



*instituut* **Verbeeten**

# Risico-inventarisatie en analyse stralingsbescherming

handelingen  
met de lineaire versneller (RT)

---

## *Radiotherapie 2023*

### **Versie**

1 Geheel herzien versie  
2 Omzetting Ethos Halcyon  
Breda en Den Bosch  
3 Update

### **Auteur(s)**

ERA  
ERA  
ERA

### **datum**

januari 2022  
okt 2022  
aug 2023

**Disclaimer: Dit document is alleen voor intern gebruik. Niets uit dit document mag elders worden gebruikt zonder toestemming van de Coördinerend Deskundige Stralingsbescherming.**

## Inhoud

1	Inleiding .....	3
2	Deel 1: Risico identificatie .....	4
	2.1 A: Inventarisatie bronnen.....	4
	2.2 B: Inventarisatie handelingen .....	4
	2.3 C Aantal (deel) handelingen en werknemers .....	5
	Medewerkers .....	7
	2.4 D Locatie.....	7
	2.5 E Blootstellingspaden.....	7
	2.6 F Voorziene onbedoelde gebeurtenissen .....	7
	2.7 Technische en organisatorische getroffen maatregelen.....	8
3	Deel 2 Bepaling blootstelling (Risicoberekening) .....	9
	3.1 reguliere blootstelling .....	9
	3.2 Potentiële blootstelling en kans op het zich voordoet .....	10
	3.3 Effect van persoonlijke beschermingsmiddelen.....	10
4	Deel 3 Risico-evaluatie .....	11
	4.1 Basisprincipes: rechtvaardiging en optimalisatie.....	11
	4.2 Dosislimieten .....	11
	4.3 Ruimte indeling.....	11
5	Terreingrens berekeningen .....	12
6.	Bronnen .....	16

## 1 Inleiding

In het Besluit basisveiligheidsnormen Stralingsbescherming 2018<sup>1</sup> (BbS) worden kaders gesteld voor de bescherming van medewerkers, publiek en milieu. Op basis van een risico inventarisatie dient er een indeling gemaakt te worden, waaruit blijkt of de betreffende medewerkers als blootgestelde medewerker worden ingedeeld. Een medewerker is een blootgestelde medewerker, als uit een risicoanalyse blijkt dat hij mogelijk meer dan 1 mSv effectieve dosis op jaarbasis kan ontvangen bij reguliere blootstellingen en voorziene onbedoelde gebeurtenissen. Ook dient er een indeling te worden gemaakt betreft de ruimtes van het BVI. Er zijn twee indeling categorieën van toepassing: Bewaakte zone en gecontroleerde zone. Een ruimte is een gecontroleerde zone als er een mogelijk overschrijding is 6 mSv/a (tot max. 20 mSv/a). Een ruimte is een bewaakte zone wanneer er een mogelijke overschrijding is van 1 mSv/a (tot max. 6 mSv/a). De risicoanalyse in dit rapport is uitgevoerd conform Bijlage A van het BbS.

De afdeling Radiotherapie van stichting Dr. Bernard Verbeeten Instituut (BVI), hierna te noemen 'Verbeeten', beschikt in 2022 over acht lineaire versnellers voor patiëntenbehandeling. Deze lineaire versnellers zijn verdeeld over de drie locaties van het BVI: twee in Breda, twee in Den Bosch en vier in Tilburg. Per locatie verschillen de bunker ontwerpen, maar binnen de locatie zijn ze vrijwel gelijk. In deze RIAS worden alle locaties meegenomen. Reden hiervoor is dat personeel kan wisselen tussen locaties.

Bij deze RIAS horen Excel sheets gebaseerd op het NCS model. Waar nodig zijn deze berekeningen aangevuld met metingen en literatuur waarden.

De afdeling Radiotherapie heeft een rapport geschreven dat onderdeel uitmaakt van het Kernenergiewetdossier van het BVI. De titel van dat rapport luidt: "Beveiligingsplan straling BVI 2013"<sup>2</sup>. In het Beveiligingsplan straling BVI 2013 wordt een overzicht gegeven van alle genomen bouwkundige en technische maatregelen en van de onderliggende documenten betreffende stralingsveiligheid.

---

<sup>1</sup> BesluitBasisveiligheidsnormen Stralingsbescherming 2018

<sup>2</sup> Beveiligingsplan straling BVI 2013

## 2 Deel 1: Risico identificatie

### 2.1 A: Inventarisatie bronnen

Een overzicht van deze toestellen, inclusief eigenschappen (systeemidentificatie, locatie, merk, type, jaar van ingebruikname, maximale buisspanning, en aard van de toepassing) is toegevoegd tabel 2.1.

Tabel 2.1 Overzicht versneller op verschillende vestigingen. (situatie zomer 2022)

#### **vestiging Tilburg**

Bronnen (met ruimteaanduiding/omschrijving/interne benaming; in de plattegronden van vestiging Tilburg als zodanig aangegeven):

systeem identificatie	locatie	merk	type	jaar van ingebruikname	maximale buisspanning	toepassing
Goud	(B1.N11.1)	Varian	True Beam	2012	10 MV met Cone Beam CT 140 kV	radiotherapie bestraling
Zilver	(B1.N08.1)	Varian	Clinac iX	2012	10 MV met Cone Beam CT 140 kV	radiotherapie bestraling
Fluoriet	(B1.N06.1)	Varian	Ethos	2022	6MV FFF en CT 140 kV	radiotherapie bestraling
Smaragd	(B1.N03.1)	Varian	True Beam	2018	10 MV met Cone Beam CT 140 kV	radiotherapie bestraling

#### **vestiging Breda**

Bronnen (met ruimteaanduiding/omschrijving/interne benaming; in de plattegronden van vestiging Breda als zodanig aangegeven (per febr 2023)):

systeem identificatie	locatie	merk	type	jaar van ingebruikname	maximale buisspanning	toepassing
Jade	A1.H02.1	Varian	Ethos	2023	6 MV FFF met Cone Beam CT 140 kV	radiotherapie bestraling
Onyx	A1.B02.1	Varian	Halcyon	2023	6 MV FFF met Cone Beam CT 140 kV	radiotherapie bestraling

#### **vestiging 's-Hertogenbosch**

Bronnen (met ruimteaanduiding/omschrijving/interne benaming; in de plattegronden van vestiging 's-Hertogenbosch als zodanig aangegeven(per juni 2023)):

systeem identificatie	locatie	merk	type	jaar van ingebruikname	maximale buisspanning	toepassing
Agaat	A1.D3.2	Varian	Halcyon	2023	6 MV FFF met Cone Beam CT 140 kV	radiotherapie bestraling
Topaas	A1.D4.2	Varian	Ethos	2023	6 MV FFF met Cone Beam CT 140 kV	radiotherapie bestraling

### 2.2 B: Inventarisatie handelingen

Alleen de handelingen die verricht worden door BVI-personeel zijn meegenomen in deze risicoanalyse. Alle hier beschreven handelingen zijn handelingen met toestellen.

Lineaire versnellers worden gebruikt voor therapeutische bestraling van (kwaadaardig) weefsel in patiënten. Tijdens de behandeling, waarbij de patiënt/het fantoom wordt blootgesteld aan hoge doses straling, is er geen personeel in de ruimte aanwezig. Blootstelling van personeel bij (reguliere) handelingen met de lineaire versneller betreft hierdoor altijd blootstelling aan straling die door de altijd aanwezige bouwkundige

afscherming heendringt. Bouwkundige en technische maatregelen t.b.v. stralenbescherming zijn in het Beveiligingsplan straling BVI 2013<sup>5</sup> uitgebreid beschreven. Bij de dosisberekening voor reguliere blootstelling bij de handelingen met lineaire versnellers wordt de bouwkundige afscherming meegenomen. Andere (ALARA-) maatregelen die bijvoorbeeld gericht zijn op het voorkomen dat mensen onbedoeld in de bestralingsruimte komen, worden verderop in dat document apart besproken.

Door het maken van hoog energetische bundels kunnen nucliden geactiveerd worden in de versneller zelf. Personeel dat de bunker binnenloopt na het bestralen van een patiënt kan blootgesteld worden aan deze straling. Dit is daarom als aparte handeling voorzien. Bij onderhoud en het ontmantelen van een versneller kan dit ook gebeuren. Ook dit wordt als aparte handeling beschreven. De afdeling klinische fysica doet onderhoudswerkzaamheden en QA metingen aan de versnellers. Ook worden nieuwe technieken getest op fantomen. Deze handelingen gebeuren bijna dagelijks en zijn vergelijkbaar met de handelingen van de laboranten.

Schoonmakers zijn maximaal 30 minuten per week, en buiten werktijd, fysiek in de bunkers aanwezig. De ICT'ers, het facilitaire bedrijf en de administratief-medewerkers zijn allemaal minder dan 1 uur per week in de bunker aanwezig. Zij worden gevat onder 'overigen'.

Tabel 2.2: Overzicht reguliere handelingen

Nr.	Omschrijving	Doel	Beroepsgroepen*
H1	Stralen met conebeam-CT en stralen met elektronen, stralen met fotonen - aanwezigheid in bedieningsruimte	Positieverificatie Testen/meten Opstarten systeem Therapie patiënt	BUV, RTO, KF, KFM, MID
H2	Werken (Onderhoud) nabij geactiveerde onderdelen in de kop	Onderhoud	KFM, MID extern
H3	Werken nabij geactiveerd target (Ontmantelen linac)	Decommissioning, Ontmantelen	MID
H4	Verblijf op naastgelegen locaties	Gangen Dakterras, kantine	Overigen
H5	Dakwerkzaamheden	inspectie , reparatie	Overigen

## 2.3 C Aantal (deel) handelingen en werknemers

Voor de berekeningen van de versnellers wordt uitgegaan van gegevens uit Tabel 2.3

Tabel 2.3a: Uitgangspunten risicoanalyse lineaire versneller

Uitgangspunten	Eigenschappen	uitgangspunten
Workload (WL)		600 Gy/wk
<b>Clinac(s) zonder FFF</b>		
Gebruiksfactoren	Elektronen (6-18 MeV)	0
	Fotonen (6 MV)	0.5
	Fotonen (10 MV)	0.5
<b>Truebeams met FFF</b>		
Gebruiksfactoren	Elektronen (6-18 MeV)	0
	Fotonen (6 MV)	0.2
	Fotonen (10 MV)	0.6
	FFF (6MV)	0.1
	FFF (10MV)	0.1
<b>Ethos /Halcyon</b>		
	FFF (6MV)	1

Tabel 2.3b: Uitgangspunten risicoanalyse lineaire versneller

Uitgangspunten	Eigenschappen	uitgangspunten
Richtingsfactoren	VMAT	AP, PA, LL, RL 0.25
Lekstraling		0.1% van WL 0.05 % voor Ethos / Halcyon
Verblijfsfactoren		Werkplek: 1 Gangen: 0.25 Overige: 0.1
IMRT factor		5
IMRT fractie		0.6 (1 voor Ethos/Halcyon)

Voor de gewone workload van de versnellers wordt 600 Gy/week gerekend. Uit data analyse van 2020 blijkt dat de verhouding tussen 6MV en 10 MV verschoven is naar de 6 MV (verhouding 60% 6 MV 40 % 10 MV). Omdat echter 10 MV een zwaardere belasting geeft is voor beide energieën een factor 0.5 gekozen.

De IMRT factor is 5 waardoor de totale workload boven de workload komt te liggen die in eerdere RIEs werd gebruikt. Omdat het gebruik van elektronen bundels sterk is afgenomen en omdat deze bijdrage kleiner is dan de totaal dosis dan de fotonen bundels, wordt deze factor op nul gesteld. Dit is dus een worst case scenario.

De IMRT fractie is bij de Ethos op 100 % gesteld. Dit is ook een worst case scenario, maar het ligt in de lijn der verwachting dat op dit toestel meer VMat gebruikt zal worden, dan bij een regulier toestel. De Ethos heeft een beamstopper waardoor de primaire bundel extra wordt afgeschermd. Deze factor is op 0.1% gezet. Dit is de maximale waarde die Varian zelf opgeeft. In de literatuur is een veel lagere waarde gevonden: 0.05% (Cai et al) en 0.019% (Caravani et al)

Gezien de toename van de rapid arc technieken en IMRT is voor alle richtingen een gelijke factor fr gekozen (0.25).

*Toelichting: Over 2021 zijn totaal 37202402 ME geregistreerd. Verdeeld over 6 toestellen is dan 1240 Gy/week als je uitgaat van 1 ME = cGy. Dus ruim onder deze workload.*

De hoeveelheid handelingen met de lineaire versneller verschilt per versneller en per dag. Onderstaande tabel (2.5) geeft een overzicht van de voor de risicoanalyse gebruikte gemiddelde waarden. De verschillende beroepsgroepen voeren de handeling met een andere frequentie uit, ook is de afstand tot de lineaire versneller verschillend.

Tabel 2.3c: Aantal verrichtingen

Nr.	Omschrijving	Doel	Aantal verrichtingen gemiddeld per versneller per jaar en door wie
H1	Stralen met conebeam-CT ; stralen met elektronen, stralen met fotonen, (in bedienings ruimte)	Positieverificatie	25000 (100 pat./d en 250 d/a); BUV
		Meekijken patiënt	50 (wekelijks); RTO, KF
		Testen/meten	26/a (2 wekelijks); FTT
		Opstarten systeem	250 (250 d/a); BUV
		Therapie patiënt (=100%)	27000 (40 pat./d en 250 d/a); BUV
		Meekijken patiënt (=2,5% hiervan)	250 (dagelijks, 250 d/a); RTO, KF
	Testen/meten (=10% hiervan)	1000 (4 pat/d. 1000 pat/a); FTT	
H2	werken nabij geactiveerde onderdelen	onderhoud	24 keer per jaar 2 uur per toestel (groot onderhoud)
H3	Werken nabij geactiveerd target / ontmantelen linac, eenmaal per jaar	Decommissioning, ontmantelen	4 keer per jaar 30 min
H4	Verblijf op naastgelegen locaties	werk of ander verblijf	400 uur/a; Admin 250 uur/a; Overigen
H5	werk op bunkerdak	reparatie / inspectie	4 u per jaar (30 min per bunker)

## Medewerkers

In deze risicoanalyse wordt een inschatting gemaakt voor de blootstelling aan straling als gevolg van reguliere handelingen en bij voorziene onbedoelde gebeurtenissen bij handelingen met de lineaire versneller. Het betreft de betrokken radiotherapeutisch laborant bestralingsuitvoering, klinisch fysicus, medewerker fysisch technisch team, en overigen.

Hierbij worden de volgende opmerkingen gemaakt: Voor de beroepsgroep 'schoonmakers' is alleen een potentiële blootstelling valide, die beschouwd wordt als voorziene onbedoelde gebeurtenis. Overige niet-direct bij de handeling betrokken (veelal externe) beroepsgroepen, zoals de glazenwasser/onderhoudsmonteur die op het dak van de versnellerruimte kan staan, worden begeleid door medewerker(s) FB. Hun blootstelling is in principe kleiner dan of gelijk aan FB. Het concrete geval van werken op het dak (niet aangemeld bij de coördinerend stralingsdeskundige) wordt hier beschouwd als een voorziene onbedoelde gebeurtenis. Ambulante medewerkers van het BVI kunnen zich nabij bunkers bevinden, bijvoorbeeld in de gangen. Deze RI&E bepaalt de zone-indeling van deze ruimtes.

Aantallen medewerkers in 2018 per beroepsgroep staan genoemd in het algemene document. Voor deze RIE mag de dosis niet zondermeer gedeeld worden door het aantal medewerkers. Het dosis tempo is immers aanwezig ongeacht het aantal personeelsleden. Ook is het gebruikelijk dat bij de bediening twee of drie medewerkers aanwezig zijn.

### 2.4 D Locatie

Tijdens de feitelijke behandeling (stralenbundel aan) zijn er geen mensen aanwezig in de bunker. Wel kan er iemand al 'klaar' staan in de bunkeropening. Dit is een voorzien onbedoelde handeling. Voor ontmanteling van geactiveerde onderdelen is een aparte procedure. Werkzaamheden vinden slecht voor korte duur plaats in de bunker. Daarna worden de betreffende onderdelen opgeslagen.

### 2.5 E Blootstellingspaden

De blootstellingspaden bij externe radiotherapie zijn beperkt tot externe blootstelling van het lichaam. Alleen bij de ontmanteling van een versneller kan er dosis aan extremiteiten berekend worden.

### 2.6 F Voorziene onbedoelde gebeurtenissen

Naast reguliere handelingen zijn er de voorzien onbedoelde gebeurtenissen (VOG). Hoewel deze gebeurtenissen bij externe radiotherapie niet vaak voorkomen worden willen we er toch een aantal noemen.

Tabel 2.6 VOG

Voorzien onbedoelde gebeurtenissen	reken gegevens
Achterblijven in bunker gedurende	30 sec op 2 m van bundel
In bunker opening opgesteld staan	250 u per jaar

Het achterblijven in de scanruimte gedurende een deel van de scan of behandeling. Dit is een menselijke fout, waarbij protocollen niet zijn gevolgd, een systeemfout of een fout in het interlock systeem. Hoewel deze VOG wel wordt beschreven is dit in de afgelopen twintig jaar slechts één maal gebeurd. Ondertussen zijn aanvullende maatregelen genomen. De frequentie is dus zeer laag, en daarmee hoeft hij niet verder opgenomen te worden in de RIAS. Voor de berekening is aangenomen dat de persoon op 2 m van de

bundel staat, gedurende 30 sec. Verder is gekeken naar de maximale doserate. De hoogste potentiële dosis is genoemd in dit document.

De andere VOG die is berekend is het klaar staan om het labyrint in te lopen zodra de bundel afgeslagen is. Omdat dit een 'gewoonte' zou kunnen zijn, is hiervoor 250 uur per jaar opgenomen. De frequentie is maximaal 1 keer per jaar.

## 2.7 Technische en organisatorische getroffen maatregelen

De maatregelen per versneller staan uitgebreid beschreven in het Beveiligingsplan straling BVI 2013<sup>5</sup> en zijn opgenomen in het Kernenergiwetdossier van het BVI. De organisatorische maatregelen zijn beschreven in het KF&I kwaliteitshandboek<sup>3</sup>.

Tabel 2.8: Getroffen maatregelen

Doel	Getroffen maatregelen <sup>5</sup>
Positieverificatie Meekijken patiënt Testen/meten Opstarten systeem Therapie patiënt	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Organisatorische maatregelen (procedures)</li> <li>· Deurinterlock systeem</li> <li>· Audiovisuele apparatuur voor kamers</li> <li>· Signaleringslampen en -stickers</li> <li>· Noodknoppen in ruimte en op bedieningsconsole</li> </ul>
VOG achterblijven in bunker	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Bouwkundig: 2e last man out bij in- en uitgang labyrint</li> <li>· Camera bewaking bunker</li> <li>· Organisatorische maatregelen (procedures)</li> </ul>
Decommissioning, ontmantelen	Wachttijd, opslag Geen verdere maatregelen mogelijk
Gangen Dakterras, kantine	Geen nadere maatregelen mogelijk
bunker daken	<ul style="list-style-type: none"> <li>- afgezet</li> <li>- organisatorische maatregelen (procedures)</li> </ul>

<sup>3</sup> KF&I kwaliteitshandboek



## 3 Deel 2 Bepaling blootstelling (Risicoberekening)

### 3.1 reguliere blootstelling

Bij deze gegevens horen rekenbladen 'RIE rt vlg NCS v2 'vestiging' 'jaartal' .xls ' conform het NCS model.

De afscherming van de bestralingsbunkers is gebaseerd op het werken met hoogenergetische fotonenbundels (6 en 10 MV) en is daarom zo groot dat veilig kan worden aangenomen dat de straling ten gevolge van het werken met de kV bundels van de conebeam-CT niet door de afscherming van de bunkers heen komt, noch ter plaatse van de bediening, noch ter plaatse van de bunkeropening. Bijdrage is derhalve op 0  $\mu$ Sv gezet.

De Clinac en Truebeam modellen gaan uit van 6 en 10 MV deels met FFF en een doserate van 600 ME/min of 1200 of 1400 ME/min.

De Ethos en Halcyon toestellen gaan uit van een 6MV FFF bundel met 800 ME/min.

In Tabel 3 zijn de significante dosis bijdragen genoemd uit de rekensheets.

Toestel	jaardosis mSv/a bediening	jaardosis mSv/a bunkeropening
Goud	0.22	0.36
Zilver	0.24	0.26
Fluoriet	0.03	0.26
Smaragd	0.21	0.37
Jade /Onyx	0.03	0.80
Agaat/ Topaas	0.002	0.31

Jade en Onyx zijn identieke bunkers , slechts gespiegeld. Ook Agaat en Topaas zijn dezelfde bunkers, maar niet gespiegeld. Het labirint van Agaat en Topaas heeft 1 extra bocht tov de andere bunkers. Daarom is de scatter bijdrage lager. Door de beamstopper bij Agaat en Topaas is de bundelbijdrage van de directe bundel laag.

De genoemde dosis in de bedieningsruimte is tevens de dosis die een werknemer kan oplopen bij 1 FTE werk.

In de analyse is berekend dat de MID heeft ongeveer 50 % van de tijd met onderhoud bezig is op de versnellers, en daarmee ook ongeveer 50 % van die reguliere dosis kan oplopen. Er wordt over het algemeen met 2 personen gewerkt van de 6 fte totaal. Dit is dus 2/6 van 50 %. De reguliere dosis van een MID medewerker is dan 0.04 mSv/jr. De KFM-ers doen wat minder mee met onderhoud. Hun dosis is geschat op 11 % van de totale reguliere versneller dosis = 0.03 mSv/jr.

Werken in nabijheid van geactiveerde onderdelen zorgt voor een dosis van 0.07 mSv per jaar. Datzelfde geldt voor decommissioning van het target (0.05 mSv/jr). In 2007 is gemeten in UMC Utrecht<sup>4</sup>. Van de partij geactiveerde versnelleronderdelen bedroeg het modale dosistempo minder dan 0.4  $\mu$ Sv/u, een lichte verhoging van de achtergrondstraling. Een aantal onderdelen gaf een hoger dosistempo, waarbij een

---

<sup>4</sup> Rapport straling hygiënische controle van de versnelleronderdelen na ontmanteling van de U4, U5 en de U6 in het UMC Utrecht

maximaal dosistempo werd gemeten van 12  $\mu\text{Sv}/\text{u}$  aan het oppervlak van het onderdeel. Er is sprake van een overschatting van de dosis voor het lichaam van de medewerker, omdat afstanden bron-lichaam en bron-handen in het algemeen groter zijn. Totaal komt de MID dosis daardoor op  $(0.04+0.02)$  0.06 mSv/jr

Verblijf op het bunker dak geeft een dosis van minder dan 0.01 mSv per keer. (1 uur)  
Voor 8 uur totaal is dat nog steeds  $< 0.01$  mSv.

Werken in nabijgelegen ruimtes geeft maximaal een dosis van 0.01 mSv per jaar bij 250 uur verblijf per jaar. De ruimtes om de bunkers zijn echter allemaal gangen of tuin. Daardoor zal de bezettingsfactor veel lager zijn en de dosis voor overigen dus kleiner dan 0.01 mSv / jr.

### 3.2 Potentiële blootstelling en kans op het zich voordoet

Zoals eerder aangegeven is het door alle maatregelen die zijn genomen zeer onwaarschijnlijk dat er een persoon in de bunker achterblijft en in de buurt van de stralenbundel (patiënten uitgezonderd). In de rekensheet is berekend dat dit per keer een dosis van 1.8 mSv per keer geeft voor een Truebeam (worst case). Dit wordt niet meegenomen in de dosis voor de medewerker vanwege de lage frequentie.

De andere VOG is het in de bunker opening opgesteld staan van een medewerker. Dit potentieel een dosis van max 0.80 mSv per jaar geven bij fulltime aanwezigheid. Er wordt echter van uitgegaan dat de medewerker niet gedurende de hele dag daar 'klaar staat'. Daardoor komt de berekening voor 250 u op 0.05 mSv per jaar maximaal.

### 3.3 Effect van persoonlijke beschermingsmiddelen

Bij het bepalen van de blootstelling is geen rekening gehouden met persoonlijke beschermingsmiddelen. Alle maatregelen zijn bouwkundig en organisatorisch van aard.

### 3.4 Totale dosis medewerkers

De totaal te verwachten dosis voor de verschillende medewerkers bestaat uit de reguliere dosis en de dosis uit voorzien onbedoelde gebeurtenissen.

Op basis van de bovenstaande gegeven is de inschatting als volgt bij een fulltime dienstverband:

Tabel 3.4 Maximaal te verwachten dosis per 1 FTE

medewerker	totaal dosis (mSv/jr)
MBB	0.29
FTT	0.11
overig	$<0.01$

## 4 Deel 3 Risico-evaluatie

### 4.1 Basisprincipes: rechtvaardiging en optimalisatie

Zie algemeen document.

### 4.2 Dosislimieten

De inventarisatie en berekening uit onderdelen van hoofdstuk 3 tonen aan dat er geen dosislimieten worden overschreden. De medewerkers kunnen worden ingedeeld als niet blootgesteld medewerker.

### 4.3 Ruimte indeling

Vanwege het dosis tempo en de energie van de versnellers is de dosis die opgelopen kan worden in de bunkers bij 30 sec op 1 m al boven de limiet van 1 mSv per jaar (zie VOG). Daarom zijn alle bunkers ingedeeld als gecontroleerd zone. De bedieningsruimtes zijn ingedeeld als bewaakte zone.

## 5 Terreingrens berekeningen

Voor de terreingrens berekeningen is ook het NCS format gebruikt. Hierbij wordt uitgegaan van dezelfde bundel data en aannames als verder in deze RIAS zijn gebruikt.

De berekeningen zijn gedaan op relevante punten rond het gebouw. De toegestane limiet is 100  $\mu\text{Sv}/\text{jaar}$ .

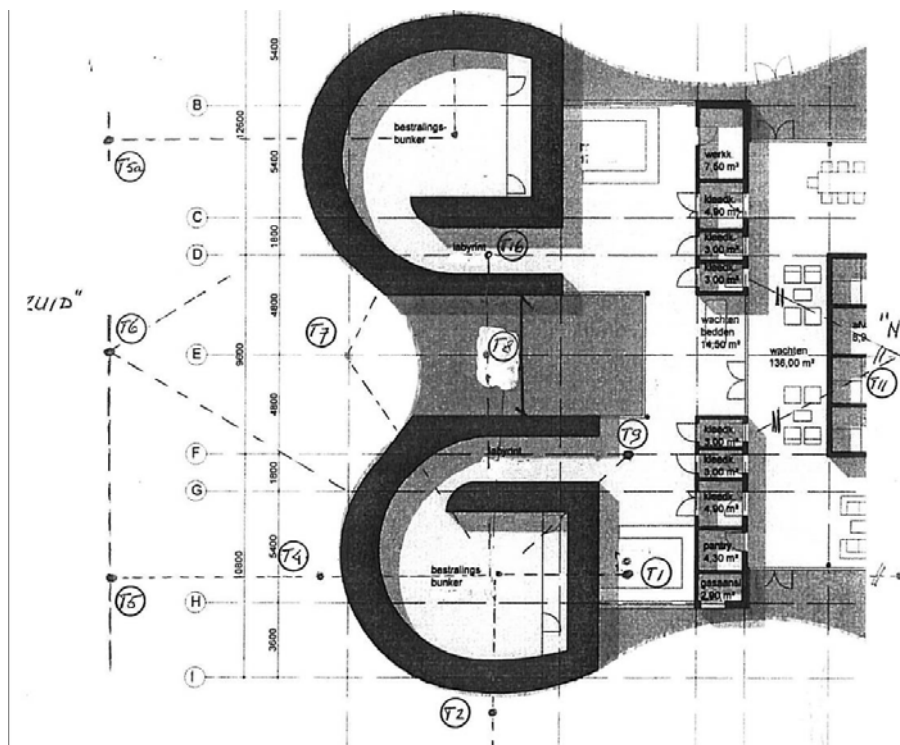
### Terreingrens vestiging Breda

De vestiging Breda is omgeven door parkeerplaatsen, een openbare weg en een taxistandplaats.

In de figuur is aangegeven op welke plek de punten zijn gedefinieerd. Daarbij geldt:

Terreingrens posities (in de plattegronden en in de spreadsheet van vestiging Breda als zodanig aangegeven)

- T3: Oostzijde gebouw, aan niet doorgaande openbare weg
- T6: Zuidzijde, bijdrage van 2 bunkers, parkeervoorziening
- T10: Westzijde gebouw, parkeervoorziening
- T11: Noordzijde gebouw, niet doorgaande weg, taxistandplaats



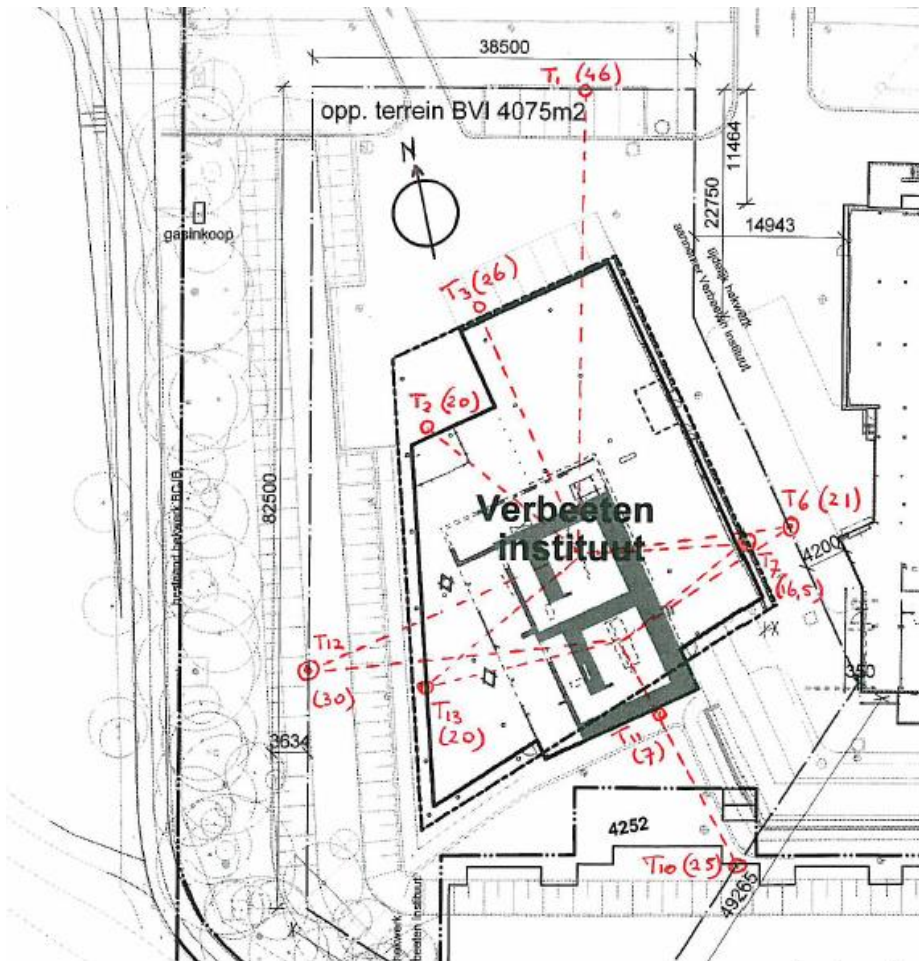
vestiging Breda

De bezettingsfactoren zijn 0.2 voor T3 en 0.01 voor alle overige punten

De vestiging Den Bosch is aan een kant aangesloten op het JBZ door middel van een loopbrug. Aan andere zijden zitten parkeervoorzieningen groenstroken en een doorgaande weg.

De berekende punten zijn:

		m van bunker	cm beton			
T1	noordzijde	46	160			
T6	oost	21	207			
T10	zuid	25	T12	west	30	210
T12	west	30	210			



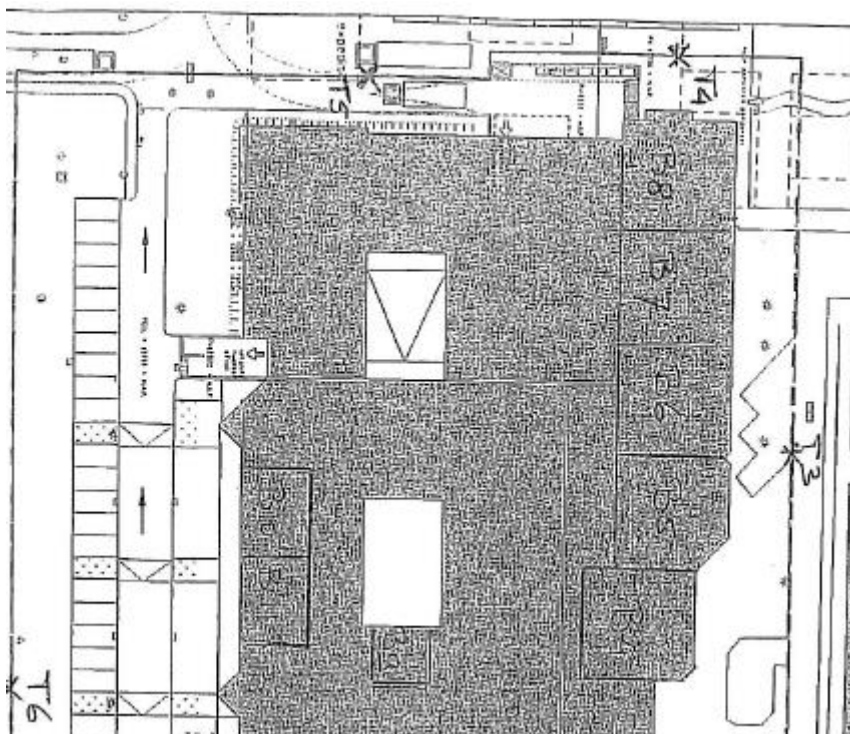
vestiging Den Bosch

Locatie Tilburg heeft de linac bunkers aan een zijde van het gebouw. Daarom zijn voor de terreingrensdosis slechts twee punten meegenomen. De overige punten worden beschreven in het algemene document over terreingrensdosis.

T4 = noordkant

T3 = oostkant grens met ETZ

De noordkant grenst aan een grasveld, waar voorheen een gebouw stond van de PaaZ. Dit is echter gesloopt. Datzelfde geldt voor het ETZ bouwdeel aan de oostkant van het Verbeeten. Hierdoor is de hele omgeving van de terreingrens die hier besproken wordt een groenvoorziening en parkeerplaats. Echter mogelijk zou er in de toekomst weer gebouwd kunnen worden.



Vestiging Tilburg

Breda

Dosis Terreingrens Breda

Terreingrensdosis Breda						
lineaire versnellers			Dosis (mSv/jaar)		ABC factor	Dosis
punt	omschrijving	bron	per bron	totaal		μSv/jr
T3	oost	Jade	0.00	0.01	0.20	0.0
		Onyx	0.00			
T6	zuid	Jade	0.00	0.005	0.01	0.05
		Onyx	0.02			
T10	west	Jade	0.00	0.003	0.01	0.03
		Onyx	0.00			
T11	noord	Jade	0.00	0.001	0.01	0.01
		Onyx	0.00			

Dosis Terreingrens Den Bosch

Terreingrensdosis Den Bosch						
lineaire versnellers			Dosis (mSv/jaar)		ABC factor	dosis (μSv/jr)
punt	omschrijving	bron	per bron	totaal		
T3	terreingrens noord	Agaat	0.00	0.00	0.01	0.0
		Topaas	0.00			
T6	terreingrens oost	Agaat	0.00	0.00	0.2	0
		Topaas	0.04			
T10	terreingrens zuid	Agaat	0.01	0.001	0.03	0
		Topaas	0.01			
T12	terreingrens west	Agaat	0.01	0.00	0.03	0
		Topaas	0.00			

Terreingrensdosis Tilburg tgv Linacs

Terreingrensdosis Tilburg						
lineaire versnellers			Dosis (mSv/jaar)			dosis
punt	omschrijving	bron	per bron	totaal	ABC	( $\mu$ Sv/jr)
T3	Terreingrens oost ETZ	Goud	0.00	0.01	0.20	1.64
		Zilver	0.00			
		Fluoriet	0.00			
		Smaragd	0.01			
T4	Terreingrens noord Smaragd	Goud	0.00	0.00	0.20	0.02
		Zilver	0.00			
		Fluoriet	0.00			
		Smaragd	0.00			

Geen van de terreingrenspunten komt boven de gestelde limiet.

## 6. Bronnen

1. 2011-02-25 stralingssurvey metingen uitwerking Smaragd, auteur: ██████████  
Survey Smaragd 2019 ██████████
2. 2010-10-24 stralingssurvey metingen uitwerking Breda, auteur: ██████████
3. 2011-07-18 stralingssurvey metingen uitwerking 's-Hertogenbosch, auteur: ██████████
4. Besluit Basisveiligheidsnormen Stralingsbescherming 2018
5. Beveiligingsplan straling BVI 2013 25 september 2013: "Beveiligingsmaatregelen en stralingsbeschermingsberekeningen voor de bestralingsruimtes van de afdeling Radiotherapie", auteur: ██████████
6. RIVM Rapport 620850001/2010. "Leidraad risicoanalyse stralingstoepassingen", auteur: ██████████
7. KF&I kwaliteitshandboek, auteur: ██████████
9. RI&E RT concept model NCS risicoanalyse radiotherapie tabblad linac BVI Tilburg,
10. RI&E RT concept model NCS risicoanalyse radiotherapie tabblad linac BVI Breda,
11. RI&E RT concept model NCS risicoanalyse radiotherapie tabblad linac BVI 's-Hertogenbosch,
12. Rapport straling hygiënische controle van de versnelleronderdelen na ontmanteling van de U4, U5 en de U6 in het UMC Utrecht, auteurs: ██████████
14. Veilig werken instructie lineaire versneller, auteur: ██████████
15. Gezondheidsraad. Persoonsdosimetrie bij beroepsmatige blootstelling aan ioniserende straling. Den Haag: Gezondheidsraad, 2008; publicatienummer 2008/07.
16. Jaaroverzicht persoonsdosimetrie NRG
17. ██████████ Characterisation of in-room leakage and scattered radiation for the Varian Halcyon linear accelerator Phys Eng Sci Med . 2021 Nov 19.
18. Cai et al Med Phys 2021;46: 3143-3150 Technical Note: Self-shielding evaluation and radiation leakage measurement of a jawless ring gantry linac with a beam stopper



***Risico Inventarisatie en -evaluatie van  
blootstelling van werknemers aan  
röntgenstraling en radioactieve stoffen  
Nucleaire Geneeskunde 2024***

Instituut Verbeeten  
Afdeling NG, locatie Tilburg

Geaccordeerd  
door Stralingsbeschermingsdeskundige



dd 11-6-2024

Handtekening

**Disclaimer: Dit document is alleen voor intern gebruik. Niets uit dit document mag elders worden gebruikt zonder toestemming van de Coördinerend Deskundige Stralingsbescherming.**

## Voorwoord

Deze risico-inventarisatie en -evaluatie is tot stand gekomen op basis van de volgende documenten:

- Regeling stralingsbescherming beroepsmatige blootstelling 2018, bijlage a, behorend bij artikel 2.1, eerste en tweede lid: Nadere eisen en elementen betreffende de risico-inventarisatie en -evaluatie
- RIAS Samenvatting, NCS, mei 2019
- Rekensheets NCS, versies 2020

### **Versiebeheer:**

Versie 1: 2024 FJS    vernieuwd voor vergunningsaanvraag

## Inhoudsopgave

Voorwoord .....	2
Inleiding .....	4
<b>Deel 1: Risico-identificatie .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 A: Inventarisatie bronnen .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2 B: Inventarisatie handelingen .....</b>	<b>5</b>
1.2.1 B1: Inventarisatie handelingen met toestellen .....	5
1.2.2. B2: Inventarisatie handelingen met ingekapselde bronnen .....	5
1.2.3. B3: Inventarisatie handelingen met open bronnen .....	5
<b>1.3 C: Aantal (deel)handelingen en werknemers .....</b>	<b>5</b>
<b>1.4 D: Locatie .....</b>	<b>6</b>
<b>1.5 E: Blootstellingspaden .....</b>	<b>6</b>
<b>1.6 F: Voorziene onbedoelde gebeurtenissen .....</b>	<b>6</b>
<b>1.7 G: Technische en organisatorische maatregelen .....</b>	<b>6</b>
<b>Deel 2: Bepalen van de blootstelling .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 A: Reguliere blootstelling .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 B: Potentiële blootstelling .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 C: Kans op het zich voordoen van potentiële blootstelling .....</b>	<b>7</b>
<b>2.4 D: Effect van persoonlijke beschermingsmiddelen .....</b>	<b>7</b>
<b>Deel 3: Risico-evaluatie .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1 A: Basisprincipes: rechtvaardiging en optimalisatie .....</b>	<b>7</b>
<b>3.2 B: Dosislimieten .....</b>	<b>8</b>
<b>3.3 C: Dosisbeperkingen .....</b>	<b>8</b>
<b>3.4 D: Identificatie van blootgestelde werknemers .....</b>	<b>8</b>
<b>3.5 E: Indeling van blootgestelde werknemers .....</b>	<b>9</b>
<b>3.6 F: Identificatie en indeling van ruimte .....</b>	<b>9</b>
<b>3.7 G: Actualiseren getroffen maatregelen .....</b>	<b>9</b>
<b>Bijlage I .....</b>	<b>10</b>
<i>Bijlage Ia: Overzicht van de aanwezige toestellen .....</i>	<i>10</i>
<i>Bijlage Ib: Overzicht van de aanwezige ingekapselde bronnen .....</i>	<i>10</i>
<i>Bijlage Ic: Overzicht van de aanwezige open bronnen .....</i>	<i>11</i>
<b>Bijlage II .....</b>	<b>11</b>
<i>Bijlage IIa: Aantal handelingen met toestellen en hoeveel en welke werknemers .....</i>	<i>11</i>
<i>Bijlage IIb: Aantal handelingen met ingekapselde bronnen en hoeveel en welke werknemers .....</i>	<i>12</i>
<i>Bijlage IIc: Aantal handelingen met open bronnen en hoeveel en welke werknemers .....</i>	<i>12</i>
<b>Bijlage III .....</b>	<b>14</b>
<i>Bijlage IIIa: Locaties van handelingen met toestellen .....</i>	<i>14</i>
<i>Bijlage IIIb: Locaties van handelingen met ingekapselde- en open bronnen .....</i>	<i>14</i>
<b>Bijlage IV .....</b>	<b>15</b>
<i>Bijlage IVa: Technische en organisatorische maatregelen en persoonlijke beschermingsmiddelen toestellen .....</i>	<i>15</i>
<i>Bijlage IVb/c: Technische en organisatorische maatregelen en persoonlijke beschermingsmiddelen ingekapselde en open bronnen .....</i>	<i>15</i>
<b>Bijlage V .....</b>	<b>16</b>
<i>Bijlage Va: Blootstelling toestellen .....</i>	<i>16</i>
<i>Bijlage Vb/c: Reguliere blootstelling en incidentele ingekapselde bronnen + open bronnen .....</i>	<i>16</i>
<b>Bijlage VI .....</b>	<b>19</b>
<i>Bijlage Via: Zone indeling Instituut Verbeeten .....</i>	<i>19</i>

## Inleiding

In dit document is de risico inventarisatie en evaluatie (RIE) van de handelingen op de afdeling Nucleaire Geneeskunde uitgewerkt.

De risicoanalyse, als onderdeel van het Kernenergiewet (KEW) dossier, wordt opgesteld voor het direct en indirect betrokken personeel. De patiënt, de belasting op de terreingrens en het gevolg van eventuele lozingen van radioactieve stoffen worden in deze RIE niet meegenomen.

De RIE is uitgevoerd volgens de “Leidraad risicoanalyse stralingstoepassingen”<sup>1</sup> van het RIVM en conform Bijlage A van het Besluit basisveiligheidsnormen Stralingsbescherming 2018<sup>2</sup> (Bbs).

De RIE is bedoeld voor medewerkers die werken met röntgenstraling en radioactieve stoffen. Individuele medewerkers kunnen op basis van hun persoonlijke verdeling van werkzaamheden (handelingen) hun risico's inschatten.

### **Op basis van de RIE is invulling gegeven aan:**

- Indeling van medewerkers (niet blootgesteld/ categorie A/ categorie B), paragraaf 3.5 'Indeling van blootgestelde werknemers'
- Indeling van ruimtes (geen/bewaakte zone/ gecontroleerde zone), paragraaf 3.6 'Identificatie en indeling van ruimte'
- Aanvullende maatregelen nodig ten aanzien van de bescherming van medewerkers, zie paragraaf 1.7 G 'Technische en organisatorische maatregelen' en 2.4 'Effect van persoonlijke beschermingsmiddelen'
- Toets of voldaan wordt aan de wetgeving met betrekking tot de dosislimieten, zie paragraaf 3.2 'Dosislimieten'
- (Aanvullende) instructies aan de betrokken werknemers, zie paragraaf 1.7 G 'Technische en organisatorische maatregelen'

---

<sup>1</sup> Leidraad risicoanalyse stralingstoepassingen RIVM 2010

<sup>2</sup> BesluitBasisveiligheidsnormen Stralingsbescherming 2018

## Deel 1: Risico-identificatie

### 1.1 A: Inventarisatie bronnen

Binnen de afdelingen NG zijn er de volgende bronnen:

- Toestellen: 3 röntgentoestellen (2 SPECT-CT's en 1 PET-CT).  
Een overzicht, inclusief eigenschappen (systeemidentificatie, locatie, merk, type, jaar van ingebruikname, maximale buisspanning, en aard van de toepassing) is toegevoegd in Bijlage Ia.
- Ingekapselde bronnen.  
Een overzicht van de aanwezige ingekapselde bronnen inclusief eigenschappen (bronnummer, nuclide, omschrijving, bergplaats en activiteit) is toegevoegd in Bijlage Ib.
- Open bronnen.  
Een overzicht van de nuclides en activiteiten is toegevoegd in Bijlage Ic.

### 1.2 B: Inventarisatie handelingen

Binnen de afdeling NG vinden de volgende handelingen met bronnen plaats:

- handelingen met toestellen, zie 1.2.1 B1.
- handelingen met ingekapselde bronnen, zie 1.2.2 B2.
- handelingen met open bronnen, zie 1.2.3 B3.

Alle deelhandelingen zijn uitgebreid beschreven in de bijbehorende rekensheets: 'Risicoanalyse bronnen NG 2024' en 'risicoanalyse CT NG 2024'. De functie van de medewerker die hoofdzakelijk betrokken is bij de (deel)handeling is weergegeven in bijlage IIa/b/c. Soms zijn er meerdere functies betrokken bij een betreffende handeling. Deze aanvullende functie(s) zijn wel meegenomen in de bijbehorende rekensheets en daar in detail inzichtelijk.

#### 1.2.1 B1: Inventarisatie handelingen met toestellen

Handelingen die worden verricht met toestellen betreffen: diagnostiek, therapie voorbereiding en kwaliteitscontrole. Bijlage IIa geeft een overzicht van alle (deel)handelingen met toestellen, de productie per handeling, functie van betrokken medewerkers en beschikbare FTE.

#### 1.2.2. B2: Inventarisatie handelingen met ingekapselde bronnen

Handelingen die worden verricht met ingekapselde bronnen zijn: diagnostiek en kwaliteitscontrole. Bijlage IIb geeft een overzicht van alle (deel)handelingen met ingekapselde bronnen, de productie per handeling, functie van betrokken medewerkers en beschikbare FTE.

#### 1.2.3. B3: Inventarisatie handelingen met open bronnen

De handelingen met open bronnen zijn in te delen in de categorieën diagnostiek, therapie en kwaliteitscontrole. Bijlage IIc geeft een overzicht van alle (deel)handelingen met open bronnen, de productie per handeling, functie van betrokken medewerkers en beschikbare FTE.

### 1.3 C: Aantal (deel)handelingen en werknemers

Dit onderdeel geeft inzicht in het aantal (deel)handelingen per jaar en hoeveel en welke werknemers hierbij blootgesteld worden. Uitgaande van totaal aantal fte werknemers dat de betreffende handeling uitvoert, ongeacht deeltijdfactor. Bijlage II geeft het overzicht van de betreffende (deel)handelingen.

Binnen de afdeling Nucleaire Geneeskunde (NG) zijn er de volgende functies werkzaam:

- NG= Nucleair Geneeskundige
- KF=Klinisch Fysicus
- KFM=Klinisch Fysische Medewerker
- MNW=Medisch Nucleair Werker

- Verpleging C-vleugel

Bij de MNW wordt een onderscheid gehanteerd of een medewerker wel of geen werkzaamheden uitvoert in het B-lab en C-lab. Indien dit van belang is, wordt dit in dit document aangegeven door achter de functie te zetten 'bereidingen' of 'geen bereidingen' resp.

#### **1.4 D: Locatie**

Dit onderdeel geeft inzicht in de locatie waar de (deel)handelingen worden verricht. Bijlage IIIa geeft het overzicht voor de vaste toestellen en Bijlage IIIb geeft het overzicht voor de ingekapselde- en open bronnen.

#### **1.5 E: Blootstellingspaden**

De blootstellingspaden bij handelingen met toestellen, ingekapselde en open bronnen zijn externe blootstelling van het lichaam, de extremiteiten en de ooglenzen. Bij open bronnen dient daarnaast rekening te worden gehouden met inwendige blootstelling en huidbesmetting.

#### **1.6 F: Voorziene onbedoelde gebeurtenissen**

Dit onderdeel geeft inzicht in de voorziene onbedoelde gebeurtenissen (VOGs) welke kunnen bijdragen aan de potentiële blootstelling van de werknemers.

Een onbedoelde gebeurtenis is voorzien als de blootstelling niet met zekerheid zal optreden maar waarvan de waarschijnlijkheid van optreden en de bijbehorende dosis van tevoren kunnen worden geschat. Gebeurtenissen die (veel) minder vaak dan eens per jaar voorkomen zijn niet meegenomen in de optelling van de medewerkersdosis. Echter, als een dergelijke gebeurtenis toch optreedt dient onverwijld de ANVS te worden geïnformeerd. Ook als de daadwerkelijke frequentie van de gebeurtenissen of de blootstelling per gebeurtenis hoger is dan aangenomen en de medewerker dosis daardoor significant toeneemt, dient de inspectie op de hoogte te worden gebracht.

Een overzicht van alle VOGs per nuclide en handeling kan teruggevonden worden in de bijbehorende rekensheets ('risicoanalyse bronnen NG 2024' en 'risicoanalyse CT NG 2024')

#### **1.7 G: Technische en organisatorische maatregelen**

Dit onderdeel geeft inzicht in de maatregelen die zijn genomen om de blootstelling te voorkomen, of indien dit niet mogelijk is, deze zoveel mogelijk te beperken. Deze maatregelen zijn onder te verdelen in:

1. Bouwkundig en technische maatregelen, zoals een Bedieningsruimte met loodafscherming en waarschuwingssignalering
2. Organisatorische maatregelen, zoals het gebruik van optimale stralingsprotocollen, en afspraken m.b.t. patiëntondersteuning indien nodig zoveel mogelijk door de begeleider
3. Persoonlijke beschermingsmiddelen, zoals een loodschort en handschoenen

De maatregelen om blootstelling te beperken bestaan onder andere uit het afstand houden tot de bron en patiënt bij het scannen, de scantijd zo kort mogelijk houden en gebruik maken van het juiste protocol.

In Bijlage IV staat een overzicht van de getroffen maatregelen.

## Deel 2: Bepalen van de blootstelling

Bij dit hoofdstuk horen de rekenbladen 'risicoanalyse bronnen NG 2024' en 'risicoanalyse CT NG 2024'.

### 2.1 A: Reguliere blootstelling

Voor elke handeling is bepaald wat de reguliere jaardosis per FTE is (lichaamsdosis, extremiteiten- en ooglensdosis), zie Bijlage Va (toestellen) en Bijlage Vb/c (ingekapselde en open bronnen)).

De jaardosis per FTE is te interpreteren als de dosis die een medewerker zou ontvangen wanneer deze gedurende een jaar, 36 uur per week de betreffende handeling uit zou voeren. Elke medewerker kan op basis van de eigen case mix (% betrokkenheid bij functie/handeling) het eigen jaartotaal bepalen.

Bij bepaling van de blootstelling is uitgegaan van de productie van 2023 zoals in IBC bekend, aangevuld met verwachtingen omtrent de aanschaf van de gallium generator en toediening van Lutetium therapie.

### 2.2 B: Potentiële blootstelling

De lichaamsdosis t.g.v. potentiële blootstelling voor alle blootstellingspaden zijn opgenomen in Bijlage V.

### 2.3 C: Kans op het zich voordoen van potentiële blootstelling

De kans wordt gedefinieerd als het aantal keer per jaar dat een potentiële blootstelling zich voor kan doen. Deze blootstelling draagt dan ook voor zoveel keer bij aan de totale blootstelling.

Voor de bepaling van deze kans bij blootstelling aan open bronnen is uitgegaan van één incident per handelingsniveau (levering, VGTM of toediening) per FTE. Voor de kans op incidentele blootstelling in de categorie toestellen is ook uitgegaan van één incident per jaar per medewerker. In de tabellen is de som van de dosisbijdrage van alle incidentele gebeurtenissen per handelingsniveau/blootstellingstype meegenomen.

### 2.4 D: Effect van persoonlijke beschermingsmiddelen

Vaste afschermingen (loodglas/loodhulsen) zijn meegenomen in blootstellingsberekening. Het effect van persoonlijke beschermingsmiddelen zijn niet meegenomen in de indeling van medewerkers.

Om tot de daadwerkelijke blootstelling te komen (persoonlijke lichaamsdosis) bij handelingen waarbij gewerkt wordt met persoonlijke beschermingsmiddelen, zoals een loodschort, dient voor het gebruik hiervan te worden gecorrigeerd. Voor het gebruik van een loodschort kan een factor 0,2 worden aangehouden bij A werkers.

## Deel 3: Risico-evaluatie

### 3.1 A: Basisprincipes: rechtvaardiging en optimalisatie

De handelingen die leiden tot medische blootstelling zijn onderdeel van algemeen aanvaarde methodes voor diagnostiek en therapie m.b.v. ioniserende straling, waarbij de afweging is gemaakt tussen de potentiële gezondheidsvoordelen en gezondheidsschade voor de blootgestelde personen. Handelingen met ioniserende straling in het kader van wetenschappelijk onderzoek vinden alleen plaats na goedkeuring door een METC.

Omdat overmatige blootstelling aan ioniserende straling gezondheidsschade tot gevolg kan hebben, dient elke stralingsgerelateerde handeling gerechtvaardigd te worden. Individuele rechtvaardiging van de medische blootstelling wordt beoordeeld door de verwijzer en de medisch deskundige

verantwoordelijk voor de specifieke blootstelling (in dit geval de nucleair geneeskundige). Een medisch deskundige dient in het bezit te zijn van een diploma op het gebied van stralingshygiëne.

Er wordt gewerkt volgens vastgestelde protocollen en procedures. Deze procedures zijn opgenomen in het kwaliteitssysteem. Deze procedures worden jaarlijks beoordeeld en zo nodig aangepast. De protocollen zijn er op gericht om met een zo laag mogelijke dosis klinisch relevante beeldkwaliteit en/of therapeutisch effect te realiseren. Bestaande Diagnostische Referentie Niveaus (DRN's) worden periodiek getoetst en bij afwijking worden passende maatregelen getroffen.

Aan alle apparatuur wordt periodiek onderhoud uitgevoerd. Kwaliteitscontroles vinden periodiek plaats uitgaande van (inter-)nationale richtlijnen.

Bij vervanging van toestellen vindt training aan de gebruikers plaats door de leverancier, conform het convenant medische technologie. Deze training wordt vastgelegd. Nieuwe medewerkers volgen een inwerkperiode waarbij ze ingewerkt worden door collega's.

### 3.2 B: Dosislimieten

De inventarisatie en berekeningen van de reguliere blootstelling, weergegeven in Bijlage V, tonen aan dat er geen dosislimieten worden overschreden wanneer een medewerker 36 uur per week de betreffende functie uit zou voeren. Wanneer medewerkers verschillende werkzaamheden zou combineren (bv. een MNW'er die zowel 'bereidingen' als 'geen bereidingen' werkzaamheden uitvoert), worden er ook geen dosislimieten overschreden. In alle gevallen blijft de dosis (ruim) onder de dosislimieten gesteld in artikel 7.34 van het Bbs.

De effectieve dosis, van reguliere blootstelling inclusief potentiële blootstelling, kan de dosislimieten echter overschrijden voor de extremiteitendosis. Dit is het geval bij de medewerker categorie 'MNW bereidingen'. Hierbij dient rekening gehouden te worden met:

- Uitgaande van een 'worst case scenario' voor iedere handeling.
- De dosis is gebaseerd op 1 fte. De medewerkers uit categorie 'MNW bereidingen' doet nooit 1 fte aan handelingen op het lab. Er is altijd een combinatie van werkzaamheden (gemiddeld: 0.5 fte 'MNW geen bereidingen' en 0.5 fte 'MNW bereidingen').
- De VOG's zijn gebaseerd op het aantal keer dat de VOG voorkomt per jaar bij 1 fte werkzaamheden per laborant. VOG's worden niet verdeeld door het aantal laboranten die de werkzaamheden verrichten. In praktijk zal deze verdeling over het aantal medewerkers er wel zijn omdat het niet reëel is dat iedere VOG voor iedere medewerker optreedt.
- Het effect van persoonlijke beschermingsmiddelen, zoals het dragen van handschoenen in de LAF-kast, bij toediening en bij het opruimen van besmettingen, zijn niet meegenomen in de reguliere en potentiële blootstellingsberekeningen.

### 3.3 C: Dosisbeperkingen

De TLD badge-uitslagen worden maandelijks gecontroleerd. Indien een medewerker een uitzonderlijke uitslag heeft of de medewerker de limiet voor B werker nadert worden maatregelen genomen.

### 3.4 D: Identificatie van blootgestelde werknemers

Zodra een of meer dosiswaarden de limieten, zoals gesteld in artikel 7.3 Bbs (Nederlandse Overheid, 2018), overschrijdt, dient men ingedeeld te worden als blootgestelde medewerker.

Vanuit de dosisberekeningen in de desbetreffende rekenbladen 'risicoanalyse bronnen NG 2024' en 'risicoanalyse CT NG 2024', en de weergegeven dosistabellen per functiecategorie in Bijlage V, is vastgesteld welke functies geïdentificeerd worden als blootgestelde medewerker.



Aangezien de NG, KFM/KF, en MNW, vanwege de benoemde VOGs, boven de limieten van een niet-blootgestelde medewerker uit kan komen, zijn deze functies geclassificeerd als 'blootgestelde medewerker'. De verpleging C-vleugel komt hier niet bovenuit, en is daardoor geclassificeerd als niet-blootgestelde medewerker.

Iedere medewerker die handelingen met toestellen of bronnen uitvoert kan op basis van Bijlage V, en zijn of haar werkzaamheden, zijn eigen jaardosis aanvullend uitrekenen.

### **3.5 E: Indeling van blootgestelde werknemers**

Op de afdeling Nucleaire Geneeskunde zijn de functiegroepen: NG, KF/KFM en MNW ingedeeld als blootgestelde medewerker categorie B. Dit omdat de extremitetendosis en/of de lichaamsjaardosis boven de limieten van een niet-blootgestelde medewerker kan komen, maar onder de limieten van een medewerker categorie A zullen blijven. De categorie 'verpleging C-vleugel' valt in de niet-blootgesteld medewerkers groep.

### **3.6 F: Identificatie en indeling van ruimte**

Op basis van potentieel besmettingsgevaar zijn zowel het B- en C-lab, de prikkamers, de fietskamer en alle scannerruimtes (Tulp, Roos en Anjer) zijn ingedeeld als gecontroleerde zones. Daarnaast is de gehele PET-unit ingedeeld als gecontroleerde zone, i.v.m. toedienkamers en de wachtkamer waar patiënten die reeds ingespoten zijn met radiofarmaca een half uur wachten. Ook de therapiekamers op de C-vleugel zijn ingedeeld als gecontroleerde zone.

Voor de opslagruimten van afval geldt over het algemeen een bewaakte zone. Dit heeft te maken met een kleinere hoeveelheid dosis en de bezettingsgraad van deze ruimtes.

Zie Bijlage VI voor een plattegrond van alle bewaakte (oranje-gemarkeerd) en gecontroleerde zones (rood-gemarkeerd).

### **3.7 G: Actualiseren getroffen maatregelen**

Tijdens handelingen dient men de stralingsbeschermingsregels in acht te nemen. Deze komen dan ook aan bod tijdens de inwerkprocedure. Middels periodieke bij- en nascholing kan de kennis over de te nemen maatregelen actueel gehouden worden.

Tot slot wordt de risico inventarisatie en -evaluatie regelmatig, maar in ieder geval eens per 5 jaar, herzien. Ook substantiële veranderingen in handelingen, werkwijze of productie kunnen aanleiding geven om de RIE te herzien.

## Bijlage I

### Bijlage Ia: Overzicht van de aanwezige toestellen

Toestel	Locatie	Merk	Type	Jaar van ingebruikname	Maximale buisspanning	Toepassing
Tulp	A2.D09.1	Siemens	Symbia-T2	2009	140 kV	SPECT en CT onderzoek
Roos	A2.B15.1	Siemens	Symbia-T	2013	140 kV	SPECT en CT onderzoek
Anjer	D2.05.1	Siemens	Biograph Vision 600	2018	140 kV	PET en CT onderzoek

### Bijlage Ib: Overzicht van de aanwezige ingekapselde bronnen

Afdeling NG locatie Tilburg (21-07-2023)

Voorraad nucliden Nucleaire Geneeskunde op:							21-07-2023	
Nuclide	Kalibratie-datum	Kalibratie-activiteit	T 1/2	T 1/2 eenheid	Verval	Huidige activiteit	Omschrijving	Lokatie
Na-22	01-12-2018	0.37	2.603	Jaren	0.29	0.108	Schijfbron	Kluis PET-CT (Anjer)
Na-22	01-12-2018	0.37	2.603	Jaren	0.29	0.108	Schijfbron	Kluis PET-CT (Anjer)
Na-22	01-12-2018	0.37	2.603	Jaren	0.29	0.108	Schijfbron	Kluis PET-CT (Anjer)
Co-57	08-07-2022	4.0	271.79	Dagen	0.38	1.5	Markerpen	Kluis prikruimte
Co-57	03-07-2022	3.7	271.79	Dagen	0.38	1.4	Markerpen	Kluis prikruimte
Co-57	01-05-2022	1.85	271.79	Dagen	0.32	0.6	Ijkbron (punt)	Kluisruimte C-vleugel
Co-57	01-05-2023	1.85	271.79	Dagen	0.81	1.5	Ijkbron (punt)	Tulp
Co-57	14-07-2022	370	271.79	Dagen	0.39	143	Floodsource	Prikruimte
Co-57	01-04-2018	197.2	271.79	Dagen	0.01	1	Kalibratiebron Iris	Kluisruimte C-vleugel
Co-57	01-03-2023	1.85	271.79	Dagen	0.70	1	Ijkbron (punt)	Roos
Co-60	01-04-2018	1.884	5.272	Jaren	0.50	0.938	Kalibratiebron Iris	Kluisruimte C-vleugel
Cs-137	01-04-2018	7.444	30.17	Jaren	0.89	6.6	Kalibratiebron Iris	Kluis prikruimte
Cs-137	01-02-2009	8.318	30.17	Jaren	0.72	5.965	Ijkbron Veenstra	B-laboratorium
Gd-153	01-08-2022	370	242.00	Dagen	0.36	134	Ijkbron (lijn)	Roos
Gd-153	03-10-2022	370	242.00	Dagen	0.43	161	Ijkbron (lijn)	Tulp
Ge-68	01-12-2020	48.90	270.80	Dagen	0.09	4	Ijkbron (lijn)	Kluis PET-CT (Anjer)
Ge-68	01-12-2020	48.90	270.80	Dagen	0.09	4	Ijkbron (lijn)	Kluis PET-CT (Anjer)
Ge-68	17-07-2022	111.00	270.80	Dagen	0.39	43	Kalibratiebron/ton	Ton-Kluis PET-CT (Anjer)

## Bijlage Ic: Overzicht van de aanwezige open bronnen

o.b.v. IBC overzicht 2023 incl. voorspelde groei (o.a. Ga-68 generator / Lutetium therapie).

Isotoop	Amax per jaar in lab [MBq]	Amax per keer in lab [MBq]	Amax per jaar buiten lab	Amax per keer buiten lab [MBq]	Locatie toediening
F-18	2215000	12000	2215000	1700	PET voorbereiding
Ga-68	202000	900	90500	1700	PET voorbereiding
I-123	12000	900	12000	900	Prikkamers alg
I-131					
diagnostisch	5000	470	5000	470	Prikkamers alg
I-131 klinisch	92000	9300	92000	7400	therapie kamers
I-131 poliklinisch	29000	1300	29000	1000	Prikkamers alg
In-111	600	100	600	100	SPECT ruimte
Ra-223	500	20	500	20	Prikkamers alg
Sm-153	44000	9300	44000	7400	Prikkamers alg
Tc-99m totaal	12686000	80000	7125000	1140	Prikkamers alg
waarvan Tc-99m pertechneet	12629000	80000	58500	260	Prikkamers alg
waarvan Tc-99m anders	57000	14600	5393510	1140	Prikkamers alg + SPECT
waarvan Tc-99m cardiac stress			1672990	1140	Fietskamer
Th-201	937500	150	937500	150	Prikkamers alg
Y-90	40000	2000	40000	2000	Prikkamers alg
Lu-177	1477000	25000	1477000	25000	therapie kamers
Lu-177m bijproduct	37	13	37	13	therapie kamers

## Bijlage II

### Bijlage IIa: Aantal handelingen met toestellen en hoeveel en welke werknemers

Handeling	Deelhandeling	Frequentie (# procedures/jaar)	Betrokken functie	fte werknemer per functie
Diagnostiek / therapie voorbereiding	CT bij PET	2667	MNW-er	12,17
Diagnostiek / therapie voorbereiding	CT bij SPECT (Roos)	1803	MNW-er	12,17
Diagnostiek / therapie voorbereiding	CT bij SPECT (Tulp)	1339	MNW-er	12,17
QC CT (jaarlijks)	CT bij PET of SPECT-CT	3	KF/KFM	1

QC CT (daily)	CT bij PET of SPECT-CT	750	MNW'er	12,17
---------------	------------------------	-----	--------	-------

### Bijlage IIb: Aantal handelingen met ingekapselde bronnen en hoeveel en welke werknemers

Handeling	Verrichting	Handelingen [aantal/jaar] 2023	Betrokken functie*	Fte per functie	Aantal medewerkers per functie
Diagnostiek	Co-57 floodsource diagnostiek	1010	MNW'er geen bereiding	12.17	13
Diagnostiek	Co-57 penpointer diagnostiek - laborant	1687	MNW'er geen bereiding	12.17	13
Diagnostiek	Co-57 penpointer diagnostiek - arts	110	NG-arts	4	4
QC	Dagelijkse controle (QC) dosiskalibratoren – Cs137 bottle	780	MNW'er bereiding	2	6
QC	PET-CT calibratie ton QC (cross-kalibratie)	1	KF/KFM	1	1
veegproef	Co-57 floodsource	1	KF/KFM	1	1
veegproef	Co-57 penpointer / markerpen	2	KF/KFM	1	1
veegproef	Cs-137 bottle (Iris/dosiskalibrator Veenstra)	2	KF/KFM	1	1
veegproef	Ge-68 calibratieton PET-CT	1	KF/KFM	1	1
veegproef	Na-22 schijfbron	3	KF/KFM	1	1
veegproef	Ge-68 lijnbron	2	KF/KFM	1	1

NB: In bovenstaande tabel is enkel de functie genoemd die hoofdzakelijk betrokken is bij de verrichting. In de rekensheet zijn alle betrokken functies per verrichting meegenomen.

### Bijlage IIc: Aantal handelingen met open bronnen en hoeveel en welke werknemers

Handeling	Verrichting	Handelingen [Aantal/jaar]	Betrokken functie	Fte per functie	Aantal medewerkers per functie
Diagnostiek	123 Jodium uptake capsule	0	MNW'er	12.17	13
Diagnostiek	Aspiratiescan	2	MNW'er	12.17	13
Diagnostiek	Bijschildklier MIBI	1	MNW'er	12.17	13
Diagnostiek	Botscan	367	MNW'er	12.17	13
Diagnostiek	Botscan dynamisch	117	MNW'er	12.17	13
Diagnostiek	Botscan dynamisch bloodpool	22	MNW'er	12.17	13
Diagnostiek	Botscan kind	6	MNW'er	12.17	13

Diagnostiek	Cysternografie dynamisch	6	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Ejectiefractie	116	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Hart- amyloidose scan	8	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Hartscan insp. Regadenoson	47	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Hartscan inspanning	317	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Hartscan inspanning adenosine	1087	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Hartscan inspanning dobutamine	23	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Hartscan rust	1421	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Hersenscan (Datscan)	23	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Lever en miltscan (inkoop)	1	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Longperfusie	117	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Lymfeklierscan	4	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Maagontleding	48	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Maagontleding vloeibaar	7	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Meckelsdivertikel	2	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Neustrilhaarscan	2	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Nierscan	17	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Nierscan kind	7	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	PET-CT	1914	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	PET-CT handmatig	957	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	PET-CT Iris	957	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	PET-CT Bijnier	32	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	PET-CT FES	2	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	PET-CT NaF	0	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	PET-CT PSMA-11	300	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	PET-CT RT	144	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	PET-CT dotatoc	50	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	PET-CT hersenen	11	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	PET-CT hersenen flutemetamol	1	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	PET-CT myocard	10	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	PET-CT snel scan	297	MNW-er	12.17	13
QC	QC 1 cupje van 1 MBq (com)	8	MNW (bereidingen)	2	2
QC	QC FDG	7	MNW (bereidingen)	2	2
QC	QC op verzoek	13	MNW (bereidingen)	2	2
Therapie	Radium therapie	21	NG	4	4
Diagnostiek	Reinjectie botscan	3	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Reinjectie ejectiefractie	1	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Reinjectie hartscan	4	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Reinjectie longperfusie	1	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Renogram	123	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Renogram kind	15	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	SN mamma man O	1	MNW-er	12.17	13

Diagnostiek	SN mamma ocht. OK 0,5 ml	354	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	SN mamma ocht. OK 1,5 ml	351	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	SN mamma reinjectie ocht. OK	47	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	SN melanoom middag OK	9	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	SN melanoom ochtend	248	MNW-er	12.17	13
Therapie	Samarium therapie	0	NG	4	4
Diagnostiek	Schildklier perchlooraat	2	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Schildklier perchlooraat ref	2	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	schildklier referentie uptake	52	MNW-er	12.17	13
Therapie	Schildklier therapie	29	NG	4	4
Therapie	Schildklier therapie benigne	15	NG	4	4
Therapie	Schildklier therapie low risk	6	NG	4	4
Therapie	Schildklier therapie maligne	4	NG / MNW / verpleging / KF/KFM	4	4
Therapie	Schildklier therapie na I-123	10	NG / MNW / verpleging / KF/KFM	4	4
Diagnostiek	Schildklier uptake	59	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Schildklierscan Tc-99m	110	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Schildklierscan I-123	10	MNW-er	12.17	13
Diagnostiek	Speurdosis	18	MNW-er	12.17	13
Therapie	Lu-177 PSMA therapie	60	NG / MNW / KF/KFM / verpleging	4	4
QC	PET EARL Calibratie	4	KFM/KF	1	1
QC	PET EARL ImageQC	1	KFM/KF	1	1
QC	Lineariteitstest Iris + FDG kast	2	MNW (bereidingen)	2	6
QC	Lineariteitstest Tc-kast	1	MNW (bereidingen)	2	6

NB: In bovenstaande tabel is enkel de functie genoemd die hoofdzakelijk betrokken is bij de verrichting. In de rekensheet zijn alle betrokken functies per verrichting meegenomen.

## Bijlage III

### Bijlage IIIa: Locaties van handelingen met toestellen

Voor handelingen met vaste toestellen wordt verwezen naar Bijlage 1A. Handelingen met mobiele toestellen zijn niet van toepassing voor de afdeling Nucleaire Geneeskunde.

### Bijlage IIIb: Locaties van handelingen met ingekapselde- en open bronnen

Voor bergplaats wordt verwezen naar Bijlage 1B. De locaties, waar handelingen met open bronnen plaatsvinden, staan in onderstaande tabel.

Handeling	Locatie	Ruimtenummer(s)
Elutie, Bereiding, optrekken spuiten, kwaliteitscontroles	B-laboratorium	A2.C10.3
Ontvangst, inruimen Iris-injector, kwaliteitscontroles	C-laboratorium	A2.B11.1

Toediening diagnostisch + therapie poliklinisch	Prikkruimtes	A2.A09.1/A2.B09.1/A2.C09.1
Toediening diagnostisch	PET toedienruimtes	D2.B05.1/D2.B06.1/ D2.C06.1/D2.C05.3
Toediening diagnostisch (hartonderzoeken inspanning)	Fietskamer	A2.C12.1
Toediening diagnostisch	SPECT-CT scanruimten	A2.E09.1/ A2.B15.1
Uitvoeren kwaliteitscontroles	SPECT-CT's, PET-CT	A2.E09.1/ A2.B15.1/ D2.C03.1
Toediening, therapie klinisch	Therapiekamers (C105 en 106)	C1.R24.1 / C1.S24.1
Opslag afval	Halveringstanks + opslag afval therapiepatient (kelder C-vleugel)	C0.R28.1
Opslag afval	T.b.v. afval diagnostiek en therapie afkomstig uit B-lab en prikkamers afdeling NG (afvalkelder B-lab)	A0.F.10.1 (gang), A0.F09.1 (opslagruimte afval), A0.E09.1 (tankruimte)

## Bijlage IV

### Bijlage IVa: Technische en organisatorische maatregelen en persoonlijke beschermingsmiddelen toestellen

Handeling <sup>1,2</sup>	Getroffen maatregelen
Diagnostiek	Bouwkundige maatregelen (minimaal 2 mm lood); beton Afscherming bedieningsruimte Beperken blootstellingstijd Afstand Waarschuingsstickers Signaleringslampen Deurinterlock Camera bewaking Noodknoppen Organisatorische maatregelen (procedures) Loodschort bij CT (indien noodzakelijk bij patient in ruimte)

### Bijlage IVb/c: Technische en organisatorische maatregelen en persoonlijke beschermingsmiddelen ingekapselde en open bronnen

Handeling	Getroffen maatregelen <sup>1,2,3</sup>
Levering	Afscherming Waarschuingsstickers Gebruiken handschoenen Ruimte monitoring Frequent afnemen van veegproeven van bronnen Monitoren ventilatievoud en druk in B- en C-lab
VTGM	LAF-kast Loodafscherming Gebruik van beschermende kleding (incl. handschoenen)

	Gebruik van celstofmatje voor makkelijk verwijderen van besmetting Ruimte monitoring Frequent afnemen van veegproeven in ruimtes en bronnen Monitoren ventilatievoud en druk in B- en C-lab
Toedienen	Gebruik Iris-injector (automatisch uitvul- en toediensysteem) Gebruik loodhulsen en PET 'bootje' Infuussysteem ter voorkoming van prik-incidenten Gebruik handschoenen en celstofmatje Frequent afnemen van veegproeven in ruimtes en bronnen Afgeschermd toedienruimtes met waarschuwingstickers

[1] Het minimaliseren van tijd en afstand bij handelingen met radioactieve stoffen

[2] Het gebruik van elektronische persoonsdosimeter en besmettingscontroles na afloop van handelingen (o.a. hand-voet-kleding monitor en besmettingsmonitoren) bij verdenking van een besmetting, geldt voor alle handelingen.

[3] Het opvolgen van organisatorische maatregelen (procedures) geldt voor alle handelingen.

## Bijlage V

### Bijlage Va: Blootstelling toestellen

Medewerkers Nucleaire Geneeskunde							
		Jaardosis lichaam / FTE (mSv)			Jaardosis extremiteiten / FTE (mSv)		
		Regulier	Potentieel	Totaal	Regulier	Potentieel	Totaal
Categorie toestel	Categorie medewerker						
PET-CT	MBB-er NG	0,000	0,012	0,012	0,000	0,012	0,012
SPECT-CT (Tulp)	MBB-er NG	0,000	0,004	0,004	0,000	0,004	0,004
SPECT-CT (Roos)	MBB-er NG	0,001	0,007	0,008	0,001	0,007	0,008

		MBB-er NG - CT 1 fte		MBB-er NG, scenario: 2 dagen PET, 1 dag Roos, 1 dag Tulp		
Categorie toestel	Categorie medewerker	Jaardosis lichaam / FTE (mSv)	Jaardosis extremiteiten / FTE (mSv)	Uur / week werkzaam op toestel	Jaardosis lichaam (mSv)	Jaardosis extremiteiten (mSv)
PET-CT	MBB-er NG	0,012	0,012	18	0,006	0,006
SPECT-CT (Tulp)	MBB-er NG	0,004	0,004	9	0,001	0,001
SPECT-CT (Roos)	MBB-er NG	0,008	0,008	9	0,002	0,002
				<b>Totaal</b>	<b>0,006</b>	<b>0,006</b>

### Bijlage Vb/c: Reguliere blootstelling en incidentele ingekapselde bronnen + open bronnen

Medewerker type: MNW (geen bereidingen)					
Blootstellingstype	Extremiteite n jaardosis	Lichaams jaardosis	Ooglens jaardosis	Inwendige volgdosis	Huid dosis per cm2
	[mSv]	[mSv]	[mSv]	[mSv]	[mSv]
<b>Niveau Reguliere handelingen</b>					
Levering	0,00	0,00	0,00	0,00	
VTGM	0,00	0,00	0,00	0,00	
Toediening	45,91	0,95	1,04	0,00	



<b>Totaal</b>	<b>45,91</b>	<b>0,95</b>	<b>1,04</b>	<b>0,00</b>	
<b>Voorziene onbedoelde gebeurtenissen</b>					
Levering	0,00	0,00	0,00	nvt	nvt
VTGM	0,00	0,00	0,00	nvt	nvt
Toediening	94,43	0,00	0,00	0,02	0,00
<b>Totaal</b>	<b>94,43</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,02</b>	<b>0,00</b>

<b>Medewerker type: MNW (bereidingen)</b>					
<b>Blootstellingstype</b>	<b>Extremiteite n jaardosis</b>	<b>Lichaams jaardosis</b>	<b>Ooglens jaardosis</b>	<b>Inwendige volgdosis</b>	<b>Huid dosis per cm2</b>
	<b>[mSv]</b>	<b>[mSv]</b>	<b>[mSv]</b>	<b>[mSv]</b>	<b>[mSv]</b>
<b>Niveau Reguliere handelingen</b>					
Levering	7,86	0,35	0,38	0,00	
VTGM	118,79	0,21	0,23	0,00	
Toediening	0,02	0,00	0,00	0,00	
<b>Totaal</b>	<b>126,67</b>	<b>0,57</b>	<b>0,61</b>	<b>0,00</b>	
<b>Voorziene onbedoelde gebeurtenissen</b>					
Levering	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
VTGM	37,45	0,00	0,00	0,00	0,00
Toediening	7,80	0,07	0,00	nvt	nvt
<b>Totaal</b>	<b>45,34</b>	<b>0,07</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

<b>Medewerker type: KF/KFM</b>					
<b>Blootstellingstype</b>	<b>Extremiteite n jaardosis</b>	<b>Lichaams jaardosis</b>	<b>Ooglens jaardosis</b>	<b>Inwendige volgdosis</b>	<b>Huid dosis per cm2</b>
	<b>[mSv]</b>	<b>[mSv]</b>	<b>[mSv]</b>	<b>[mSv]</b>	<b>[mSv]</b>
<b>Niveau Reguliere handelingen</b>					
Levering	0,00	0,00	0,00	0,00	
VTGM	0,00	0,01	0,01	0,00	
Toediening	0,31	0,02	0,02	nvt	
<b>Totaal</b>	<b>0,31</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>	<b>0,00</b>	
<b>Voorziene onbedoelde gebeurtenissen</b>					
Levering	0,00	0,00	0,00	nvt	nvt
VTGM	0,06	0,00	0,00	nvt	nvt
Toediening	nvt	nvt	nvt	nvt	0,00
<b>Totaal</b>	<b>0,06</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

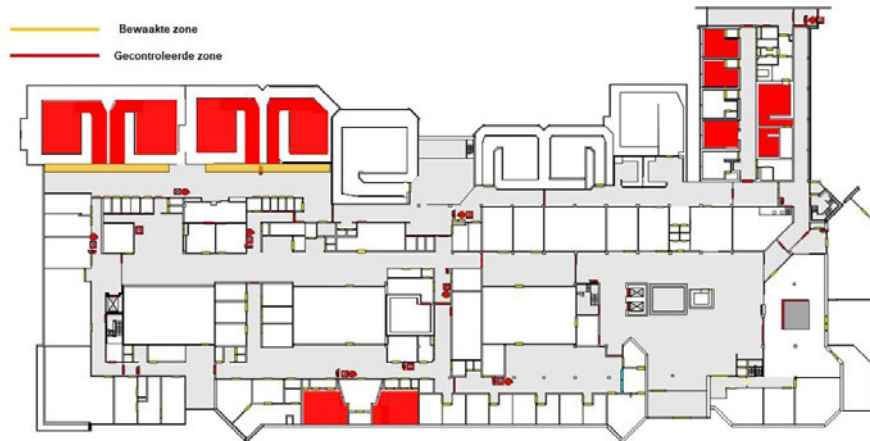
<b>Medewerker type: Nucleair Geneeskundige</b>					
<b>Blootstellingstype</b>	<b>Extremiteite n jaardosis</b>	<b>Lichaams jaardosis</b>	<b>Ooglens jaardosis</b>	<b>Inwendige volgdosis</b>	<b>Huid dosis per cm2</b>
	<b>[mSv]</b>	<b>[mSv]</b>	<b>[mSv]</b>	<b>[mSv]</b>	<b>[mSv]</b>
<b>Niveau Reguliere handelingen</b>					
Levering	0,00	0,00	0,00	0,00	
VTGM	0,00	0,00	0,00	0,00	
Toediening	0,20	0,09	0,11	0,00	
<b>Totaal</b>	<b>0,20</b>	<b>0,09</b>	<b>0,11</b>	<b>0,00</b>	
<b>Voorziene onbedoelde gebeurtenissen</b>					
Levering	0,00	0,00	0,00	nvt	nvt
VTGM	0,00	0,00	0,00	nvt	nvt
Toediening	86,89	0,01	0,01	0,02	0,00
<b>Totaal</b>	<b>86,89</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,00</b>

<b>Medewerker type: Verpleging C-vleugel</b>					
<b>Blootstellingstype</b>	<b>Extremiteite n jaardosis</b>	<b>Lichaams jaardosis</b>	<b>Ooglens jaardosis</b>	<b>Inwendige volgdosis</b>	<b>Huid dosis per cm2</b>
	<b>[mSv]</b>	<b>[mSv]</b>	<b>[mSv]</b>	<b>[mSv]</b>	<b>[mSv]</b>
<b>Niveau Reguliere handelingen</b>					
Levering	nvt	nvt	nvt	nvt	
VTGM	nvt	nvt	nvt	nvt	
Toediening	nvt	nvt	nvt	nvt	
<b>Totaal</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	
<b>Voorziene onbedoelde gebeurtenissen</b>					
Levering	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
VTGM	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
Toediening	47,42	0,07	0,00	0,02	0,00
<b>Totaal</b>	<b>47,42</b>	<b>0,07</b>	<b>0,08</b>	<b>0,02</b>	<b>0,00</b>

## Bijlage VI

### Bijlage Via: Zone indeling Instituut Verbeeten

#### Begane grond (therapiekamers NG)



Begane grond

De therapiekamers zijn rechtsboven te vinden.

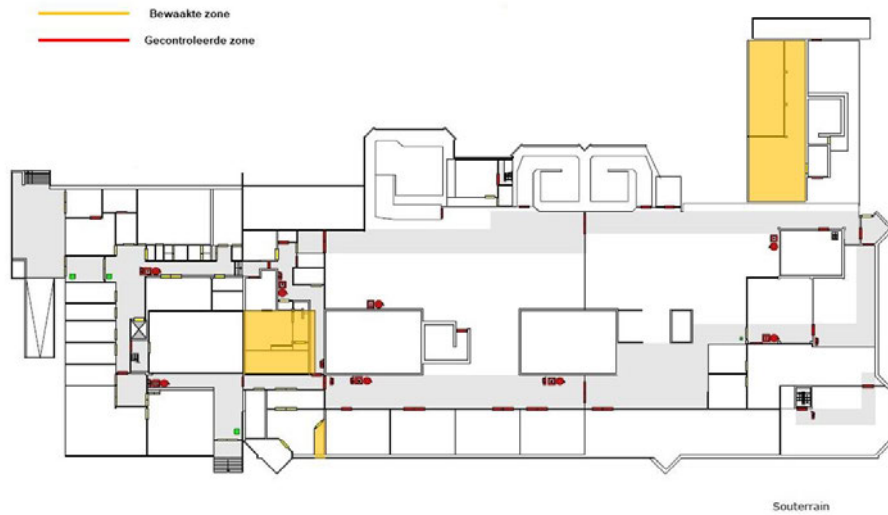
#### 1e verdieping (afdeling NG)



1e verdieping

De PET-CT ruimtes zijn te vinden links onderin. Daarnaast zijn de twee SPECT-CT scanruimten, de fietskamer, de prikrumten en het B- en C-lab ook rood gemarkeerd.

## Kelder (afvalruimten NG)



In de kelders wordt het afval opgeslagen afkomstig van diagnostiek en/of therapie. Ook worden daar enkele ingekapselde bronnen bewaard.