

‘Een basismodel van de radiotherapie planning en het gerelateerde zorggebruik’

Een onderzoek, uitgevoerd in het Radiotherapeutisch Instituut Stedendriehoek Omstreken (RISO) te Deventer en het Academisch Medisch Centrum (AMC) te Amsterdam, naar de radiotherapie planning van mamma- en prostaatpatiënten.

UNIVERSITEIT TWENTE.



Loes van Dijk	s1026542
Marije Oosterhoff	s1007793
Lizzy Straathof	s1014870

Universiteit Twente
Faculteit Management en Bestuur
Gezondheidswetenschappen

Afstudeerscriptie bachelor Gezondheidswetenschappen

Datum: 26 juni 2012

Eerste begeleider:	dr. L.M.G. Steuten
Tweede begeleider:	dr. S. Siesling
Externe begeleider Nucletron:	drs. H. Monteban
Opdrachtgever Nucletron:	ir. J. Pijpelink



Voorwoord

Vanaf eind april tot en met juni 2012 hebben wij met veel plezier gewerkt aan het onderzoek naar radiotherapie planning. Na tien weken onderzoek ligt het verslag *‘Een basismodel van de radiotherapie planning en het gerelateerde zorggebruik’* voor u. Deze bacheloropdracht is de afronding van onze bachelor Gezondheidswetenschappen aan Universiteit Twente te Enschede.

Op woensdag 14 maart 2012 hadden wij het eerste gesprek met onze begeleidster Dr. Lotte Steuten waarin het doel van de opdracht werd besproken. Wij waren direct enthousiast, vanwege de relevantie van het onderwerp en de ervaring die wij konden opdoen in de praktijk. Op maandag 2 april 2012 zijn wij daarom naar Nucletron BV te Veenendaal, de opdrachtgever tot het onderzoek, afgereisd om samen met onze begeleidster, te spreken met Ir. Jaap Pijpelink en Drs. Helma Monteban over de verwachting die Nucletron van ons onderzoek had.

Voor aanvang van het onderzoek zijn verschillende ziekenhuizen benaderd om mee te werken. Hierdoor hebben wij in meerdere centra gesprekken gevoerd en veel van de praktijk mogen zien. Hoewel de tijd om ons onderzoek uit te voeren beperkt was hebben wij dankzij de inzet van verschillende medewerkers van het RISO en het AMC veel onderzoeksgegevens kunnen verzamelen. Graag willen wij dan ook alle medewerkers van het RISO en de medewerkers van de afdeling radiotherapie in het AMC bedanken voor het invullen van de case report sheets en voor hun deelname aan de interviews. In het bijzonder bedanken we onze contactpersonen voor hun inzet om alle medewerkers te enthousiasmeren en alle afspraken voor ons te plannen. Zonder hen hadden wij dit onderzoek niet in deze korte tijd kunnen uitvoeren. Vanuit het RISO bedanken we Marloes Spoolder, Robert Vijn en Dr. Ir. André Minken. Vanuit het AMC bedanken wij Jorrit Visser en Koen Crama.

Ten slotte bedanken we Lotte Steuten voor haar tijd, enthousiasme en het geven van feedback en bedanken we Dr. Sabine Siesling voor haar rol als tweede begeleider.

Wij hebben een leuke en leerzame tijd beleefd en wensen u veel plezier met het lezen van dit verslag.

Loes van Dijk, Marije Oosterhoff & Lizzy Straathof
Enschede, juni 2012

Samenvatting

Radiotherapie is een belangrijk specialisme binnen de behandeling van kanker. Hoewel de zorgkosten voor radiotherapie binnen de totale zorgkosten voor kanker relatief gering zijn, is inzicht in de efficiëntie van de radiotherapie van belang. Dit bachelor afstudeeronderzoek richt zich op de radiotherapie planning van prostaat- en mammacarcinomen in het Radiotherapeutisch Instituut Stedendriehoek en Omstreken (RISO) te Enschede en het Academisch Medisch Centrum (AMC) te Amsterdam. Hierbij wordt het proces en het gerelateerde zorggebruik van de radiotherapie planning in kaart gebracht. Daarnaast worden de mogelijkheden voor verbetering van de efficiëntie geïnventariseerd.

Het proces van radiotherapie planning is geïnventariseerd door middel van drie semigestructureerde interviews. Aan de hand van deze interviews en literatuuronderzoek is een modulair systeem opgesteld. Het model is hierna getoetst en aangescherpt aan de hand van acht focused interviews. Daarnaast is met deze interviews het zorggebruik in kaart gebracht. Door middel van case report sheets in het RISO is de bestede tijd voor de belangrijkste stappen uit de drie hoofdfasen van de radiotherapie planning gemeten. De case report sheets zijn geanalyseerd door het berekenen van het gemiddelde, de mediaan, de modus en de range.

Het modulair systeem van de radiotherapie planning onderscheidt drie hoofdfasen: lokalisatie door beeldvorming, voorbereiding en treatment planning. De werkzaamheden in de radiotherapie planning voor de verschillende bestralingsgebieden kunnen in detail van het modulair systeem afwijken.

In de fase lokalisatie door beeldvorming wordt de CT-scan gemaakt en eventuele aanvullende scans gefuseerd. Het maken van een CT-scan wordt uitgevoerd door twee voorbereidingslaboranten. Afhankelijk van het bestralingsgebied is de radiotherapeut-oncoloog of physician assistant enige tijd aanwezig. De bestede tijd voor het maken van de CT-scan voor een prostaatpatiënt is gemiddeld elf minuten en voor een mammapatiënt duurt het maken van de CT-scan gemiddeld 28 minuten.

In de tweede fase, voorbereiding, vindt het contouren plaats. Het contouren met behulp van een intekenprogramma wordt uitgevoerd door een laborant en een radiotherapeut-oncoloog of physician assistant. De bestede tijd van het contouren bedraagt voor een prostaatpatiënt gemiddeld 73 minuten en voor een mammapatiënt gemiddeld 41 minuten.

In de laatste fase, treatment planning, wordt het bestralingsplan opgesteld en na controle worden de gegevens ingevoerd in het Record en Verify systeem. Het bestralingsplan wordt met behulp van een planningsprogramma gemaakt door een planningslaborant en gecontroleerd door een radiotherapeut-oncoloog en klinisch fysicus. De gehele treatment planning duurt voor een prostaatpatiënt gemiddeld 152 minuten en voor een mammapatiënt gemiddeld 83 minuten.

In de radiotherapie planning wordt gebruik gemaakt van verschillende softwareprogramma's. Het afsprakensysteem Mosaïq is hiervan een voorbeeld, dat wordt gebruikt in het AMC en in het RISO.

Vertraging is het voornaamste knelpunt in de radiotherapie planning. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de werkhouding van radiotherapeut-oncologen. In het AMC zijn de intekenstations vaak bezet. Knelpunten in de software zijn met name te relateren aan fouten die optreden bij het doorsturen van gegevens naar andere softwareprogramma's en de server. In het AMC treden nog relatief veel storingen op met het planningsprogramma Oncentra.

Medewerkers geven aan dat de efficiëntie van de radiotherapie planning kan worden vergroot door betere aansluiting van softwareprogramma's. Een reductie van het aantal programma's is het ideaal. Tijdswinst kan volgens hen worden behaald door meer gebruik van automatisch contouren en training om de werkwijze van treatment planning te standaardiseren.

De radiotherapie planning is een complex proces binnen de radiotherapie. Het zorggebruik is groot door vele betrokken zorgverleners, gebruik van meerdere softwareprogramma's en de bestede tijd. Hierbij worden werkzaamheden steeds meer geautomatiseerd om tijdswinst te behalen en fouten te voorkomen. Om de efficiëntie van de radiotherapie planning te vergroten kunnen aanpassingen worden gemaakt in de logistiek en in softwareprogramma's.

Op logistiek gebied kan in bepaalde stappen van de radiotherapie planning gekeken worden naar de taakverdeling, in het bijzonder of de radiotherapeut kan worden ontlast door zijn werkzaamheden over te laten nemen door andere zorgverleners, zoals de physician assistant en de laborant. Er is ruimte om de workflow nauwer op elkaar te laten aansluiten, door de fasen in de radiotherapie planning efficiënter achter elkaar te plannen.

Softwarematig kan verbetering worden behaald door de verschillende softwareprogramma's middels automatische doorsturing op elkaar te laten aansluiten, zodat menselijke fouten in het versturen van gegevens kunnen worden voorkomen.

Voor softwareproducenten is het van belang om in contact te blijven met de gebruikers. Het is belangrijk dat de gebruiker actief meedenkt over mogelijke verbeteringen in de softwareprogramma's. Door gewenste aanpassingen in de software door te voeren in regelmatige updates kan een verbetering in efficiënt gebruik worden behaald.

Dit onderzoek biedt een basis voor het modulair systeem. Om de algemene situatie in Nederland in kaart te brengen is uitgebreider onderzoek nodig, waarbij meer radiotherapeutische centra worden betrokken en over een langere onderzoeksperiode meer case report sheets per centra worden verzameld.

Inhoud

Voorwoord	1
Samenvatting.....	2
Hoofdstuk 1 Inleiding.....	6
1.1 Aanleiding	7
1.2 Relevantie.....	7
1.3 Literatuuronderzoek	9
1.3.1 Epidemiologie van mamma- en prostaatcarcinoom	9
1.3.2 Radiotherapie.....	10
1.3.3 Radiotherapie planning.....	14
1.4 Onderzoeksvragen	16
1.5 Opbouw verslag.....	17
Hoofdstuk 2 Radiotherapeutische centra.....	19
2.1 Centra in Nederland.....	19
2.2 RISO.....	20
2.3 AMC.....	21
Hoofdstuk 3 Methodologie.....	23
3.1 Literatuuronderzoek	23
3.2 Praktijk onderzoek.....	23
3.3 Dataverwerking	25
Hoofdstuk 4 Resultaten	27
4.1 De radiotherapie planning	27
4.1.1 De radiotherapie planning in de literatuur.....	27
4.1.2 Praktijksituatie	30
4.1.3 Radiotherapie planning bij mammacarcinoom.....	33
4.1.4 Radiotherapie proces bij prostaatcarcinoom.....	34
4.1.5 Algemeen modulair systeem	35
4.2 Betrokken actoren.....	37
4.2.1 Lokalisatie door beeldvorming.....	37
4.2.2 Voorbereiding.....	39
4.2.3 Treatment planning.....	40
4.2.4 Achter de schermen	41
4.3 Softwareprogramma's	42
4.4 Benodigde tijd	44
4.4.1 Resultaten focused interviews	45

4.4.2	Resultaten case report sheets	47
4.4.3	Workflow.....	59
4.5	Knelpunten in de radiotherapie planning.....	61
4.5.1	Logistiek.....	61
4.5.2	Software.....	62
4.6	Mogelijkheden voor verbetering	64
4.6.1	Logistiek.....	64
4.6.2	Software.....	66
Hoofdstuk 5	Conclusie & aanbevelingen	68
5.1	Conclusie.....	68
5.2	Aanbevelingen.....	71
Hoofdstuk 6	Discussie.....	75
Financiële verantwoording		78
Literatuurlijst		79
Bijlage 1	Model radiotherapie planning in de literatuur	83

Hoofdstuk 1 Inleiding

In 2010 werd bij 95.456 mensen de diagnose kanker gesteld. Het aantal diagnoses stijgt jaarlijks met ongeveer 3% (IKNL, 2011). Patiënten met kanker kunnen op verschillende manieren worden behandeld. Radiotherapie is naast chirurgie en medicijnkuren (chemo- en hormoontherapie) één van de drie peilers voor behandeling van patiënten met kanker (NVRO, 2000a). Exacte cijfers over het percentage patiënten dat in Nederland wordt behandeld door middel van radiotherapie zijn niet bekend. Uit verschillende studies blijkt dat dit percentage tussen de 32-47% ligt (Lybeert, Louwman, Poortmans, Vulto, & Coebergh, 2005) (Gezondheidsraad, 2008). Hiervan wordt de ene helft bestraald met als doel genezing en de andere helft om het leven te verlengen of om de kwaliteit van leven te verhogen (Gezondheidsraad, 2008). Het aantal patiënten dat wordt behandeld door middel van radiotherapie stijgt met drie procent in gelijke mate mee met het aantal kanker (Lybeert, Louwman, Poortmans, Vulto, & Coebergh, 2005).

Het specialisme radiotherapie is een complex proces, waarbij veel verschillende stappen zijn te onderscheiden en waarbij verschillende professionals betrokken zijn. Dit onderzoek richt zich op het voorbereidende proces van radiotherapie bij uitwendige bestraling (external beam). Voor de behandeling kan plaatsvinden, moeten een aantal stappen worden doorlopen om het bestralingsplan op te stellen. Dit proces wordt radiotherapie planning genoemd. Uit de literatuur is bekend dat de radiotherapie planning een tijdsintensief proces is. Echter, over de bestede en benodigde tijd voor de verschillende stappen binnen de radiotherapie planning is nog nauwelijks iets bekend. Er worden in de literatuur verschillende definities van dit begrip gehanteerd, waarop later zal worden ingegaan. In dit onderzoek betreft de radiotherapie planning het proces vanaf het maken van een CT-scan tot en met de goedkeuring van het behandelplan. In het proces wordt gewerkt met software, waardoor het mogelijk is om de locatie van de tumor exact te bepalen en de stralingsverdeling in het lichaam te berekenen. Software maakt het mogelijk om bestralingsplannen van hoge kwaliteit te maken en omliggend gezond weefsel zo weinig mogelijk te beschadigen. Bij de radiotherapie planning zijn verschillende beroepsgroepen betrokken om de behandeling op te stellen, zoals radiotherapeut-oncologen, laboranten en klinisch fysici. Zij hebben eigen taken en verantwoordelijkheden die in een logistiek proces op elkaar zijn aangesloten binnen de afdeling radiotherapie.

In dit onderzoek wordt ingegaan op het proces van radiotherapie planning, de betrokken professionals, de bestede tijd aan de verschillende stappen in de radiotherapie planning en de rol die de software in dit proces speelt. Het onderzoek is toegespitst op de uitwendige radiotherapie van mamma- en prostaatcarcinomen. De reden hiervoor is dat de werkzaamheden bij beide behandelingen relatief gestandaardiseerd zijn en de incidentie van deze typen kanker hoog ligt, waardoor een basis wordt gelegd in onderzoek naar de radiotherapie planning.

1.1 Aanleiding

Verschillende medisch technologische bedrijven bieden software en producten aan voor de uitwendige radiotherapie behandeling. Nucletron, een bedrijf van Elekta, is één van deze bedrijven dat software ontwikkelt waarmee tumorweefsel kan worden gelokaliseerd en de stralingsverdeling in het lichaam kan worden berekend. Het bedrijf streeft naar verbetering van de software, zodat radiotherapeutische centra gemakkelijker en sneller de radiotherapie planning kunnen doorlopen. Er is weinig literatuur bekend over het proces van radiotherapie planning en de tijd die door de verschillende professionals hieraan wordt besteed. Daarom is het van belang het proces van radiotherapie planning in Nederland te onderzoeken. Naar aanleiding van de vraag vanuit Nucletron hoe software de efficiëntie van de radiotherapie planning kan vergroten, is dit onderzoek opgesteld en uitgevoerd in het Academisch Medisch Centrum (AMC) te Amsterdam en in het Radiotherapeutisch Instituut Stedendriehoek en Omstreken (RISO) te Deventer.

1.2 Relevantie

De overleving van kanker is al meerdere jaren aan het stijgen. Dit wordt veroorzaakt door de toename van het aantal vroege diagnoses, een toename in de effectiviteit van veel behandelingen en door een afname van het aantal diagnoses van typen kanker met een lage overlevingskans (Nationaal Kompas Volksgezondheid, 2012). Een toename van het aantal vroege diagnoses kan onder andere worden toegeschreven aan verbeterde mogelijkheden voor het stellen van de diagnose en aan de introductie van bevolkingsonderzoek naar borstkanker en baarmoederhalskanker. De toename in de effectiviteit is voornamelijk te danken aan verbeterde en nieuwe behandelmethode en -technieken.

Doordat patiënten beter te behandelen zijn en er steeds meer patiënten met kanker worden gediagnosticeerd lopen de zorgkosten voor nieuwvormingen op. Volgens cijfers van de Zorgrekeningen van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) werd er in 2003 63.444,3 miljoen euro uitgegeven aan zorg, waarvan 3,7% (2.356,4 miljoen euro) werd besteed aan zorg voor kankerpatiënten. In 2007 zijn de totale zorguitgaven gestegen tot 74.447,4 miljoen euro. Van de totale zorgkosten van 2007 werd 4,6% (3.423,3 miljoen euro) uitgegeven aan zorg voor patiënten met kanker (Kosten van ziekten 2007, 2011). Dit betekent dat de totale zorgkosten zijn gestegen met ruim 17%, terwijl de zorgkosten van kankerpatiënten met ruim 45% zijn toegenomen.

Enkel een deel van de totale zorgkosten voor kankerpatiënten wordt gemaakt door de behandeling met radiotherapie. In de Nederlandse wetenschappelijke literatuur is niets gevonden over de kosten die specifiek zijn toe te schrijven aan radiotherapie. Hiernaar is wel onderzoek gedaan in Zweden en in de Verenigde Staten. Uit het Zweedse onderzoek, uitgevoerd in 2001, naar de kosten van radiotherapie kwam naar voren dat naar schatting vijf procent van de totale zorgkosten voor kanker zijn gemaakt door uitwendige radiotherapie. Als daar de kosten van inwendige bestraling (brachytherapie) bij worden opgeteld komt men uit op een totaal van 5,6% (Norlund, 2003). In de Verenigde Staten is

specifiek gekeken naar de kosten van radiotherapie bij de vier typen kanker die de hoogste zorgkosten met zich meebrengen bij patiënten van 65 jaar of ouder, te noemen borst-, long-, colonrectaal- en prostaatkanker. Hieruit bleek dat 11,0% van de zorgkosten voor borstkanker en 14,4% van de zorgkosten voor prostaatkanker was toe te schrijven aan radiotherapie in 2002 (Warren, Yabroff, Meekins, Topor, Lamont, & Brown, 2008).

Naast de cijfers van het CBS, waaruit blijkt dat de zorgkosten stijgen, blijkt uit het rapport van het Centraal Planbureau (CPB) over trends in gezondheid en zorg dat de zorgkosten ook stijgen ten opzichte van het bruto binnenlands product (BBP). In 2010 lagen de zorguitgaven op 13,2% van het BBP. De verwachting van het CPB is dat de zorguitgaven de komende jaren zullen stijgen naar 19-31% van het BBP in 2040. De oorzaak van deze groeiende uitgaven is volgens het CPB te vinden in de vergrijzing van de bevolking, de stijgende vraag naar meer en betere zorg en de stijgende prijzen van zorg (Centraal Planbureau, 2011).

In de behandeling van kanker speelt radiotherapie de laatste jaren steeds vaker een grote rol. Hoewel voor de meeste kankertypen de primaire verwijzing voor radiotherapie de laatste jaren daalt, stijgt dit percentage voor enkele categorieën tumoren sterk. Deze stijging wordt veroorzaakt door diagnostische procedures en therapeutische richtlijnen die door de jaren heen veranderen. Voor primaire behandeling van met name prostaat, hoofd-halsgebied, rectum en de blaas blijkt radiotherapie een effectieve vorm van kankerzorg. Er treden minder bijwerkingen op voor de patiënt dan bij behandeling met chemotherapie. Zo steeg het aandeel van radiotherapie in de primaire behandeling van prostaatkanker van 4,7% in 1988 naar 10,7% in 2002 (Lybeert, Louwman, Poortmans, Vulto, & Coebergh, 2005). Daarnaast heeft de stijging van het aantal behandelingen met radiotherapie te maken met de mogelijkheid om verschillende behandelvormen waaronder radiotherapie te combineren. Dit wordt de laatste jaren steeds vaker toegepast omdat het de overlevingskansen van kankerpatiënten vergroot (Hiotis, Ye, Sposto, & Skinner, 2005).

Gezien de geringe kosten voor uitwendige radiotherapie, die naar schatting circa 5-14% van de zorguitgaven voor kankerzorg bedraagt (Norlund, 2003) (Warren, Yabroff, Meekins, Topor, Lamont, & Brown, 2008), lijkt radiotherapie een effectieve en efficiënte behandelvorm die in opkomst is. De zorgkosten stijgen echter wel door het toenemende aantal patiënten met kanker en het toenemende aantal patiënten dat wordt bestraald. De vraag naar een vergroting van de te verwachten radiotherapeutische capaciteit is gezien de toename van het aantal gestelde diagnoses een logisch gevolg (De Gezondheidsraad, 2008). Om de totale zorguitgaven te beheersen en bij te dragen aan kwalitatieve kankerzorg is het niet alleen van belang om zo effectief mogelijke radiotherapie na te streven, maar ook om een efficiënte verdeling van middelen te garanderen. Hierbij zullen de stappen en werkzaamheden van radiotherapie onderzocht moeten worden om inzicht te verkrijgen in de efficiëntie van deze behandelvorm. Ook is het van belang om te onderzoeken of in de radiotherapie tijdswinst kan worden behaald en werkzaamheden door middel van software kunnen worden ondersteund om de efficiëntie van radiotherapie te vergroten.

1.3 Literatuuronderzoek

In deze paragraaf wordt het uitgevoerde literatuuronderzoek beschreven. Aangezien het onderzoek zich richt op de radiotherapie planning van mamma- en prostaatcarcinomen, worden de epidemiologische cijfers van deze kankersoorten besproken. Vervolgens zal worden ingegaan op het specialisme radiotherapie, waarbij de verschillende technieken en ontwikkelingen worden toegelicht. Tot slot richt deze paragraaf zich op wat er in de literatuur bekend is over de bestede tijd in de radiotherapie planning.

1.3.1 Epidemiologie van mamma- en prostaatcarcinoom

Mammacarcinoom

In 2010 werden ruim 13.000 vrouwen gediagnosticeerd met borstkanker, het meest voorkomende kankertype in Nederland (IKNL, 2011). De afgelopen jaren is het aantal diagnoses borstkanker sterk gestegen. De verhoogde prevalentie van mammatumoren is onder andere veroorzaakt door de introductie van het bevolkingsonderzoek in 1988. Hiermee komen mammatumoren die zich in een vroeg stadium bevinden eerder aan het licht, met als gevolg dat de incidentie, en daarmee ook de prevalentie, is gestegen. In de jaren 1989 tot 1994 is de incidentie van borstkanker met 21% gestegen door de introductie van het bevolkingsonderzoek. Dit is niet de enige oorzaak van de stijging van de incidentie. Ook wordt de incidentie verhoogd door de groei van de bevolking, vergrijzing en blootstelling aan risicofactoren. Deze factoren zijn samen verantwoordelijk geweest voor een stijging van 7.900 diagnoses in 1989 naar 13.000 diagnoses in 2008. Momenteel heeft een vrouw een kans van één op acht om gedurende haar leven borstkanker te krijgen (IKNL, 2011). Er is echter nog geen einde gekomen aan de stijging van de incidentie door de nog toenemende groei van de bevolking en vergrijzing. De verwachting is dat in de periode 2005-2025 de incidentie zal gaan stijgen met circa 17% en mogelijk nog groter wordt door de toename van het aantal vrouwen met ernstig overgewicht (Gommer, Poos, & Voogd, 2010). Volgens de registraties van het IKNL is de incidentie van borstkanker in de periode 2005-2008 al gestegen met 6,6% (IKNL, 2011).

Naast de stijgende incidentie is ook de prevalentie van borstkanker toegenomen. Dit is veroorzaakt door de toename van het aantal gestelde diagnoses per jaar en de toegenomen overleving. In het jaar 2007 waren er naar schatting 89.450 er borstkankerpatiënten in Nederland, dit aantal is gestegen naar 99.950 patiënten in 2011. Dit is een stijging van 11,7 %. Het aandeel van diagnoses borstkanker is ten opzichte van het aantal diagnoses van alle kankertypen echter gedaald. Dit komt doordat de prevalentie van alle typen kanker sterker is gestegen dan de prevalentie van borstkanker (IKNL, 2011).

Lybeert et al. (2005) deden onderzoek naar de trends in het verwijzingspatroon voor radiotherapie binnen zes maanden na het stellen van de diagnose. Hierbij keken zij naar het verwijzingsproces van patiënten in Zuid-Nederland in de periode 1989-2002. Als men kijkt naar het percentage patiënten dat wordt verwezen voor radiotherapie, blijkt dat dit percentage in de onderzoeksperiode ongeveer stabiel

is gebleven op circa 61% van alle borstkankerpatiënten. Het aantal patiënten met borstkanker dat in Zuid-Nederland wordt bestraald is echter sterk toegenomen, zo concluderen zij. Dit percentage steeg met 39,4% en is met name te verklaren door de introductie van het bevolkingsonderzoek naar borstkanker waardoor meer borstkankerpatiënten zijn gediagnosticeerd.

Prostaatcarcinoom

Prostaatkanker is een veel voorkomende kankersoort bij mannen. In 2010 stond dit kankertype op de vijfde plaats van meest voorkomende kankersoorten en werd de diagnose 10.391 keer gesteld. In het begin van de jaren negentig is het aantal diagnoses sterk gestegen. In de periode 1989 tot 1994 steeg de incidentie met ongeveer 40%. Begin 2000 is de incidentie opnieuw gestegen; tussen 2000 en 2004 steeg deze met 34,6%. Er is bovendien te zien dat de incidentie van prostaatkanker per jaar sterk kan variëren (IKNL, 2011).

Mannen hebben tot hun 85ste levensjaar een kans van ongeveer negen procent op het krijgen van prostaatkanker gedurende hun leven. De kans op prostaatkanker vanaf het 75ste levensjaar is veel hoger, in dit geval bedraagt deze kans zeventien procent (IKNL, 2011).

De leeftijd waarop de diagnose prostaatkanker wordt gesteld is de afgelopen jaren gedaald. Dit houdt in dat bij mannen jonger dan 75 jaar vaak een prostaattumor wordt ontdekt die zich in een vroeg stadium bevindt. De tumor komt aan het licht door het prostaat specifieke antigeen (PSA) gehalte bij mannen te onderzoeken. Dit is een gevoelige methode die er toe heeft geleid dat prostaatkanker in een vroeg stadium en op jongere leeftijd wordt vastgesteld. Omdat deze diagnostische methode steeds vaker werd toegepast, is de incidentie van prostaatkanker gestegen (IKNL, 2011).

Op basis van demografische ontwikkelingen wordt verwacht dat het aantal prostaatpatiënten in de periode van 2010 tot 2025 met 44% zal stijgen (Gommer & Horenblas, 2011).

Lybeert et al. (2005) vonden in hun onderzoek naar het verwijzingsproces van radiotherapie het gegeven dat het aantal radiotherapiebehandelingen van 1989 tot 2002 voor prostaatkanker bijna verdrievoudigd is. Dit komt onder meer door het toegenomen aantal diagnoses, daarnaast is het aantal patiënten met prostaatkanker dat wordt behandeld met radiotherapie relatief harder gegroeid dan de incidentie. Over het algemeen genomen is het percentage patiënten dat radiotherapie krijgt als onderdeel van de primaire behandeling echter gedaald, dit betekent dat zij vaker een gecombineerde behandeling krijgen met bijvoorbeeld chemotherapie of een operatie. Voor enkele tumoren, waaronder prostaat is dit niet het geval geweest. Zo steeg het aandeel van radiotherapie in de primaire behandeling van prostaatkanker van 4,7% in 1988 naar 10,7% in 2002.

1.3.2 Radiotherapie

Bij een radiotherapie behandeling wordt gebruik gemaakt van radioactieve straling om kanker te bestrijden (NVRO, 2000b). De radioactieve straling zorgt ervoor dat het erfelijk materiaal (DNA) van een cel beschadigt. Door de bestraling van dit erfelijk materiaal verliest een cel het vermogen om te

delen en gaat dood (KWF Kanker Bestrijding, 2007). Radioactieve straling is werkzaam op zowel kankercellen als gezonde cellen, waardoor het bestralen accuraat moet gebeuren om omliggend gezond weefsel zo weinig mogelijk te beschadigen. Het voordeel is dat kankercellen in het algemeen minder goed kunnen herstellen van radioactieve straling dan gezonde cellen (NVRO, 2000c). Kortom, het hoofddoel van radiotherapie is de kankercellen met radioactieve straling te doden, waarbij gezonde cellen minimaal worden beschadigd.

De Nederlandse Vereniging voor Radiotherapie en Oncologie (NVRO) laat in het rapport 'Groei met kwaliteit in radiotherapie' een verwachting zien van het stijgende aantal patiënten dat gediagnosticeerd wordt met kanker. De verwachting was, volgens de NVRO, dat het aantal patiënten met kanker van 78.500 in 2005 zou stijgen naar 87.700 patiënten in 2010. Uit registratiecijfers komt naar voren dat de prognose van de NVRO enigszins onderschat is. Het Integraal Kankercentrum Nederland (IKNL) verzamelt in de Nederlandse Kankerregistratie (NKR) gegevens over incidentie en registreerde in 2005 een aantal van 81.863 nieuwe patiënten dat gediagnosticeerd werd met kanker. Dit aantal is in 2010 gestegen naar 95.456 nieuwe patiënten in Nederland (IKNL, 2011). De registratiecijfers van het IKNL laten zien dat de incidentie veel sterker gestegen is dan verwacht werd door de NVRO. De prognose van de NVRO is dat de incidentie blijft toenemen en in 2015 er 96.500 nieuwe patiënten met kanker worden gediagnosticeerd (NVRO, 2007). Gezien de eerdere onderschatting is het aannemelijk dat dit aantal ook is onderschat en dat er in 2015 meer mensen met kanker zullen worden gediagnosticeerd. Er is te zien dat er de afgelopen jaren een sterke stijging heeft plaatsgevonden van het aantal patiënten met kanker. De vraag naar een vergroting van de te verwachten radiotherapeutische capaciteit is hiervan een logisch gevolg (De Gezondheidsraad, 2008).

Radiotherapie kan worden ingezet om genezing te bereiken (curatieve zorg), maar ook voor levensverlenging en verhoging van kwaliteit van leven als genezing niet meer mogelijk is (palliatieve zorg). Vos en Slotman (2006) constateerden in hun artikel over de vraag naar bestralingen dat in Nederland in het jaar 2008 ongeveer 45-47% van de kankerpatiënten tijdens hun ziekte werd bestraald. Deze percentages komen overeen met de cijfers van de Nederlandse Kankerregistratie (De Gezondheidsraad, 2008). Lybeert et al. (2005) geven aan dat ongeveer één derde van alle patiënten met kanker radiotherapie krijgt als onderdeel van de eerste curatieve behandeling in Zuid-Nederland. Stalpers en Havenkort (2010) noemen in hun artikel hetzelfde percentage patiënten (circa 33%) dat radiotherapie als onderdeel van palliatieve zorg krijgt. Uit de hierboven genoemde cijfers komt naar voren dat een groot deel van de patiëntenpopulatie met kanker behandeld wordt door middel van radiotherapie. Er zijn echter grote verschillen binnen EU lidstaten en zelfs regionale verschillen in het percentage van patiënten met kanker dat wordt behandeld door middel van radiotherapie (Benzen, et al., 2005). In Groot-Brittannië blijkt dat het percentage patiënten dat wordt behandeld met radiotherapie varieert per regio tussen de 22 en 58 procent (Board of the Faculty of Clinical Oncology, 2003). De stijgende incidentie van patiënten met kanker en de toenemende vraag naar meer en betere

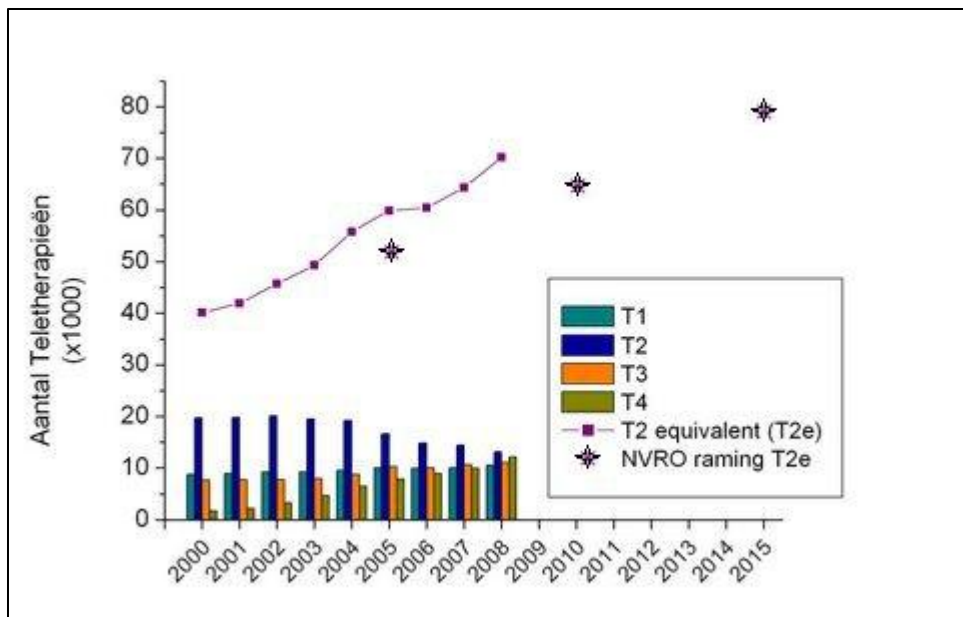
zorg zal vermoedelijk leiden tot een stijging in het aantal patiënten dat behandeld wordt met radiotherapie.

Radiotherapie behandelingen worden onderverdeeld in twee methodes: uitwendige radiotherapie (ook wel external beam of teletherapie genoemd) en inwendige radiotherapie (ook wel brachytherapie genoemd). Bij uitwendige radiotherapie wordt er gebruik gemaakt van technologie die van buitenaf het lichaam van de patiënt bestraalt. De bestralings technologie stuurt hierbij een bundel radioactieve straling naar de tumor. Door meerdere bundels vanuit verschillende hoeken op de tumor te richten kan een lagere stralingsdosis worden gebruikt voor de bundels en krijgt het tumorgebied de gewenste bestralingsintensiteit (Woude & Meijer, 2004). Het doel hiervan is een groter bestralingseffect te bereiken en de omliggende gezonde weefsels minder te beschadigen (Pol, 2012). Bij inwendige radiotherapie wordt een radioactieve bron in het lichaam geplaatst. Radioactieve zaadjes of draden worden hierbij zorgvuldig in of dichtbij de tumor geplaatst, waarmee getracht wordt omliggende weefsels zo weinig mogelijk te beschadigen (Pol, 2012).

Bij inwendige en uitwendige radiotherapie wordt sinds 1999 een onderverdeling gemaakt in moeilijkheidsgraad (werklast) van bestraling (NVRO, 2000b): (1) eenvoudig, (2) standaard, (3) intensief en (4) bijzonder. Bij uitwendige radiotherapie wordt deze aanduiding met de letter “T” (van teletherapie) aangegeven, T1 t/m T4, en bij inwendige radiotherapie wordt deze aangeduid met de letter “B” (van brachytherapie), B1 t/m B4. Inwendige radiotherapie kent sinds 2003 een vijfde moeilijkheidsgraad: B5; brachytherapie van de prostaat. In dit onderzoek wordt de focus gelegd op de uitwendige radiotherapie behandelingen en wordt brachytherapie buiten beschouwing gelaten.

Eerder is genoemd dat er een stijging is te zien in het aantal nieuwe patiënten met kanker en een daaraan gerelateerde stijging in het aantal patiënten die met radiotherapie worden behandeld. De verwachting is dat ook het aantal uitwendige radiotherapie behandelingen zal toenemen. Dit wordt onder andere veroorzaakt door de steeds complexere vormen van kanker (aantal patiënten met T3 en T4 stijgt) en door het toenemende gebruik van combinatie-behandelingen van radiotherapie met chirurgie of met chemotherapie (Stalpers, Sminia, & Slotman, 2000). In het rapport ‘Groeit met kwaliteit in radiotherapie’ van de NVRO staat dat in het jaar 2000 ruim 37.000 uitwendige radiotherapie behandelingen zijn verricht. In 2008 is dit gestegen naar ruim 48.000 behandelingen (zie figuur 1.1). De NVRO concludeerde dat door deze groei in het totaal aantal verrichte uitwendige radiotherapie behandelingen (de T2 equivalent in figuur 1.1) een capaciteitsuitbreiding nodig is. Hierdoor heeft de NVRO voor de jaren 2010 en 2015 een raming opgesteld van de jaarlijkse verwachte aantallen uitwendige radiotherapie behandelingen (NVRO raming T2e in figuur 1.1).

De afgelopen jaren is er veel verbeterd op het gebied van uitwendige bestralingstechnieken, waarbij het doel is dat door middel van bestralingstechnieken een voldoende hoge dosis in het tumorgebied wordt afgeleverd en dat tegelijkertijd de schadelijke straling in de omliggende gezonde weefsels wordt geminimaliseerd. Slotman & Senon (2005) geven in hun wetenschappelijk artikel kort de historische



Figuur 1.1 - Overzicht van het aantal uitwendige radiotherapie behandelingen te zien in de jaren 2000 tot en met 2008, onderverdeeld in de categorieën T1 t/m T4. Daarnaast is een raming gemaakt voor de jaren 2010 en 2015 van de verwachte behandelingen (RIVM, 2012) (De Gezondheidsraad, 2008).

ontwikkelingen van technieken voor radiotherapie weer. Tot ongeveer twintig jaar geleden werd het bestralingsplan vastgesteld door enkel twee röntgenopnamen van het tumorgebied (antero-posterior en lateraal). De bestraling werd in het algemeen uitgevoerd op rechthoekige velden, waarbij gezond weefsel mogelijk bespaard bleef door gebruik te maken van eenvoudige blokken in de bestralingsvelden. Deze oude methode van bestraling wordt ook wel tweedimensionale (2D) radiotherapie genoemd. Sinds eind jaren tachtig wordt er gebruik gemaakt van computertomografie (CT) om het bestralingsplan op te stellen (Slotman & Senan, 2005). Een CT-scanopname is een meerdimensionale versie van een röntgenopname en geeft de anatomie van de patiënt digitaal weer (Woude & Meijer, 2004). De CT-methode zorgt ervoor dat de radiotherapeut de invalshoek en de grootte van de bestralingsvelden beter kan bepalen, waardoor de schade aan gezond weefsel wordt beperkt. De ontwikkelingen rondom de computertechnieken zorgen voor de mogelijkheid om de dosisverdeling niet alleen uit te rekenen in een aantal tweedimensionale vlakken, maar maakt dit ook mogelijk voor het hele volume. Daarnaast kan, door gebruik te maken van een multileaf collimator, een op een tumor afgestemd bestralingsveld worden gecreëerd. Deze techniek van bestraling wordt driedimensionale conformatieradiotherapie (3D-CRT) genoemd (Slotman & Senan, 2005). De ontwikkeling van de computertomografie zorgde voor de mogelijkheid dat de (conventionele) simulatie, het nabootsen van het bestralingsgebied, ook virtueel kon worden uitgevoerd. Bij het virtueel simuleren wordt er gebruik gemaakt van beeldende technieken, zoals CT, om digitaal de beelden van de patiënt op te slaan en door te sturen naar het planningssysteem. Het simuleren van het bestralingsgebied wordt dan, in tegenstelling tot de conventionele simulatie, door computertechnieken uitgevoerd (Eijkel & Meulenkamp, 2007).

Volgens Slotman & Senan (2005) zijn sinds de jaren negentig geavanceerde technieken ontstaan die de huidige bestralingstechnieken hebben uitgebreid en verbeterd. De belangrijkste en meest gebruikte uitwendige bestralingstechnieken in Nederland zijn *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT), *Image-guided radiotherapy* (IGRT) en *Stereotactic Body Radiation Therapy* (SBRT).

IMRT is een uitwendige radiotherapiebehandeling waarbij één bundel met radioactieve straling wordt opgesplitst in meerdere kleine stralingsbundels en de bestralingsintensiteit kan variëren. IMRT heeft als voordeel dat het op een accurate manier het doelgebied, de tumor, bestraalt en daarmee omliggende gezonde weefsels worden bespaard. Deze betere conformatie van de dosis in het doelgebied heeft als doel een reductie van de kans op complicaties te realiseren en daarnaast te zorgen voor een betere tumorcontrole (De Gezondheidsraad, 2008). Deze radiotherapiebehandeling wordt vaak ingezet bij patiënten met tumoren die dichtbij risico organen liggen, waarbij precisie van de bestraling en daarmee het voorkomen van complicaties gewenst is (Teh, Woo, & Butler, 1999).

IGRT is een uitwendige radiotherapiebehandeling waarbij beeldende technieken worden gebruikt om informatie van het doelgebied te verkrijgen en dit online terug te kunnen koppelen naar het behandelingsplan. De techniek wordt gebruikt om voorafgaand aan, of tijdens de bestraling van het doelgebied positiefouten te meten. Vervolgens kunnen benodigde aanpassingen aan de positie van de radioactieve straling worden gerealiseerd. IGRT zorgt voor een betere controle van de juiste behandelingspositie en een gedetailleerde anatomische informatie, wat essentieel kan zijn voor een beter resultaat van de behandeling (Sorcini & Tilikidis, 2006).

Stereotactische radiotherapie (SBRT), ook wel precisiebestraling genoemd, is een techniek waardoor de tumor door meerdere smalle bestralingsbundels vanuit verschillende kanten zeer precies bestraald kan worden. Het grootste voordeel dat deze bestralingstechnologie heeft, is de grote mate van nauwkeurigheid, wat leidt tot een sterke vermindering van het aantal fracties (aantal bestralingsbehandelingen) op relatief kleine doelgebieden en het lage optreden van complicaties. Deze techniek wordt dan ook voornamelijk toegepast bij kleine tumoren, zoals hersentumoren of kleine longtumoren, om de omliggende gezonde weefsels minimaal te beschadigen (Pol, 2011).

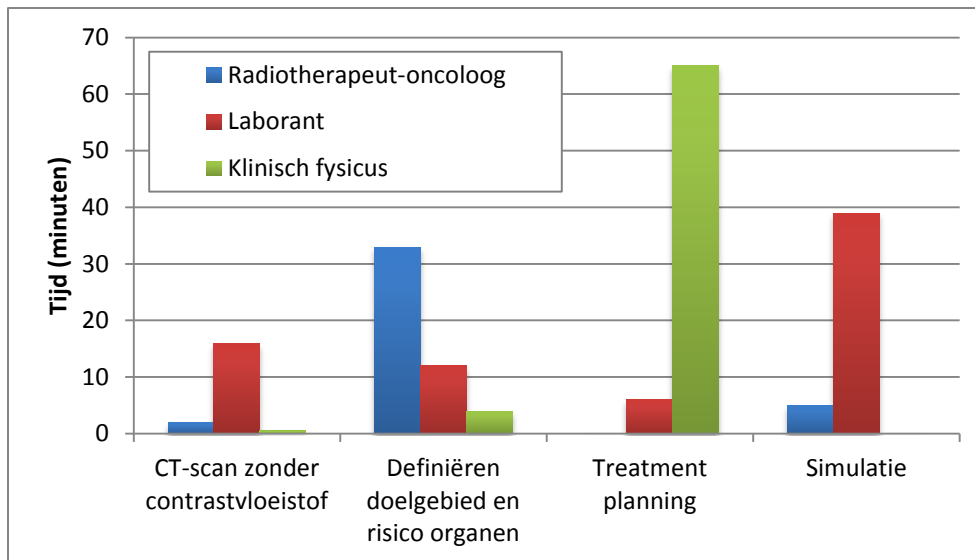
1.3.3 Radiotherapie planning

In de voorgaande paragraaf is beschreven dat precieze bestraling van de tumor door middel van uitwendige bestraling van groot belang is om alleen het tumorweefsel te bestralen en gezond weefsel te sparen, waarvoor diverse technieken zijn ontwikkeld. Ook is het van groot belang dat de exacte positie van de tumor bekend is. Voorafgaand aan de eerste bestraling wordt daarom de ligging van zowel het tumorweefsel als de omliggende weefsels bepaald. Dit gebeurt door het intekenen van het tumorweefsel (het doelgebied) en de risico organen in iedere afbeelding die zijn gemaakt door een lichaamsscan (CT, MRI of PET). Dit proces van intekenen wordt ook wel contouren genoemd. Het contouren vindt plaats binnen het proces van de zogeheten radiotherapie planning. Het contouren is één van de stappen binnen de radiotherapie planning dat arbeidsintensief en tijdrovend kan zijn.

De radiotherapie planning bestaat volgens Fraass et al. (1998) uit alle activiteiten die bepalen hoe de radiotherapie behandeling uitgevoerd zal worden. Krashin, Hudson & Kaste (2004) delen de radiotherapie planning op in twee hoofdcomponenten: de simulatiefase en de planningsfase. In deze opdeling worden allereerst met behulp van beeldvormende technieken, zoals CT, afbeeldingen verkregen om de locatie van de tumor en omliggende organen te lokaliseren. Steeds vaker wordt gebruik gemaakt van MRI en PET om het bestralingsgebied nauwkeuriger in kaart te brengen. Vervolgens vindt het contouren van het doelgebied en de kritieke organen plaats op iedere afbeelding van de scan. Hierna kunnen radiotherapeuten, met behulp van softwareprogramma's, het bestralingsvolume en de maximale stralingsdosis bepalen. Hiervoor zijn simulatieprogramma's ontwikkeld waarmee de juiste bestralingsbundels en intensiteit van de straling kan worden gepland voor een zo precies en effectief mogelijke bestraling (Hua, Gray, Merchant, Kun, & Krasin, 2008). Na de simulatie- en planningsfase wordt de behandeling gecontroleerd door andere professionals en wordt de informatie doorgestuurd naar de bestralingsapparatuur. De instellingen worden dan nogmaals gecontroleerd. De gehele radiotherapie planning is een tijdrovend proces voor zowel de patiënt als de professional. Het gebruik van nieuwe technologieën en verbeterde software kan deze planningsfase van radiotherapie behandeling verder ondersteunen.

De Duitse vereniging voor radiotherapie (DEGRO) onderzocht en evalueerde in de DEGRO-QUIRO trial onder andere deze radiotherapie planning. Dit deden zij door te kijken naar de tijd, de personeelsbezetting en de middelen die noodzakelijk zijn voor de bestraling van verschillende bestralingsgebieden. In het tijdschrift *Strahlentherapie und Onkologie* zijn de studieresultaten van de bestralingsgebieden hoofd-hals, rectum en borst reeds gepubliceerd (Budach, et al., 2011) (Frietkau, Budach, Zamboglou, Thiel, Sack, & Popp, 2011) (Blank, et al., 2012). De studie naar het bestralingsgebied prostaat zal in de toekomst volgen. Met deze studie wilde de DEGRO een wetenschappelijk onderbouwde aanbeveling doen over de hoeveelheid benodigde apparatuur en personeelsbezetting voor een bepaald aantal te behandelen patiënten. Tot dan toe ontbraken de aanbevelingen op dit gebied aan wetenschappelijke onderbouwing (Budach, et al., 2011). In deze prospectieve multicenter onderzoeken werden de werktijden van laboranten, fysici en artsen gedocumenteerd naar werkzaamheden. Mogelijk overige betrokkenen zoals verpleegkundigen, studenten, secretaresses en administratief personeel zijn in de onderzoeken buiten beschouwing gelaten. Ook worden een aantal noodzakelijke en tijdrovende taken niet geëvalueerd, waardoor de daadwerkelijk benodigde mankracht wordt onderschat (Budach, et al., 2011). Verder bleek uit de analyse van de tijdmetingen dat er grote variatie kan plaats vinden in de werktijden van werkzaamheden. Dit kan volgens Frietkau et al. (2011) veroorzaakt zijn door variatie in het niveau van opleiding en de ervaring van de arts.

In figuur 1.2 bevinden zich de resultaten van de tijdmetingen voor de vier belangrijkste kernprocedures uit de radiotherapie planning voor mammabestraling. De tijdmetingen zijn uitgevoerd



Figuur 1.2 – Gemiddelde tijd (in minuten) die verschillende beroepsgroepen betrokken zijn bij verschillende kernprocedures in de radiotherapie planning voor het bestralingsgebied mamma in Duitsland (Blank, et al., 2012).

in drie Duitse ziekenhuizen. Uit het onderzoek van Blank et al. (2012) blijkt dat de toewijzing van de verschillende beroepsgroepen voor het definiëren van het doelgebied en de risico organen verschilt. In geen van de ziekenhuizen waren alle drie de beroepsgroepen bij het definiëren betrokken. De grootste taken van de radiotherapeutisch laboranten in de radiotherapie planning in Duitsland zijn het maken van de CT-scan, waaraan zij gemiddeld zestien minuten besteden, en het simuleren van het bestralingsplan, waaraan zij gemiddeld 39 minuten werken. Simulatie is echter een procedure die door nieuwe technieken in de komende jaren grotendeels zal worden vervangen door virtuele simulatie.

De radiotherapeut-oncoloog is in ieder ziekenhuis enkele minuten aanwezig bij het maken van de CT-scan. Zijn grootste taak is echter het definiëren van het doelgebied en de risico organen, waar hij gemiddeld 33 minuten aan besteedt. De grootste taak van de klinisch fysicus in de radiotherapie planning is het maken van het bestralingsplan, de treatment planning, waar hij gemiddeld 64 minuten aan besteedt.

1.4 Onderzoeksvragen

Het streven naar een verbetering van de radiotherapie planning, om daarmee efficiëntie- en kwaliteitswinsten te behalen, geeft aanleiding om onderzoek te verrichten waarbij verbeterpunten in beeld worden gebracht. Hierbij wordt de focus gelegd op het tijdrovende aspect van radiotherapie planning, aangezien tijdswinst die hier mogelijk behaald kan worden een belangrijke vooruitgang is in de radiotherapie planning op het gebied van uitwendige radiotherapie. Het doel van dit onderzoek is ten eerste het beschrijven van de radiotherapie planning bij de bestraling van mamma en prostaat en vervolgens mogelijke verbeterpunten te identificeren om tijdswinst te behalen. De twee bijbehorende hoofdvragen zijn:

1. Welke mate van zorggebruik, in termen van personeel, tijd en (software) apparatuur is geassocieerd met de verschillende fasen van het planningsproces van radiotherapie binnen het behandeltraject voor patiënten met een prostaat- of mammacarcinoom?
2. Waar in de radiotherapie planning zijn verbeteringen mogelijk ten aanzien van efficiënt gebruik van mensen en middelen om mogelijke tijdwinst te behalen?

Om een antwoord te geven op de hoofdvragen zijn de onderstaande deelvragen ontworpen:

1. Wat is radiotherapie planning en uit welke fasen is deze opgebouwd?
 - a. Algemene radiotherapie planning
 - b. Bestraling mammacarcinoom
 - c. Bestraling prostaatcarcinoom

In deze eerste deelvraag wordt een modulair systeem ontwikkeld voor de radiotherapie planning, die tevens wordt toegelicht. Aan de hand daarvan worden de volgende deelvragen uitgewerkt.

2. Welke actoren zijn betrokken bij de radiotherapie planning voor de bestraling van mamma en prostaat en wat zijn hun taken binnen de verschillende fasen van de radiotherapie planning?
3. Op welke wijze wordt gebruik gemaakt van softwareprogramma's in de radiotherapie planning?
4. Wat is de tijd die de zorgverleners besteden aan de verschillende fasen binnen de radiotherapie planning voor de bestraling van mamma en prostaat?
5. Welke knelpunten op het gebied van software en logistiek ervaren de verschillende beroepsgroepen binnen de radiotherapie planning voor de bestraling van mamma en prostaat en wat zijn de oorzaken van deze knelpunten?
6. Wat zijn de mogelijkheden voor verbetering van de efficiëntie binnen de fasen van de radiotherapie planning voor de bestraling van mamma en prostaat?
 - a. Verbeteringen door middel van logistiek
 - b. Verbeteringen door middel van software

1.5 Opbouw verslag

In dit hoofdstuk is een inleiding gegeven op het onderzoek naar radiotherapie planning. Hierbij is de aanleiding en relevantie besproken. Ook is er een achtergrond gegeven van de radiotherapie en radiotherapie planning. Tot slot zijn de onderzoeksvragen en deelvragen gepresenteerd.

In het volgende hoofdstuk wordt een beschrijving gegeven van de centra in Nederland waar radiotherapie wordt uitgevoerd. Specifiek wordt ingegaan op de radiotherapeutische centra die hebben deelgenomen aan het onderzoek. Daaropvolgend komt in het derde hoofdstuk de onderzoeksmethode aan bod waarbij de methode van het kwalitatief onderzoek wordt toegelicht.

De resultatensectie, hoofdstuk 4, gaat in op de radiotherapie planning in de literatuur en in de praktijk. Er wordt een algemeen model ontwikkeld voor de radiotherapie planning, die tevens wordt toegelicht. Ook worden in de resultatensectie de betrokken actoren en gebruikte softwareprogramma's omschreven. Vervolgens worden de resultaten van de bestede tijd, knelpunten en mogelijkheden voor verbetering van de radiotherapie planning gepresenteerd.

Het vijfde hoofdstuk toont de getrokken conclusies waarbij de twee hoofdvragen en bijbehorende deelvragen worden besproken en aanbevelingen worden gedaan. Het verslag wordt afgesloten met de discussie van het onderzoek en aanbevelingen voor wetenschap en praktijk.

Hoofdstuk 2 Radiotherapeutische centra

In dit hoofdstuk wordt een beschrijving gegeven van de centra in Nederland waar radiotherapie behandelingen door middel van uitwendige bestraling worden toegepast. Vervolgens wordt ingegaan op de twee centra waar het onderzoek is uitgevoerd. Er wordt een beschrijving gegeven van het verzorgingsgebied, de technologieën die het centrum toepast en de organisatie.

2.1 Centra in Nederland

Een behandeling met radiotherapie kan worden uitgevoerd in verschillende typen centra. In Nederland wordt radiotherapie toegepast in ziekenhuizen met een radiotherapeutische afdeling, in zelfstandige instituten voor radiotherapie en vanuit het categorale kankerinstituut NK-AVL (Medisch Spectrum Twente, 2010). In totaal zijn dit 21 erkende instellingen (figuur 2.1) (NVRO, 2012). Momenteel kent Nederland zeven academische en zeven algemene ziekenhuizen voor behandeling met radiotherapie. Daarnaast zijn er zes zelfstandige radiotherapeutische instituten gevestigd. Dit zijn centra waarbij de patiënt vanuit verschillende ziekenhuizen en zorgcentra in de omgeving naar wordt doorverwezen. Tot slot kent Nederland een categoriaal kankerinstituut waar behandeling met radiotherapie geleverd wordt.

Zelfstandige RT instituten	• RT Instituut Friesland (RIF) in Leeuwarden • RT Instituut Stedendriehoek om Omstreken (RISO) in Deventer • Arnhemse RT Instituut, onderdeel van samenwerkingsverband RADIAN (Arnhem/Nijmegen) • Zeeuws RT Instituut (ZRTI) in Vlissingen • Dr. Bernand Verbeeten Instituut (BVI) in Tilburg • RT Instituut Limburg (Maastricht) in Maastricht
RT afdeling in academisch ziekenhuis	• UMCG in Groningen • UMC St. Radboud in Nijmegen • UMCU in Utrecht • AMC in Amsterdam • VUMC in Amsterdam • LUMC in Leiden • ErasmusMC in Rotterdam
RT afdeling in algemeen ziekenhuis	• Isala Klinieken in Zwolle • Medisch Centrum Alkmaar (MCA) • Medische Spectrum Twente (MST) in Enschede • Centrale bestralingsafdeling Medisch Centrum Haaglanden (MCH) in Den Haag • Haga Ziekenhuis in Den Haag • Diagnostisch Centrum SSDZ/Reinier de Graaf Groep (RDGG) in Delft • Catharina Ziekenhuis in Eindhoven
Categoriaal RT instituut	• Antoni van Leeuwenhoekhuis/Nederlands Kanker Instituut (AvL) in Amsterdam

Figuur 2.1 - Overzicht van radiotherapeutische centra in Nederland. Tezamen beschikten deze 21 erkende centra in 2007 over 119 bestralingsbunkers (inclusief wisselbunkers) en 105 lineaire versnellers (NVRO, 2012) (De Gezondheidsraad, 2008)

Dit is het Nederlands Kanker Instituut- Antoni van Leeuwenhoek (NKI-AVL); een oncologisch ziekenhuis met een wetenschappelijk onderzoeksinstituut (NKI-AVL, 2009).

2.2 RISO

Het Radiotherapeutisch Instituut Stedendriehoek en Omstreken (RISO) is één van de zes zelfstandige radiotherapeutische instituten in Nederland (figuur 2.2). Het instituut te Deventer werkt samen met verschillende ziekenhuizen en zorgverleners in de omgeving. Zo zijn het Deventer Ziekenhuis, de Gelre Ziekenhuizen en de Saxenburgh Groep verwijzende centra. Patiënten die behandeld worden in het RISO komen voornamelijk uit de regio's Deventer, Apeldoorn, Zutphen en Coevorden-Hardenberg.



Figuur 2.2 – Het RISO te Deventer

In Nederland is het RISO uniek door het gebruik van tomotherapie, een techniek voor uitwendige bestraling. Voor het uitvoeren van deze techniek beschikt het RISO over twee tomotherapie versnellers. Deze versnellers lijken op een CT-systeem waarbij de tafel door een ringvormige opening schuift: de ‘gantry’. Hierdoor kan de patiënt vanuit meerdere hoeken worden bestraald en is de *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) techniek mogelijk. Ook heeft de tomotherapie versneller een CT-scanner ingebouwd, waardoor nauwkeurige tumorlokalisatie en *Image-guided Radiotherapy* (IGRT) kan worden toegepast. Tot slot kan de afgegeven dosis worden gemonitord (Verellen & Storme, 2007). Deze techniek is met name geschikt voor kleine tumoren waarbij een grote precisie van belang is. In het RISO wordt tomotherapie onder andere toegepast voor tumoren in de prostaat en in het hoofd- halsgebied.

Naast de twee tomotherapie versnellers beschikt het RISO over twee Elekta Synergy versnellers voor uitwendige bestraling. Ook heeft het RISO een eigen CT-scanner waarmee de beeldvorming wordt gedaan. Wanneer, naast een CT-scan, beeldvorming door middel van MRI-, PET- of PET/CT-scan noodzakelijk is, kan dit in het naastliggende Deventer Ziekenhuis worden uitgevoerd. Naast bestraling door middel van uitwendige radiotherapie wordt ook brachytherapie (inwendige bestraling) in het RISO toegepast.

In het RISO kunnen volwassenen terecht voor bestraling van verschillende bestralingsgebieden. Het centrum heeft elf aandachtsgebieden waaronder urologie (onder andere prostaat) en bestraling van de mamma. Per gebied zijn aandachtsgebiedhouders aangesteld, dit zijn radiotherapeut-oncologen gespecialiseerd in het aandachtsgebied.

Momenteel zijn er 101 medewerkers werkzaam in het RISO. Hierbij zijn een aantal groepen medewerkers te onderscheiden. Ten eerste heeft het RISO tien radiotherapeut-oncologen in dienst. Zij

nemen, naast hun werkzaamheden in het RISO zelf, onder andere deel aan multidisciplinaire overleggen (MDO) in de ziekenhuizen waar het RISO mee samenwerkt om de geschikte behandeling voor patiënten te bepalen. Indien van toepassing worden deze patiënten verwezen naar het RISO. Ook is er een physician assistant in opleiding. Deze zal te zijner tijd enkele werkzaamheden van de radiotherapeut-oncologen gaan overnemen. Er is met name een grote rol weggelegd voor het uitvoeren van de follow-up van patiënten, aldus een radiotherapeut-oncoloog van het RISO. Daarnaast zijn de laboranten een belangrijke groep voor het uitvoeren van radiotherapie. Hierbij zijn specialisaties aan te wijzen, zo zijn laboranten gespecialiseerd in het algemene aandachtsgebied voorbereiding en uitvoering, de treatment planning, brachytherapie of tomotherapie. Laboranten met het specialisme uitvoering zijn betrokken bij de uitvoering van de bestraling op het bestralingstoestel. Ook kunnen laboranten roulerende werkzaamheden hebben waarbij zij meerdere taken van de radiotherapie planning uitvoeren. De totale laborantengroep bestaat uit 42 personen. Een derde groep medewerkers zijn de klinisch fysici waaronder ook de versnellertechnici en de ICT-medewerker behoren. Het RISO heeft vier klinisch fysici in dienst en drie klinisch fysisch medewerkers, die de klinisch fysici assisteren. Tot slot wordt de zorgverlening ondersteund door medewerkers van de ondersteunende diensten, waaronder de medische administratie.

2.3 AMC

Het Academisch Medisch Centrum te Amsterdam is een academisch centrum waarbij de afdeling radiotherapie twee locaties heeft. Sinds 2009 wordt naast de locatie AMC te Amsterdam (figuur 2.3) ook radiotherapie uitgevoerd op de zusterafdeling van het Flevoziekenhuis in Almere. Daarnaast worden er poliklinische spreekuren gehouden in het Zuiderziekenhuis te Lelystad en in het Onze Lieve Vrouwe Gasthuis te Amsterdam.



Figuur 2.3 – Het AMC te Amsterdam

Patiënten worden behandeld door middel van uitwendige bestraling, brachytherapie of hyperthermie. De laatste techniek wordt vaak toegevoegd aan de behandeling. Hierbij wordt de tumor, of de plaats waar de tumor heeft gezeten, plaatselijk verwarmd. Uitwendige bestraling wordt uitgevoerd op zowel de locatie in Amsterdam als in Almere. Hyperthermie en brachytherapie worden enkel toegepast in het AMC (Academisch Medisch Centrum, z.d.). De afdelingen op beide locaties beschikken over één CT-scanner voor de beeldvorming van tumoren. In het AMC zijn vier bestralingstoestellen en in het Flevoziekenhuis zijn er twee.

In het AMC zijn verschillende beroepsgroepen werkzaam. Daarbij werken een aantal medewerkers in deeltijd in de beide vestigingen. Ten eerste zijn de radiotherapeut-oncologen te onderscheiden. In beide centra zijn in totaal dertien radiotherapeut-oncologen werkzaam. Ook worden de radiotherapeut-oncologen ondersteund door drie physician assistants in het AMC en in het Flevoziekenhuis.

(Flevoziekenhuis Almere, 2012). Daarnaast is er een physician assistant in opleiding. Deze physician assistants hebben patiënten voor bestraling van de prostaat en mamma onder behandeling. De physician assistant voert dezelfde werkzaamheden als de radiotherapeut-oncoloog uit, zij staan daarbij onder supervisie van een radiotherapeut-oncoloog. Een belangrijke taak van de physician assistant is het voeren van het wekelijkse consult tijdens de periode waarin wordt bestraald en het coördineren van de follow-up. De laborantengroep bestaat uit 55 medewerkers waarbij ook een aantal medewerkers op beide locaties in deeltijd werkzaam is. De laboranten hebben een HBO opleiding Medische Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken afgerond. In de toekomst worden medewerkers met een MBO opleiding getraind om enkele werkzaamheden van de laborant te kunnen verrichten, dit bevindt zich echter nog in een vroege ontwikkelingsfase. De laboranten in het ziekenhuis zijn gespecialiseerd voor de voorbereiding en uitvoering, treatment planning, hyperthermie of brachytherapie. Bij de radiotherapie is ook de klinische fysicus betrokken, hierbij zijn er vijf klinisch fysici met een full-time aanstelling werkzaam in het AMC. Drie klinisch fysici zijn in het AMC in opleiding. Daarnaast zijn ICT-medewerkers werkzaam op de afdeling. Tot slot is het baliepersoneel en de medewerkers van het afsprakenbureau betrokken bij de radiotherapie in het AMC.

Hoofdstuk 3 Methodologie

3.1 Literatuuronderzoek

Door middel van literatuuronderzoek is de radiotherapie planning voor de bestralingsgebieden prostaat en mamma geanalyseerd. Dit vormt de basis voor het kwalitatieve onderzoek waarbij de radiotherapie planning in de praktijk is onderzocht. Door het combineren van het literatuuronderzoek en de resultaten uit de praktijk is een algemeen model van de radiotherapie planning opgesteld.

In de periode van 24 april 2012 tot en met 30 mei 2012 is er gezocht naar wetenschappelijke literatuur voor de verslaglegging. In de databases is gezocht van 2000 tot heden. Eén artikel uit 1998 beoordeelden wij als relevant en is daarom meegenomen in de literatuurstudie. Er is gezocht in de databases Google Scholar, Scopus en Web of Science. De volgende vrije zoektermen zijn hiervoor gebruikt: treatment planning cancer, IMRT, radiotherapy, breast treatmentplanning, Computer Tomografie radiotherapy, teletherapie, external beam, external beam planning, optimization radiotherapy planning, IGRT, Nucletron Elekta Oncentra, medical staff, time factors, working time en treatment planning software. Daarnaast is er gezocht naar informatie op de websites van Integraal Kankercentrum Nederland, KWF Kankerbestrijding, Nederlandse Vereniging voor Radiotherapie en Oncologie, Centraal Planbureau en Nationaal Kompas Volksgezondheid. Verder is er gebruik gemaakt van diverse studieboeken over kwalitatief onderzoek. Verder is er gebruik gemaakt van diverse studieboeken over kwalitatief onderzoek. De gevonden literatuur is geselecteerd op actualiteit (geselecteerd op artikelen vanaf 2000), relevantie, en betrouwbaarheid. De betrouwbaarheid van de artikelen is beoordeeld aan de hand van het aantal referenties, auteur (onderzoeker of meerdere zorgverleners) en of het artikel is gepubliceerd in een wetenschappelijk tijdschrift.

3.2 Praktijk onderzoek

Naast het literatuuronderzoek is een praktijkonderzoek uitgevoerd in twee radiotherapeutische centra om het logistieke proces van de radiotherapie planning in kaart te brengen. Hierbij is op kwalitatieve wijze onderzocht welke taken de verschillende beroepsgroepen uitvoeren, welke technieken er worden gebruikt en geschatte tijden van de bestede tijd aan stappen in de radiotherapie planning. Ter ondersteuning is kwantitatief onderzoek uitgevoerd om de bestede tijd in kaart te brengen. Vervolgens zijn aanwezige knelpunten in het proces van de radiotherapie planning geanalyseerd en is er gekeken naar mogelijke verbeterpunten die kunnen worden gerealiseerd om de efficiëntie van de radiotherapie planning te vergroten.

Voor dit onderzoek zijn twee centra voor radiotherapie betrokken. Dit betreft één academisch ziekenhuis, namelijk het Academisch Medisch Centrum (AMC) te Amsterdam, waarbij onderzoek is uitgevoerd op de afdeling radiotherapie. Ook is het onderzoek uitgevoerd in het onafhankelijke

centrum Radiotherapeutisch Instituut Stedendriehoek en Omstreken (RISO) te Deventer. De onderzoeksgegevens in beide centra zijn verzameld in mei en de eerste helft van juni in 2012. Daarnaast is contact gelegd met de afdeling radiotherapie van het Medische Spectrum Twente (MST) te Enschede. Hier heeft één semigestructureerde interview plaatsgevonden, maar was het verder uitvoeren van het praktijkonderzoek niet mogelijk.

Semigestructureerde interviews

In de centra zijn ten eerste drie semigestructureerde interviews gehouden met actoren die betrokken zijn bij de radiotherapie planning voor de bestralingsgebieden prostaat en mamma. Deze semigestructureerde interviews zijn onderdeel van het kwalitatief onderzoek en waren oriënterend van aard om inzicht te krijgen in de radiotherapie planning, werkwijzen van het radiotherapeutisch centrum en mogelijkheden voor het onderzoek. In het RISO en in het AMC betrof de respondent een klinisch fysicus. Ook is in het RISO gesproken met een hoofdlaborant. In het MST is gesproken met een radiotherapeut-oncoloog. Op basis van de semigestructureerde interviews, in het RISO en in het AMC, is een schema opgesteld van de radiotherapie planning zoals die georganiseerd is in beide centra. Specifiek wordt de radiotherapie planning voor bestraling van de mamma en de prostaat besproken. De schema's worden later geverifieerd in gesprekken met andere betrokken zorgverleners. Ook is een basis gelegd voor het modulair systeem om een standaardweergave te geven van de radiotherapie planning. Dit modulair systeem is van toepassing op de radiotherapie planning voor bestraling van diverse bestralingsgebieden. Het model bestaat uit fasen en vormt de basis van het kwalitatieve onderzoek.

Focused interviews

Nadat de semigestructureerde interviews hebben plaatsgevonden, zijn acht focused interviews gehouden met betrokkenen, op het gebied van de radiotherapie planning voor de bestralingsgebieden mamma en prostaat. Deze focused interviews bouwen voort op de semigestructureerde interviews en zijn onderdeel van het kwalitatief onderzoek. De focused interviews zijn uitgevoerd in het RISO en het AMC. Met behulp van deze interviews zijn de opgestelde schema's van de radiotherapie planning in de praktijk geverifieerd voor de verschillende betrokkenen. Ook is de opbouw van het modulaire systeem besproken. In het AMC zijn twee laboranten, een klinisch fysicus en een physician assistant geïnterviewd. Ook is in het AMC informatie verkregen van een stafadviseur radiotherapie door middel van een digitaal interview. In het RISO waren dit een laborant, twee radiotherapeut-oncologen (met aandachtsgebieden mamma en prostaat) en een klinisch fysicus. Deze interviews zijn opgenomen met toestemming van de respondenten. Naast het verifiëren en aanvullen van het proces van de radiotherapie planning is gekeken naar de taken van betrokken actoren, gebruikte technologie en bestede tijd. Ook zijn knelpunten die de radiotherapie planning tijdrovend maken in kaart gebracht.

Vervolgens zijn de mogelijkheden voor verbetering geïnterviewd. Het ging hierbij om knelpunten en mogelijkheden zoals die door de respondenten werden ervaren en aangedragen.

Tot slot zijn er ter ondersteuning van de focused interviews observaties uitgevoerd. In het AMC zijn enkele observaties uitgevoerd bij de uitvoering van de bestraling. In het RISO is twee keer het maken van de CT-scan bijgewoond voor zowel de mamma als de prostaat. Daarnaast is in het RISO meegekeken en uitgelegd hoe het bestralingsveld wordt opgezet. In het AMC is het maken van de treatment planning in Oncentra gedemonstreerd. In het RISO is de werking van Mosaic en het contouren in ProSoma gedemonstreerd. Deze observaties en demonstraties gaven een indruk van de radiotherapie planning in de praktijk.

Case report sheets

Om de kwalitatieve onderzoeksresultaten te ondersteunen met gegevens uit de praktijk is kwantitatief onderzoek door middel van case report sheets uitgevoerd, om een indicatie te kunnen geven over de bestede tijd voor de fasen van de radiotherapie planning. In het RISO is met een planningslaborant de opzet van de case report sheets doorgenomen en aangepast naar de situatie die van toepassing is in dit centrum. In het AMC zijn de sheets doorgenomen met een plannings- en voorbereidingslaborant en gecontroleerd door een klinisch fysicus. De planningslaborant van het RISO en de klinisch fysicus in het AMC hebben gezorgd voor de verspreiding en verzameling van de sheets op de afdeling.

De case report sheets bestaan uit drie gedeelten: lokalisatie door beeldvorming, contouren en treatment planning. De verschillende gedeelten zijn ingevuld door zorgverleners behorende tot de beroepsgroepen die verantwoordelijk zijn voor het uitvoeren van een bepaalde fase van de radiotherapie planning. De case report sheets zijn in het RISO ingevuld in de periode van 22 mei 2012 tot 15 juni 2012. In het AMC is het invullen van de sheets gestart op 25 mei 2012. Op 7 juni 2012 bleek dat hier nog geen sheets waren ingevuld en daarom is besloten om door verschillende medewerkers de case report sheet naar schatting in te vullen. Op 14-06-2012 is een overzicht ontvangen van schattingen van enkele medewerkers van het AMC.

3.3 Dataverwerking

In dit onderzoek is een analyse van de radiotherapie planning uitgevoerd middels literatuuronderzoek, semigestructureerde en focused interviews om te komen tot een modulair systeem van de radiotherapie planning. Dit model wordt weergegeven in een flowchart. Ook is de radiotherapie planning zoals deze georganiseerd is in het RISO en het AMC weergegeven door middel van een flowchart.

De focused interviews zijn geanalyseerd door het labelingssysteem (Baarda, Goede, & Teunissen, 2009). Hiermee zijn de resultaten van het interview gestructureerd naar de onderwerpen die horen bij de deelvragen. In het labelingssysteem zijn de resultaten van de focused interviews geanalyseerd, om zo een conclusie te trekken voor alle respondenten van beide centra. Vervolgens is een algemene conclusie getrokken per specifiek onderwerp die is voortgekomen uit de deelvragen. Hiermee komen

overeenkomsten en verschillen in de radiotherapie planning en meningen van medewerkers aan het licht.

De case report sheets zijn verwerkt met behulp van *Microsoft Excel 2010* om beschrijvende statistiek te kunnen uitvoeren. Hierbij zijn het aantal betrokken professionals, bestede tijd en doorlooptijd geanalyseerd met behulp van beschrijvende statistiek. Voor de bestede tijd werd het gemiddelde, de mediaan, de modus en de range voor de verschillende fasen van radiotherapie planning per bestralingsgebied berekend.

Hoofdstuk 4 Resultaten

4.1 De radiotherapie planning

Een oncologiepatiënt staat vanaf het moment van diagnose onder behandeling van de internist-oncoloog. Deze bepaalt in overleg met een multidisciplinair team de geschikte behandeling. Wanneer besloten wordt om radiotherapie in de behandeling toe te passen, zal de patiënt worden aangemeld bij de afdeling radiotherapie. Hier komt de patiënt onder behandeling van een radiotherapeut-oncoloog. Deze specialist heeft een coördinerende functie tijdens de radiotherapie en zal de patiënt begeleiden door middel van een wekelijks consult (Nationaal Borstkanker Overleg Nederland, 2008). De behandeling met radiotherapie voor genezing zal plaatsvinden in gemiddeld 25 tot 30 sessies (KWF Kanker Bestrijding). Deze sessies worden in een aantal weken gepland waarbij de patiënt elke werkdag wordt bestraald.

Voor de behandeling met radiotherapie kan beginnen, worden voorbereidende werkzaamheden verricht. In dit onderzoek worden deze werkzaamheden aangeduid met de term radiotherapie planning. De radiotherapie planning is een proces, dat bestaat uit verschillende fasen om de behandeling voor te bereiden. Hieronder valt onder andere het bepalen van het gebied dat bestraald wordt (bestralingsvolume) en het opzetten van het behandelplan (Velde, van Krieken, de Mulder, & Vermorken, 2006).

In deze paragraaf wordt de radiotherapie planning in het algemeen omschreven zoals die wordt toegepast voor verschillende bestralingsgebieden. Hierbij is gebruik gemaakt van literatuuronderzoek en ervaringen uit de praktijk. Ten eerste wordt de radiotherapie planning in de literatuur omschreven. In de daarop volgende paragraaf wordt de radiotherapie planning van de twee onderzochte radiotherapeutische centra vergeleken. Deze praktijkervaringen zijn verkregen door middel van interviews en observaties. De beschrijvingen uit de literatuur en praktijk worden gecombineerd om een modulair te ontwikkelen voor de radiotherapie planning. Dit modulair systeem is een opstap om de radiotherapie planning voor de bestralingsgebieden mamma en prostaat nader in kaart te brengen.

4.1.1 De radiotherapie planning in de literatuur

Om de radiotherapie planning te omschrijven worden drie modellen uit de literatuur met elkaar vergeleken. Het eerste model betreft het *Clinical treatment planning process* van Fraass et al. (1998). Zij duiden de voorbereidende werkzaamheden van radiotherapie aan met de term ‘clinical treatment planning process’, een proces bestaande uit alle activiteiten die bepalen hoe de radiotherapie behandeling uitgevoerd zal worden. Het model is een opstap voor het ontwikkelen van kwaliteitscriteria voor de treatment planning van radiotherapie. In de Nederlandse literatuur wordt gesproken van radiotherapie voorbereiding. Het tweede model dat wordt besproken betreft een model uit de Nederlandse literatuur. Hierbij spreekt men van radiotherapie voorbereiding. Het *Nederlandse*

model voorbereiding radiotherapie (Veenhof & Voûte, 2000) deelt deze radiotherapie voorbereiding onder in drie fasen. Het derde model is het *Process of radiation oncology* van Weiss (1993). Dit model bevat alle stappen van de klinische radiotherapie, waarin radiotherapie planning is ingebed. Deze drie modellen worden naast elkaar gezet en vergeleken om een basis te bieden voor de opzet van een modulair systeem van radiotherapie planning. Een schematische weergave is te vinden in bijlage 1.

Consultatie

Weiss (1993) benoemt de consultatie als eerste stap in het proces van klinische radiotherapie. Hierbij zal de radiotherapeut-oncoloog tijdens het eerste consult de patiëntsituatie in kaart brengen en de patiënt voorlichten over de werkwijze van de radiotherapie behandeling. Vanuit een klinisch oogpunt is het eerste consult van belang om met behulp van resultaten uit eerder onderzoek het tumorstadium en het doel van de behandeling vast te stellen. In multidisciplinair overleg wordt, indien van toepassing, de combinatie van radiotherapie met andere behandelingen zoals chemotherapie, hormoontherapie of operatie besproken (Weiss, 1993).

In *Nederlandse model voorbereiding radiotherapie* (Veenhof & Voûte, 2000) en *Clinical treatment planning process* (Fraass, et al., 1998) wordt de consultatie stap niet opgenomen. In deze modellen is de beeldvorming van het te bestralen volume (doelvolumen) de eerste stap van de radiotherapie planning.

Beeldvorming en definiëren anatomie

Na de consultatie bij de radiotherapeut-oncoloog worden beeldvormende technieken gebruikt om het doelvolumen van de bestraling vast te stellen. Deze definitie en lokalisatie van het behandelvolume staat in het model van Veenhof & Voûte (2000) bekend als voorbereiding, de eerste stap in het model. Fraass et al. (1998) delen deze stap op in drie deelstappen: positionering patiënt, beeldvorming en definiëren van anatomie (bijlage 1). Voor deze voorbereidingsfase wordt het doelgebied in beeld gebracht door middel van een simulator of een CT-scan. De patiënt ligt bij dit onderzoek in dezelfde houding als tijdens de bestraling die zal worden uitgevoerd. De juiste positie van de patiënt is van groot belang om ervoor te zorgen dat het behandelplan en de positie van de patiënt tijdens de bestraling overeenkomen (bijlage 1). De beeldvorming kan worden uitgevoerd met behulp van een simulator. Dit is een apparaat dat vergelijkbaar is met het bestralingsapparaat, waarbij het stralingsgedeelte is vervangen door een röntgendoorlichter (Veenhof & Voûte, 2000). Met de röntgendoorlichting worden 2D afbeeldingen vanuit verschillende richtingen vastgelegd om zo in een latere fase de bestralingsbundels te bepalen. Ook kan een CT-scan worden gemaakt waarbij 3D afbeeldingen van de patiënt worden vastgelegd. Hiermee kan naast de omtrek ook het volume van het doelgebied in beeld worden gebracht (Velde, van Krieken, de Mulder, & Vermorken, 2006). Deze afbeeldingen geven informatie over het doelgebied van de bestraling en de risico organen die bij de bestraling moeten worden gespaard (bijlage 1). In deze beeldvormende stap worden verschillende

coördinaten afgetekend op de huid van de patiënt. De simulator bevat een lichtbron waarmee het doelgebied op de huid wordt geprojecteerd. Dit veld wordt op de huid van de patiënt afgetekend met markeerstreepjes. Ook wordt het isocentrum afgetekend, dit is het punt in het lichaam (vaak het midden van de tumor) waar de arm van het bestralingsapparaat om heen draait. Dit punt wordt in kaart gebracht met laserlijnen. Het aantekenen van deze punten is van belang om de juiste positie van de patiënt tijdens de bestraling te bepalen (UMC St Radboud, z.d.).

Vervolgens worden de afbeeldingen die zijn gemaakt met de CT-scan of de simulator in een planningsprogramma geladen waar het bestralingsvolume wordt bepaald. Het model *Process of radiation oncology* van Weiss geeft aan dat de grootte, vorm en richting van de stralingsbundels wordt bepaald. In het model van Fraass et al., het *Clinical treatment planning proces*, vindt eerst de contouring van het doelgebied en risico organen plaats, een stap die Weiss niet opneemt in het model. Veenhof en Voûte plaatsen deze stap na het bepalen van het bestralingsvolume. Op de afbeeldingen van de simulator of de CT-scan wordt het tumorweefsel en de omliggende organen ingetekend om zo zorgvuldig de richting van de straling te kunnen bepalen (bijlage 1). De zichtbare tumor die wordt ingetekend wordt aangeduid met de term gross tumor volume of GTV. Hieromheen ligt vaak een zone waarin ook tumorcellen kunnen voorkomen, daarom moet een extra 'klinische' marge genomen worden (clinical target volume of CTV). Vervolgens moet nog een marge genomen worden voor de fysische onzekerheid, omdat het onmogelijk is om de patiënt iedere dag exact in dezelfde houding te laten liggen. Daarnaast beweegt de tumor met de ademhaling en kan de locatie van de tumor afhankelijk zijn van de vulling van de blaas en darmen. Deze marges bepalen het uiteindelijke doelvolumen, dat wil zeggen: het volume in de patiënt dat de bestraling moet krijgen (planning target volume of PTV) (Stalpers, Sminia, & Slotman, Radiotherapie en kankerbestrijding, 2000).

Treatment planning

Nadat het doelgebied in kaart is gebracht moet het bestralingsplan worden opgesteld. In deze fase worden de stralingsbundels en dosisverdeling van deze bundels bepaald, beter bekend als treatment planning. In het model *Process of radiation oncology* van Weiss wordt het vaststellen van de grootte en richting van stralingsbundels nog ondergebracht in de stap definitie en lokalisatie behandelvolume. De andere modellen brengen deze fase echter onder in de treatment planning (Veenhof en Voûte) of onder de stap stralingstechniek (Fraass et al.). Hierbij worden het aantal gebruikte bundels bepaald en de richting waarop ze stralen. Met een multileaf collimator (MLC) kan de vorm van de stralingsbundels worden aangepast aan de vorm van het tumorweefsel en de omliggende risico organen om het doelgebied precies te bestralen en omliggende organen te beschermen. De MLC is een diafragma van het bestralingsapparaat, bestaande uit verschillende plaatjes van wolfram die zich verplaatsen door besturing op afstand zoals bepaald in het bestralingsplan (Velde, van Krieken, de Mulder, & Vermorken, 2006). Deze techniek is in de jaren negentig opgekomen en dit kan een verklaring zijn waarom deze techniek niet in het model *Process of radiation oncology* is opgenomen.

Daarentegen bevat het model van Weiss een aparte stap: constructie van voorzieningen die de stralingsbundel aanpassen. In deze stap wordt onder andere gewerkt met loodblokken die handmatig worden geplaatst. Naast het bepalen van de stralingsbundels wordt in de treatment planning ook dosisberekening van de stralingsbundels gemaakt. In het model van Veenhof & Voûte en Weiss wordt dit proces niet beschreven. Fraass et al. nemen dit echter als een aparte stap op in hun model. De stap stralingstechniek en dosisberekeningen vormen daarmee de treatment planning in het model *Clinical treatment planning process*. Voor de dosisberekeningen worden de voorwaarden in het planningsprogramma ingevoerd. Dit is de maximale dosis die verschillende organen mogen ontvangen. Met deze criteria maakt het planningsprogramma de dosisberekeningen en bepaalt daarmee de dosis van de stralingsbundels (NVRO, 2000a).

Simulatie en verificatie

Na het opstellen van het behandelplan vindt simulatie en verificatie plaats, een stap dat in alle drie de modellen naar voren komt. Fraass et al. spreken echter van de fase plannen van de implementatie waarbij het behandelplan wordt gesimuleerd. In het model van Weiss wordt simulatie uitgevoerd met behulp van een simulator of röntgendoorlichting voordat de behandeling plaatsvindt. Ook wordt de berekende dosis gecontroleerd. In de simulatie en verificatie fase van het *Nederlandse model voorbereiding radiotherapie* is ook opgenomen dat het behandelplan tijdens de behandeling wordt geverifieerd. Deze stap valt in de andere modellen echter buiten de radiotherapie planning. Vervolgens staat alleen in het model van Fraass et al. vermeld dat het behandelplan wordt doorgestuurd naar het bestralingsapparaat.

Controle

Tot slot wordt in het model *Clinical treatment planning process* het gehele behandelplan nogmaals gecontroleerd. In de modellen van Weiss en Veenhof & Voûte is dit niet terug te vinden. In deze modellen zijn de controles van de dosisberekeningen en het totale behandelplan niet opgenomen. Deze laatste controle sluit de radiotherapie planning af. Het model *Process of radiation oncology* van Weiss bevat ook de controle en evaluatie na behandeling. Deze stappen vallen echter niet onder de radiotherapie planning.

4.1.2 Praktijksituatie

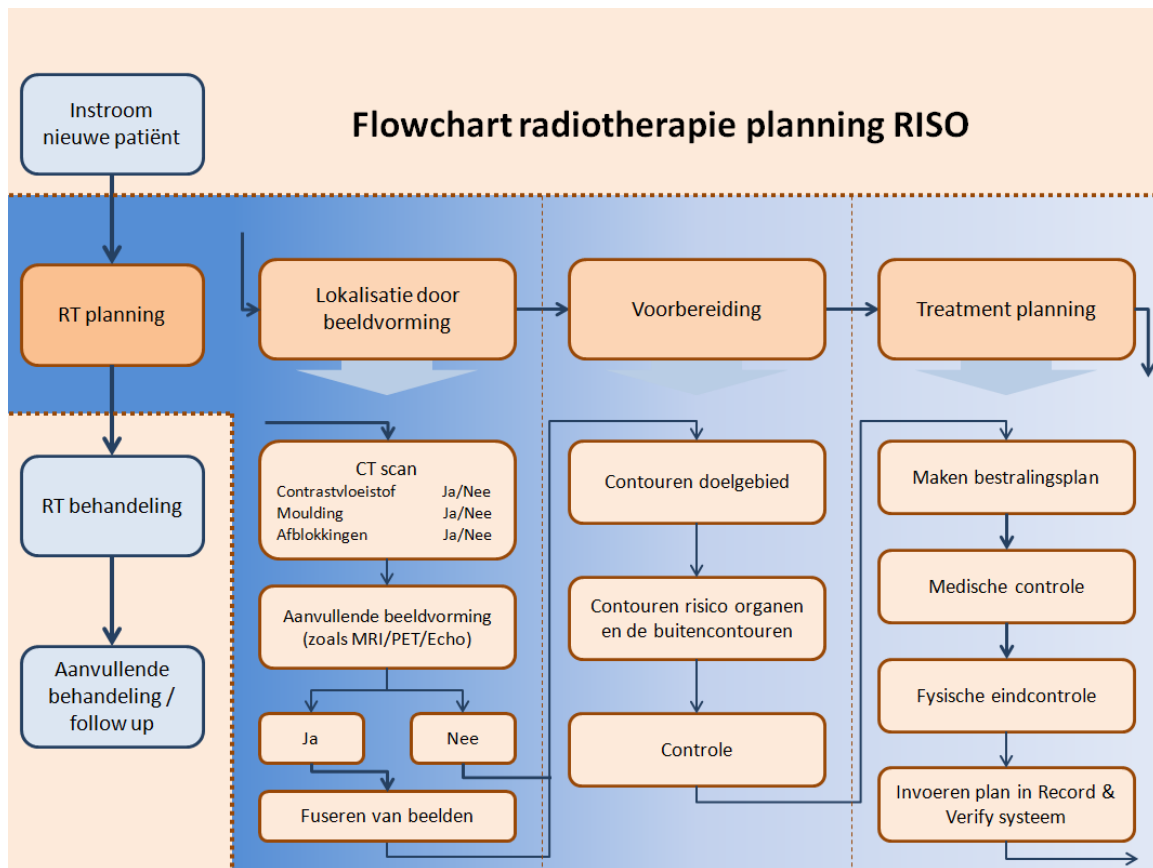
In deze paragraaf wordt het proces van de radiotherapie planning beschreven zoals dit in de praktijksituatie plaatsvindt. De praktijksituatie wordt schematisch weergegeven met behulp van modellen. Figuur 4.1 laat een model zien van de radiotherapie planning, zoals deze verloopt in het RISO. Het model in figuur 4.2 weerspiegelt de praktijksituatie van dit proces in het AMC. Allereerst wordt een algemene beschrijving van de radiotherapie planning in de twee onderzochte ziekenhuizen beschreven. Deze beschrijving is het resultaat van de interviews met betrokkenen bij de radiotherapie planning van de bestraling van mamma- en prostaatcarcinomen. Vervolgens wordt de praktijksituatie

van de specifieke radiotherapie planning voor mamma- en prostaatcarcinomen beschreven. Deze paragraaf eindigt met het weergeven van het basismodel van de radiotherapie planning: het modulair systeem.

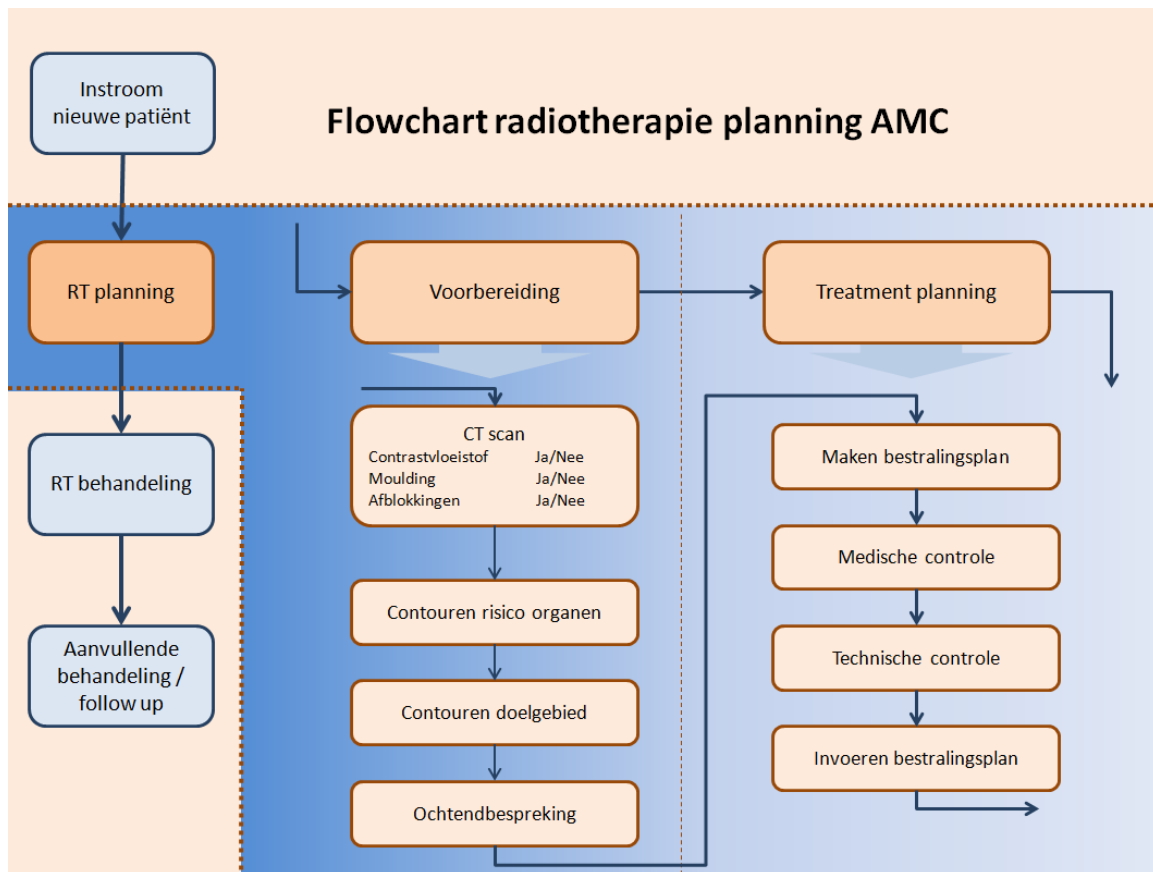
De radiotherapie planning start met het maken van de CT-scan van de patiënt. Tijdens het maken van de CT-scan wordt er voorlichting gegeven aan de patiënt, hulpmiddelen toegepast en het bestralingsveld wordt aangetekend (meestal met zwarte inkt). Bij het aantekenen van het bestralingsgebied worden laserlijnen met een inktlijn op de huid overgetrokken om een vast punt te markeren. Wanneer de CT-scan is gemaakt, wordt het isocentrum op de CT-beelden opgezocht. De coördinaten van dit punt worden uitgeprint of opgeschreven om de coördinaten vervolgens in te voeren in het apparaat van de laser. De laserlijnen worden ingesteld op deze coördinaten, zodat men het isocentrum kan aantekenen. Naast het aanbrengen van markeerlijnen kunnen ook looddraadjes, kleine stickers en tatoeagepuntjes op de patiënt aangebracht. De plaatsing van de looddraden zijn zichtbaar op de CT-beelden, waardoor bepaalde locaties of contourlijnen van lichaamsdelen kunnen worden gemarkeerd. Om een beter contrast te krijgen in de beelden van het bestralingsgebied wordt er in sommige gevallen gebruik gemaakt van contrastvloeistof. Indien moulding, het maken van een masker om het lichaam in een stabiele houding te laten liggen, nodig is (voor bijvoorbeeld hoofd- en hals tumoren) wordt dit uitgevoerd voorafgaand aan het maken van de CT-scan. Naast het maken van een CT-scan kunnen ook andere beeldende technieken, zoals MRI, PET of echo, worden gebruikt om duidelijke scans van het bestralingsgebied te verkrijgen. De beeldvorming met behulp van MRI of PET wordt niet op de afdeling radiotherapie uitgevoerd, maar wordt opgevraagd op de afdeling radiologie in een ziekenhuis. Een echo wordt wel gemaakt in het radiotherapeutische centrum. Als er meerdere beelden van de patiënt zijn gemaakt, moeten deze met elkaar worden gefuseerd om deze vervolgens naar het softwareprogramma voor het contouren van de beelden te sturen. Dit proces staat ook wel bekend als matchen. Het maken van de CT-scan en het matchen van de beelden zijn stappen die in het RISO onder de fase ‘beeldvorming’ vallen. Dit is de eerste fase van het radiotherapie planningsproces in het RISO. In het RISO wordt vaak gebruik gemaakt van meerdere beeldvormende technieken. Hierbij wordt meestal gekozen voor een aanvullende MRI. In het AMC vallen de stappen van de beeldvorming onder de fase ‘voorbereiding’.

Vervolgens worden de beelden van de patiënt opgehaald in het softwareprogramma om te starten met het contouren van deze beelden. Het doelgebied, de risico organen en de buitencontour van het bestralingsgebied worden ingetekend, zodat er een bestralingsplan kan worden gemaakt. Naast het contouren van de buitencontour, wordt ook de zogeheten ‘buitencontour min vijf’ ingetekend. Deze contour bevindt zich vijf millimeter binnen de buitencontour. Dit is een hulpstructuur voor de arts. Het doel van de ‘buitencontour min vijf’ is dat er zo min mogelijk straling in dit gebied komt, waardoor de huid beschermd wordt.

Zowel in het RISO als in het AMC valt de stap contouren onder de fase ‘voorbereiding’, alleen



Figuur 4.1 - Model van de radiotherapie planning in het RISO



Figuur 4.2 - Model van de radiotherapie planning in het AMC

verschilt de volgorde van het te contouren bestralingsgebied binnen deze stap in de ziekenhuizen. In het RISO wordt allereerst het doelgebied en daarna de risico organen ingetekend en in het AMC vindt deze volgorde van contouren andersom plaats: allereerst de risico organen en buitencontour van het lichaam en daarna het doelgebied. In het RISO is de fase ‘voorbereiding’ de tweede fase van het radiotherapie planning proces. Aan het einde van voorbereidingsfase wordt in het AMC tijdens de dagelijkse ochtendbespreking het resultaat van het contouren gepresenteerd en gecontroleerd door meerdere betrokkenen. Hierbij worden ook mogelijk ondersteunde MRI-beelden, bloedwaarden en andere gegevens van de patiënt besproken en meegenomen. Opmerkingen en randvoorwaarden worden genoemd en genoteerd voor de verdere behandeling. Voor de ochtendbespreking plaatsvindt, is de intekening gecontroleerd door verschillende betrokken die hiervoor verantwoordelijk zijn gemaakt. In het RISO wordt het resultaat van het contouren gecontroleerd en goedgekeurd gedurende de dag door betrokkenen die daarvoor zijn ingepland.

Na het contouren van de CT-beelden, wordt in de volgende fase, ‘treatment planning’, het bestralingsplan gemaakt door het berekenen van de stralingsdosis, het opstellen van de positie van de stralingsbundels en de richting waarop deze moeten stralen. In het RISO valt onder de ‘treatment planning’ het maken van het bestralingsplan en het invoeren van dit plan in het ‘Record & Verify systeem’. Dit is een systeem dat de veldgrootte en de stand van het bestralingstoestel controleert. Voordat het bestralingsplan wordt ingevoerd en er wordt gestart met de bestraling, moet het bestralingsplan worden goedgekeurd door middel van een medische en fysische eindcontrole. Wanneer de medische eindcontrole is uitgevoerd, wordt het bestralingsplan nog eenmaal besproken tijdens de ochtendbespreking. Vervolgens wordt de fysische eindcontrole uitgevoerd, waarbij het bestralingsplan wordt gecontroleerd op de fysische aspecten. De fase ‘treatment planning’ in het AMC begint met het maken van het bestralingsplan. Deze fase eindigt met een medische- en technische eindcontrole van het bestralingsplan. Het plan wordt in de ochtendbespreking besproken en bij goedkeuring kan het bestralingsplan naar de bestralingstechniek worden doorgestuurd. In het AMC valt het invoeren in het ‘Record & Verify systeem’ niet onder de fase ‘treatment planning’ en daarmee ook niet binnen het radiotherapie planning proces, maar bij de bestraling.

4.1.3 Radiotherapie planning bij mammacarcinoom

De radiotherapie planning bij een mammacarcinoom begint met het maken van de CT-scan. De klierschijf wordt gemarkeerd met behulp van het aantekenen van markeerstreepjes en het aanbrengen van looddraadjes. Ook wordt het litteken van een eventuele operatie aangeplakt met een rubberen sticker. Als het mammacarcinoom tegen de huid aanligt, kan bij bestraling de huid sterk beschadigen. Er wordt dan een bolus, een materiaal met dezelfde dichtheid als het menselijk lichaam, op de huid gelegd waardoor de hogere dosis van de straling in of onder de huid terecht komt.

De taken, beschreven bij paragraaf 4.1.2, die moeten worden uitgevoerd bij het maken van de CT-scan, zijn zowel in het RISO als in het AMC hetzelfde bij mammacarcinomen. Tegenwoordig wordt

steeds vaker de breathhold techniek toegepast voor het maken van de CT-scan bij een mammacarcinoom. Met deze techniek kan worden gekeken of de patiënt beter bestraald kan worden met ingehouden adem, waardoor het hart mogelijk minder wordt beschadigd. Bij de breathhold techniek worden twee CT-scans gemaakt: één waarbij de patiënt gewoon ademt en één scan van de patiënt met ingehouden adem. Voor het maken van deze scan, krijgt de patiënt voorlichting en instructies. In het RISO en het AMC wordt geen gebruik gemaakt van contrastvloeistof bij de beeldvorming van een mammacarcinoom.

Bij het contouren van de beelden van het mammacarcinoom worden onder andere de volgende gebieden ingetekend: het doelgebied (de gehele mamma), de long(en), het hart en de buitencontour van het lichaam. Het bestralingsveld wordt hiermee opgezet, waarbij er in sommige gevallen gebruik wordt gemaakt van schampvelden (stralingsbundels die de mamma schampen) om de bestraling zo homogeen mogelijk te verdelen. In het RISO wordt bij bestraling van de gehele mamma gebruik gemaakt van virtuele simulatie en wordt het doelgebied niet ingetekend. Ook in het AMC vindt virtuele simulatie plaats. Het contouren van de mamma kan op verschillende manieren gebeuren, afhankelijk van de grootte en locatie van het carcinoom. Er kan bij het contouren van de mamma tevens gebruik worden gemaakt van de Simultaneous Integrated Boost (SIB) techniek. Bij deze techniek wordt een boost, een gebied waar een hogere dosis van bestraling moet worden afgegeven, opgezet in het bestralingsgebied. Dit boostgebied wordt geïntegreerd met de intekening van het gehele doelgebied, waarbij bepaalde stralingsbundels tijdens de bestraling van de mamma een hogere dosis wordt afgeven in het specifiek aangegeven SIB-gebied.

Als de SIB-techniek is gebruikt bij het contouren van het bestralingsgebied bij een mammacarcinoom, wordt er bij de treatment planning meerdere en verschillende bundels opgezet in het bestralingsplan. Daarnaast kan bij de treatment planning van een mammacarcinoom een wig in de stralingsbundels worden geplaatst. De wig zorgt ervoor dat de stralingsbundel wordt onderbroken waardoor de straling goed op patiënt kan worden verdeeld.

Aan het einde van het radiotherapie planningsproces bij een mammacarcinoom wordt in het AMC in uitzonderlijke gevallen een simulatie uitgevoerd waarbij handmatig loodblokken worden geplaatst.

4.1.4 Radiotherapie proces bij prostaatcarcinoom

Bij een patiënt met een prostaatcarcinoom vindt voorafgaand aan de beeldvorming het inbrengen van goudstaafjes plaats. Deze worden ongeveer een week voor het maken van de CT-scan bij de patiënt ingebracht. Daarnaast heeft de patiënt een gesprek met de diëtiste om onder andere een dieet op te stellen, adviezen te krijgen en wordt indien nodig laxeerpillen aan de patiënt voorgeschreven. Dit gebeurt om de blaasvulling en de endeldarm onder controle te krijgen en daarmee een goede CT-scan te kunnen maken.

Bij prostaatcarcinomen geldt ook dat de taken, die moeten worden uitgevoerd bij het maken van de CT-scan, zoals beschreven bij paragraaf 4.1.2, zowel in het RISO als in het AMC, hetzelfde zijn. Het

maken van een CT-scan bij een prostaatcarcinoom wordt in sommige gevallen tweemaal uitgevoerd, omdat lucht in de darmen kan zorgen voor niet optimaal resultaat van de CT-beelden. In het RISO wordt er bij een prostaatcarcinoom naast een CT-scan meestal ook een MRI-scan (of andere beeldvormende technieken) gemaakt om een beter contrast te krijgen in de beelden voor het contouren. In het AMC wordt geen gebruik gemaakt van additionele MRI-beelden bij een prostaatcarcinoom, omdat, volgens de mening van het AMC, de toegevoegde waarde ervan te klein is.

De goudmarkers die eerder bij de patiënt zijn ingebracht zorgen ervoor dat de prostaat beter zichtbaar is op de beelden van de CT-scan (en indien van toepassing op de beelden van andere scans). In het RISO worden daarnaast de beelden van de CT- en MRI-scan met elkaar gefuseerd met behulp van de goudmarkers. Soms wordt gebruik gemaakt van een echo. Deze wordt ook gefuseerd met de CT-beelden. Vervolgens vindt het contouren van het doelgebied in de beelden van het prostaatcarcinoom plaats. Hierbij worden het doelgebied, blaas, rectum en buitencontour van de patiënt ingetekend. In het AMC worden de heupkoppen daarnaast ingetekend. In het RISO worden de heupkoppen in sommige gevallen meegenomen bij het contouren van het bestralingsgebied.

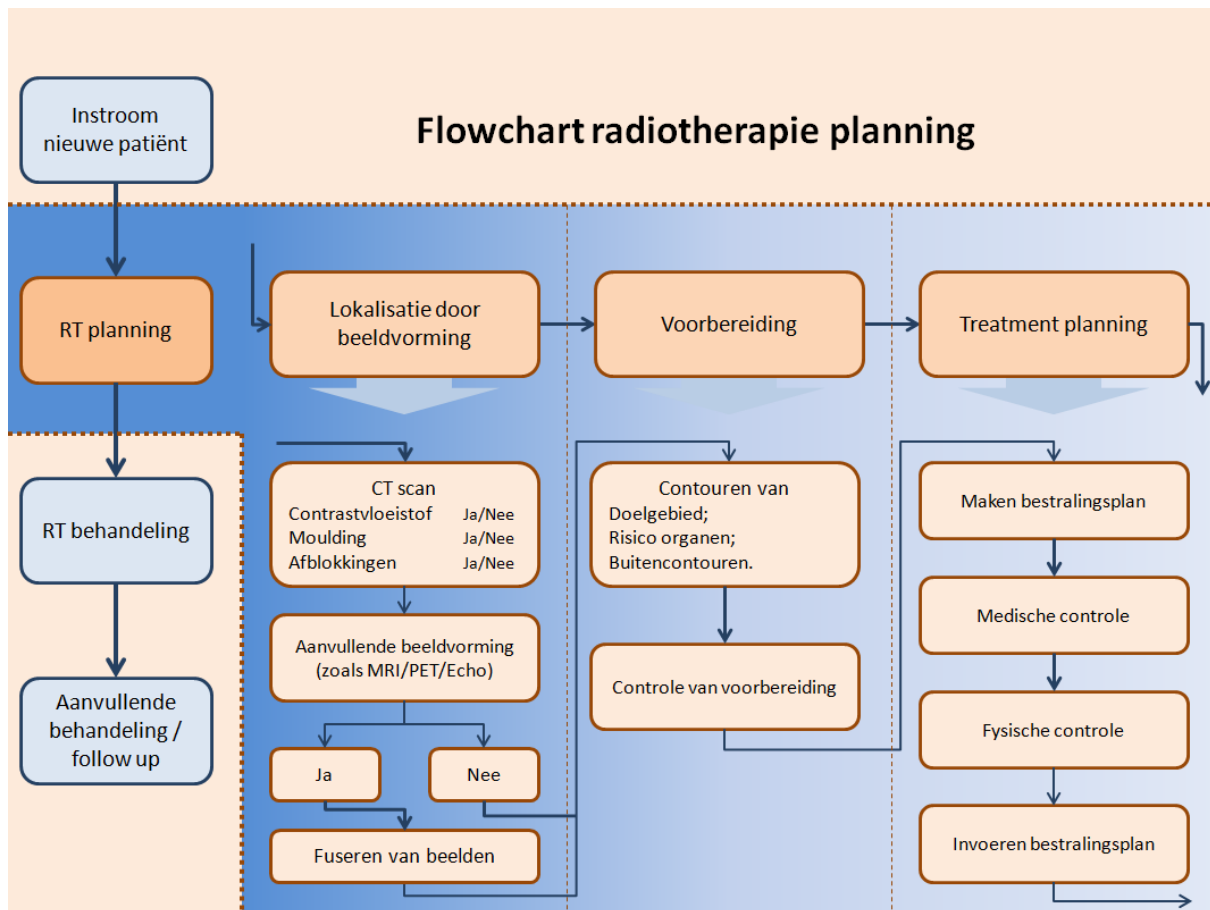
Tot slot vindt de treatment planning plaats waarbij het bestralingsplan van het prostaatcarcinoom wordt bepaald. In het AMC is er een medische- en technische eindcontrole van het plan, waarna de bestraling kan beginnen. In het RISO vinden de medische- en fysische eindcontrole ook plaats, maar wanneer de fysische eindcontrole gebeurt, kunnen en mogen er al twee of maximaal drie fracties van bestraling gestart zijn.

4.1.5 Algemeen modulair systeem

Een algemeen modulair systeem kan worden opgesteld aan de hand van de modellen uit de literatuur en de beschreven praktijksituatie. Dit modulair systeem geeft weer hoe de radiotherapie planning in het algemeen verloopt bij de uitwendige radiotherapie van een carcinoom. Het algemeen modulair systeem is weergegeven in figuur 4.3.

De radiotherapie planning kan in drie fasen worden opgedeeld. De eerste fase wordt de 'lokalisatie door beeldvorming' genoemd. Deze fase begint met het maken van de CT-scan, waarbij indien nodig moulding en afblokkingen in het bestralingsgebied worden toegepast. Daarnaast kan de afweging worden gemaakt of er contrastvloeistof zal worden gebruikt bij het maken van de CT-scan. Vervolgens wordt gekozen of er gebruik wordt gemaakt van aanvullende beeldvormende technieken, zoals MRI, PET of echo. Als dit wordt uitgevoerd, moeten de meerdere afbeeldingen van het bestralingsgebied met elkaar gefuseerd worden voor het contouren van deze beelden. In het AMC is de beeldvorming niet als aparte stap opgenomen in het model voor radiotherapie planning. De werkzaamheden voor de beeldvorming kunnen echter onderscheiden worden van de andere werkzaamheden in de voorbereiding, waardoor beeldvorming in het modulaire systeem als afzonderlijke stap wordt weergegeven.

Wanneer de beeldvorming heeft plaatsgevonden, kan er gestart worden met de tweede fase: de



Figuur 4.3 - Algemeen modulair systeem van de radiotherapie planning. Opgesteld met behulp van de literatuurstudie en resultaten van het kwalitatief onderzoek.

voorbereiding. In deze fase vindt het contouren van het doelgebied, de risico organen en de buitencontouren van het lichaam plaats. De volgorde van wat ingetekend moet worden kan verschillen, afhankelijk van het radiotherapeutisch centrum, het soort carcinoom en het bestralingsgebied dat wordt ingetekend. De fase ‘voorbereiding’ wordt afgesloten met een controle van de werkzaamheden. Eén of meerdere betrokkenen bij de radiotherapie planning controleert het ingetekende gebied en keurt deze goed of af. Wanneer het contouren goed gekeurd is, kan worden gestart met de volgende fase.

De laatste fase van de radiotherapie planning wordt de ‘treatment planning’ genoemd. Deze fase begint met het maken het bestralingsplan aan de hand van het ingetekende bestralingsgebied. Als het bestralingsplan is opgesteld, moet dit plan gecontroleerd en goedgekeurd worden door middel van een medische eindcontrole. Vervolgens vindt er een fysische eindcontrole plaats, ook de technische eindcontrole genoemd. In de literatuur wordt gesproken van een simulatiefase aan het eind van de radiotherapie planning. Hierbij wordt de bestraling gesimuleerd op een bestralingsstoel waarbij het stralingsgedeelte is vervangen door röntgendoorlichting. Deze simulatie aan het einde van de radiotherapie planning is echter niet opgenomen in het algemene model omdat deze simulatie in de praktijk is vervangen door virtuele simulatie. Deze wordt uitgevoerd tussen de contouring en de treatment planning.

In dit modulaire systeem eindigt de radiotherapie planning en de fase ‘treatment planning’ wanneer het bestralingsplan is ingevoerd in het softwareprogramma dat het bestralingstoestel aanstuurt en de bestraling begint.

4.2 Betrokken actoren

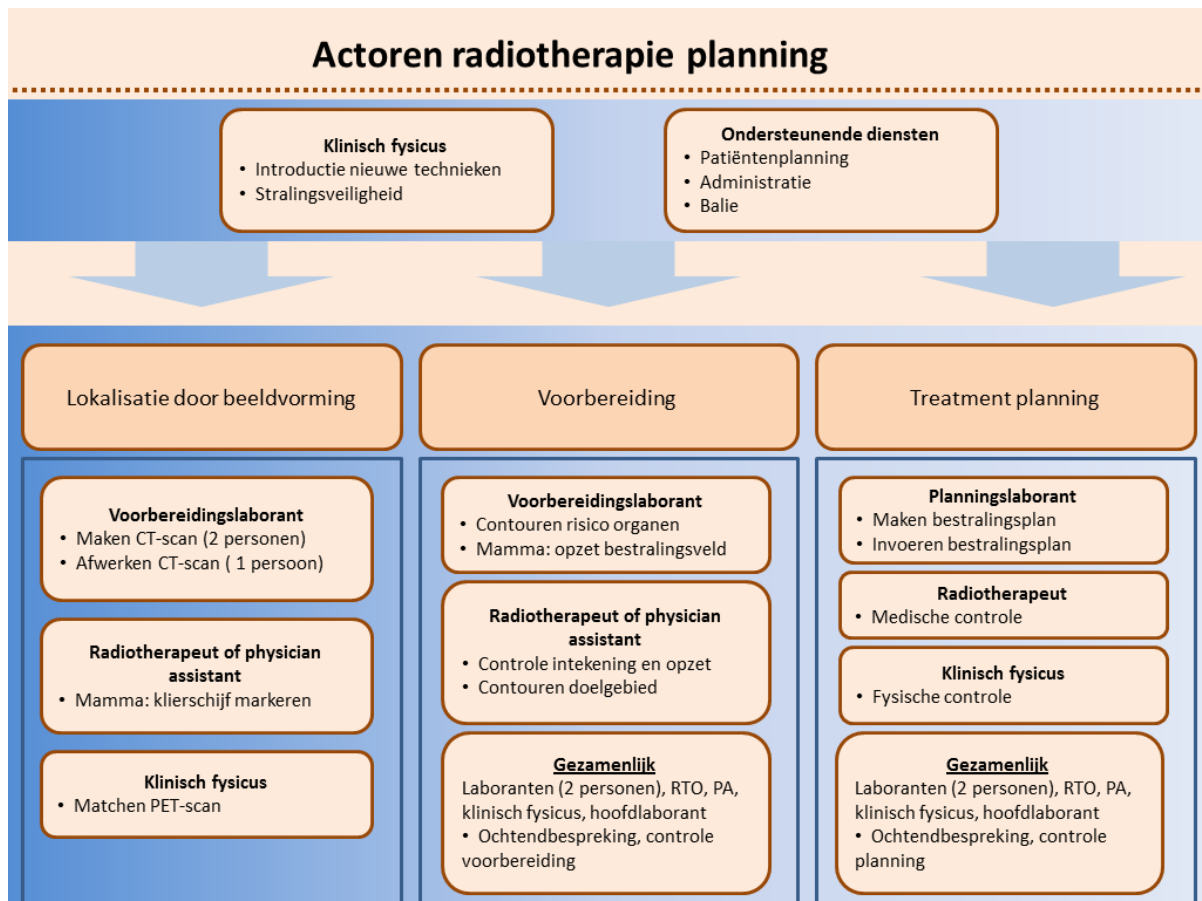
Zoals bij de beschrijving van de radiotherapeutische centra (hoofdstuk 2) reeds is beschreven, zijn verschillende zorgverleners betrokken bij de radiotherapie planning. Hierbij hebben de zorgverleners eigen taken om alle stappen van de radiotherapie planning uit te voeren. Deze taken zijn vastgelegd in protocollen. In het AMC wordt gewerkt met protocollen voor verschillende typen patiënten. Op basis van patiëntkenmerken en de tumorkenmerken wordt een protocol gekozen. Ook is vastgelegd in welk aantal werkdagen de taak moet zijn uitgevoerd.

Bij het uitvoeren van de radiotherapie planning zijn verschillende beroepsgroepen betrokken. De belangrijkste betrokken beroepsgroepen zijn: radiotherapeut-oncologen, physician assistants, laboranten en klinisch fysici. Daarnaast spelen medewerkers van ondersteunende diensten een rol in de radiotherapie planning. Hieronder behoren onder andere de medewerkers die zorgen voor de patiëntenplanning en het baliepersoneel. Alle zorgverleners van de verschillende beroepsgroepen hebben hun eigen taken en verantwoordelijkheden in de radiotherapie planning, zoals weergegeven in figuur 4.4.

4.2.1 Lokalisatie door beeldvorming

Het maken van de CT-scan, de eerste stap in de fase ‘lokalisatie door beeldvorming’, wordt uitgevoerd door voorbereidingslaboranten. In zowel het AMC als het RISO wordt het maken van de CT-scan gedaan door twee laboranten. Zij lichten de patiënt voor over de procedure, passen indien nodig het gebruik van hulpmiddelen toe, maken de CT-scan en tekenen het bestralingsgebied af op de huid van de patiënt. Ook wordt een foto gemaakt van de patiënt en van de belijning die is aangetekend op de huid. Deze worden geïmporteerd en door één van de laboranten naar het softwareprogramma voor het afsprakensysteem gestuurd.

Tijdens het maken van CT-scan voor bestraling van de mamma komt, zowel in het RISO als in het AMC, de radiotherapeut-oncoloog of de physician assistant langs. In het rooster van deze zorgverleners is hiervoor tijd ingepland. Ook belt de laborant in het RISO de arts op wanneer de patiënt in de CT-ruimte is. De radiotherapeut-oncoloog kan dan langskomen. De radiotherapeut-oncoloog of de physician assistant is verantwoordelijk voor het markeren van de klierschijf door middel van een loodlijn en het aanbrengen van markeerstreepjes. Vervolgens plakt de laborant een rubberen stickertje op het litteken. Bij sommige patiënten wordt de breathhold techniek toegepast. De patiënt krijgt dan patiëntenvoorlichting voorafgaand aan het uitvoeren van de CT-scan en oefent met een voorlichtingslaborant de techniek. Er wordt vervolgens één CT-scan gemaakt waarbij de patiënt doorademt en één CT-scan waarbij de adem wordt ingehouden. Voor de bestraling van de mamma



Figuur 4.4 – Betrokken actoren in de radiotherapie planning bij bestraling van mamma- en prostaatcarcinomen.

plaatsvindt, beslist de radiotherapeut-oncoloog of de breathhold techniek moet worden toegepast.

Wanneer een deel van het hart op de CT-scan met doorademen in het bestralingsveld ligt, en dit op de CT-scan met ingehouden adem een stuk kleiner is, zal besloten worden om de breathhold techniek toe te passen. Ook kijkt men of de patiënt de ademhalingstechniek, waarvoor zij een halve minuut haar adem moet inhouden, beheerst.

Voor een CT-scan kan worden gemaakt van de prostaat, dienen goudstaafjes te zijn ingebracht. In het AMC worden patiënten met prostaatkanker behandeld door een radiotherapeut-oncoloog of physician assistant. Zij brengen de goudstaafjes in. In het RISO worden goudstaafjes enkel nog ingebracht door de radiotherapeut-oncoloog. Ook wordt een afspraak met een diëtist gepland. Deze schrijft een dieet voor om het rectum onder controle te krijgen.

Wanneer de CT-scan is gemaakt zullen de voorbereidingslaboranten de CT-scan afwerken. Hierbij worden bewerkingen uitgevoerd om zo de afbeelding klaar te maken voor de werkzaamheden die de radiotherapeut-oncoloog zal uitvoeren. De laboranten sturen de gegevens van het softwareprogramma van de CT-scan door naar het intekenprogramma. Vervolgens worden de CT-beelden ingeladen.

Vorbereidingslaboranten in zowel het AMC als in het RISO zorgen voor de technische afwerking van de CT-beelden. De laboranten in het RISO zoeken bij bestraling van de mamma allereerst het

isocentrum op. Vervolgens maken zij een opzet van de stralingsbundel met behulp van virtuele simulatie. Hierbij let de laborant erop dat de gehele klierschijf in het bestralingsveld ligt. Wanneer twee CT-scans zijn gemaakt om eventueel de breathhold techniek toe te passen, moet tweemaal deze bundelopzet worden gemaakt. Vervolgens maken voorbereidingslaboranten in het RISO en in het AMC contouren aan. Ten eerste wordt de hartcontour en de contour van de longen ingetekend. Ook wordt de buitencontour en een buitencontour min vijf aangemaakt.

Wanneer een CT-scan van de prostaat is gemaakt, zal de voorbereidingslaborant andere taken uitvoeren om de CT-beelden te af te werken dan bij bestraling van de mamma worden uitgevoerd. In alle gevallen is er een CT-scan gemaakt waarmee het bestralingsplan wordt opgesteld. Ook kan er aanvullende beeldvorming zoals echo of MRI-scan worden gebruikt. Om een bestralingsplan te maken worden de afbeeldingen over elkaar gelegd, ook wel bekend als fuseren of matchen. Voor bestraling van de mamma en de prostaat wordt geen gebruik gemaakt van een PET-scan. Voor bestraling van andere doelgebieden is dit soms wel het geval. Deze afbeeldingen worden in het RISO gefuseerd door een klinisch fysicus wegens de complexiteit van dit proces. Vervolgens wordt deze afbeelding gebruikt voor het contouren en de treatment planning. De voorbereidingslaborant fuseert bij bestraling van de prostaat de afbeeldingen van de echo en de CT-scan. Ook wordt het isocentrum opgezocht en een buitencontour aangemaakt.

Wanneer de voorbereidingslaborant de CT-beelden heeft klaargemaakt voor de radiotherapeut-oncoloog wordt deze verantwoordelijk gemaakt voor het uitvoeren van zijn werkzaamheden. De laborant geeft dit aan in het softwareprogramma voor het afsprakensysteem.

4.2.2 Voorbereiding

In de tweede fase van de radiotherapie planning worden de afbeeldingen van de beeldvorming ingetekend door de radiotherapeut-oncoloog. Bij het contouren wordt onderscheid gemaakt in het contouren van het doelgebied en het contouren van de risico organen. Na het maken van de CT-scan hebben de voorbereidingslaboranten enkele risico organen ingetekend. Welke structuren zij contouren, is afhankelijk van het type kanker, het bestralingsgebied en de bestralingstechniek die in het centrum voor radiotherapie wordt toegepast. Vervolgens tekent de radiotherapeut-oncoloog het doelgebied in. In het AMC wordt het doelgebied van de mamma en de prostaat ook wel ingetekend door de physician assistants. Hoewel de radiotherapeut-oncoloog of de physician assistant het doelgebied contourt en hierbij de marges intekent, is de klinisch fysicus verantwoordelijk voor de grootte van de marges die genomen worden. De klinisch fysicus bepaalt voor een patiëntengroep de grootte van de marge die wordt genomen om van de clinical target volume (CTV) tot het planning target volume (PTV) te komen.

Bij bestraling van de mamma controleert de radiotherapeut-oncoloog de veldopzet die is gemaakt door de voorbereidingslaborant. Ook is de radiotherapeut-oncoloog verantwoordelijk voor het intekenen van het doelgebied wanneer gebruik wordt gemaakt van SIB. Hierbij wordt de boost

ingetekend door de radiotherapeut. Vervolgens worden de intekeningen van het doelgebied en de risico organen en opzet van de bundels besproken met een collega radiotherapeut-oncoloog.

Voor bestraling van de prostaat controleert de radiotherapeut-oncoloog in de voorbereidingsfase het CT- beeld dat met de echo is gefuseerd. Wanneer een MRI-scan met het CT-beeld moet worden gematcht, voert de radiotherapeut-oncoloog deze taak uit. Vervolgens worden de structuren gecontournd. In het AMC contouren voorbereidingslaboranten alle risico organen. Vervolgens controleert de radiotherapeut deze intekeningen en contourt het doelgebied. In het RISO worden deze werkzaamheden op een andere wijze verdeeld. De radiotherapeut-oncoloog contourt alle risico organen en het doelgebied van de prostaat. De voorbereidingslaboranten in het RISO maken alleen de buitencontour van de prostaat aan en tekenen enkele keren de heupkoppen in. De intekening die is gemaakt door een radiotherapeut-oncoloog wordt gecontroleerd door een collega, die ook gespecialiseerd is in het aandachtsgebied prostaat (RISO). Zij controleren het ingetekende bestralingsgebied en keuren deze goed of af.

Wanneer de afbeeldingen zijn ingetekend en bij bestraling van de mamma een bundelopzet is gemaakt, worden deze resultaten tijdens een ochtendbespreking besproken. Bij dit dagelijkse overleg zijn twee laboranten, een klinisch fysicus en radiotherapeut-oncologen die dienst hebben, aanwezig. In het RISO is ook de hoofdlaborant aanwezig en zit een laborant planning de vergadering voor. Een uitvoeringslaborant noteert de bijzonderheden van de patiënt. In het AMC is daarnaast een physician assistant aanwezig. De twee aanwezige laboranten hebben in het AMC beide andere taken. De ene laborant houdt zich bezig met het presenteren van de afbeeldingen. De tweede laborant is verantwoordelijk voor het noteren van randvoorwaarden voor de patiënt en het geven van patiëntgerelateerde opmerkingen tijdens de bespreking.

Bij bestraling van de mamma worden tijdens deze ochtendbespreking de ingetekende beelden en de veldopzet beoordeeld. Deze worden in het RISO voorafgaand aan de ochtendbespreking gecontroleerd door een collega radiotherapeut. Tijdens de ochtendbespreking wordt met name besproken of het aantal fracties juist is bepaald en of de stralingsbundels het juiste gebied omvatten.

4.2.3 Treatment planning

Na het contouren kan het bestralingsplan worden opgesteld. Deze wordt gemaakt door planningslaboranten. Dit is een aparte specialisatie waardoor alleen enkele laboranten een bestralingsplan mogen opstellen. Wanneer het een complex bestralingsplan betreft, wordt de klinisch fysicus betrokken om advies te geven. De radiotherapeut-oncoloog controleert het bestralingsplan dat is opgesteld door de laborant. Dit is een medische controle waarbij erop wordt gelet of de maximale stralingsdosis voor de risico organen niet overschreden wordt. Dit plan kan door de radiotherapeut-oncoloog worden geaccepteerd. De radiotherapeut-oncoloog kan ook aanbevelingen doen die door de laborant worden doorgevoerd. Wanneer het plan is geaccepteerd door middel van een digitale

handtekening wordt het plan tijdens de ochtendbespreking besproken. Dit is de tweede keer dat het bestralingsplan van een bepaalde patiënt wordt besproken tijdens de ochtendbespreking. Aan het einde van de fase voorbereiding is de intekening van de beelden besproken. Wanneer het een plan met een hoge complexiteit betreft, wordt het bestralingsplan voor de ochtendbespreking plaatsvindt door twee radiotherapeut-oncologen besproken. De radiotherapeut-oncoloog is eindverantwoordelijk voor het bestralingsplan, daarom is het van belang zeker te zijn dat het bestralingsplan goed is opgesteld. Tijdens de ochtendbespreking wordt het bestralingsplan met alle professionals besproken om met de start van de behandeling akkoord te gaan. Tijdens de bespreking worden in het AMC zo nodig vragen gesteld aan de klinisch fysicus over de positionering van de patiënt op het bestralingstoestel. Na de medische controle door de radiotherapeut-oncoloog en het overleg tijdens de ochtendbespreking, wordt het bestralingsplan aan een fysische of technische eindcontrole onderworpen. In het RISO wordt deze fysische eindcontrole uitgevoerd door de klinisch fysicus die hierbij elk bestralingsplan controleert op de dosisverdeling in het bestralingsgebied. De plannen voor bestraling van de mamma en de prostaat worden tijdens de eerste week van de bestraling gecontroleerd door een klinisch fysicus of een klinisch fysicus assistent (klinisch fysisch medewerker). Dit is ter voorkoming van systematisch fouten.

In het AMC worden niet alle bestralingsplannen gecontroleerd door de klinisch fysicus. Alleen in speciale gevallen voert de klinisch fysicus onafhankelijke dosisberekeningen uit. In daarvoor getrainde planningslaboranten voeren de controle van de andere bestralingsplannen uit. Wanneer de fysische controle is uitgevoerd, wordt het plan in het RISO gecontroleerd door de hoofdlaborant. Vervolgens kijkt een collega van de planningslaborant naar het bestralingsplan en voert enkele gegevens in het aanstuursysteem van het bestralingstoestel in.

4.2.4 Achter de schermen

Naast de rol van zorgverleners voor de individuele patiënt, spelen verschillende medewerkers ook op de achtergrond een grote rol in de radiotherapie planning.

Eén van deze beroepsgroepen is de klinische fysica. Een klinisch fysicus heeft naast zijn aanwezigheid tijdens de ochtendbesprekingen, en de betrokkenheid bij incidenten, taken die van belang zijn voor de afdeling radiotherapie. Zo speelt de klinisch fysicus een grote rol bij introduceren van nieuwe technieken. Hierbij is de aansluiting van softwareprogramma's en het contact met de softwarebedrijven van belang. Ook is de klinisch fysicus verantwoordelijk voor de stralingsveiligheid. Hiervoor wordt een Quality Assurance uitgevoerd. Deze techniek houdt in dat voor specifieke patiëntengroepen wordt gecontroleerd of de berekende straling in het bestralingsplan overeenkomt met de afgegeven straling van het bestralingstoestel.

Ook is in de radiotherapie planning een belangrijke rol weggelegd voor medewerkers van ondersteunende diensten. Hierbij spelen de medewerkers van de patiëntenplanning, in het AMC inplanbureau een cruciale rol. Zij coördineren de logistiek door alle patiëntenafspraken te plannen. Dit

vindt plaats zodra de arts een digitale opdracht heeft gegeven nadat het eerste consult op de afdeling heeft plaatsgevonden. De medewerkers van de patiëntenplanning in het RISO en het AMC plannen vervolgens alle afspraken, van de CT tot en met alle afspraken voor de bestraling. Hierbij letten zij op de capaciteit van de CT-scan en het bestralingstoestel. Het overzicht van de capaciteit en de workflow op de afdeling is van belang om zo alle afspraken in één keer goed te kunnen plannen, volgens de stafadviseur radiotherapie van het AMC. Omdat de medewerkers van de patiëntenplanning alle afspraken inplannen, hebben zij ook overzicht over de tijd waarin alle stappen van de radiotherapie planning moeten zijn uitgevoerd. In het AMC hebben medewerkers vaste intekendagen. De medewerkers van het inplanbureau moeten hiermee rekening houden bij het maken van de patiëntenplanning. In het RISO zijn er geen vaste intekendagen, radiotherapeut-oncologen moeten het contouren van het bestralingsgebied binnen twee werkdagen uitvoeren. Wel houden de medewerkers van de patiëntenplanning in het RISO rekening met de aanwezigheid van de radiotherapeut-oncoloog voor het plannen van de CT-scans van mammapatiënten. Hierbij moet de behandelend radiotherapeut-oncoloog aanwezig zijn. Tot slot houden de medewerkers van de patiëntenplanning de patiënt op de hoogte van wijzigingen en vertragingen.

In de gehele radiotherapie planning vinden een aantal overdrachtmomenten en overleggen plaats. Naast de nodige overleggen om taken over te dragen en werkzaamheden te controleren, zijn overleggen van belang om processen te evalueren en zo mogelijk te verbeteren. Laboranten van de uitvoering en de planning hebben in het RISO veel contact met elkaar. Eén keer in de vier weken hebben zij een gezamenlijk overleg om te bespreken of er zaken efficiënter of op een kwalitatief betere manier kunnen worden uitgevoerd. Hiervoor stellen zij van te voren een lijst op met onderwerpen.

4.3 Softwareprogramma's

Bij de radiotherapie planning worden verschillende softwareprogramma's gebruikt.

Radiotherapeutische centra kunnen bij de aanschaf van een programma zelf bepalen welke aspecten zij van belang vinden en daarop het meest geschikte softwareprogramma aanschaffen. Het RISO en het AMC hebben hierin verschillende keuzen gemaakt.

Voor het maken van de CT-scan wordt gebruik gemaakt van een softwareprogramma die hoort bij de scan. Na afloop worden de beelden naar de server gestuurd, zodat de beelden ook in de andere softwareprogramma's zijn op te roepen.

Voor het contouren van de CT-beelden gebruikt het RISO het softwareprogramma ProSoma¹. Hiermee kunnen de risico organen en het doelgebied worden ingetekend en kan virtuele simulatie worden uitgevoerd. ProSoma wordt door de geïnterviewden omschreven als een flexibel systeem, een programma dat goed werkt en in principe overal toegankelijk is. Daarnaast heeft ProSoma het

¹ ProSoma is een softwareprogramma van het bedrijf MedCom.

voordeel dat, door middel van scripts, de hulpstructuren (CTV en PTV) en de buitencontour automatisch kunnen worden aangebracht. In het AMC wordt voor het contouren Advantage SIM MD² gebruikt. In dit programma worden het doelgebied en de risico organen ingetekend en wordt virtuele simulatie uitgevoerd. De heupkoppen en de buitencontour, ook wel body genoemd, kunnen door Advantage SIM MD automatisch worden ingetekend, men hoeft dit dan enkel nog naar wens aan te passen. Het doelgebied moet wel met de hand worden ingetekend. Het programma wordt als prettig en gebruiksvriendelijk ervaren.

Bij de treatment planning werken zowel het RISO als het AMC (gedeeltelijk) met het softwareprogramma Plato Complete³. Het RISO gaat binnenkort over op het softwareprogramma RayStation⁴ en het AMC is al grotendeels over op het softwareprogramma Oncentra⁵. Het AMC gebruikt Plato enkel nog voor het maken van bestralingsplannen van de mamma. Het RISO geeft aan over te gaan op RayStation, omdat Plato Complete verouderd is, waardoor er geen IMRT plannen mee gemaakt kunnen worden. Daarnaast wordt Plato niet meer geüpdatet. Met RayStation kunnen wel IMRT plannen worden gemaakt voor de Elekta bestralingstoestellen. Bestralingsplannen voor bestraling met Tomotherapie, dat wordt toegepast in het RISO, worden in speciale Tomosoftware gemaakt. Het nadeel van de Tomo planningssoftware is dat er geen bolus kan worden toegevoegd in de planning voor bestraling van de mamma. Het gebruik van bolus moet daarom al worden toegepast tijdens het maken van de CT-scan. In het programma Plato Complete kan achteraf wel bolus worden toegevoegd. Als de planning is afgerond wordt deze naar het Record & Verify systeem gestuurd. Het AMC is ook wegens veroudering van Plato Complete overgegaan op een nieuw softwareprogramma. Geleidelijk zijn zij op Oncentra overgegaan. Alleen de mamma bestralingen worden nu nog in Plato Complete gemaakt, omdat Oncentra de bestralingsbundels niet weergeeft. De planningslaborant vindt Oncentra een beter en sneller softwareprogramma dan Plato Complete. Daarnaast is het programma werkbaar en Windows based. Het voordeel van Oncentra is dat er templates, een hulpmiddel voor het automatiseren van dosisberekeningen, kunnen worden gemaakt, waardoor het plannen van bijvoorbeeld de prostaat steeds meer gestandaardiseerd kan worden. Door middel van templates kunnen voorwaarden voor de dosisberekening worden ingesteld en kan het plan handmatig aangepast worden door eisen en gewichten op te geven. Oncentra is een vrij nieuw product, er treden daarom nog een aantal fouten op bij het werken met het programma. Hierdoor crasht het programma zeer regelmatig, waardoor het enkele seconden tot minuten vastloopt en soms opnieuw opgestart moet worden. De radiotherapie afdeling in het AMC wacht nu op de update van het programma, waarna de fouten van het softwaresysteem verholpen moeten zijn. Het AMC verwacht dat de update uiterlijk begin 2013 zal worden uitgevoerd.

² Advantage SIM MD is een softwareprogramma van het bedrijf GE Healthcare.

³ Plato Complete is een softwareprogramma van Nucletron, een onderdeel van het bedrijf Elekta.

⁴ RayStation is een softwareprogramma van het bedrijf RaySearch.

⁵ Oncentra is een softwareprogramma van Nucletron, een onderdeel van het bedrijf Elekta.

In principe controleren de klinisch fysisch medewerkers in het RISO ieder plan dat op de Tomo bestralingsapparaten wordt uitgevoerd tijdens de fysische eindcontrole. Bij de prostaat doen zij dit niet, omdat hiervoor iets anders is ontwikkeld. Dit is In Vivo Dosimetry, waarbij een 3D-controle wordt uitgevoerd. Bij de technische eindcontrole wordt in het AMC een onafhankelijke dosisberekening uitgevoerd in het softwareprogramma IMSure QA⁶. Hier worden de bundelhoeken en de dosis gecontroleerd. Dit programma heeft deze taak van de klinisch fysici overgenomen. Hierdoor kunnen planningslaboranten deze controle uitvoeren. In complexe gevallen worden de plannen wel gecontroleerd door de klinisch fysicus. Zowel in het AMC als in het RISO wordt het bestralingplan doorgestuurd naar TheraView. Dit is een product dat op het bestralingstoestel controleert of de patiënt goed ligt.

Tot slot wordt er in beide centra gebruik gemaakt van het softwareprogramma Mosaiq⁷. Dit is een uitgebreid softwareprogramma dat patiëntgegevens opslaat, een afsprakensysteem vormt en de bestralingstoestellen aanstuurt. In het programma is per patiënt te zien wat er gedaan moet worden en welke taken al zijn uitgevoerd voor de radiotherapie planning. Gedurende het gehele traject op de radiotherapie biedt dit programma ondersteuning. Er zijn verschillende kwalitatieve checklists die in de loop van het proces ‘aan’ de patiëntgegevens kunnen worden gehangen. Nadat de patiënt voor het eerst op consult is geweest wordt de eerste checklist aangehangen die loopt tot het maken van de CT-scan. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan het sturen van een brief naar de huisarts en het opvragen van bepaalde medische gegevens. Na de CT-scan wordt door de laboranten de kwalitatieve checklist aan de patiënt gehangen die loopt tot de eerste bestraling, daarna wordt er weer een nieuwe kwalitatieve checklist aan de patiënt gekoppeld. De patiënt kan pas bestraald worden als alle punten van de kwalitatieve checklist die bij de CT-checklist horen zijn afgerond en afgevinkt. Het RISO werkt sinds augustus 2006 met dit programma. Bij hen is ook de status van de patiënt digitaal in het systeem verwerkt. Zo kan de radiotherapeut informatie over de diagnose en het operatieverslag in Mosaiq invoeren. In het AMC wordt minder uitgebreid met Mosaiq gewerkt, waarbij zij nog gebruik maken van papieren patiëntendossiers. In het RISO is men heel tevreden over de werking van het programma, al geven twee respondenten aan dat zij soms tegen beperkingen van het programma aanlopen. Deze beperkingen worden besproken in paragraaf 4.5.

4.4 Benodigde tijd

In deze paragraaf wordt besproken hoeveel tijd de geïnterviewde medewerkers schatten nodig te hebben voor het uitvoeren van de verschillende stappen van de radiotherapie planning. Hierbij worden enkele stappen van de radiotherapie planning besproken. Ook wordt de bestede tijd besproken, dit is de tijd die de medewerkers in de case report sheets hebben genoteerd voor de uitvoering van de verschillende stappen.

⁶ IMSure QA is een softwareprogramma van het bedrijf Standard Imaging.

⁷ Mosaiq is een softwareprogramma van het bedrijf Elekta.

4.4.1 Resultaten focused interviews

De geïnterviewde medewerkers hebben bij de taken waarvoor zij verantwoordelijk zijn, aangegeven hoelang zij schatten daarmee bezig te zijn. De uitkomsten hiervan zullen hieronder worden besproken. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de resultaten van het RISO en het AMC en verschillen tussen geschatte tijden bij mamma en prostaat worden aangegeven.

Lokalisatie door beeldvorming

Voor het maken van een CT-scan in het AMC verschilt de tijd die hiervoor staat ingepland per bestralingsgebied. Voor een CT-scan van de prostaat is vijftien minuten ingepland en voor een CT-scan van de mamma is dit twintig minuten. Wanneer er bij de mamma mogelijk ook gebruik gemaakt zal worden van de breathhold techniek wordt er één uur ingepland voor het maken van de CT-scan. Daarnaast krijgt de patiënt voorafgaand aan de CT-scan met de breathhold techniek voorlichting die één uur duurt. Vijf laboranten in het AMC hebben een schatting gegeven van het aantal minuten dat een bepaalde fase in de radiotherapie planning duurt (tabel 4.1). Zij schatten in dat het maken van een CT-scan voor de bestraling van de mamma zonder breathhold 15-30 minuten duurt, met een gemiddelde van 22 minuten. Voor de prostaat wordt de duur van de CT-scan geschat op tien tot vijftien minuten, met een gemiddelde van 11,5 minuten (tabel 4.1). In het RISO wordt per patiënt één uur op de CT-scan ingepland. Dit betekent niet dat de scan ook één uur in beslag neemt, maar hierdoor houdt het RISO ruimte om spoedpatiënten tussendoor te scannen zonder dat andere patiënten hierdoor (veel) langer moeten wachten. De behandelend radiotherapeut-oncoloog van de mammapatiënt is bij het maken van de CT-scan ongeveer vijf minuten aanwezig om de klierschijf te markeren. Wanneer van een prostaat patiënt een tweede CT-scan moet worden gemaakt kan dit in circa vijf minuten worden uitgevoerd.

Voorbereiding

Met het contouren van de prostaat schat de radiotherapeut-oncoloog in het RISO ongeveer 20-30 minuten bezig te zijn. Daarbij komt echter nog het ophalen van de gegevens, het controleren van de match die van de CT-beelden en de echo is gemaakt en het matchen van de CT- en MRI-beelden door de radiotherapeut-oncoloog zelf, waardoor de hele fase naar schatting één uur duurt. In het RISO fuseert de voorbereidingslaborant de echo en de CT-scan en tekent de body in. Dit wordt naar schatting uitgevoerd in ongeveer vijftien minuten. In het AMC neemt het contouren van de risico organen en de buitencontour van een prostaatpatiënt, naar schatting van zes laboranten tussen de 20 en 35 minuten in beslag, met een gemiddelde schatting van 28 minuten (tabel 4.1). De physician assistant schat dat het contouren van het doelvolumen dan nog 15-20 minuten duurt. Daarnaast kost het ophalen en het terugsturen van de gegevens naar schatting vijf minuten.

Het contouren van de risico organen voor bestraling van de mamma, duurt volgens de laboranten van het AMC naar schatting tussen de 20 en 45 minuten, met een gemiddelde van 30 minuten (tabel

4.1). Vervolgens wordt, bij bestraling met de SIB-techniek, de boost ingetekend, dat ongeveer 30 minuten duurt volgens de physician assistant van het AMC. Dit kan echter wel verschillen per patiënt. Net als bij het contouren van de prostaat kost het ophalen en terugsturen van de gegevens naar ongeveer vijf minuten. Wanneer er ook sprake is van de breathhold techniek kan hier nog 15-20 minuten bij worden opgeteld. De tijd die wordt besteed aan het opzetten van het bestralingsveld, varieert per laborant. Dit kan naar verwachting wisselen tussen de tien minuten en twee uur. Het opzetten van het bestralingsveld in het RISO duurt naar schatting tien minuten. In het RISO contouren de voorbereidingslaboranten na het maken van de CT-scan de risico organen in en maken een opzet van de bestralingsbundels. Dit duurt ongeveer twintig minuten. Wanneer de breathhold techniek wordt toegepast moet tweemaal de CT-scan worden ingetekend en een opzet worden gemaakt van de bundels, waardoor dit ongeveer dubbel zo lang duurt.

De controle die in het RISO na het intekenen plaatsvindt duurt bij de mamma vijf tot tien minuten. Als er ook sprake is van behandeling met SIB duurt dit 15-20 minuten. Vervolgens wordt dit besproken tijdens de ochtendbespreking. In het AMC wordt de intekening in de ochtendbespreking gecontroleerd van zowel mamma- als prostaatpatiënten. Dit duurt naar schatting vijf tot tien minuten per patiënt.

Treatment planning

Nadat het contouren is afgerond kan het bestralingsplan worden gemaakt. Nu het AMC nog Plato Complete gebruikt voor het maken van een mamma bestralingsplan duurt het maken van een goed plan volgens de planningslaborant ongeveer een halve dag. Een schatting, gegeven door vijf laboranten, ligt tussen de 150 en 180 minuten, met een gemiddelde van 172 minuten (tabel 4.1). Dit komt doordat zij met Plato Complete via omwegen een IMRT bestralingsplan maken. Wanneer er voor het plan bolus moet worden toegevoegd kan er ten minste 30 minuten bij de tijd die nodig is voor het maken van het bestralingsplan worden opgeteld. Dit komt doordat Plato Complete hierdoor langzamer wordt. De planningslaborant geeft aan dat een mamma bestralingsplan met het nieuwe softwareprogramma Oncentra waarschijnlijk in anderhalf uur gemaakt kan worden. Dit kan door het gebruik van templates. Een bestralingsplan maken met SIB duurt zowel in het AMC als in het RISO langer dan een bestralingsplan zonder SIB. Het maken van een bestralingsplan voor prostaatpatiënten duurt in het AMC naar schatting tussen de 55 en 90 minuten, met een gemiddelde van 77 minuten (tabel 4.1), maar omdat Oncentra regelmatig vastloopt, duurt de planning naar schatting uiteindelijk ongeveer twee uur. De klinisch fysicus geeft echter aan dat er een grote spreiding is in het maken van een bestralingsplan die varieert van 30 minuten tot één werkdag. In het RISO duurt het maken van een mamma bestralingsplan met SIB minstens een uur.

De medische controle van een mamma bestralingsplan door een radiotherapeut-oncoloog duurt in het RISO ongeveer vijf tot tien minuten. De fysische eindcontrole van een mamma bestralingsplan

Tabel 4.1 – Een overzicht van de geschatte tijd in minuten die de laboranten in het AMC besteden aan drie stappen uit de radiotherapie planning, waarbij onderscheid is gemaakt tussen de bestralingsgebieden mamma en prostaat (n=5).

	Mamma			Prostaat		
	CT-scan	Contouren*	Maken bestralingsplan	CT-scan	Contouren*	Maken bestralingsplan
Gemiddelde (min)	22	30	172	12	28	77
Range [minimum, maximum] (min)	15 [15,30]	25 [20,45]	30 [150,180]	5 [10,15]	15 [20,35]	35 [55,90]

* De geschatte tijd voor contouren is exclusief de tijd die de radiotherapeut-oncoloog of physician assistant hier aan besteedt.

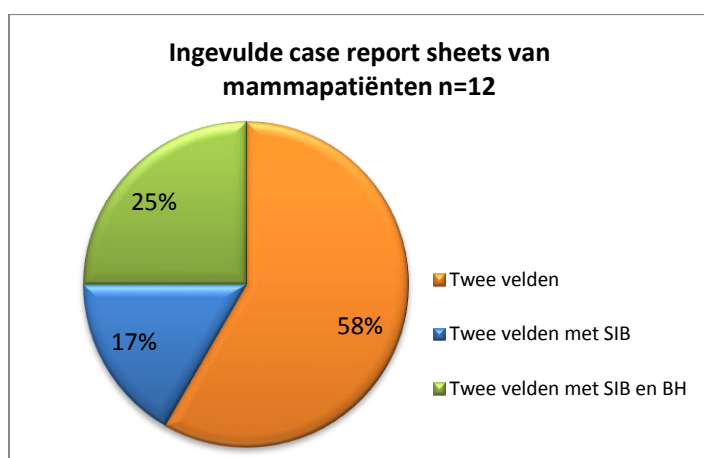
duurt hier ongeveer vijf minuten en de fysische eindcontrole van een prostaat bestralingsplan duurt vijf tot tien minuten.

4.4.2 Resultaten case report sheets

Met behulp van case report sheets is de bestede tijd voor de verschillende stappen in de radiotherapie planning onderzocht. In het RISO zijn deze sheets ingevuld voor de radiotherapie planning van bestraling van de mamma en de prostaat.

Mamma

In totaal zijn de case report sheets voor twaalf patiënten ingevuld. Bij het invullen van de case report sheets is aangegeven welke bestralingstechniek op dat moment voor de patiënt van toepassing was. In figuur 4.5 is te zien dat het in 58% van de mammapatiënten ging om enkel de twee velden techniek, in 17% om de twee velden techniek met behulp van Simultaneous Integrated Boost (SIB) en in 25% van de mammapatiënten ging het om de twee velden techniek met behulp van SIB en breathhold (BH). Hieronder worden de resultaten per fase uit het algemeen model besproken.



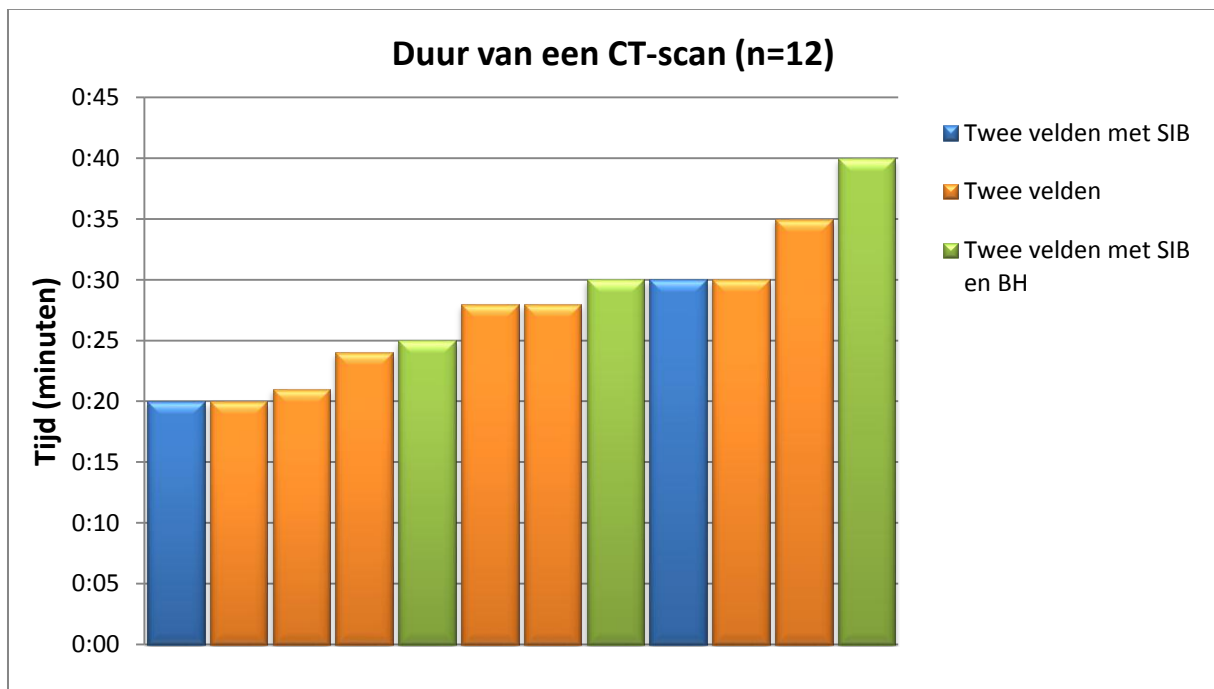
Figuur 4.5 – De verdeling van de bestralingstechniek die voor de ingevulde case report sheets van toepassing was.

Lokalisatie door beeldvorming

In de fase lokalisatie door beeldvorming is de tijd die is besteed aan het maken van de CT-scan gemeten, met als starttijd het moment dat de patiënt is opgeroepen uit de wachtkamer en als eindtijd het moment dat de patiënt de CT-ruimte weer heeft verlaten. Deze case report sheet, waarbij de tijd voor lokalisatie door beeldvorming wordt gemeten, is voor twaalf mammapatiënten ingevuld. Zeven van de twaalf patiënten werden bestraald met de twee velden techniek, twee patiënten kregen daarnaast ook Simultaneous Integrated Boost (SIB) en drie patiënten kregen naast de twee velden techniek zowel bestraling met SIB als met de breathhold techniek (BH) (figuur 4.5).

Het maken van de CT-scan duurde gemiddeld 28 minuten, met een mediaan van 28 minuten en een modus van 30 minuten. Omdat de mediaan vrijwel overeenkomt met het gemiddelde benadert de tijdsduur van het maken van een CT-scan een normale verdeling. De spreiding is weergegeven in figuur 4.6. In deze figuur is onderscheid gemaakt in de bestralingstechniek die op dat moment voor de patiënt van toepassing was. De kortst durende CT-scan duurde 20 minuten en de langstdurende CT-scan nam 40 minuten in beslag. Dit geeft een range van 20 minuten, wat een grote spreiding aangeeft. Te zien is dat de verschillende bestralingstechnieken verspreid in de grafiek zijn weergegeven. Dit kan betekenen dat de duur van het maken van een CT-scan mogelijk niet wordt beïnvloed door de bestralingstechnieken die tijdens de bestraling van toepassing zullen zijn bij de patiënt.

In tabel 4.2 is te zien hoeveel tijd de verschillende actoren aanwezig waren bij het maken van de CT-scan. Gedurende het hele proces zijn twee laboranten aanwezig. Hierdoor zijn de tijden uit tabel 4.2 van de laboranten (nagenoeg) hetzelfde als hierboven gegeven (figuur 4.6). De twee aanwezige



Figuur 4.6 – De spreiding in de duur van het maken van een CT-scan van een mammapatiënt, waarbij onderscheid is gemaakt tussen de bestralingstechnieken: twee velden, twee velden met SIB en twee velden met SIB en de breathhold techniek. In minuten: gemiddelde: 28, mediaan: 28, modus: 30, range [min, max]: 20 [20, 40].

laboranten zijn wel individueel in de tabel opgenomen. Naast de gemiddelde aanwezigheid is er in de tabel onderscheid gemaakt tussen de verschillende bestralingstechnieken. Te zien is dat de laboranten 25-27 minuten aanwezig zijn voor het maken van een CT-scan voor een patiënt die zal worden bestraald met twee velden met of zonder SIB en dat de laboranten 32 minuten aanwezig zijn wanneer voor de patiënt ook de breathhold techniek wordt gebruikt. Hoewel figuur 4.6 aangeeft dat de verschillende bestralingstechnieken verspreid zijn in de verdeling van de bestede tijd, geeft tabel 4.2 weer dat het maken van een CT-scan met behulp van de breathhold techniek langer duurt dan een CT-scan zonder deze techniek. Dit kan worden verklaard, doordat er bij gebruik van de breathhold techniek twee CT-scans van de patiënt worden gemaakt, waarbij de patiënt een speciale ademhalingstechniek moet uitvoeren.

Naast de laboranten is er bij het maken van de CT-scan voor mammapatiënten altijd een radiotherapeut-oncoloog of een physician assistant aanwezig om de klierschijf te markeren. De radiotherapeut-oncoloog was gemiddeld zes minuten bij een patiënt aanwezig met een minimum van vier minuten en een maximum van tien minuten. Ook hier ligt de gemiddelde aanwezigheid van de radiotherapeut-oncoloog hoger, op acht minuten, wanneer er een patiënt met behulp van de breathhold techniek werd gescand. De physician assistant was vier tot vijf minuten bij aanwezig (tabel 4.2). Er is nagenoeg geen verschil in de gemiddelde aanwezige tijd van een radiotherapeut-oncoloog en een physician assistant.

Vorbereiding

In de fase voorbereiding is de tijd gemeten van het contouren van het doelgebied, de risico organen en de buitencontour. De starttijd is het moment van starten van het contouren en de eindtijd is het

Tabel 4.2 –Tijd in minuten die betrokkenen besteedden aan het maken van de CT-scan in het RISO.

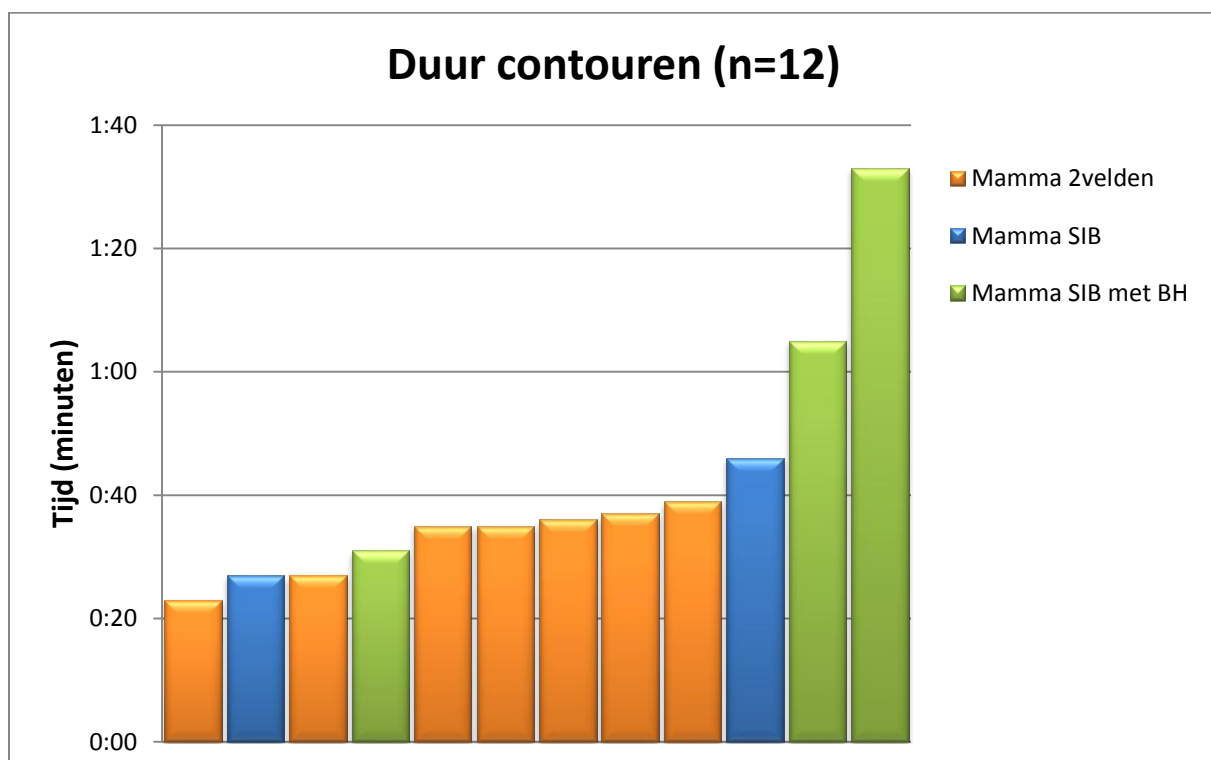
	Actoren			
	Laborant 1 (n=12)	Laborant 2 (n=12)	Radiotherapeut (n=10)*	Physician assistant (n=2)
Twee velden (n)	7	7	6	1
Twee velden met SIB (n)	2	2	2	-
Twee velden met SIB en BH (n)	3	3	2	1
Gemiddelde (min)	28	27	6	5
Twee velden (min)	27	26	6	5
Twee velden met SIB (min)	25	25	5	-
Twee velden met SIB en BH (min)	32	32	8	4
Mediaan (min)	28	27	5	5
Modus (min)	30	30	5	4 - 5
Range [minimum, maximum] (min)	20 [20, 40]	20 [20, 40]	6 [4, 10]	1 [4, 5]

* Eén datapunt is in de berekening geëxcludeerd in verband met een onmogelijk ingevulde tijd. Dit betrof een datapunt met bestralingstechniek twee velden. De aanwezigheid van de radiotherapeut is wel meegenomen.

moment dat de intekening is afgerond en klaar is om goedgekeurd te worden. De case report sheets zijn ingevuld voor twaalf mammapatiënten, waarvan zeven patiënten bestraald zijn met de twee velden techniek en vijf patiënten tevens bestraald zijn met behulp van de SIB techniek. De breathhold techniek is bij drie van de vijf mammapatiënten met SIB toegepast (tabel 4.3).

Het contouren van de CT-scans duurde gemiddeld 41 minuten, met een mediaan van 35 minuten en een modus van 27 minuten. Het minimum aantal minuten dat besteed werd aan het contouren is 23 minuten en de maximaal bestede tijd aan het contouren was 93 minuten, wat een range geeft van 70 minuten. Deze spreiding in de duur van het contouren is te zien in figuur 4.7. In deze grafiek is onderscheid gemaakt in de bestralingstechniek dat op dat moment voor de patiënt van toepassing was. Er valt op, gezien de grote spreiding in duur, dat er een grote variatie kan zijn in de bestede tijd aan het contouren. Daarnaast is bij toepassing van de breathhold techniek in twee van de drie gevallen een langere tijd nodig voor het contouren dan wanneer de breathhold techniek niet van toepassing is. Dit wordt veroorzaakt, doordat er bij de breathhold techniek twee CT-scans ingetekend moeten worden in plaats van één.

In tabel 4.3 wordt weergegeven hoeveel tijd de betrokkenen individueel hebben besteed aan het contouren. Bij het contouren was altijd een laborant betrokken en afwisselend een radiotherapeut-oncoloog of een physician assistant. De laborant heeft gemiddeld 20 minuten besteed aan het contouren en de radiotherapeut-oncoloog gemiddeld 19 minuten. De physician assistant is met het contouren gemiddeld 33 minuten bezig geweest, wat opmerkelijk hoger is dan het contouren door de



Figuur 4.7 – De spreiding in de duur van het contouren van de mamma in het RISO, waarbij onderscheid is gemaakt tussen de bestralingstechnieken: twee velden, twee velden met Simultaneous Integrated Boost (SIB) en twee velden met SIB en de breathhold (BH) techniek. In minuten: gemiddelde: 41, mediaan: 35, modus: 27, range [min, max]: 70 [23, 93].

radiotherapeut-oncoloog. De weergave van de gemiddelde bestede tijd van de physician assistant is echter afkomstig van slechts twee intekeningen waarbij een physician assistant betrokken was.

Tabel 4.3 laat, naast de gemiddelde bestede tijd van het contouren van alle mammapatiënten, ook een onderscheid zien tussen de duur bij verschillende bestralingstechnieken. De laborant heeft gemiddeld 18 minuten besteed aan het contouren van de scans waarbij de twee velden bestralingstechniek werd toegepast, gemiddeld 21 minuten besteed wanneer SIB werd toegevoegd en 24 minuten besteed als daarnaast de breathhold techniek werd toegepast. De radiotherapeut-oncoloog besteedde aan het contouren bij het toepassen van de twee velden bestralingstechniek met of zonder SIB gemiddeld 13-15 minuten, wat minder is dan het totaal van gemiddelde bestede minuten aan het contouren. De bestede tijd aan contouren van twee velden met SIB en breathhold door de radiotherapeut-oncoloog is, met 38 minuten, gemiddeld bijna drie keer zo lang dan de tijd die de radiotherapeut-oncoloog besteedde aan het contouren van enkel twee velden of twee velden met SIB. Daarnaast is te zien dat de physician assistant langer bezig is geweest met het contouren dan de gemiddelde tijd die de radiotherapeut-oncoloog heeft besteed aan het contouren. De physician assistant die het contouren heeft verricht bij de mammapatiënt waarbij de twee velden bestralingstechniek werd toegepast, deed er twaalf minuten langer over dan de gemiddelde tijd die de radiotherapeut-oncoloog hieraan besteedde. Bij de physician assistant die de intekening heeft gemaakt van de mammapatiënt met de toepassing van de twee velden bestralingstechniek met SIB en de breathhold techniek, is nagenoeg (slechts twee minuten meer) geen verschil te zien in vergelijking met de gemiddelde bestede tijd door de radiotherapeut-oncoloog.

Tabel 4.3 – Tijd in minuten die betrokkenen besteedden aan het contouren van de mamma in het RISO.

	Actoren		
	Laborant (n=12)	Radiotherapeut (n=10)	Physician assistant (n=2)
Twee velden (n)	7	6	1
Twee velden met SIB (n)	2	1	0
Twee velden met SIB en BH (n)	3	3	1
Gemiddelde (min)	20	19	33
Twee velden (min)	18	13	25
Twee velden met SIB (min)	21	15	-
Twee velden met SIB en BH (min)	24	38	40
Mediaan (min)	21	13	-
Modus (min)	25	15	-
Range [min, max] (min)	21 [9, 30]	56 [7, 63]	15 [25, 40]

Treatment planning

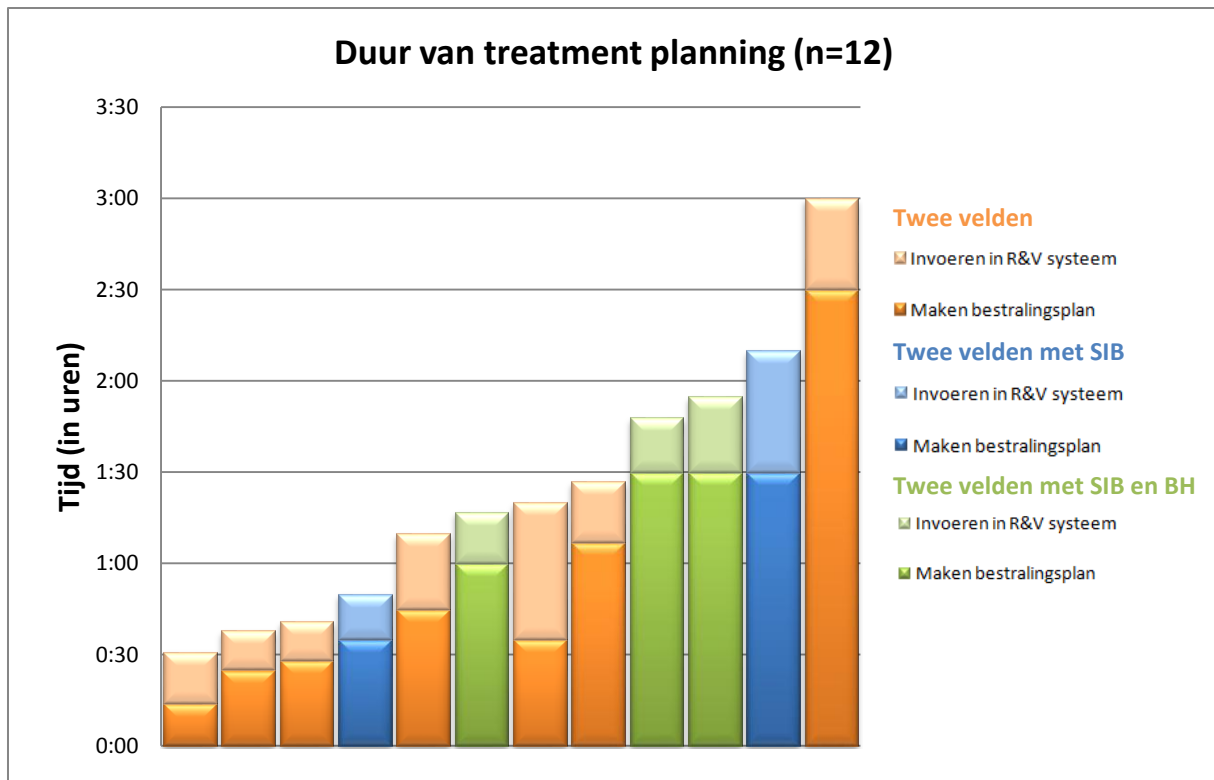
In de fase treatment planning is de tijd gemeten waarin het bestralingsplan is gemaakt in de planningssoftware en de tijd die nodig is om het bestralingsplan naar het Record & Verify systeem te versturen en in te voeren. Dit zijn twee aparte tijdmetingen. Voor twaalf mamma patiënten is deze case report sheet ingevuld. Ook hier betreft het zeven patiënten die zullen worden bestraald met de twee velden techniek, twee patiënten waarbij tweevelden en SIB wordt toegepast en drie patiënten waarbij zowel tweevelden, SIB en de breathhold techniek van toepassing is (tabel 4.4).

Het maken van het bestralingsplan en het invoeren in het Record & Verify systeem werd volledig uitgevoerd door de laboranten. In tabel 4.4 is de bestede tijd aan de treatment planning weergegeven. In totaal duurde de hele treatment planning gemiddeld 83 minuten, waarvan het maken van het bestralingsplan gemiddeld 60 minuten duurde en het invoeren in het Record & Verify systeem 23 minuten. De mediaan van de volledige treatment planning was 78 minuten. De mediaan van het maken van het bestralingsplan was 52 minuten en van het invoeren in het Record & Verify systeem was 19 minuten. Wanneer de gemiddelden van het maken van het bestralingsplan en het invoeren in het Record & Verify systeem bij elkaar worden opgeteld komt de gemiddelde duur van de treatment planning naar voren. Dit is niet het geval bij de mediaan. Dit kan worden verklaard doordat het gemiddelde en de mediaan van elkaar afwijken en er mogelijk geen sprake is van een normale verdeling.

De kortst durende treatment planning duurde 31 minuten en de langst durende treatment planning duurde 181 minuten. Dit geeft een range van 149 minuten, wat een zeer grote spreiding aangeeft (tabel 4.4 en figuur 4.8). De langste treatment planning duurde ruim vijf keer langer dan de kortste treatment planning. In figuur 4.8 is de spreiding in de duur van de treatment planning weergegeven. Het is

Tabel 4.4 – Tijd in minuten die laboranten besteedden aan de treatment planning voor een mammabestraling, die is opgedeeld in het maken van het bestralingsplan en het invoeren in het Record & Verify systeem.

	Stappen		
	Maken bestralings- plan (n=12)	Invoeren in R&V systeem (n=12)	Totale treatment planning (n=12)
Twee velden (n)	7	7	7
Twee velden met SIB (n)	2	2	2
Twee velden met SIB en BH (n)	3	3	3
Gemiddelde (min)	60	23	83
Twee velden (min)	52	23	75
Twee velden met SIB (min)	63	28	90
Twee velden met SIB en BH (min)	80	20	100
Mediaan (min)	52	19	78
Modus (min)	90	13, 17	-
Range [minimum, maximum] (min)	136 [14, 150]	32 [13, 45]	149 [31, 181]

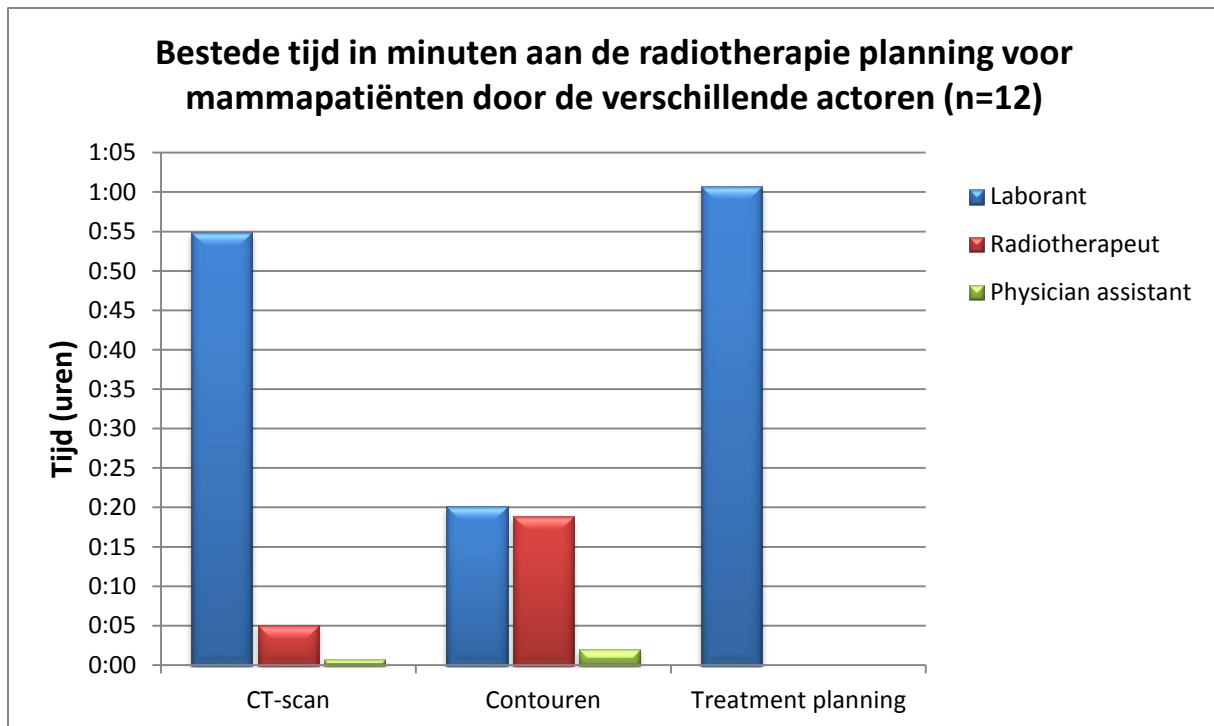


Figuur 4.8 – De spreiding in de duur van het maken van de treatment planning, het maken van het bestralingsplan en het invoeren in het Record & Verify systeem, van een mammapatiënt, waarbij onderscheid is gemaakt tussen de bestralingstechnieken: twee velden, twee velden met SIB en twee velden met SIB en de breathhold techniek.

opvallend dat één waarneming van een treatment planning met behulp van de twee velden techniek uitschiet ten opzichte van de andere zes waarnemingen van deze techniek. Daarnaast lijkt het aannemelijk dat het plannen van een behandeling met behulp van SIB en de breathhold techniek langer duurt dan de planning van enkel twee velden. Dit wordt ook ondersteund door de gemiddelden los van elkaar te zien. Wanneer enkel gebruik wordt gemaakt van de twee velden techniek duurt het maken van een bestralingsplan gemiddeld 52 minuten, maar wanneer er ook breathhold wordt toegepast duurt het maken van het plan gemiddeld 28 minuten langer (tabel 4.4). Hoe meer bestralingstechnieken voor de bestraling worden toegepast, hoe meer tijd het kost om het bestralingsplan te maken.

Gehele radiotherapie planning

Wanneer de bestede tijd van de verschillende actoren voor de stappen van de radiotherapie planning achter elkaar worden gezet, is te zien dat de betrokkenheid van actoren sterk verschilt per fase (figuur 4.9). In de figuur is de totale tijd die een betrokken actor besteedde aan een bepaalde stap opgeteld en door het totaal aantal verzamelde case report sheets van die stap gedeeld. Hierdoor ontstaat de gemiddelde tijd die een actor relatief gezien per patiënt besteed heeft. Bij het maken van de CT-scan zijn in de praktijk twee laboranten op het zelfde moment bezig met het uitvoeren van deze stap. In de figuur is de totale tijd die de actor laborant besteed heeft opgenomen, waaruit blijkt dat deze zorgverlener in totaal per patiënt 55 minuten betrokken is bij het maken van een CT-scan.



Figuur 4.9- De bestede tijd in minuten die door de verschillende actoren wordt besteed aan de radiotherapie planning voor mammapatiënten.

wordt toegepast. Hieronder worden de resultaten per hoofdfase van het algemeen model gepresenteerd.

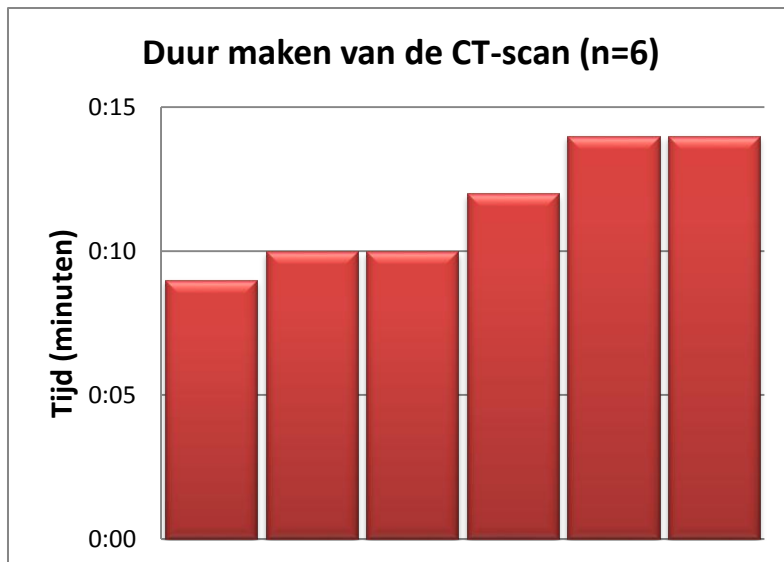
Prostaat

In totaal zijn de case report sheets voor de gehele radiotherapie planning ingevuld voor vijf prostaatpatiënten. Daarnaast is voor enkele patiënten een case report sheet ingevuld waarbij de tijd van één hoofdfase werd gemeten. In tegenstelling tot de bestraling van de mamma, hebben bepaalde toegepaste technieken geen invloed op de werkzaamheden die worden uitgevoerd in de radiotherapie planning. Alle prostaatpatiënten zijn bestraald met behulp van tomotherapie waarbij de IMRT techniek

Lokalisatie door beeldvorming

In de eerste hoofdfase van het algemeen model wordt beeldvorming toegepast. Voor bestraling van de prostaat kan er naast een CT-scan ook gebruik worden gemaakt van echo of een MRI-scan. Met behulp van de case report sheets is enkel de tijd gemeten die is besteed aan het maken van een CT-scan. De starttijd van de fase is het moment dat de patiënt werd opgeroepen uit de wachtkamer. De eindtijd is het moment dat de patiënt de CT-ruimte weer heeft verlaten. De case report sheet, waarbij de tijd voor lokalisatie door beeldvorming wordt gemeten, is voor zes prostaatpatiënten ingevuld.

Het maken van de CT-scan duurde gemiddeld elf minuten, met een mediaan van tien minuten en een modus van tien minuten. Omdat de mediaan en modus overeenkomen en het gemiddelde dit sterk benadert, is de spreiding in de duur voor de zes patiënten beperkt (figuur 4.10). De kortst durende CT-scan duurde negen minuten en de langstdurende CT-scan nam 14 minuten in beslag. Dit geeft een



Figuur 4.10 – De spreiding in de duur van het maken van een CT-scan van een prostaatpatiënt in het RISO. In minuten: gemiddelde:11, mediaan: 10, modus: 10, range [min,max]: 5 [9,14].

range van vijf minuten. Voor geen van de zes patiënten is een tweede CT-scan gemaakt in verband met lucht in de darmen.

In tabel 4.5 is te zien hoeveel tijd de laborant aanwezig was bij het maken van de CT-scan. Dit komt overeen met de duur van het uitvoeren van de beeldvorming (figuur 4.10). Net als bij het maken van een CT-scan van de mamma is bij het maken van een CT-scan van de prostaat altijd een tweede laborant aanwezig. De exacte tijden van aanwezigheid van de tweede laborant zijn niet bekend, maar zal de duur van de CT-scan en de aanwezigheid van de eerste laborant benaderen.

Te zien is dat de laboranten 9-14 minuten aanwezig zijn voor het maken van een CT-scan voor een prostaatpatiënt. Voor bestraling van de prostaat zijn er tijdens het maken van de CT-scan geen andere zorgverleners aanwezig dan de laboranten. De radiotherapeut-oncoloog of physician assistant is niet aanwezig. Gemiddeld besteedden de laboranten elf minuten aan het maken van een CT-scan, gemeten voor zes patiënten.

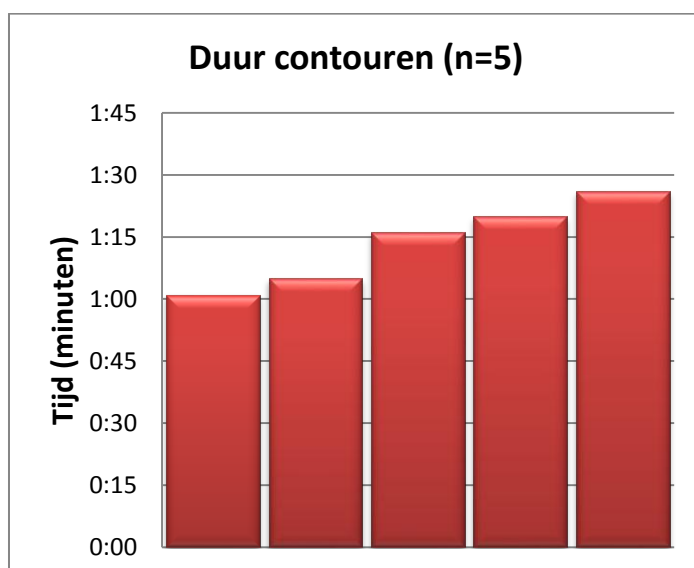
Tabel 4.5- Tijd in minuten die betrokkenen besteedden aan het maken van de CT-scan van een prostaatpatiënt in het RISO.

Actoren	
Laborant 1 (n=6)	
Gemiddelde (min)	11
Mediaan (min)	10
Modus (min)	10
Range [minimum, maximum] (min)	5 [9, 14]

Vorbereiding

In de fase voorbereiding is de tijd gemeten die besteed is aan het contouren van het doelgebied, de risico organen en de buitencontour voor prostaatpatiënten. De starttijd is het moment waarop gestart werd met het contouren en de eindtijd is het moment waarop het contouren was afgerond en goedgekeurd kon worden. De case report sheets van de voorbereiding zijn ingevuld voor zes prostaatpatiënten. Bij één patiënt zijn de gegevens over de bestede tijd aan het contouren door de radiotherapeut niet meegenomen, omdat de gegevens hierover niet zijn ingevuld. Bij het berekenen van de totaal bestede tijd aan het contouren zijn daardoor enkel de vijf case report sheets meegenomen. Bij het berekenen van de gemiddeld bestede tijd aan contouren door laboranten is de zesde case report sheet wel meegenomen.

Het contouren van de CT-beelden duurde gemiddelde 73 minuten, met een mediaan van 76 minuten. Aangezien de mediaan nagenoeg overeenkomt met het gemiddelde aantal minuten, benadert de verdeling van de tijdsduur een normale verdeling. Het minimum aantal minuten dat besteed werd aan het contouren is 61 minuten en de maximaal bestede tijd aan het contouren was 86 minuten, wat een range geeft van 25 minuten. Deze spreiding is weergegeven in figuur 4.11.



Figuur 4.11 – De spreiding in de duur van het contouren van de CT-beelden van de prostaat in het RISO. In minuten: gemiddeld:73, mediaan: 76, range [min, max]: 25 [61, 86].

Tabel 4.6 – Tijd in minuten die betrokkenen besteedden aan het contouren van de prostaat in het RISO.

	Actoren	
	Laborant (n=6)	Radiotherapeut (n=5)
Gemiddelde (min)	23	57
Mediaan (min)	17	56
Modus (min)	-	55
Range [minimaal, maximaal] (min)	49 [6, 55]	6 [55, 61]

In tabel 4.6 is te zien hoeveel tijd de verschillende actoren besteedden aan het contouren van de beelden. Bij het contouren was altijd een laborant en een radiotherapeut-oncoloog betrokken, die respectievelijk gemiddeld 23 en 57 minuten besteedden aan het contouren. Er is een grote spreiding te zien in de bestede tijd aan het contouren door de laborant. Met een minimaal bestede tijd van zes minuten en een maximaal bestede tijd van 55 minuten, is er een zeer grote spreiding van 49 minuten. Er is bij één prostaatpatiënt een grote uitschieter van 55 minuten met onbekende reden. Wanneer deze uitschieter wordt geëxcludeerd, bedraagt de range 24 minuten. De spreiding van de bestede tijd aan het contouren door de radiotherapeut-oncoloog is daarentegen erg klein, namelijk zes minuten.

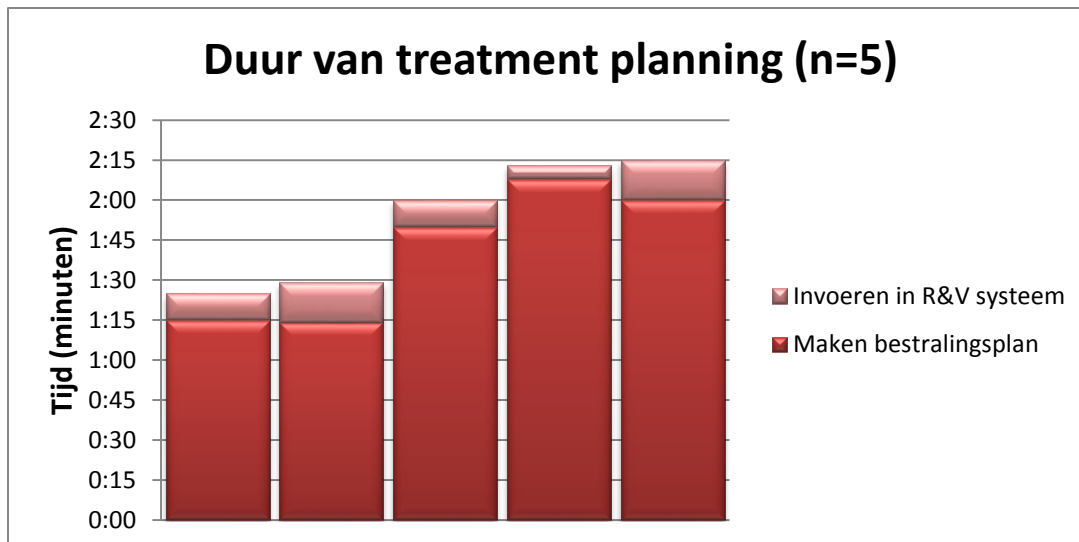
Treatment planning

In de fase treatment planning is de tijd gemeten waarin het bestralingsplan is gemaakt in de planningssoftware en de tijd die nodig is om het bestralingsplan naar het Record & Verify systeem te versturen en in te voeren. Dit zijn twee aparte tijdmetingen. Voor vijf prostaatpatiënten is deze case report sheet ingevuld. De treatment planning is gemaakt in het softwareprogramma van de Tomotherapie, waarbij IMRT als bestralingstechniek zal worden gebruikt.

Het maken van het bestralingsplan en het invoeren in het Record & Verify systeem werd volledig uitgevoerd door laboranten. In tabel 4.7 is de bestede tijd aan de treatment planning te zien. In totaal duurde de hele treatment planning gemiddeld 152 minuten, waarvan het maken van het bestralingsplan gemiddeld 101 minuten duurde en het invoeren in het Record & Verify systeem duurde gemiddeld elf minuten. De mediaan van de gehele treatment planning was 120 minuten. De mediaan van het maken van het bestralingsplan was 110 minuten en van het invoeren in het Record & Verify systeem was tien minuten. Wanneer de gemiddelden van het maken van het bestralingsplan en het invoeren in het Record & Verify systeem bij elkaar worden opgeteld komt de gemiddelde duur van de hele treatment planning naar voren. Dit is niet het geval bij de mediaan. Dit kan worden verklaard doordat het gemiddelde en de mediaan van elkaar afwijken en er mogelijk geen sprake is van een normale verdeling

Tabel 4.7 – Tijd in minuten die laboranten besteedden aan de treatment planning voor een prostaatbestraling, die is opgedeeld in het maken van het bestralingsplan en het invoeren in het Record & Verify systeem.

	Stappen		
	Maken bestralings- plan (n=5)	Invoeren in R&V systeem (n=5)	Totale treatment planning (n=5)
Gemiddelde (min)	101	11	152
Mediaan (min)	110	10	120
Modus (min)	-	10	-
Range [minimum, maximum] (min)	54 [74, 128]	10 [5, 15]	50 [85, 135]

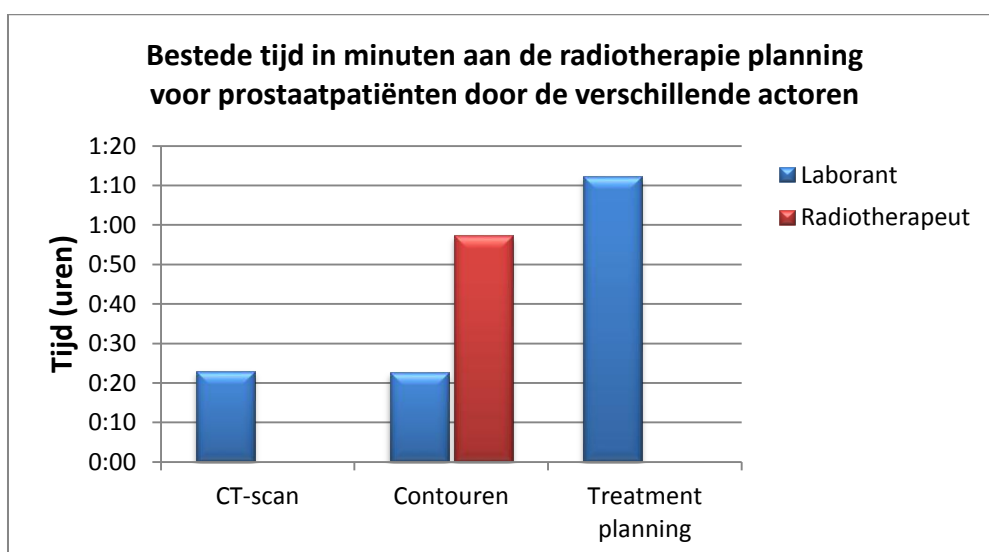


Figuur 4.12 - De spreiding in de duur van het maken van de treatment planning, het maken van het bestralingsplan en het invoeren in het Record & Verify systeem, van een prostaatpatiënt in het RISO.

De kortst durende treatment planning duurde 85 minuten en de langst durende treatment planning duurde 135 minuten. Dit geeft een grote range van 50 minuten (tabel 4.7). In figuur 4.12 is de spreiding in de duur van de treatment planning weergegeven. Het valt op dat er twee relatief korte treatment planningen zijn waargenomen en twee relatief lange planningen. De duur van de totale treatment planning wordt voornamelijk bepaald door de duur van het maken van het bestralingsplan, waar de laborant gemiddeld ruim negen keer langer mee bezig is dan het invoeren in het Record & Verify systeem.

Gehele radiotherapie planning

Wanneer de bestede tijd van de verschillende actoren voor de stappen van de radiotherapie planning achter elkaar worden gezet, is te zien dat de betrokkenheid van actoren sterk verschilt per fase (figuur



Figuur 4.13- De bestede tijd in minuten die door de verschillende actoren wordt besteed aan de radiotherapie planning voor prostaatpatiënten.(n=6 voor laboranten en n=5 voor radiotherapeut)

4.13). In de figuur is de totale tijd die een betrokken actor besteedde aan een bepaalde stap opgeteld en door het totaal aantal verzamelde case report sheets van die stap gedeeld. Hierdoor ontstaat de gemiddelde tijd die een actor relatief gezien per patiënt besteed heeft. Bij het maken van de CT-scan zijn in de praktijk twee laboranten op het zelfde moment bezig met het uitvoeren van deze stap. In de figuur is de totale tijd die de actor laborant besteed heeft opgenomen, waaruit blijkt dat deze zorgverlener in totaal per patiënt 23 minuten betrokken is bij het maken van een CT-scan. Physician assistants voeren dezelfde taken uit als de radiotherapeut-oncologen. Er zijn echter geen case report sheets ingevuld voor de bestede tijd door physician assistants.

4.4.3 Workflow

Hieronder worden de workflows van het AMC en het RISO beschreven.

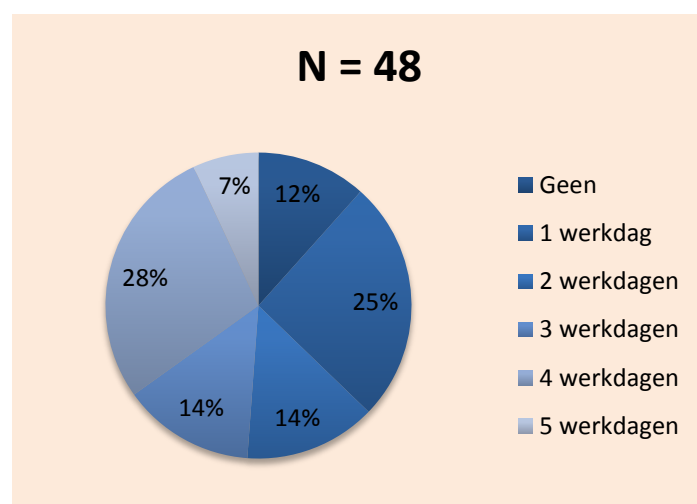
Workflow AMC

In figuur 4.14 bevindt wordt de workflow gepresenteerd, zoals deze in de logistieke planning door het Inplanbureau in het AMC wordt gehandhaafd. In één week kwamen er 42 nieuwe patiënten binnen op de afdeling radiotherapie in het AMC. Er is niet bekend voor welk bestralingsgebied deze patiënten werden bestraald. Gemiddeld werd een patiënt op de tiende werkdag na het eerste consult op de afdeling radiotherapie voor het eerst bestraald. De kortste tijd die zat tussen het eerste contact en de eerste bestraling betrof acht werkdagen, hierbij sluiten de stappen naadloos op elkaar aan. De langste tijd betrof dertien werkdagen. In figuur 4.15 is te zien dat 12% van de nieuwe patiënten zonder vertraging, en dus na acht werkdagen, werd bestraald.

De workflow bleek voornamelijk vertraging op te lopen tussen het eerste consult en het maken van de CT-scan, waar gemiddeld één werkdag per patiënt tussen zat. Bij 28 patiënten werd in dit traject daadwerkelijk vertraging opgelopen. Daarnaast werd er vertraging opgelopen tussen het maken van de



Figuur 4.14 – De workflow zoals deze door het Inplanbureau in het AMC wordt gehandhaafd.



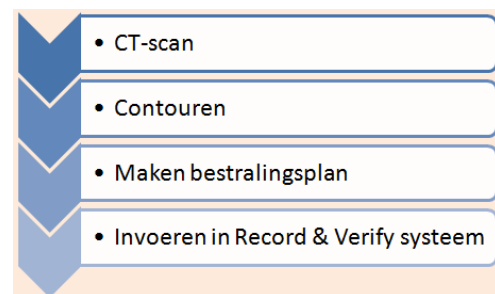
Figuur 4.15 – Vertraging die in de radiotherapie planning is opgelopen in het AMC.

CT-scan en het intekenen van het doelgebied en de risico organen, waar bij 33 patiënten vertraging werd opgelopen. Dit kan worden verklaard doordat deze CT-scans meerdere werkdagen voor de vaste intekendag van de radiotherapeut-oncoloog werden gemaakt. Bij beide processen liep dit uit tot maximaal drie tussenliggende werkdagen.

In vijf gevallen bleek er één werkdag te zitten tussen het intekenen en de ochtendbespreking. Dit kan mogelijk verklaard worden door de afwezigheid van de behandelend arts. Tot slot bleek er in zeventien gevallen één werkdag tussen het invoeren in Theraview en de eerste bestraling te zitten. Dit kan mogelijk worden verklaard door de voorkeur om de eerste bestraling aan het begin van de week te laten plaatsvinden, waardoor een patiënt geen eerste bestraling op een vrijdag krijgt. De overige processen sloten bij alle patiënten op elkaar aan.

Workflow RISO

Om de workflow van het RISO te bekijken wordt er gebruik gemaakt van de resultaten die naar voren komen uit de ingevulde case report sheets van de mamma- en prostaatpatiënten. Anders dan bij het AMC, is hier niet gekeken naar de tijdsperiode tussen het eerste consult en het invoeren van het bestralingsplan in het Record & Verify systeem (figuur 4.16), maar naar de periode vanaf het maken van de CT-scan tot het invoeren van het bestralingsplan in het Record & Verify systeem.



Figuur 4.16 – De workflow in het RISO, geregistreerd vanuit de case report sheets.

Gemiddeld duurde de deze tijdsperiode voor een mammapatiënt drie dagen. De kortste tijdsperiode die een mammapatiënt doorliep was twee dagen en de langste tijdsperiode bij een mammapatiënt was zes dagen, wat een spreiding geeft van vier dagen. Uit de case report sheets van het RISO bleek voornamelijk vertraging op te treden, doordat de werkzaamheden over meer dan twee dagen werden verdeeld. Bovendien zaten er meerdere werkdagen tussen de afronding van het contouren en de start van het maken van het bestralingsplan. Het maken van de CT-scan en het starten van het contouren werden meestal dezelfde dag gedaan. Ook het opstellen van het behandelplan en het invoeren de gegevens sloten direct op elkaar aan bij de radiotherapie planning van mammapatiënten.

Bij de prostaatpatiënten duurde de tijdsperiode vanaf het maken van de CT-scan tot het invoeren in het Record & Verify systeem gemiddeld elf dagen. De radiotherapie planning van een prostaatpatiënt met de kortste tijdsperiode was zes dagen en de langste tijdsperiode die een prostaatpatiënt doorliep was veertien dagen. Dit geeft een spreiding van acht dagen. De gegevens uit de case report sheets laten zien dat wanneer er vertraging ontstond, dit voornamelijk werd veroorzaakt doordat er veel dagen zaten tussen het contouren van het doelgebied door de radiotherapeut en het contouren van de hulpstructuren door de laborant. Hierdoor liep het aantal bestede dagen aan het contouren op tot twee en elf dagen voor respectievelijk de mamma en prostaat. Daarnaast is vertraging opgelopen door een

lange tijdsperiode, van maximaal acht dagen, tussen het maken van de CT-scan en het starten van het contouren. Tot slot valt op dat het maken van het bestralingsplan bij de prostaatpatiënten en het invoeren van de gegevens niet altijd op dezelfde dag werd uitgevoerd.

4.5 Knelpunten in de radiotherapie planning

In deze paragraaf worden de knelpunten binnen de radiotherapie planning beschreven. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in knelpunten die te relateren zijn aan de logistiek van de radiotherapie planning en het gebruik van software. De knelpunten, zoals deze door medewerkers worden ervaren, worden voor beide radiotherapeutische centra beschreven.

4.5.1 Logistiek

Er worden verschillende knelpunten binnen de logistiek van de radiotherapie planning ervaren. De mate waarin een knelpunt als een probleem wordt ervaren en de oorzaak van een knelpunt, kan voor het AMC en het RISO verschillen.

RISO

De respondenten in het RISO geven aan dat het logistieke proces goed verloopt, maar dat er altijd ruimte is voor verbetering. Er worden vier struikelpunten genoemd die allen terug te leiden zijn naar één knelpunt; de vertraging die regelmatig wordt opgelopen tussen het maken van de CT-scan en de afronding van de treatment planning. De vier genoemde oorzaken van het oplopen van deze vertraging worden hieronder één voor één genoemd en toegelicht.

De eerste oorzaak van het oplopen van vertraging is het te laat aanvragen van een aanvullende scan. Voor het uitvoeren van de CT-scan is bekend of aanvullende beeldvorming moet worden opgevraagd. De radiotherapeut-oncoloog is verantwoordelijk voor het nemen van deze beslissing en het opvragen van dit materiaal. Het komt voor dat deze beeldvorming te laat wordt opgevraagd, bijvoorbeeld pas na het maken van de CT-scan waardoor de beelden niet direct kunnen worden gefuseerd. Er kan dan niet worden gestart met contouren wat leidt tot vertraging.

De tweede oorzaak is te vinden in werken met het softwareprogramma Mosaic. De takenlijst in dit programma geeft aan wat er voor een patiënt gedaan moet worden. Dit komt in de to-do lijst van de desbetreffende professional of beroepsgroep te staan. Wanneer een stap is afgerond moet *complete* worden aangeklikt en verdwijnt deze stap uit de to-do lijst. Er moet echter nog het woord ‘mag’ in een comment van de volgende stap worden gezet, zodat de volgende persoon in zijn to-do lijst kan zien dat de vorige stap is afgerond en er met deze stap begonnen kan worden. Deze laatste handeling, waarbij ‘mag’ wordt genoteerd in een comment, wordt soms vergeten en zo wordt de volgende stap niet uitgevoerd. Het komt wel eens voor dat er vertraging optreedt zonder dat dit wordt opgemerkt. Daarom krijgt iedere patiënt een brief mee naar huis waarin wordt aangegeven dat een patiënt zelf mag bellen nadat er een bepaald aantal dagen zijn verstreken zonder dat de patiënt iets van het RISO heeft

gehoord. Een grote vertraging, door het niet noteren van ‘mag’ in een comment, treedt volgens een laborant enkele keren per jaar op.

Het derde struikelblok voor het oplossen van vertraging wordt volgens drie respondenten veroorzaakt doordat de radiotherapeut-oncologen te laat zijn met intekenen. Hiervoor hebben zij twee werkdagen de tijd, maar door een verkeerde planning en een grote hoeveelheid andere werkzaamheden lukt het contouren niet altijd binnen deze periode.

Tot slot wordt door een respondent genoemd dat eerder opgelopen vertraging tot verdere vertraging later in het proces kan leiden. In de logistieke planning wordt rekening gehouden met vrije dagen van de behandelend radiotherapeut-oncoloog, zodat de arts altijd na het maken van de CT-scan aanwezig is om in te tekenen. Wanneer de beelden nog niet beschikbaar zijn, kan het gebeuren dat de behandelend arts daarna één of meerdere dagen vrij is, waardoor er extra vertraging wordt opgelopen.

AMC

Uit de interviews in het AMC kwamen twee logistieke knelpunten naar voren. Het eerste knelpunt is net als in het RISO het oplossen van vertraging. Volgens de respondenten is deze opgelopen vertraging veelal toe te schrijven aan de radiotherapeut-oncologen. De radiotherapeut-oncologen werken volgens hen niet adequaat met het planningsprogramma Mosaiq. Dit houdt in dat zij niet of nauwelijks in de to-do lijst kijken en daardoor niet weten welke CT-scans zij voor welke datum moeten intekenen. Daarnaast wordt er vertraging opgelopen omdat er pieken en dalen zijn in de aanmelding van patiënten en het voor de radiotherapeut-oncologen nog moeilijker wordt om hun werkzaamheden op tijd uit te voeren. Het knelpunt dat radiotherapeut-oncologen te laat intekenen is ook te wijten aan het tekort aan radiotherapeut-oncologen, het toenemende aantal multidisciplinaire overleggen waar zij aan deelnemen en het uitvoeren van werkzaamheden op meerdere locaties, aldus een stafadviseur radiotherapie in het AMC.

Het tweede knelpunt betreft een beperkte beschikbaarheid van intekenstations waarop het contouren plaatsvindt. De afdeling probeert hier in de logistieke planning rekening mee te door radiotherapeut-oncologen een eigen intekendag toe te kennen. Doordat niet alle radiotherapeut-oncologen zich aan deze vaste intekendagen houden komt het regelmatig voor dat alle intekenstations bezet zijn. Hierdoor moeten andere radiotherapeut-oncologen wachten, wat dagelijks problemen oplevert. De vertragingen die in het AMC optreden door het te laat contouren hebben stress momenten bij de planningslaboranten tot gevolg. Dit komt doordat zij de bestralingsplannen hierdoor niet altijd op tijd kunnen hebben, waardoor de eerste bestraling van een patiënt uitgesteld moet worden.

4.5.2 Software

In de radiotherapie planning wordt met veel verschillende softwareprogramma's naast elkaar gewerkt. Hierdoor moeten veel gegevens van het ene naar het andere programma worden doorgestuurd, waarbij

gemakkelijk problemen kunnen optreden. Ook ervaren de werknemers knelpunten bij het gebruik van specifieke softwareprogramma's.

RISO

De respondenten van het RISO geven aan dat er verschillende fouten kunnen optreden bij het doorsturen van gegevens naar de verschillende softwareprogramma's. De eerste fout die kan worden gemaakt is een typfout. Bij het maken van de CT-scan moeten de patiëntgegevens vanuit Mosaic handmatig overgenomen worden in de software die de CT-scan aanstuurt. Ditzelfde gebeurt bij aanvang van de treatment planning. Wanneer er een typfout wordt gemaakt en de patiëntgegevens niet volledig overeenkomen kunnen deze gegevens niet in een ander softwareprogramma worden geladen.

De tweede fout die kan worden gemaakt is het opsturen van twee verschillende bestralingsplannen. In sommige gevallen worden er twee of meer bestralingsplannen voor een patiënt gemaakt. Hieruit wordt het beste plan gekozen. Na deze keuze is het echter nog wel mogelijk om twee verschillende plannen door te sturen naar de archieffuncties van Mosaic en ProSoma. Vaak wordt deze fout niet herkend en is de oorzaak moeilijk te herleiden.

AMC

Op de afdeling radiotherapie in het AMC wordt gestreefd naar het uniform uitvoeren van werkzaamheden door de verschillende zorgverleners. Een uniforme werkwijze bespaart tijd en bevordert optimaal gebruik van de softwareprogramma's. In de praktijk blijkt dit echter moeilijk te realiseren. Eén van de oorzaken is volgens twee respondenten te vinden in het gemak waarmee werknemers met computers werken. Zij gaven aan dat sommige laboranten het lastig vinden om te vertrouwen op de kwaliteit van de werkzaamheden die worden overgenomen door een computer. Hierdoor treedt er veel variatie op in de tijd die de planningslaboranten besteedden aan het maken van een bestralingsplan. Daarnaast wordt aangegeven dat het herontwerpen van processen snel weerstand oproept bij de radiotherapeut-oncologen.

Het softwareprogramma Oncentra kent in het AMC relatief veel problemen. Tijdens het maken van het bestralingsplan loopt het programma steeds vast voor twee tot vijf minuten, waardoor er per plan naar schatting 30 minuten vertraging wordt opgelopen. Soms moet het programma zelfs opnieuw worden opgestart, waardoor niet goed opgeslagen werk verloren kan gaan. Twee respondenten geven aan dat de storingen mogelijk worden veroorzaakt doordat een oud berekeningsmodel is geïntegreerd in het Oncentra. Het vastlopen van de software geeft veel frustraties bij de planningslaboranten.

Daarnaast wordt door de respondenten aangegeven dat Oncentra geen bundelgrenzen herkent bij het plannen van een bestraling voor de mamma. Dit is een knelpunt, omdat deze grenzen bij bestraling van de mamma van belang zijn. Eind juni van dit jaar zal het AMC overgaan op het gebruik van Oncentra bij het maken van de bestralingsplannen voor de mamma. Hiervoor hebben zij meerdere ingewikkelde en tijdrovende stappen gemaakt om toch bij de bundelgrens te kunnen komen.

Tot slot ontstaan er ook in het AMC problemen door de grote hoeveelheid verschillende softwareprogramma's die binnen de radiotherapie planning worden gebruikt. Om de softwareprogramma's op elkaar aan te kunnen laten sluiten is er een tussenliggende server. In het AMC ontstaan de problemen, doordat het opslaan op deze server een extra handeling vereist, waardoor dit soms wordt vergeten en het gedane werk verloren kan gaan. Daarnaast kost het onderhouden van de verschillende softwareprogramma's, met name Oncentra en Advantage SIM MD, veel tijd.

4.6 Mogelijkheden voor verbetering

In de vorige paragraaf zijn de knelpunten in de radiotherapie planning beschreven, die te relateren zijn aan de logistiek en de software. Om de efficiëntie van de radiotherapie planning te vergroten en te inventariseren hoe de werkzaamheden verder door middel van software kunnen worden ondersteund, worden in deze paragraaf de mogelijkheden voor verbetering van de radiotherapie planning, die door de respondenten zijn genoemd, omschreven.

In deze paragraaf worden eerst de mogelijkheden voor verbetering door middel van logistieke veranderingen benoemd. Vervolgens wordt ingegaan op de mogelijkheden die kunnen worden gerealiseerd door het gebruik van software.

4.6.1 Logistiek

Eén van de manieren om de efficiëntie van de radiotherapie planning te vergroten, is het doorvoeren van aanpassingen in de logistiek. Hoewel de respondenten van beide centra tevreden zijn over de snelheid waarmee de gehele radiotherapie planning wordt uitgevoerd, is er ruimte voor verbetering. Zo geeft de klinisch fysicus van het AMC aan dat de patiëntenlogistiek sneller achter elkaar gepland kan worden. Dit kan lastig te realiseren zijn, doordat veel medewerkers een parttime aanstelling hebben en in zowel het AMC als op de locatie in Almere in deeltijd werken.

Verschillende fasen in de radiotherapie planning kunnen worden versneld, volgens respondenten van het RISO en het AMC.

Ten eerste kan de patiëntenlogistiek worden versneld door het moment van de voorlichting en het maken van de CT-scan op een andere manier te organiseren, volgens een radiotherapeut-oncoloog van het RISO. Voor bestraling van de mamma zou de voorlichting en het maken van de CT-scan vaak op dezelfde dag kunnen plaatsvinden. Of de voorlichting en het maken van de CT-scan op dezelfde dag kan plaatsvinden, is afhankelijk van patiëntkenmerken en de diagnose. Soms is dit niet mogelijk omdat de breathhold techniek wordt toegepast of eerst aanvullende gegevens van onderzoeken of beeldvorming moet worden opgevraagd. Wanneer de breathhold techniek wordt toegepast, krijgen patiënten tussen de voorlichting en het maken van de CT-scan enkele dagen de gelegenheid om de specifieke ademhalings techniek te oefenen. Alleen de radiotherapeut-oncoloog kan beslissen of de voorlichting en het maken van de CT-scan op dezelfde dag kan plaatsvinden, omdat dit specifiek is per

patiënt. Voor de patiënt is het een voordeel als de voorlichting en het maken van de CT-scan op dezelfde dag plaats kan vinden, omdat deze minder vaak naar het radiotherapeutisch centrum hoeft te komen.

Meer efficiëntie zou kunnen worden behaald tijdens het maken van de CT-scan. De radiotherapeut-oncoloog is bij het maken van de CT-scan voor bestraling van de mamma aanwezig om de klierschijf te markeren. De radiotherapeut-oncoloog van het RISO is van mening dat laboranten kunnen worden geïnstrueerd om deze taak uit te voeren. Dit levert tijdswinst op, omdat er niet hoeft worden gewacht tot de radiotherapeut aanwezig is.

Na de beeldvorming en de voorbereiding door de laborant, contourt de radiotherapeut-oncoloog of de physician assistant het doelgebied. De geïnterviewde laboranten in het AMC merken op dat de radiotherapie planning soms wordt vertraagd, omdat de radiotherapeut-oncologen en physician assistants het maken van de intekening niet op tijd voltooien. De laboranten zijn van mening dat de radiotherapeut-oncologen hun takenlijst in Mosaiq beter moeten aflopen. Zo kunnen zij op voorhand tijd vrijmaken voor hun werkzaamheden, waardoor de logistiek van de radiotherapie planning wordt verbeterd.

Uit een interview bleek dat in het AMC geconstateerd is dat er veel variatie is in de bestede tijd voor het maken van een bestralingsplan. Hiervoor is een training opgezet om meer uniformiteit te realiseren. Momenteel wordt dit gedaan voor bestraling van de prostaat. Ook willen zij deze training aanbieden aan laboranten om de treatment planning voor andere tumoren meer te standaardiseren. Dit is van belang, omdat het ziekenhuis voor bestraling van de prostaat een nieuwe methode wil gaan toepassen. Hierbij worden meerdere plannen gemaakt op basis van CT-scans waarbij de blaasvulling varieert. Het is dan van belang dat laboranten snel een planning kunnen maken, zodat laboranten een beperkte extra tijd nodig hebben in vergelijking met de oude situatie waarbij slechts één bestralingsplan wordt gemaakt. Door middel van training kan de efficiëntie van de treatment planning worden vergroot.

Nadat het bestralingsplan is opgesteld, wordt dit gecontroleerd door de radiotherapeut-oncoloog. Een radiotherapeut-oncoloog van het RISO geeft aan dat het voor hem efficiënt zou zijn om de controle van deze behandelplannen te clusteren. Voor medewerkers van de planning is dit echter niet voordelig, omdat hun taken worden opgestapeld in pieken. Een andere radiotherapeut-oncoloog van het RISO is ook van mening dat er veel controles moeten worden uitgevoerd. Dit is niet efficiënt, omdat dit vaak meer tijd kost dan de radiotherapeut-oncoloog zelf nodig zou hebben om de taken uit te voeren. Het aantal controlemomenten door de radiotherapeut-oncoloog zouden kunnen worden gereduceerd. Echter voor de opleiding van zorgverleners zoals laboranten is het goed om taken door deze groep te laten uitvoeren en enkel te laten controleren door de radiotherapeut-oncoloog, volgens de respondent van het RISO.

Wanneer stappen van de radiotherapie planning zijn uitgevoerd, wordt dit in het RISO afgevinkt in het softwareprogramma Mosaiq. Een overzicht van de doorlooptijden wordt verkregen, doordat de to-

do lists in Mosaiq zijn afgevinkt. Na afloop van de gehele radiotherapie planning wordt er in het RISO gekeken of de doorlooptijd binnen de normen ligt. De klinisch fysicus van het RISO geeft aan dat de doorlooptijden tijdens de radiotherapie planning vaker gecontroleerd kunnen worden om zo fouten en vertragingen tijdig op te sporen.

4.6.2 Software

Naast mogelijkheden voor verbetering in de logistiek, kan de efficiëntie van de radiotherapie planning worden vergroot door de knelpunten met betrekking tot de software te verhelpen. Respondenten in het RISO geven aan dat er een aantal aanpassingen te maken zijn in de huidige softwareprogramma's waar het centrum gebruik van maakt.

Voor het contouren van het doelgebied en de risico organen maakt het RISO gebruik van het intekenprogramma ProSoma. Om een efficiëntieslag te maken geven zij aan dat automatische intekentools in het programma verbeterd moeten worden. Doordat de intekentools die de software nu kent niet eenvoudig te gebruiken zijn, kost het momenteel veel tijd om gebruik te maken van deze automatische intekentools. Daarom worden de intekentools voor het contouren van de prostaat en de bijbehorende risico organen in het RISO nog niet toegepast. Er kan echter veel tijd worden bespaard wanneer de intekentools eenvoudig in het programma zijn toe te passen. Bovendien kan gebruik van de tools leiden tot meer uniformiteit van het contouren door laboranten en radiotherapeut-oncologen en zal het optreden van fouten verminderen.

Daarnaast is tijdens de interviews met respondenten in het RISO meerdere malen naar voren gekomen dat zorgverleners tijdens het intekenen regelmatig hun werk moeten opslaan. Een radiotherapeut-oncoloog in het RISO geeft aan dat voor grote intekeningen een functie voor automatisch opslaan een verbetering zou kunnen zijn. Hierdoor gaat weinig werk verloren wanneer een storing optreedt of een laborant of radiotherapeut-oncoloog vergeet zijn of haar werk regelmatig op te slaan.

Nadat het bestralingsplan is opgesteld, wordt het plan in het RISO opgeslagen in de archieffuncties van Mosaiq en ProSoma. Het kan voorkomen dat twee verschillende plannen worden doorgestuurd naar de softwareprogramma's. Vaak wordt deze fout niet herkend en is de oorzaak moeilijk te herleiden. Een ideale situatie volgens de klinisch fysicus van het RISO zou zijn dat alleen een geaccordeerd plan doorgestuurd kan worden naar de archieffuncties van Mosaiq en ProSoma.

Medewerkers in het AMC maken voor het contouren van beelden gebruik van het softwareprogramma Advantage SIM MD. Hierbij wordt ook de toepassing van automatische contouren als een groot verbeterpunt genoemd. Er hoeft dan alleen een controle plaats te vinden van de ingetekende structuren die zijn gegenereerd, zo geeft de physician asisstant in het AMC aan. Hierdoor kan veel tijdswinst worden behaald. Ook noemt zij als mogelijke optie dat er voorwaarden ingevoerd kunnen worden om ervoor te zorgen dat het PTV niet ongewenst door bepaalde structuren loopt.

Daarnaast zijn de geïnterviewden van het AMC van mening dat er verbeteringen kunnen worden doorgevoerd in het softwareprogramma Oncentra, waarmee de treatment planning wordt uitgevoerd. Omdat het AMC nog maar kort werkt met het softwareprogramma treden regelmatig storingen op, die verholpen moeten worden. De planningslaborant geeft aan dat dit waarschijnlijk bij een volgende update van het programma verholpen is. Daarom is het van belang dat updates sneller worden doorgevoerd, zo geven twee laboranten van het AMC aan.

Daarnaast ziet de planningslaborant kansen voor verbetering van het programma voor de treatment planning van bestraling van de mamma. In Oncentra is de bundelgrens niet te zien. Dit is bij de treatment planning van mammabestralingen echter wel van belang om een precieze bestraling te kunnen plannen. Omdat deze functie ontbreekt, wordt via omwegen ervoor gezorgd dat de juiste dosisverdeling wordt bereikt. Door de weergave van de bundelgrens zou tijd bespaard kunnen worden.

De klinisch fysicus van het AMC is van mening dat het herkennen van fouten in de praktische uitvoerbaarheid van het bestralingsplan een verbeterpunt is voor het softwareprogramma Oncentra. Bij ingewikkelde plannen komt het soms voor dat een plan niet uitvoerbaar is in verband met de hoeken waaruit bestraald moet worden en de positie van de behandeltafel. Dit is geen probleem bij bestraling van de prostaat en mamma, maar kan wel een probleem vormen voor ingewikkeldere bestralingen.

Tot slot geven de respondenten van zowel het RISO als het AMC aan dat softwareprogramma's goed op elkaar moeten aansluiten. Het ideaal zou zijn dat alle stappen van de radiotherapie planning met behulp van één softwareprogramma kunnen worden uitgevoerd. Dit zal echter lastig te realiseren zijn volgens de physician assistant van het AMC. Het RISO wil in de toekomst overgaan op automatische doorsturing van gegevens naar de verschillende softwareprogramma's waardoor handmatige fouten kunnen worden voorkomen. Om het gebruik van het aantal softwareprogramma's te verminderen kan men het contouren in het RISO uitvoeren in de planningssoftware. In verband met het aantal licenties dat het RISO tot haar beschikking heeft, wordt dit echter niet toegepast. Het AMC zal, waarschijnlijk in 2013, ook voor het contouren overgaan op het softwareprogramma Oncentra.

Het AMC werkt naast de verschillende softwareprogramma's met een papieren status. Er vindt controle plaats van de afgevinkte taken in Mosaiq en de papieren status om tegenstrijdige informatie te voorkomen. Deze controle kost extra tijd. Mosaiq zou kunnen worden gebruikt als digitale status, hiervoor moet Mosaiq aansluiten op het toekomstig Elektronisch Patiënten Dossier.

Hoofdstuk 5 Conclusie & aanbevelingen

De rol van radiotherapie in kankerzorg neemt toe. Inzicht in de efficiëntie van radiotherapie planning is van belang om een efficiënt gebruik van schaarse mensen en middelen in de zorg te garanderen. Het proces van de radiotherapie planning en mogelijkheden voor logistieke en softwarematige verbeteringen ter bevordering van de efficiëntie zijn in deze studie onderzocht. Hieronder zal eerst worden ingegaan op de conclusies om vervolgens enkele aanbevelingen te doen.

5.1 Conclusie

In de literatuur is weinig bekend over de huidige organisatie van de radiotherapie planning. De modellen van Fraass et al. (1998), Veenhof & Voûte (2000) en Weiss (1993) zijn naast elkaar gezet om een beeld te vormen van de stappen die plaatsvinden binnen de radiotherapie planning. Hoewel de naamgeving varieert, worden in alle drie de modellen een beeldvormende fase, treatment planning en een verificatiefase onderscheiden. Het model *Clinical treatment planning proces* van Fraass et al. (1998) is gedetailleerder beschreven dan het model *Process of radiation oncology* van Weiss (1993), waardoor in het eerste model meerdere werkzaamheden per hoofdfase zijn vermeld.

Uit het praktijkonderzoek komt naar voren dat de organisatie van radiotherapie planning verschilt per radiotherapeutisch centrum. Hoewel in het RISO en in het AMC de werkzaamheden grotendeels overeenkomen, wordt de radiotherapie planning voor beide centra niet opgedeeld in dezelfde fasen. In het AMC wordt geen aparte beeldvormingsfase onderscheiden.

Om de radiotherapie planning in Nederland te omschrijven kan het proces worden opgedeeld in drie hoofdfasen, te weten: lokalisatie door beeldvorming, voorbereiding en treatment planning. Het proces van de radiotherapie planning kan in elk radiotherapeutisch centrum in detail afwijken van dit algemene model, maar de te doorlopen stappen zijn algemeen geldend.

De bestudeerde modellen in de literatuur zijn door technologische ontwikkelingen verouderd en sluiten niet meer volledig op de praktijksituatie aan. Dat is gebleken doordat in de praktijk de simulatiefase niet meer wordt uitgevoerd. Dit komt doordat virtuele simulatie, dat eerder in het proces plaatsvindt tijdens het contouren, de simulatiefase heeft vervangen.

De actoren die betrokken zijn bij het primaire zorgproces van de radiotherapie planning komen in de twee centra overeen. Hoewel er veel overeenkomsten zijn in de uitvoering en verantwoordelijkheden van deze zorgverleners, is er ook een duidelijk verschil. In het RISO tekent de radiotherapeut-oncoloog bij de prostaat zowel het doelgebied als de risico organen in, terwijl in het AMC de taken voor het contouren zijn verdeeld tussen de radiotherapeut-oncoloog en de laborant.

Naast de verschillen in werkzaamheden van de actoren in het primaire zorgproces, is er ook een verschil in de taken van de klinisch fysici op het ondersteunende vlak. In het RISO controleren de klinisch fysici in de eerste week waarin de bestraling wordt uitgevoerd alle bestralingsplannen. In het

AMC controleren de klinisch fysici niet alle plannen. Dit wordt uitgevoerd door de daarvoor getrainde planningslaboranten.

Om de verschillende werkzaamheden in de radiotherapie planning uit te voeren, wordt gebruik gemaakt van verschillende softwareprogramma's. De keuze voor de aanschaf van een bepaald softwareprogramma is afhankelijk van de wensen die een radiotherapeutisch centrum heeft. De aansluiting van de softwareprogramma's onderling is daarbij van groot belang. Bij de implementatie van een nieuw softwareprogramma zullen altijd knelpunten optreden, omdat radiotherapeutische centra bij de aanschaf niet geheel kunnen voorzien of de aansluiting daadwerkelijk optimaal werkt.

Het gebruik van softwareprogramma's speelt een belangrijke rol in de voorbereidingsfase en de treatment planning. Het contouren en opzetten van een bestralingsplan zal voorlopig niet geheel automatisch worden uitgevoerd waardoor de werkzaamheden van zorgverleners van groot belang blijven.

Er kon verwacht worden dat de breathhold techniek ervoor zou zorgen dat het maken van de CT-scan langer zou duren. In het RISO blijken de CT-scans waarbij de breathhold techniek werd toegepast gemiddeld vijf minuten langer te duren dan de andere CT-scans voor mammapatiënten. Deze tijd is toe te schrijven aan de tweede scan die van de patiënt moet worden gemaakt. Het geven van specifieke uitleg blijkt in het RISO niet meer tijd in beslag te nemen.

De spreiding in de tijd die werd besteed aan de verschillende fasen in de radiotherapie planning voor een mammapatiënt is groot. Dit komt doordat er bij de bestraling verschillende technieken worden gebruikt die van invloed zijn op de duur van de radiotherapie planning. Met name de breathhold techniek maakt dat de tijd voor contouren langer is. Dit komt, doordat er bij breathhold twee scans moeten worden ingetekend in plaats van één. De totaal gemiddeld bestede tijd die is besteed aan het contouren van een scan met de breathhold techniek is 29 minuten langer dan de totaal gemiddeld tijd die is besteed aan het contouren van een scan waarbij de breathhold techniek niet van toepassing was.

De treatment planning van een mamma- en prostaatpatiënt is tijdsintensief. Een opmerkelijk verschil is dat deze fase voor de prostaatpatiënt, met 152 minuten, bijna twee keer zo lang duurt dan de treatment planning van een mammapatiënt. De spreiding in de duur van de verschillende fasen van de radiotherapie planning voor de prostaat is kleiner, omdat deze meer gestandaardiseerd is dan de radiotherapie planning voor de mamma. Dit komt doordat er bij het bestralen van een prostaatpatiënt in het RISO enkel gebruik wordt gemaakt van één bestralings techniek.

Het belangrijkste logistieke knelpunt is het oplopen van vertraging, hiervoor zijn verschillende oorzaken. In het RISO kan vertraging worden opgelopen doordat aanvullende scans te laat worden aangevraagd. Daarnaast kan vertraging worden opgelopen doordat men in Mosaiq vergeet door te

voeren dat de volgende taak kan worden uitgevoerd. Zowel in het RISO als in het AMC kan vertraging worden opgelopen doordat radiotherapeut-oncologen het contouren te laat afhebben. Vooral in het AMC is dit een groot probleem. Twee redenen liggen hieraan ten grondslag. De eerste reden is dat radiotherapeut-oncologen in het AMC het planningsprogramma Mosaiq onder de maat gebruiken. De tweede reden is dat er een tekort is aan radiotherapeut-oncologen, waardoor zij het erg druk hebben en zich niet altijd (kunnen) houden aan hun vaste intekendag. De gegevens uit de workflows van het AMC en het RISO lijken de respondenten te ondersteunen. Hieruit blijkt dat de stappen van de radiotherapie planning niet naadloos op elkaar aansluiten. Er ontstaat hierdoor in de workflow tijd waarin niet aan de radiotherapie planning van een bepaald bestralingsplan wordt gewerkt en treedt er vervolgens vertraging op.

Het belangrijkste algemeen softwarematige knelpunt in de radiotherapie planning is het gebruik van meerdere softwareprogramma's, waardoor er fouten kunnen ontstaan in het doorsturen van gegevens. Eén typfout zorgt er al voor dat de patiëntgegevens niet over kunnen komen in het volgende programma. In het AMC komt de grote hoeveelheid verschillende softwareprogramma's die binnen de radiotherapie planning worden gebruikt als knelpunt naar voren. Om dit probleem op te lossen wordt er gebruik gemaakt van een tussenliggende server, zodat de softwareprogramma's op elkaar aansluiten. Een gevolg hiervan is dat problemen ontstaan wanneer gegevens niet goed naar de tussenliggende server worden verzonden.

In het AMC kwam een softwarematig knelpunt van het intekenprogramma Advantage SIM MD naar voren. De optie voor het toepassen van automatische intekentools in het softwareprogramma zijn niet eenvoudig te gebruiken. Wanneer het contouren dan alleen nog gecontroleerd hoeft te worden, kan dit mogelijk leiden tot efficiëntie- en tijds winst.

Een algemeen softwarematig knelpunt van de planningsprogramma's is dat de positie van de behandeltafel niet wordt herkend. Hierdoor kan het voorkomen dat bij ingewikkelde plannen het bestralingsplan niet praktisch uitvoerbaar is. Dit geldt met name voor complexere bestralingsgebieden dan de prostaat en de mamma.

Naast het algemeen softwarematig knelpunt van de planningssoftware is er ook een knelpunt met betrekking tot software die specifiek voor het RISO geldt. Hier is het mogelijk om twee verschillende bestralingsplannen door te sturen naar de twee archieffuncties van Mosaiq en ProSoma. Wanneer deze fout optreedt is het vrijwel onmogelijk om dit te achterhalen. Dit komt doordat het mogelijk is om een niet geaccordeerd bestralingsplan naar het archief door te sturen.

Tot slot slaan de softwareprogramma's in beide centra de gegevens niet automatisch op. Hierdoor kunnen veel gegevens verloren gaan als een medewerker vergeet zijn werk regelmatig op te slaan of als er een fout optreedt in het programma.

5.2 Aanbevelingen

Naar aanleiding van het onderzoek kunnen er een aantal aanbevelingen worden gedaan.

Aanbevelingen voor de wetenschap

De modellen van de radiotherapie planning in de literatuur dienen te worden aangepast aan de huidige situatie. De huidige praktijk van de radiotherapie planning in Nederland zal daarvoor nader moeten worden onderzocht om het opstellen van een actueel model van dit proces te ondersteunen. Het modulair systeem dat in dit onderzoek is opgesteld, biedt hiervoor de basis. Bovendien is een methode gehanteerd waarvan gebruik kan worden gemaakt bij verder onderzoek. Actuele modellen van de radiotherapie planning in de literatuur geven aanleiding tot het nader in kaart brengen van de efficiëntie van dit proces.

Aanbevelingen aan radiotherapeutische centra

In de taakverdeling onder de zorgverleners is ruimte voor verbetering van de efficiënte inzet van personeel bij het maken van de CT-scan. Uit de case report sheets blijkt dat de physician assistant en de radiotherapeut-oncoloog nagenoeg even lang aanwezig zijn bij het maken van de CT-scan. Wanneer het markeren van de klierschijf altijd door de physician assistant wordt uitgevoerd kan de radiotherapeut-oncoloog hiervan worden ontlast. Door de inzet van de physician assistant kan mogelijk kostenbesparing optreden. Daarnaast kan onderzocht worden of laboranten kunnen worden opgeleid om zelf deze taak uit te voeren. Hiermee kan worden bereikt dat de inzet van de radiotherapeut-oncoloog of physician assistant bij het maken van de CT-scan voor de mamma niet meer nodig is.

Om de verschillende softwareprogramma's beter op elkaar aan te laten sluiten kan automatische doorsturing worden ingevoerd. Hiermee kunnen menselijke fouten in de doorsturing van gegevens worden voorkomen. Bovendien kan efficiëntie worden verhoogd en tijdswinst worden behaald.

Tot slot is er een aanbeveling te geven over de training van de verschillende actoren over het gebruik van de softwareprogramma's. Een voorbeeld hiervan is dat in het AMC een bijeenkomst wordt georganiseerd, waar verschillende gebruikers van de planningssoftware worden getraind in het plannen. Het is belangrijk voor radiotherapeutisch centra om zulke bijeenkomsten te organiseren om kunnen analyseren hoe efficiënt softwareprogramma's worden gebruikt. Daarnaast worden actoren er zelf ook van bewust hoe efficiënt zij hun taken uitvoeren. Het doel hiervan is als radiotherapeutische centra om één gestandaardiseerde werkwijze van het gebruik van de software te hebben.

AMC

De manier van organiseren van de radiotherapie planning in een radiotherapeutisch centrum is van grote invloed op het realiseren van efficiëntiewinsten. In het AMC contouren de radiotherapeut-oncologen op vaste dagen, zij hebben hiervoor hun eigen intekendag(en). Uit analyse van de workflow

van dit centrum komt naar voren dat het maken van de CT-scan soms vier werkdagen plaatsvindt voordat de radiotherapeut-oncoloog zijn intekendag heeft. Hieruit blijkt dat de radiotherapie planning sneller doorlopen kan worden. Het is aan te bevelen om bij het plannen van de CT-scan rekening te houden met de vaste intekendag van de behandelend radiotherapeut-oncoloog. Door de CT-scan één of hooguit twee werkdagen voor de intekendag van de radiotherapeut-oncoloog te plannen, kan de radiotherapie planning sneller worden doorlopen en ondervindt de patiënt minder wachttijd tot de bestraling begint.

Wanneer radiotherapeut-oncologen in het AMC het planningsprogramma Mosaïq meer gebruiken kan de radiotherapie planning sneller worden doorlopen en kan het aantal momenten voor face-to-face contact tussen de verschillende zorgverleners worden gereduceerd.

RISO

In het RISO contourt de radiotherapeut-oncoloog de risico organen van een prostaatpatiënt. De radiotherapeut-oncoloog schatte dat dit intekenen net zo lang duurt als de controle die hij anders zou moeten uitvoeren als het contouren van de risico organen wordt uitgevoerd door een laborant. Het is voor het RISO interessant om te onderzoeken of de controle inderdaad net zo lang duurt als het contouren zelf. De radiotherapeut-oncoloog bleek nu gemiddeld 57 minuten met het contouren bezig te zijn, wanneer een deel van deze tijd door een laborant kan worden overgenomen ontlast dit de radiotherapeut-oncoloog en kunnen mogelijk kosten worden bespaard. Het is hierbij belangrijk dat de kwaliteit van de intekening gewaarborgd blijft.

Aanbevelingen aan softwareproducenten

Voor de softwareprogramma's in de radiotherapie planning zijn meerdere aanpassingen mogelijk om de efficiëntie te verbeteren. Bij softwareprogramma's die worden gebruikt in de voorbereidingsfase en in de planningsfase is het van belang dat de producent de focus legt op aanpassingen die tijdwinst kunnen opleveren.

Bij softwareprogramma's voor het contouren wordt aanbevolen de functie automatische intekentools toe te voegen en te optimaliseren. Een voorbeeld hiervan is het softwareprogramma ProSoma, waarvan gebruikers aangegeven dat de automatische intekentools niet eenvoudig te gebruiken zijn. De verbetering van de automatische intekentools leidt tot uniformiteit in de manier waarop wordt gecontournd. Daarnaast kunnen fouten worden gereduceerd en kan mogelijk winst worden behaald in tijd en efficiëntie.

Als gevolg hiervan is het voor softwareaanbieders interessant om te onderzoeken of meerdere werkzaamheden in de radiotherapie planning kunnen worden ondersteund door middel van automatisch contouren. Het is een groot verbeterpunt als het programma meerdere lichaamsstructuren in de beeldvorming automatisch kan herkennen en contouren. Vervolgens hoeft alleen controle door een betrokkene plaats te vinden, wat mogelijk kan leiden tot winst in tijd en efficiëntie.

Het is aan te bevelen om in softwareprogramma's met een archieffunctie een optie in te bouwen dat enkel geaccordeerde bestralingsplannen kunnen worden opgeslagen in het archief, waardoor wordt voorkomen dat verkeerde bestralingsplannen in het archief terecht komen. Het mogelijke gevolg hiervan is dat menselijke fouten kunnen worden gereduceerd en efficiëntiewinst kan worden behaald.

Daarnaast wordt aangeraden dat softwareprogramma's voor het maken van het bestralingsplan bundelgrenzen herkennen. Het softwareprogramma Oncentra herkent deze bundelgrenzen bijvoorbeeld niet. Dit is de reden waarom het AMC heeft gewacht met het maken van de bestralingsplannen van de mamma in dit programma. Mogelijk kan Nucletron inventariseren of het technisch mogelijk is om de bundelgrenzen in Oncentra zichtbaar te maken.

Een algemene aanbeveling voor softwareproducenten is het invoeren van een functie waardoor de gegevens die worden bewerkt in het programma periodiek automatisch worden opgeslagen. Hierdoor kan worden voorkomen dat gegevens, en daarmee ook tijd, verloren gaan.

Een aanbeveling voor softwareprogramma's voor de logistieke planning van de radiotherapie planning is om overdrachtsmomenten duidelijk kenbaar te maken. Een aanpassing in het softwareprogramma Mosaiq kan bijvoorbeeld leiden tot verbetering in doorlooptijd. Wanneer bij het afronden van een taak automatisch voor de volgende taak toestemming wordt gegeven kan dit ernstige uitloop van de radiotherapie planning voorkomen.

Een belangrijk algemene aanbeveling is dat het van belang is dat de gebruikers van softwareprogramma's zich ervan bewust worden om na te denken over mogelijkheden van deze programma's. Het is aan te bevelen dat softwareproducenten in overleg gaan met de softwaregebruikers in radiotherapeutische centra waardoor de mogelijkheid ontstaat om verbeterpunten in de software te genereren. Uit de praktijksituatie blijkt dat de klinisch fysicus over de meeste kennis beschikt over de werking van softwareprogramma's, waardoor het aan te raden is om de klinisch fysicus als aanspreekpunt te laten fungeren om verbeterpunten te inventariseren vanuit de werkvloer en deze door te spelen naar de softwareproducenten. Het is hierbij van belang dat producenten een actieve houding aannemen tegenover hun klanten, om er voor te zorgen dat regelmatig wordt nagedacht over verbeteringen.

Een daaropvolgende aanbeveling die belangrijk is voor softwareaanbieders is het in het oog houden van de wensen die van belang zijn in het radiotherapeutisch centrum. Het is hierbij belangrijk het contact met klanten goed te onderhouden om knelpunten in softwareprogramma's te signaleren, zodat updates aansluiten op de wensen van de klant. Het is van belang dat softwaregebruikers gehoord worden en dat deze updates dan ook met regelmaat worden doorgevoerd. Daardoor blijven softwaregebruikers gemotiveerd om aanbevelingen te doen aan softwareaanbieders om de eigen werkzaamheden met behulp van software te ondersteunen. In de praktijk wordt dit door de actoren in de radiotherapie planning sterk gemist.

Tot slot werd door de respondenten aangegeven dat het veranderen van een werkwijze al snel veel weerstand oproept bij de werknemers. Voor softwareaanbieders kan het daarom interessant zijn om

met verschillende werknemers van het centrum te spreken en om goed te kunnen onderbouwen waarom het nieuwe programma de kwaliteit van het werk niet in het geding laat komen. Een mogelijkheid is om bij interesse van een radiotherapeutisch centrum een bijeenkomst voor te stellen waar de werknemers kunnen komen voor uitleg, demonstratie en discussie.

Hoofdstuk 6 Discussie

Het planningsproces van radiotherapie is een complex proces binnen het specialisme radiotherapie. In de radiotherapie planning zijn de drie fasen: lokalisatie door beeldvorming, voorbereiding en treatment planning te onderscheiden. Alle drie de fasen kennen een groot zorggebruik door de vele betrokken zorgverleners, gebruik van meerdere softwareprogramma's en de bestede tijd. De werkzaamheden in deze fasen worden steeds meer geautomatiseerd om tijdswinst te behalen.

In de radiotherapie planning is op logistiek gebied ruimte om tijdswinst te behalen door de taakverdeling en de aansluiting van fasen te onderzoeken en aan te passen. Softwarematig kan de efficiëntie van de radiotherapie planning onder andere worden vergroot door automatisch doorsturen van gegevens.

Voor de uitvoering van het onderzoek zijn vanwege de beperkte onderzoekstijd twee radiotherapeutische centra betrokken. Dit zijn het RISO en het AMC. Doordat er gekozen is voor slechts twee radiotherapeutische centra, kon het proces van de radiotherapie planning vrij diepgaand in kaart worden gebracht. Hierdoor is een gedegen basis gelegd voor eventueel verder onderzoek in andere Nederlandse radiotherapeutische centra. Hierdoor is het mogelijk dat het modulair systeem, dat is opgesteld, de situatie in Nederland beter zou benaderen als bij de inventarisatie meerdere centra waren betrokken.

Naast het feit dat er slechts twee centra zijn betrokken in het opstellen van het modulair systeem, is hierbij voornamelijk gekeken naar de radiotherapie planning van mamma- en prostaatbestralingen in het RISO en in het AMC. Er is in beperkte mate gekeken naar andere bestralingsgebieden dan de mamma en de prostaat. Hierdoor kunnen details uit het modulair systeem anders zijn voor andere bestralingsgebieden. Het is daarom van belang het modulair systeem altijd eerst te toetsen voordat er in een ander centrum verder onderzoek wordt verricht. Dit geldt met name wanneer het onderzoek zich richt op een ander bestralingsgebied dan de mamma of de prostaat. Om de afwijkingen in het modulair systeem voor andere bestralingsgebieden in kaart te brengen, kan de gehanteerde methode worden toegepast.

De radiotherapie planning in het RISO en in het AMC is onderzocht door middel van focused interviews met enkele zorgverleners. De ambitie is geweest om respondenten van alle betrokken beroepsgroepen in beide centra te interviewen. Omdat de onderzoeksperiode en de beschikbaarheid van zorgverleners beperkt was, is dit niet helemaal gelukt. Er is slechts één physician assistant geïnterviewd, deze was werkzaam in het AMC. Radiotherapeut-oncologen in het AMC waren niet beschikbaar voor een interview. Wanneer alle respondenten in beide centra waren geïnterviewd, konden er meer vergelijkingen tussen de centra worden gemaakt. Bovendien hadden meer respondenten per beroepsgroep geleid tot een resultaat met een hogere betrouwbaarheid en generaliseerbaarheid binnen de onderzochte centra.

Een sterk punt van de interviews is dat deze op dezelfde manier zijn gestructureerd. Hierdoor zijn dezelfde onderwerpen aan bod gekomen waarbij dieper is ingegaan op de specifieke kennis en rol van de respondent. De voorstructurering van de interviews had geoptimaliseerd kunnen worden door voorafgaand aan de interviews enkele observaties uit te voeren, deze observaties vonden nu pas plaats na uitvoering van de focused interviews. Eigen inzichten hadden daarmee in de interviews verwerkt kunnen worden, zodat meer details hadden kunnen worden gegenereerd.

Een belangrijk onderwerp van de focused interviews betrof het gebruik van software om te onderzoeken welke rol software speelt in de radiotherapie planning en hoe deze de efficiëntie kan vergroten. Hierbij was de mening en ervaring van de respondenten van belang. Uit de interviews is naar voren gekomen dat niet voor alle respondenten evenveel informatie over dit onderwerp is verkregen. Oorzaken hiervoor kunnen zijn dat bepaalde zorgverleners geen ervaring hebben met andere softwareprogramma's voor het uitvoeren van een bepaalde taak. Zij hebben daarom geen of weinig vergelijkingsmateriaal en weten niet welke aanpassingen in softwareprogramma's gemaakt kunnen worden. Daarnaast kan het voorkomen dat niet alle zorgverleners stil staan bij de mogelijkheid tot verandering van softwarematige aspecten. Zij nemen het softwareprogramma daarom zoals deze is. Om meningen en aanbevelingen over softwareprogramma's te inventariseren was mogelijk een andere methode beter bruikbaar geweest. Door een selectie te maken in de respondenten, door meer klinisch fysici te interviewen over het gebruik van software, hadden mogelijk meer resultaten verkregen kunnen worden voor de softwareproducent. Marketingonderzoek wordt hiervoor aanbevolen.

De resultaten van de bestede tijd, die door middel van case report sheets zijn onderzocht, zijn beperkt te generaliseren. Dit komt doordat het aantal ingevulde case report sheets laag ligt en enkel gegevens zijn verkregen uit het RISO. Hierdoor is de bestede tijd aan de radiotherapie planning voor slechts zeventien patiënten bestudeerd, bestaande uit twaalf mammapatiënten en vijf prostaatiënten. Daarnaast is de bestede tijd specifiek voor het betrokken centrum en het bestralingsgebied dat voor de patiënt van toepassing was. De bestede tijd zou in meer radiotherapeutische centra onderzocht moeten worden om conclusies te kunnen trekken over de algemene situatie in Nederland. In het AMC zijn geen resultaten verkregen door middel van de case report sheets. Dit komt door de beperkte onderzoeksperiode. Onderzoek door middel van een dergelijke methode vergt volgens een medewerker van het AMC enige tijd om in te slijten, waardoor medewerkers pas na ongeveer een maand gewend zijn om de onderzochte gegevens te noteren. Hierdoor zijn er in dit onderzoek enkel geschatte gegevens van de bestede tijd aan de radiotherapie planning van het AMC opgenomen in de resultaten van de focused interviews.

De methode van onderzoek naar bestede tijd biedt de mogelijkheid om dit onderzoek in meerdere centra uit te voeren. De opzet van de case report sheets is besproken met laboranten in beide centra om een definitieve versie vast te stellen. Deze versies verschilden voor beide centra. Hierdoor is aansluiting op de werkzaamheden in de centra bevorderd. Echter sloten de case report sheets niet

volledig aan op de praktische uitvoering van de radiotherapie planning. De betrouwbaarheid van de onderzochte tijd is door deze tekortkoming niet in het gedrang gekomen. Er hadden echter meer onderzoeksgegevens verkregen kunnen worden wanneer de aansluiting beter was. Dit is met name van toepassing op de fase contouren, waarbij de case report sheets oorspronkelijk bestonden uit twee onderdelen. Deze onderdelen zijn in de analyse samengevoegd, omdat de medewerkers de tijden niet altijd konden scheiden.

In de case report sheets is de mogelijkheid opgenomen om aan te kruisen of de SIB techniek of de tweevelden techniek van toepassing was. In gesprek met de laborant van het RISO, die gezorgd heeft voor de verspreiding van de case report sheets, kwam naar voren dat de case report sheets ook waren ingevuld wanneer de breathhold techniek werd toegepast. Na afloop van het invullen van de case report sheets is in het planningsprogramma Mosaiq opgezocht in welke gevallen de breathhold techniek is gebruikt om zo deze resultaten mee te kunnen nemen in de analyse. Dit heeft geleid tot een beter inzicht in de invloed van verschillende bestralingstechnieken op de radiotherapie planning.

De radiotherapie planning is onderzocht voor bestraling van mamma- en prostaattumoren. In de interviews is gefocust op de radiotherapie planning van deze doelgebieden. De bestede tijd is enkel bestudeerd voor bestraling van deze doelgebieden. Bestraling van de mamma en de prostaat kwamen in beide centra het meest voor waardoor de meeste onderzoeksgegevens konden worden verkregen voor deze doelgebieden. Bovendien leken de werkzaamheden in de radiotherapie planning voor deze doelgebieden relatief gestandaardiseerd. Bij onderzoek naar de bestede tijd bleek echter dat er een relatief grote spreiding is in de bestede tijd voor de radiotherapie planning van mammapatiënten en er hierdoor minder standaardisatie was dan vooraf verwacht. Dit wordt veroorzaakt door de toepassing van verschillende technieken waardoor bepaalde werkzaamheden meer tijd kostten. De spreiding in de duur was bij de prostaat aanzienlijk kleiner omdat in het RISO slechts één techniek wordt toegepast. Het opgestelde model van de radiotherapie planning geeft de mogelijkheid tot het nader in kaart brengen van het zorggebruik in Nederland rondom de radiotherapie planning. Hierbij biedt de opzet van de case report sheets een mogelijkheid om bestede tijd te onderzoeken. De opzet van deze sheets dienen te worden besproken met zorgverleners en te worden aangepast naar de specifieke organisatie van het betreffende centrum. De lengte van de onderzoeksperiode is van belang om voldoende resultaten te verkrijgen. Wanneer de radiotherapie planning en het zorggebruik voor heel Nederland in kaart is gebracht, kan worden gezocht naar invloedrijke verbeteringen in de efficiëntie. Deze zijn in dit onderzoek voor het RISO en het AMC in kaart gebracht. Mogelijk draagt een groepsbijeenkomst bij aan het identificeren van deze mogelijkheden.

Financiële verantwoording

Dit onderzoek resulteert uit een wetenschappelijke samenwerking tussen de Universiteit Twente en Nucletron bv, een bedrijf van Elekta. Er is (en zal) geen enkele financiële, materiële of andere vergoeding of beloning (worden) overeengekomen of verleend tussen de Universiteit Twente en/of de studenten persoonlijk, en Nucletron bv.

Dr. Lotte Steuten is, naast haar aanstelling als universitair hoofddocent bij de Universiteit Twente, in de hoedanigheid van directeur Health Economics en Market Access van PANAXEA bv een betaalde consultant voor Nucletron bv. Het begeleiden van het uitgevoerde onderzoek valt echter geheel binnen haar academische aanstelling en verantwoordelijkheid.

Literatuurlijst

- Academisch Medisch Centrum. (z.d.). *Radiotherapie*. Opgeroepen op mei 20, 2012, van <http://www.amc.nl/web/Zorg/Patient/Zoek-op-specialisme/Radiotherapie.htm>
- Benzen, S., Heeren, G., Cottier, B., Slotman, B., Glimelius, B., Lievens, Y., et al. (2005). Towards evidence-based guidelines for radiotherapy infrastructure and staffing needs in Europe: the ESTRO QUARTS project. *Radiotherapy and Oncology* (75), 355–65.
- Blank, E., Willich, N., Frietkau, R., Popp, W., Schaller-Stelner, J., Sack, H., et al. (2012). Evaluation of time, attendance of medical staff, and resources during radiotherapy for breast cancer patients. *188* (2), 113-19.
- Board of the Faculty of Clinical Oncology. (2003). *Equipment, workload and staffing for radiotherapy in the UK 1997–2002*. London: The Royal College of Radiologists.
- Budach, W., Bölke, E., Fietkau, R., Buchali, A., Wendt, T., Popp, W., et al. (2011). Evaluation of time, attendance of medical staff, and resources during radiotherapy for head and neck cancer patients. *Strahlenther Onkol* , 187 (8), 449-60.
- Centraal Planbureau. (2011). *CPB Policy Brief. Trends in Gezondheid en Zorg*. Den Haag: Centraal Planbureau.
- De Gezondheidsraad. (2008, december 18). De radiotherapie belicht. Een vooruitblik tot 2015. (2008/27) . Den Haag.
- Eijkel, A. v., & Meulen Kamp, J. (2007). *Virtuele Simulatie*. MBRT Hanzehogeschool Groningen.
- Flevoziekenhuis Almere. (2012, mei 10). *Radiotherapie*. Opgeroepen op mei 28, 2012, van <http://www.flevoziekenhuis.nl/radiotherapie>
- Fraass, B., Doppke, K., Hunt, M., Kutcher, G., Starkschall, G., Stern, R., et al. (1998). American association of physicists in medicine radiation therapy committee task group 53: quality assurance for clinical radiotherapy treatment planning. *Medical Physics* , 25 (10), 1773-1829.
- Frietkau, R., Budach, W., Zamboglou, N., Thiel, H.-J., Sack, H., & Popp, W. (2011). Time management in radiation oncology: development and evaluation of a modular system based on the example of rectal cancer treatment. *Strahlentherapie und Onkologie* , 188 (1), 5-11.
- Gezondheidsraad. (2008). *Radiotherapie belicht. Een vooruitblik tot 2015*. Den Haag: Gezondheidsraad.

- Gommer, A., & Horenblas, S. (2011, 12 10). *Neemt het aantal mensen met prostaatkanker toe of af?* Opgeroepen op 05 04, 2012, van Nationaal Kompas Volksgezondheid: <http://www.nationaalkompas.nl/gezondheid-en-ziekte/ziekten-en-aandoeningen/kanker/prostaatkanker/trend/>
- Gommer, A., Poos, M., & Voogd, A. (2010, 09 22). *Neemt het aantal mensen met borstkanker toe of af?* Opgeroepen op 05 30, 2012, van Nationaal Kompas Volksgezondheid: <http://www.nationaalkompas.nl> Nationaal Kompas Volksgezondheid\Gezondheid en ziekte/Ziekten en aandoeningen\Kanker\Borstkanker>
- Hiotis, K., Ye, W., Sposto, R., & Skinner, K. (2005). Predictors of breast conservation therapy: size is not all that matters. *Cancer* (103), 892-899.
- Hua, C., Gray, J., Merchant, T., Kun, L., & Krasin, M. (2008). Treatment planning and delivery of external beam radiotherapy for pediatric sarcoma: The St. Jude Children's Research Hospital Experience. *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.* , 70 (5), 1598-606.
- IKNL. (2011). *Cijfers over kanker*. Opgeroepen op april 25, 2012, van Integraal Kankercentrum Nederland: <http://www.cijfersoverkanker.nl>
- Kosten van ziekten 2007. (2011, december 11). *Zelf tabellen en grafieken samenstellen*. Opgeroepen op mei 22, 2012, van Kosten van ziekten: <http://www.kostenvanziekten.nl/kvz2005/cijfers/>
- Krashin, M., Hudson, M., & Kaste, S. (2004). Positron emission tomography in pediatric radiation oncology: integration in the treatment-planning process. *Pediatr Radiol* , 214-21.
- KWF Kanker Bestrijding. (sd). *Behandeling*. Opgeroepen op 05 18, 2012, van <http://kanker.kwfkankerbestrijding.nl/soorten-kanker/Pages/borstkanker-bij-vrouwen-behandeling.aspx>
- KWF Kanker Bestrijding. (2007). *Radiotherapie*. Opgeroepen op mei 7, 2012, van KWF Kanker Bestrijding: <http://kanker.kwfkankerbestrijding.nl/downloads-pdf-brochures/Pages/brochures-behandelingen.aspx>
- Lybeert, M., Louwman, W., Poortmans, P., Vulto, J., & Coebergh, J. (2005). Trends in verwijzingen van patiënten voor radiotherapie na de initiële diagnose van kanker in Zuid-Nederland sinds 1988. *Nederlands tijdschrift voor oncologie* , 2 (6), 206-11.
- Medisch Spectrum Twente. (2010). *De instellingen voor radiotherapie in Nederland*. Opgeroepen op 05 22, 2012, van

http://www.mst.nl/radiotherapie/meer_informatie/Jaarverslag/De%20instellingen%20voor%20radiotherapie%20in%20Nederland.doc/

Nationaal Borstkanker Overleg Nederland. (2008). *Nabon-nota*. Opgeroepen op 05 18, 2012, van http://www.iknl.nl/uploaded/docs/Landelijk/ooz/IOZP/format_mammacarcinoom.pdf

Nationaal Kompas Volksgezondheid. (2012, maart 22). *Wat is kanker en welke factoren beïnvloeden de kans op kanker?* (B. RIVM, Producent) Opgeroepen op april 25, 2012, van Nationaal Kompas Volksgezondheid: <http://nationaalkompas.nl/gezondheid-en-ziekte/ziekten-en-aandoeningen/kanker/beschrijving/>

NKI-AVL. (2009, 03 18). *Over het NKI-AVL*. Opgeroepen op 05 22, 2012, van <http://www.nki.nl/Ziekenhuis/Over/>

Norlund, A. (2003). Costs of radiotherapy. *Acta Oncologica* , 42 (5/6), 411-5.

NVRO. (2000b). Een actualisatie van de ontwikkelingen in de radiotherapie voor de periode 2000-2010. *Nederlandse Vereniging voor Radiotherapie en Oncologie, Commissie Actualisatie. Radiotherapie: onze zorg* .

NVRO. (2007). *Nederlandse Vereniging voor Radiotherapie en Oncologie (NVRO) Groei met Kwaliteit in de Radiotherapie. Een vooruitblik tot 2015*. Utrecht: NVRO.

NVRO. (2000c). *Overlevingscurve en het lineair kwadratisch model*. Opgeroepen op mei 7, 2012, van Nederlandse Vereniging voor Radiologie en Oncologie: http://www.nvro.nl/index.php?option=com_content&view=article&id=82&Itemid=105

NVRO. (2012). *Radiotherapie afdelingen*. Opgeroepen op 05 01, 2012, van NVRO: http://www.nvro.nl/index.php?option=com_content&view=article&id=118&Itemid=111

NVRO. (2000a). *Radiotherapie en Kankerbestrijding*. Opgeroepen op april 25, 2012, van NVRO: http://www.nvro.nl/index.php?option=com_content&task=view&id=24&Itemid=25

Pol, M. v. (2012, januari 21). *Radiotherapie*. Opgeroepen op mei 11, 2012, van Radiotherapie Nederland: <http://www.radiotherapienederland.nl/>

Pol, M. v. (2011, december 30). *Stereotactische bestraling (precisiebestraling)*. Opgeroepen op april 27, 2012, van Radiotherapie Nederland: <http://www.radiotherapienederland.nl/ebrt/stereotactische%20radiotherapie/stereotactische%20radiotherapie.html>

- RIVM. (2012). *Medische stralingstoepassingen, radiotherapie*. Opgeroepen op 2012, van RIVM:
http://www.rivm.nl/Onderwerpen/Onderwerpen/M/Medische_Stralingstoepassingen/Trends_en_stand_van_zaken/Therapie/Radiotherapie
- Slotman, B., & Senan, S. (2005). Bewegende tumoren bestralen. *Medisch Contact* , 60 (4), 140-143.
- Sorcini, B., & Tilikidis, A. (2006). Clinical application of image-guided radiotherapy, IGRT (on the Varian OBI platform). *Elsevier Masson SAS* .
- Stalpers, L., & Haverkort, M. (2010). Wat zijn de indicaties voor en de resultaten van palliatieve radiotherapie? *Spreekuur Oncologie Volume 1* (2), 1-4.
- Stalpers, L., Sminia, P., & Slotman, B. (2000). Radiotherapie en kankerbestrijding. In C. Veenhof, & P. Voûte, *Behandeling van kanker* (p. 10). Houten: Bohn Stafleu van Loghum.
- Teh, B., Woo, S., & Butler, E. (1999). Intensity modulated radiation therapy (IMRT): a new promising technology in radiation oncology. *The Oncologist* , 4, 433-42.
- UMC St Radboud. (z.d.). *De voorbereiding*. Opgeroepen op mei 17, 2012, van
<http://www.radiotherapienijmegen.nl/patienten/behandeling/voorbereiding>
- Veenhof, C., & Voûte, P. (2000). *Behandeling van kanker*. Houten: Bohn Stafleu van Loghem.
- Velde, C. v., van Krieken, J., de Mulder, P., & Vermorken, J. (2006). *Oncologie*. Houten: Bohn Stafleu van Loghum.
- Verellen, D., & Storme, G. (2007, april 02). *Tomotherapie in het UZ Brussel: integratie van IMRT en IGRT*. Opgeroepen op mei 28, 2012, van <http://www.univ-hospitals.be/cms/upload/3%20UZ%20Brussel%20-%20Tomotherapy%20nl.pdf>
- Vos, P., & Slotman, B. (2006, juni). De vraag naar bestralingen tussen 2005-2015. *Tijdschrift Kanker* , 14-17.
- Warren, J., Yabroff, K., Meekins, A., Topor, M., Lamont, E., & Brown, M. (2008). Evaluation of trends in the cost of initial cancer treatment. *Journal of the National Cancer Institute* , 100 (12), 888-97.
- Weiss, G. (1993). Radiation Oncology. In J. Feldmeier, *Clinical Oncology* (p. 74 t/m 88). San Antonio, Texas: Appleton & Lange.
- Woude, A. v., & Meijer, R. d. (2004). Straling en Geneeskunde. In A. v. Woude, & R. d. Meijer, *Radioactiviteit* (pp. 119-35). Amsterdam: Een uitgave van Natuurwetenschap & Techniek, onderdeel van een Magazine.

Bijlage 1 Model radiotherapie planning in de literatuur

Clinical treatment planning process (Fraass, et al., 1998)	Nederlandse model voorbereiding radiotherapie (Uit: Behandeling van kanker (Veenhof & Voûte, 2000))	Process of radiation oncology (Uit: Clinical Oncology (Weiss, 1993))
		1.Consultatie • Diagnose en tumorstadium bevestigen • Doel radiotherapie vaststellen • In multidisciplinair team combinatie behandelingen bespreken
1.Positionering patiënt en immobilisatie • Stel referentiepunten en coördinaten systeem van patiënt vast.	1.Voorbereiding • Maak CT, MRI of PET-scan. • Maak maskers, afblokkingen indien nodig. • Simuleer, teken isocentrum en bestralingsveld in. • Bepaal bestralingsvolume • Contour tumorweefsel en kritieke organen. • Bepaal GTV, CTV en PTV.	2.Definitie en lokalisatie behandelvolume • Uitvoeren lichamelijk onderzoek • Interpreteren beeldvormend onderzoek • Met behulp van simulator behandelvolume in kaart brengen • Positie patiënt bepalen • Grootte, vorm en richting stralingsbundels vaststellen
2. Beeldvorming en input • Maak gebruik van CT, MRI en andere beeldvormende technieken en voer deze in het planningsprogramma.		
3. Definieren anatomie • Definieer en contour de oppervlakken voor normale en kritieke structuren. • Registreer alle input in planningssysteem (CT, MRI, eerste simulatie data). • Definieer doelvolumen, maak 3D oppervlakte door gebruik te maken van verschillende beeldvormende technieken. • Genereer een representatie van elektronen dichtheid van CT of massa dichtheid informatie.		
4. Stralingstechniek • Bepaal de stralingsbundels. • Genereer weergaven van stralingsbundels. • Ontwerp vorm van bestralingsveld (multileaf collimator). • Bepaal bundelvervormers. • Bepaal intensiteit van stralingsbundels.	2.Treatment planning • Voer gecontourde afbeeldingen in het planningsprogramma. • Bereken grootte en richting bestralingsveld. • Vervorm met behulp van multileaf collimator de stralingsbundel	3.Treatment planning • Maken van computer simulaties • Selecteren beste bestralingsplan
5. Dosis berekeningen • Selecteer dosisberekeningen algoritmen, methodieken. • Maak dosisberekeningen • Maak relatieve en absolute dosis normalisaties. • Voer de dosisvoorwaarden in.		
6. Evaluatie behandelplan • Maak 2D en 3D dosis weergaven. • Maak visuele vergelijkingen. • Gebruik dosis-volume- histogrammen. • Bereken NTCP/ TCP warden en analyseer. • Gebruik geautomatiseerde optimalisatie gereedschappen.		
		5. Constructie van voorzieningen die de stralingsbundel aanpassen • Maken en toepassen van wiggen of weefsel compensatoren indien nodig • Teken en maken van loodblokken indien nodig
7. Plan de implementatie • Voer de simulatie uit en verifieer het behandelplan. • Bereken monitor units en (implant) duur. • Maak hardcopy output • Verwerk het behandelplan in dossier en verifieer. • Stuur het behandelplan naar het bestralingsapparaat.	3.Simulatie en verificatie • Verifieer isocentrum en bestralingsveld met simulatie • Teken definitieve isocentrum en bestralingsveld in op de huid van de patiënt. • Verifieer behandelplan tijdens behandeling. Maak gebruik van megavoltfoto's (IGRT).	4.Verificatie behandelplan • Indien nodig: gebruik maken van simulator of röntgendoorlichting op bestralingsapparaat • Toepassen van stralingsdosimeters • Eventueel toepassen van fantoom

8. Controleer plan • Controleer het behandelplan op alle aspecten alvorens implementatie.		
		6.Behandeling
		7.Evaluatie na behandeling