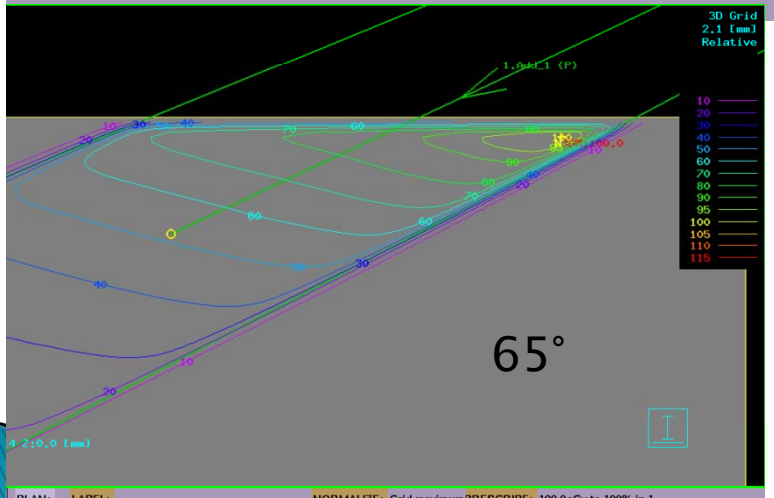
PLAN: LABEL: NORMALIZE: Grid maximum PRESCRIBE: 100.0cGy to 100% in 1

no	UNIT	X/E	SSD	DEPTH	Gantr	START	STOP	PCT	LY	LY2	LY1	LX	LX2	L
1.1	AMC-UI	6.0X	SAD	85.8	14.2	45.0	0.0	0.0	Asym,Asym	10.0	5.0	5.0	10.0	5.0



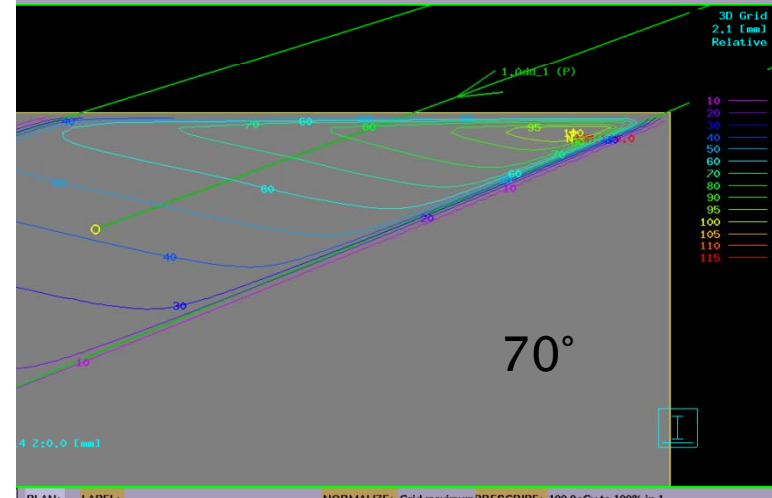
PLAN: LABEL: NORMALIZE: Grid maximum PRESCRIBE: 100.0cGy to 100% in 1

no	UNIT	X/E	SSD	DEPTH	Gantr	START	STOP	PCT	LY	LY2	LY1	LX	LX2	L
1.1	AMC-UI	6.0X	SAD	91.2	8.8	55.0	0.0	0.0	Asym,Asym	10.0	5.0	5.0	10.0	5.0



PLAN: LABEL: NORMALIZE: Grid maximum PRESCRIBE: 100.0cGy to 100% in 1

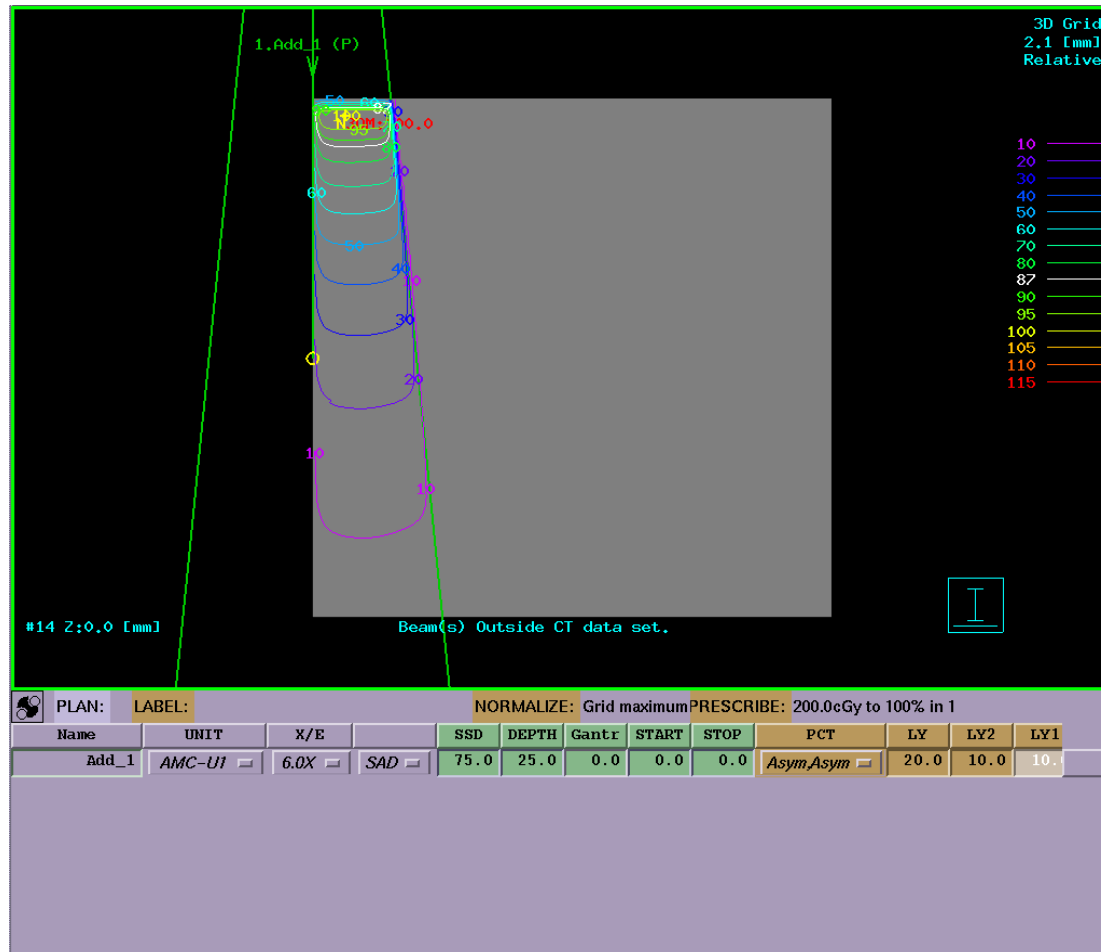
no	UNIT	X/E	SSD	DEPTH	Gantr	START	STOP	PCT	LY	LY2	LY1	LX	LX2	L
1.1	AMC-UI	6.0X	SAD	88.1	11.9	65.0	0.0	0.0	Asym,Asym	10.0	5.0	5.0	10.0	5.0

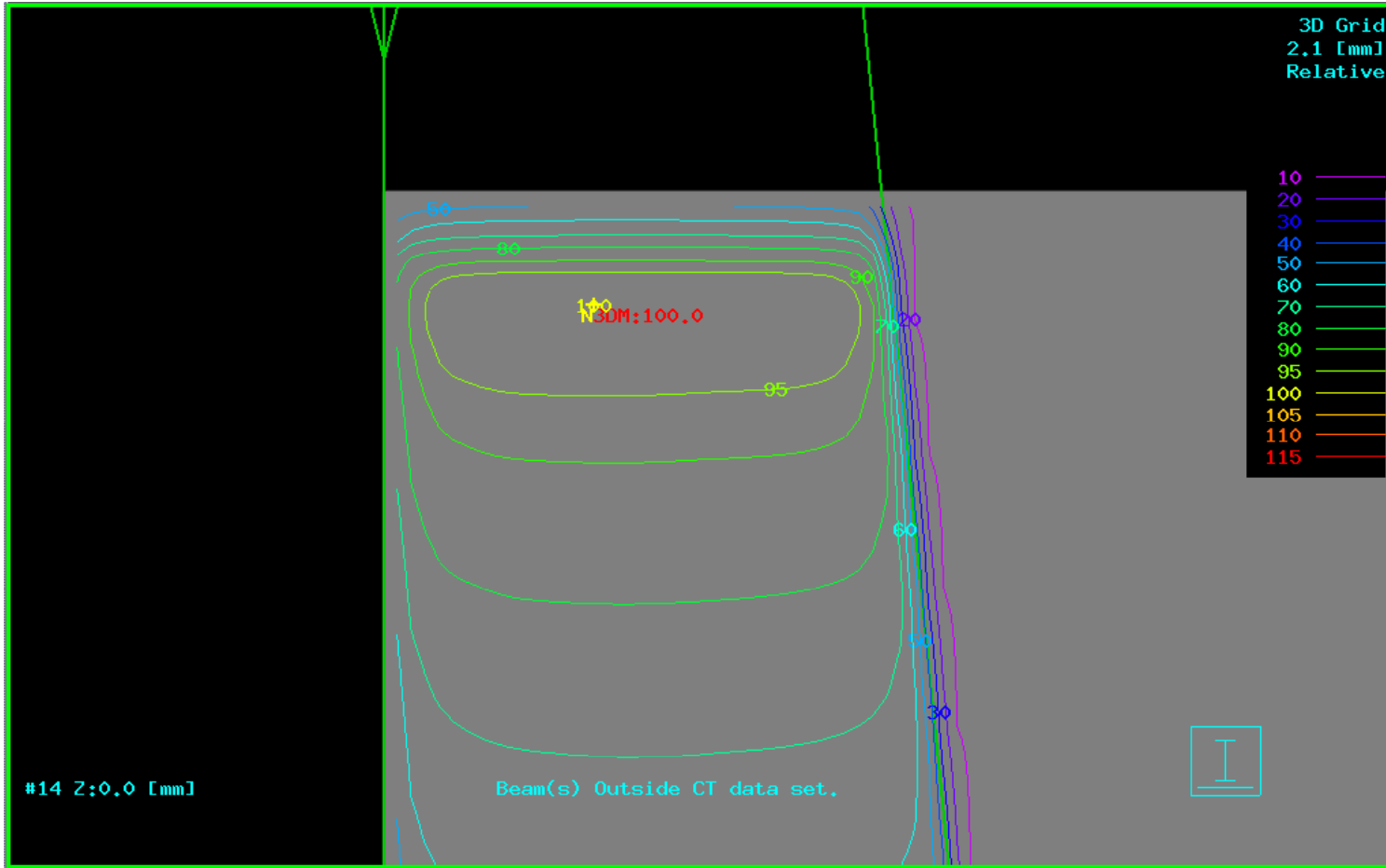


PLAN: LABEL: NORMALIZE: Grid maximum PRESCRIBE: 100.0cGy to 100% in 1

no	UNIT	X/E	SSD	DEPTH	Gantr	START	STOP	PCT	LY	LY2	LY1	LX	LX2	L
1.1	AMC-UI	6.0X	SAD	85.3	14.7	70.0	0.0	0.0	Asym,Asym	10.0	5.0	5.0	10.0	5.0

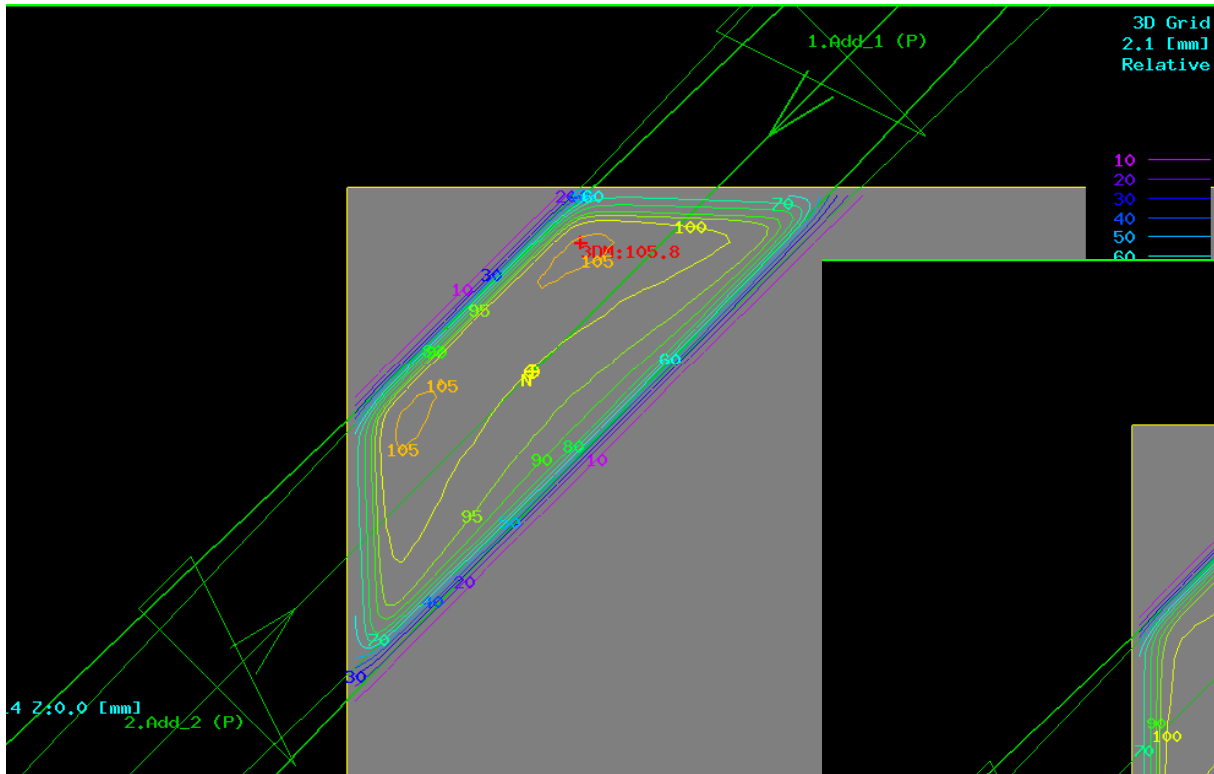
Ultieme schuine inval





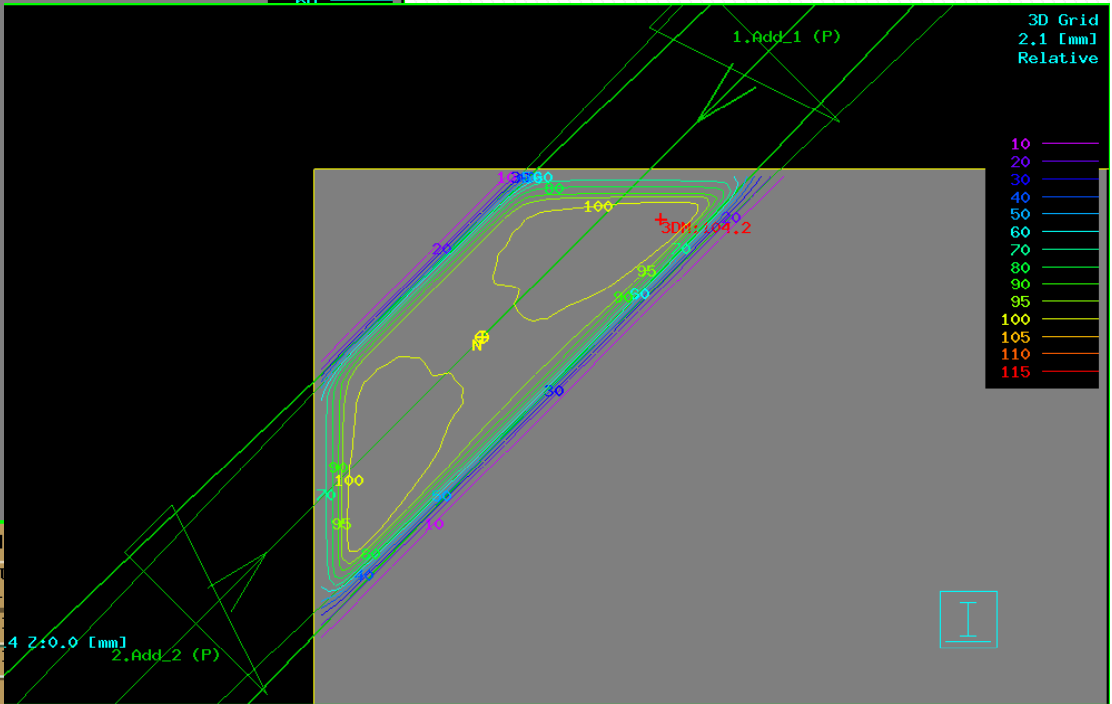
PLAN: LABEL: NORMALIZE: Grid maximum PRESCRIBE: 200.0cGy to 100% in 1

Name	UNIT	R/E		SSD	DEPTH	Gantr	START	STOP	PCT	LY	LY2	LY1
Add_1	AMC-U1 <input type="checkbox"/>	6.0X <input type="checkbox"/>	SAD <input type="checkbox"/>	75.0	25.0	0.0	0.0	0.0	Asym,Asym <input type="checkbox"/>	20.0	10.0	10.0



PLAN:	LABEL:		NORMALIZE: Isocenter 1				PRESCRIBED DOSE:					
Name	WEDGE	ANGLE	FRAC TION	MODE	BEAM/ POINT	DEPTH	SSD	M. U. / Min.	WEIGHT	#1 Dmax	#1 Isoc	Dose
Add_1	SAD	60.0	0.00	Isoc	1	7.1	92.9	32.4	0.499	65.4	49.9	
Add_2	SAD	60.0	0.00	Isoc	2	7.1	92.9	32.4	0.501	36.6	50.1	
										102.0	100.0	Total

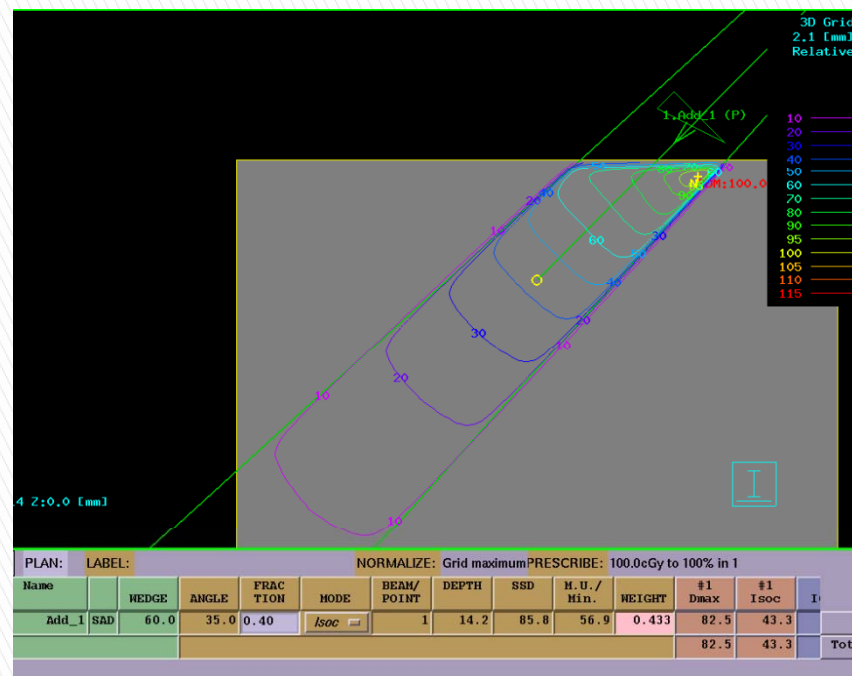
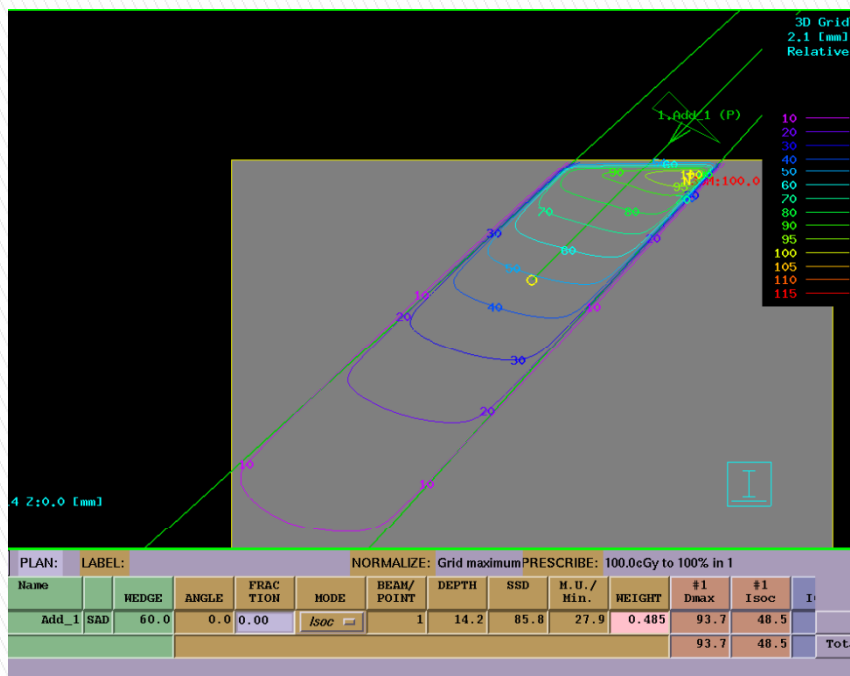
6 MV 5x5 geen wig



PLAN:	LABEL:		NORMALIZE: Isocenter 1				PRESCRIBED DOSE: 100.0cGy to 100% in 1					
Name	WEDGE	ANGLE	FRAC TION	MODE	BEAM/ POINT	DEPTH	SSD	M. U. / Min.	WEIGHT	#1 Dmax	#1 Isoc	Dose
Add_1	SAD	60.0	37.0	Isoc	1	7.1	92.9	32.4	0.499	65.4	49.9	
Add_2	SAD	60.0	37.0	Isoc	2	7.1	92.9	32.4	0.501	36.6	50.1	
										102.0	100.0	Total

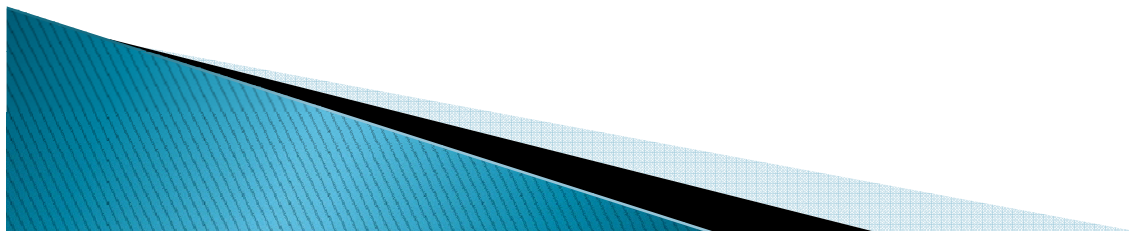
6 MV 5x5 37° wig

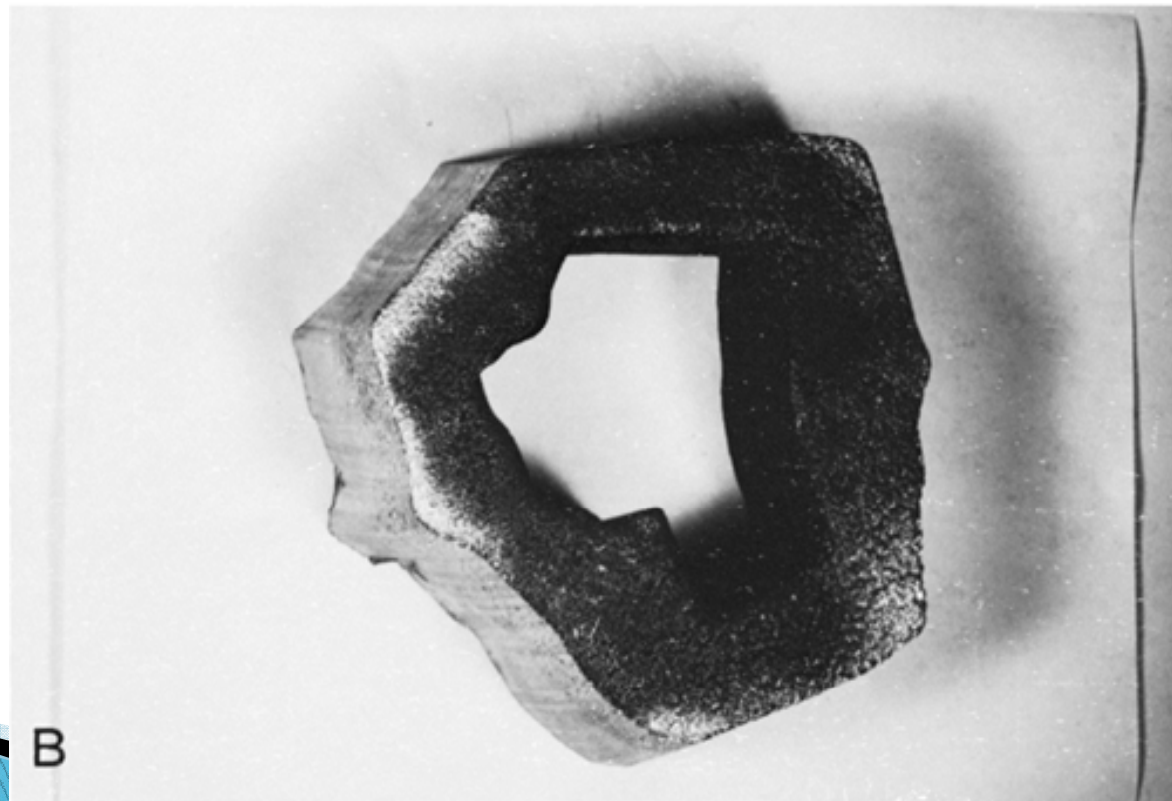
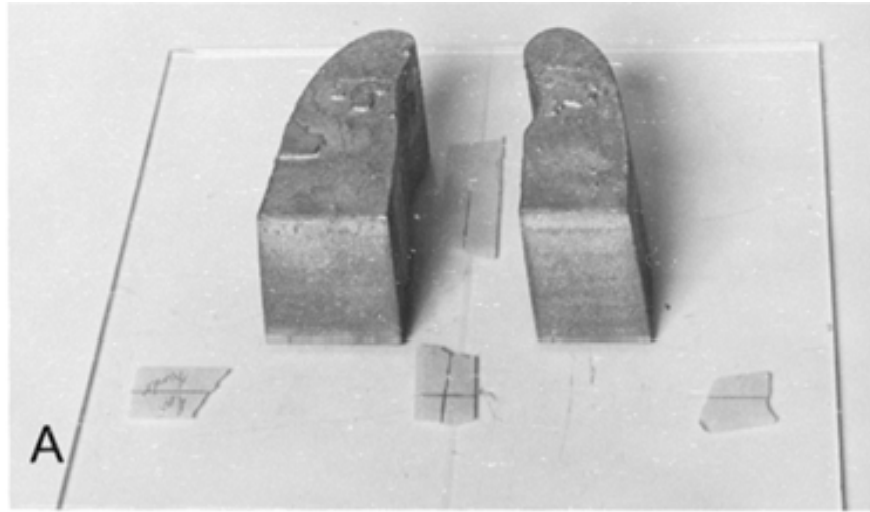
Met wig schuine inval “rechttekken”

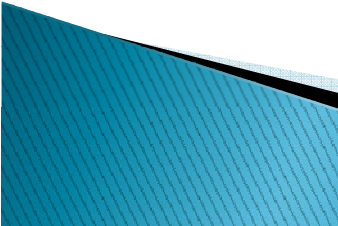
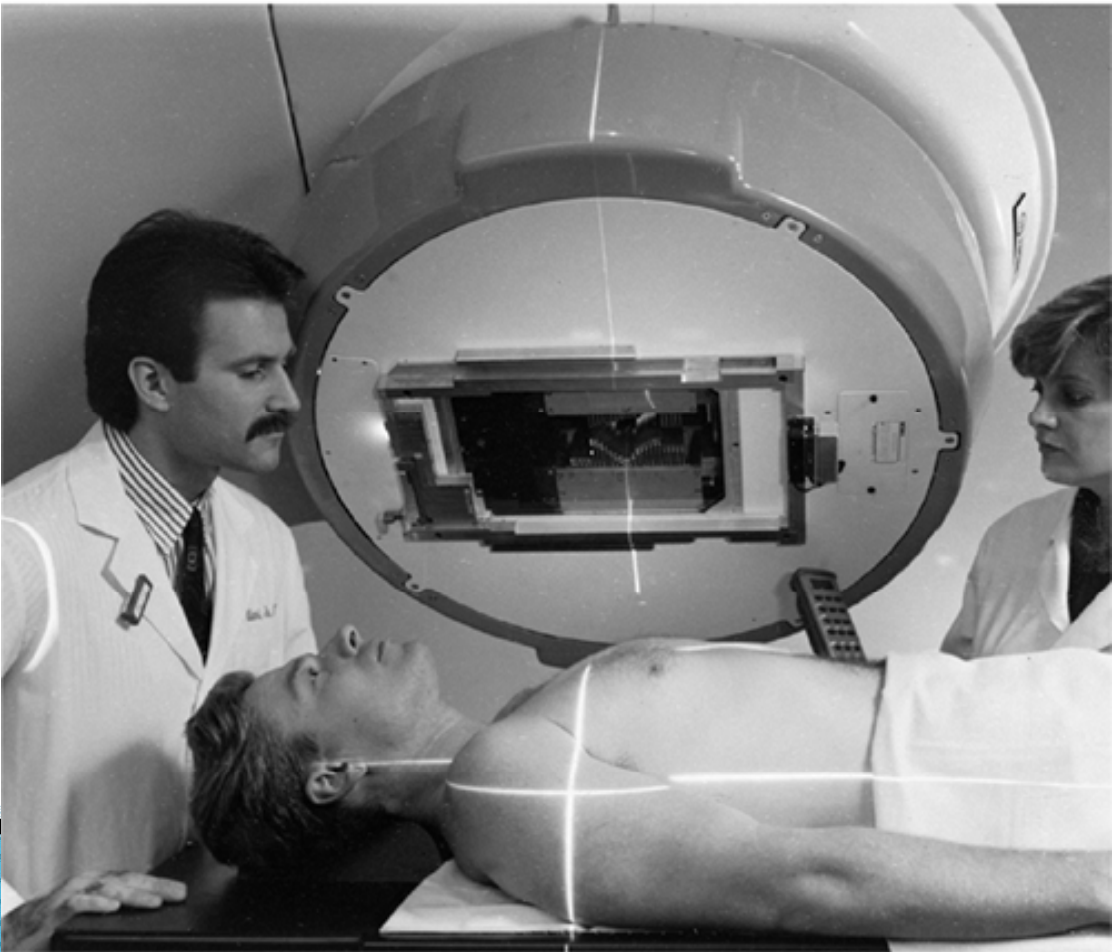
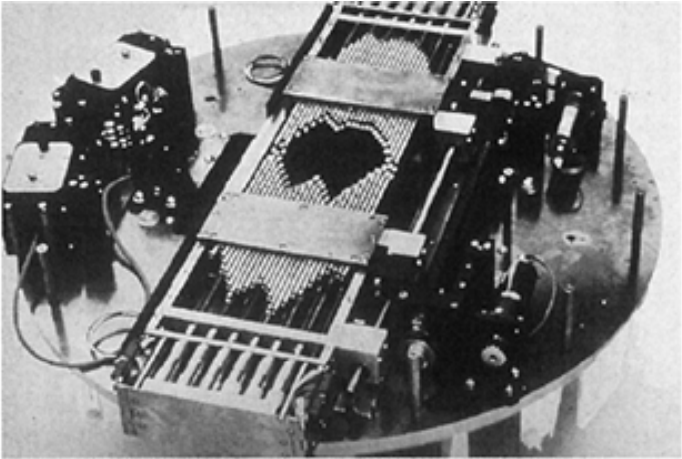


Afblokkingen

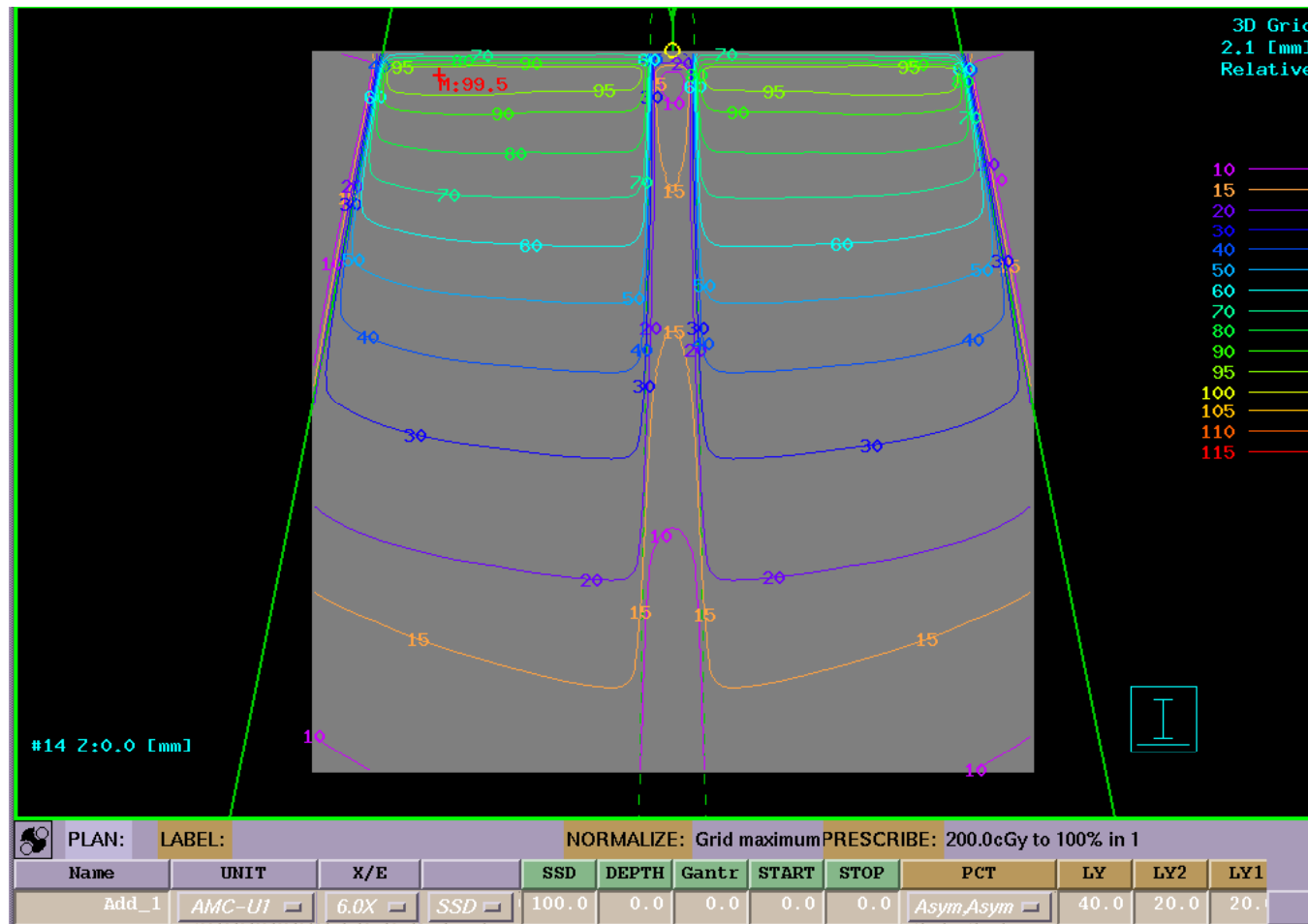
- ▶ Doel:
 - Bundelvorm aanpassen aan doelgebied
 - Sparen kritieke organen/ gezond weefsel
 - Uitblokken bepaalde delen
 - Aansluiten velden
- ▶ Middelen:
 - Individuele blokken op shadow tray
 - Losse blokken op sferische tray (“vergiet”)
 - MLC’s



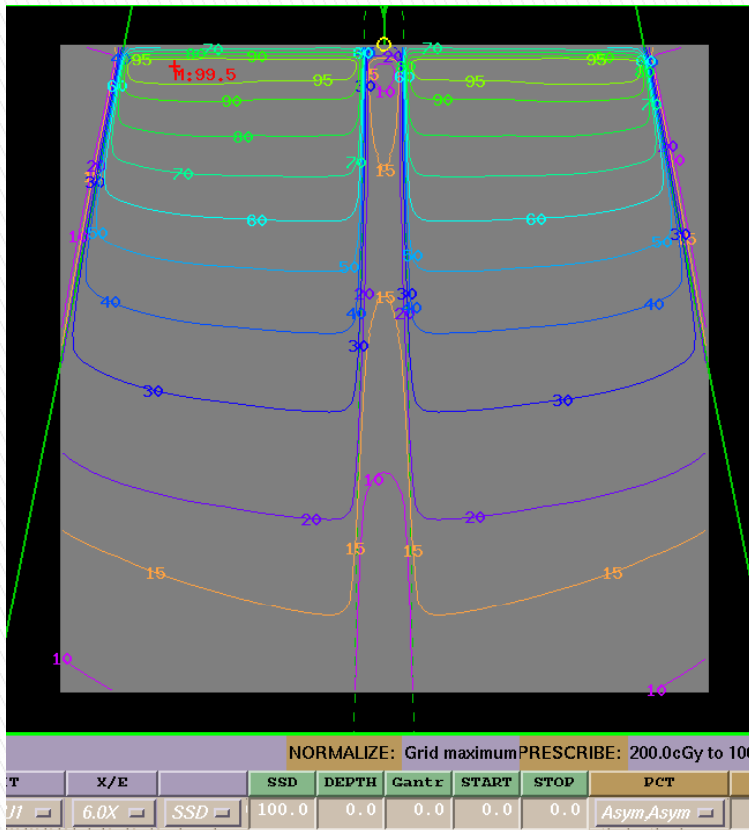




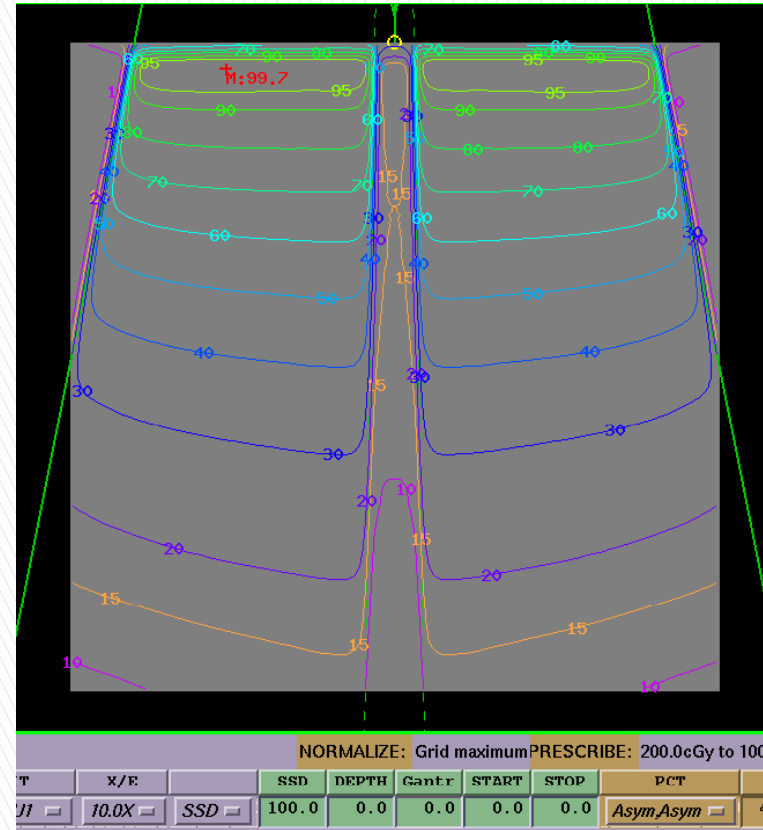
6 MV bundel op 3x3 cm blokje



Blok 3x3 cm



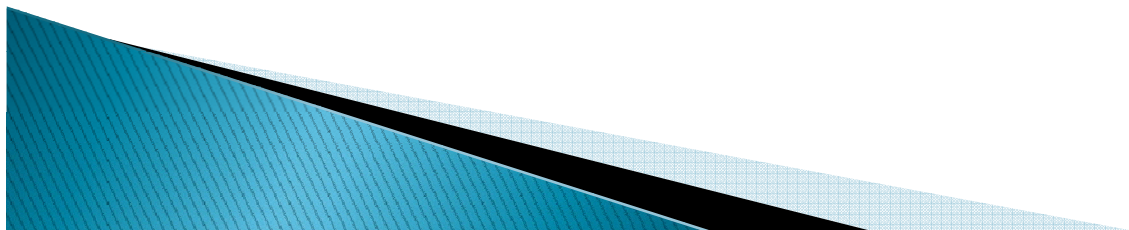
6MV



10MV

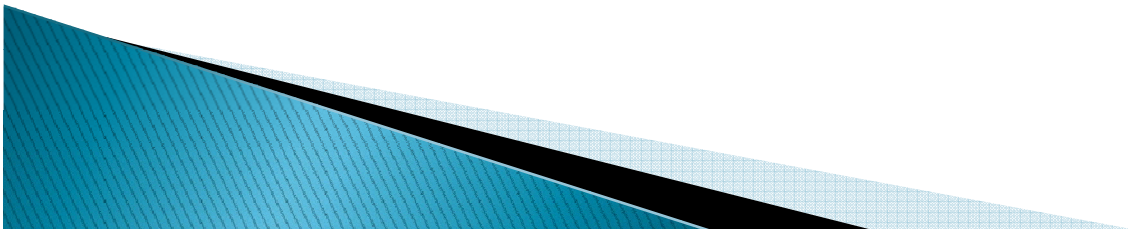
Inhomogeniteiten

- ▶ Dosisberekening “Simpel”:
geen inhomogeniteiten correctie
 - patient = water binnen body contour
 - Dosisafgifte is identiek aan die in water (waterbak)
- ▶ Dosisberekening “Nauwkeurig”:
patient heeft variabele samenstelling
 - Spier/vet, Long, Bot
 - Dosisafgifte is ongelijk aan die in water



Elektronen dichtheid

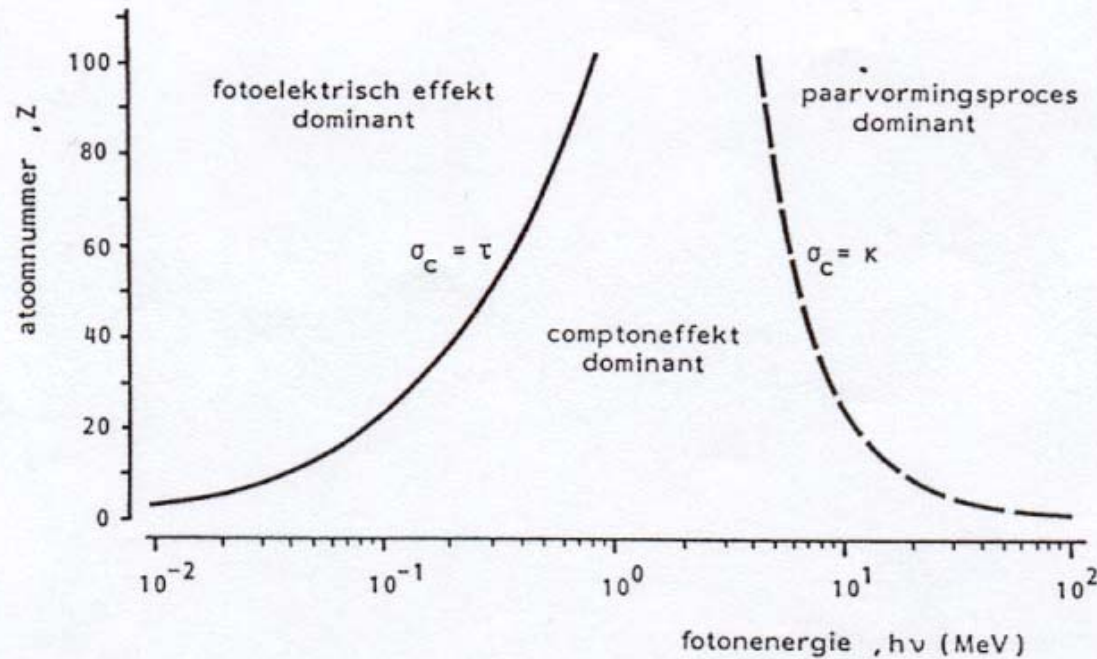
- ▶ Afgegeven dosis is evenredig met de elektronen-dichtheid. Waarom?



Herhaling:

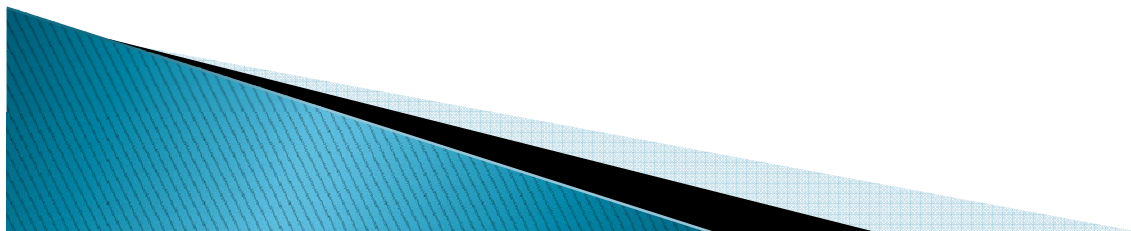
belang van verschillende interacties

Relatieve belang van: fotoelectrisch effect
 compton effect
 paarvormingseffect

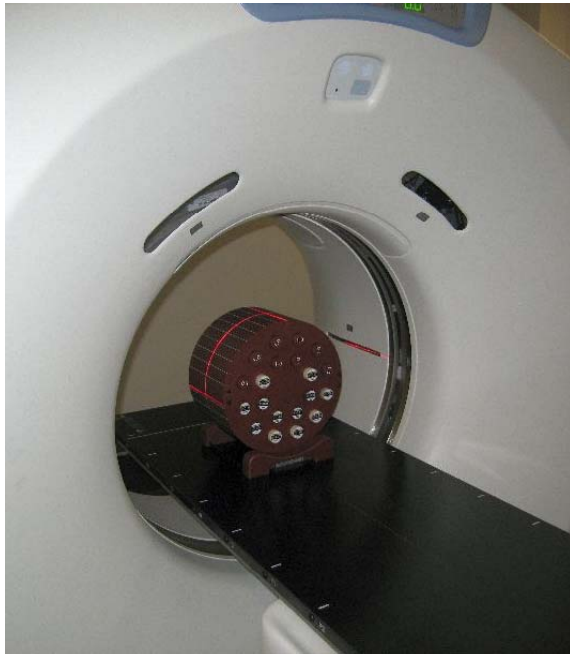


Elektronen dichtheid

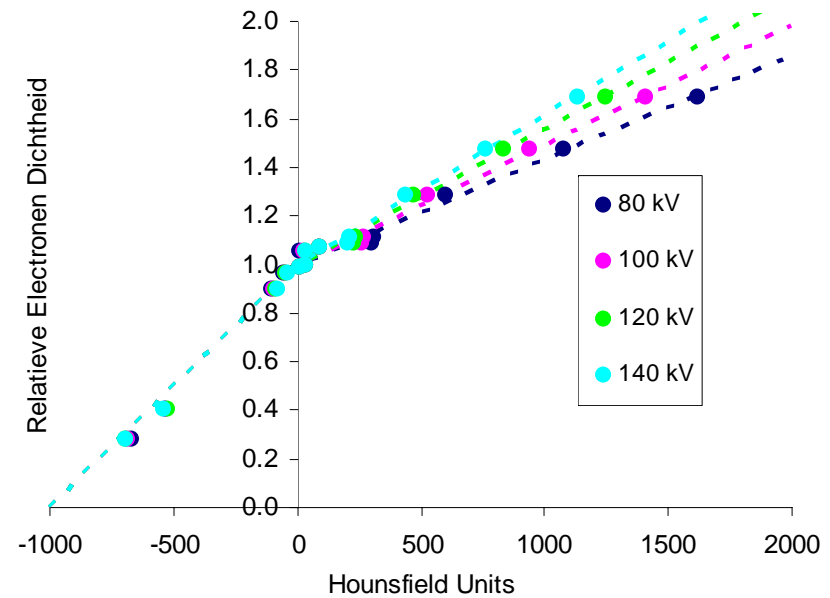
- ▶ Afgegeven dosis is evenredig met de elektronen-dichtheid. Waarom?
- ▶ Hoe bepalen we de elektronen dichtheid?
- ▶ Bepaal de relatie tussen de grijswaarde van een CT scan en de elektronen dichtheid
- ▶ (grijswaarde CT scan wordt weergegeven in Hounsfield Units: -1000 =lucht, 0 =water)



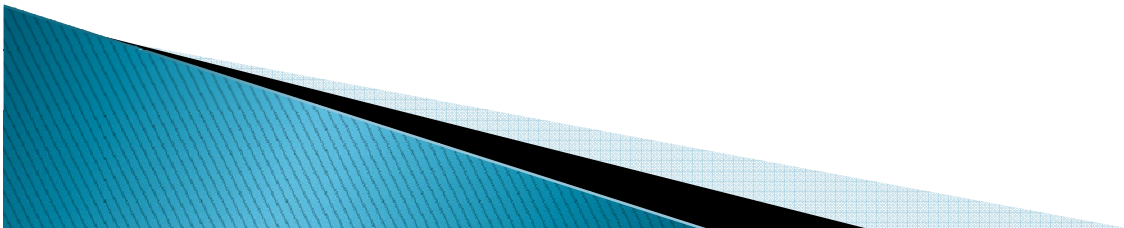
Hounsfield units en Elektronen dichtheid



HURED- relatie GE-scanner voor verschillende energieën



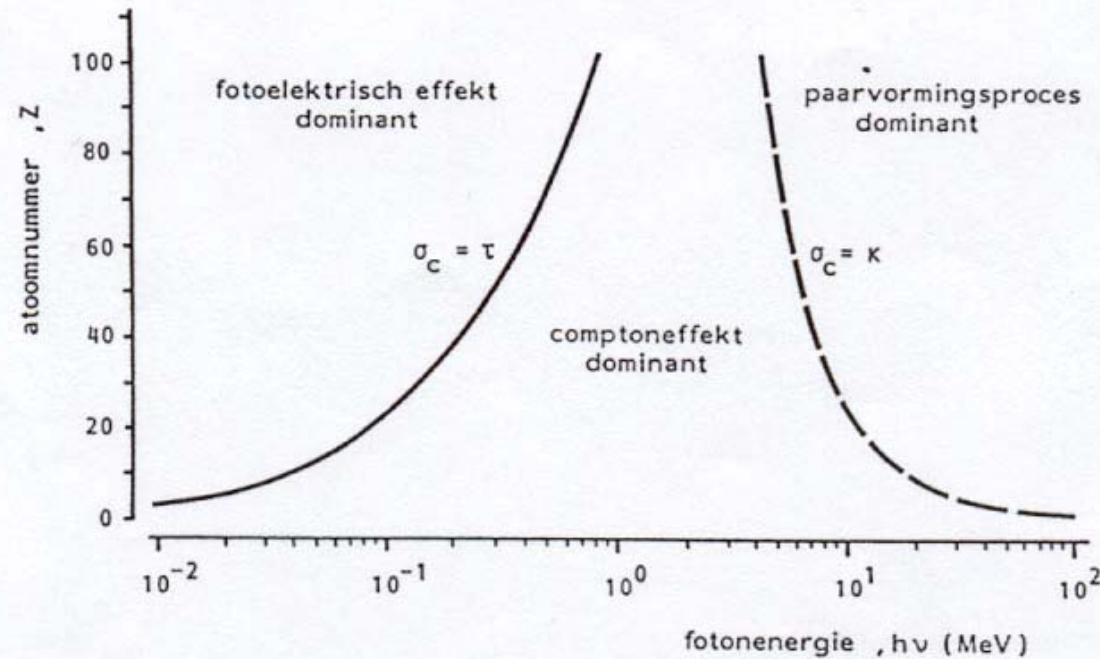
- Verklaar de vorm van de grafiek



Herhaling:

belang van verschillende interacties

Relatieve belang van: fotoelectrisch effect
 compton effect
 paarvormingseffect



THE END

