

## Stappenplan

Het stappenplan voor de risico-inventarisatie en -evaluatie bestaat uit het (ten minste) uitwerken van de vragen gesteld in de volgende 'eisen en elementen betreffende de risico-inventarisatie en -evaluatie' (bijlage A van de Regeling).

### Stap 1. Risico-identificatie

*In de eerste stap worden de handelingen met ioniserende straling (hier radioactieve stoffen) beschreven en wordt nagegaan wat er mis kan gaan bij deze handelingen. Daarnaast wordt vastgesteld waar de handelingen worden uitgevoerd, door wie en hoe vaak. Ook worden de reeds genomen maatregelen vastgelegd, zodat in een later stadium kan worden besloten over additionele maatregelen.*

Te beantwoorden en uit te werken vragen:

#### a. Zijn alle bronnen van ioniserende straling en hun eigenschappen geïnventariseerd?

Radioactief jodium in harde capsulevorm. 1 capsule bevat ten tijde van de kalibratie 37-7400 MBq natriumjodide (<sup>131</sup>I). I-131 heeft een halfwaardetijd van 8,02 dagen. Het verval door emissie van gammastraling van 365 keV (81,7%), 637 keV (7,2%) en 284 keV (6,1%) en bètastraling met een maximale energie van 606 keV tot stabiel Xenon131. Voor alle behandelingen wordt in dit rapport gerekend met een toegediende radioactiviteit van maximaal 7400 MBq I-131.

#### b. Welke handelingen worden er verricht met deze bronnen? Zo nodig worden de handelingen opgesplitst in deelhandelingen om de verschillende blootstellings-risico's te kunnen specificeren.

##### Initieel transport

Het radiofarmacon wordt toedieningsgereed geleverd vanuit externe leverancier. Leveringen door externe leveranciers tijdens kantooruren worden in ruimte C00-079 geplaatst. De toegang tot deze ruimte is afgesloten met slot met kaartlezer. Alleen bevoegde personen kunnen de ruimte betreden. (zie bijlage A)

De transportverpakking van externe leveranciers van radioactieve stoffen is zodanig dat onder normale omstandigheden en bij voorziene onbedoelde gebeurtenissen geen lekkages kunnen optreden. Ook zijn de stralingsniveaus aan de buitenkant van de verpakking dusdanig laag dat deze pakketten zonder speciale voorzieningen over de openbare weg getransporteerd mogen worden. Deze verpakking voldoet dus ook ruimschoots aan de eisen voor het interne transport naar de afdeling. Er wordt van uitgegaan dat de radioactieve stoffen tijdens dit voornamelijk externe transport geen significante bijdrage aan de stralingsbelasting van de omgeving binnen het ziekenhuis leveren.

##### Intern transport

Toedieningsgereed wordt de I-131 in capsulevorm vanuit ruimte C00-079, eerst gecontroleerd in B-lab C0-81g (handelingen vallen onder andere RIAS) en daarna via de goederenlift vervoerd in loodpot met minimaal 12mm loodafscherming naar de therapieafdeling op C8 waar de toediening plaatsvindt. In de goederenlift passen geen personen. Op de therapieafdeling vindt toediening plaats in de toedienkamer. Er wordt van uitgegaan dat de radioactieve stoffen tijdens dit interne transport geen significante bijdrage aan de stralingsbelasting van de omgeving binnen het ziekenhuis leveren. (zie bijlage B)

##### Toediening

De toediening is geprotocolleerd en wordt uitgevoerd door een nucleair geneeskundige. De Nucleair Geneeskundige controleert de etiketten op de loodpot en zet deze daarna bij de patiënt neer. De patiënt haalt het loodpotdeksel eraf (en daarmee ook de flacon dop), laat de capsule in de mond glijden en slikt de capsule in.

##### Verpleegkundige handelingen

Deze verrichte handelingen bestaan uit sociale en verzorgende handelingen.

#### c. Hoeveel handelingen, en in voorkomend geval deelhandelingen, worden er op jaarbasis verricht en hoeveel en welke werknemers kunnen daarbij blootgesteld worden?

Het totale aantal klinische behandelingen met I-131 is in dit rapport vastgesteld op **100 patiënten (maximum)**. De daaruit voortvloeiende handelingen worden evenredig verdeeld over een cohort verpleegkundigen en een cohort nucleair geneeskundigen. Het gehele cohort aan nucleair geneeskundigen over 2025 bedraagt 7. Het gehele cohort aan verpleegkundigen over 2025 bedraagt 4.

#### Nucleair Geneeskundigen

Toediening gebeurt uitsluitend door Nucleair Geneeskundigen, aangezien dit een voorbehouden handeling is. Per Nucleair Geneeskundige zullen circa 15 verrichtingen per jaar plaatsvinden. Bij toediening is telkens sprake van 1 contactmoment. Gezien het protocol en de uitgebreide voorlichting vooraf zal de Nucleair Geneeskundige na toediening maximaal 1 minuut op 1 meter van de patiënt verblijven. Iedere 24 uur dat de patiënt opgenomen is controleert een nucleair geneeskundige hoe het met de patiënt gaat. Dat is een contactmoment van ongeveer 2 minuten op 1,5 meter. Bij ontslag van de patiënt vindt nog 1 contactmoment plaats van circa 10 minuten op minstens 1,5 meter afstand.

#### Verplegend personeel

Er van uitgaande dat de meeste patiënten ambulante zijn, zal in het algemeen de bijdrage van de verpleging en ander ziekenhuispersoneel zich beperken tot het opmaken van bedden vóór de toediening. Het eten en drinken wordt bij de toegangsdeur in de therapiekamer klaargezet, waar de patiënten het zelf pakken. Het gebruikte servies en bestek wordt door de patiënten zelf afgewassen/teruggezet.

Voor ambulante patiënten rekenen we in deze risicoanalyse per 24 uur 2 contactmomenten op 2 meter afstand van 1 minuten per contact. Dit is zowel op de dag van inname als na 24 en 48 uur. In totaal zullen 6 verwachte contactmomenten per behandeling plaatsvinden. Op jaarbasis zal een verpleegkundige maximaal 150 deelhandelingen verrichten.

#### **d. Waar worden de handelingen, en in voorkomend geval deelhandelingen, verricht?**

Alle (deel)handelingen worden verricht in ruimtes C8-28, C8-31 en C8-35, de nucleaire therapiekamers op afdeling C8. Toediening vindt plaats in C8-34 (zie Bijlage B)

#### **e. Welke blootstellingspaden zijn aan de orde?**

Mogelijke blootstellingspaden zijn externe straling, huidcontaminatie en inwendige besmetting (inhalatie).

#### **f. Welke voziene onbedoelde gebeurtenissen kunnen bijdragen aan de potentiële blootstelling van de werknemers?**

- Het laten vallen van I-131 capsule (geen breuk of lekkage).
- Het uitbraken van I-131 capsule (zeldzaam, < jaarlijks).
- Incontinentie van de behandelde patiënt.

#### **g. Welke technische en organisatorische maatregelen zijn genomen om de blootstelling van werknemers te voorkomen of, indien dat redelijkerwijs niet mogelijk is, zoveel mogelijk te beperken?**

De behandel- en toedienkamers zijn voorzien van 35 cm beton en de toegangsdeuren zijn voorzien van 8 mm lood om zo blootstelling aan omliggende ruimtes zoveel als mogelijke te minimaliseren (zie ook bijlage D).

Het toedienen van de I-131 capsule door de Nucleair Geneeskundige vindt plaats achter een loodwand met 8 mm loodequivalent.

Voorlichting aan patiënten door Nucleair Geneeskundig personeel vindt plaats ruimschoots voor de therapie. Tijdens verplegende handelingen wordt ingezet op zeer kort verbaal contact met patiënten (bijvoorbeeld tijdens sociale handelingen zoals het brengen van eten & drinken).

De volgende persoonlijke beschermingsmiddelen kunnen worden gebruikt: handschoenen, wegwerpschort (ter voorkomen en bij het opruimen van radioactieve besmettingen). Om de huiddosis significant te reduceren tijdens

deze gebeurtenissen, wordt het gebruik van handschoenen tijdens deze gebeurtenissen aangeraden. Ook tijdens de reguliere handelingen van het legen van urinezakken kunnen zulke handschoenen worden aangeraden als persoonlijke beschermingsmiddelen.

Om besmettingen in het oog uit te sluiten, en de mogelijkheid op huidbesmetting te reduceren, zal er worden gewerkt persoonlijke beschermingsmiddelen. Het gaat dan minimaal om latex/nitril wegwerphandschoenen en oogbescherming in de vorm van een bril of spatscherm bij het toedienen van het radiofarmacon, bij eventuele verpleegkundige handelingen en bij het opruimen van besmettingen. Bij het opruimen van besmettingen kunnen tevens wegwerpschorten gebruikt worden.

### Stap 2. Bepaling van de blootstelling

*Bij de tweede stap, de risicoberekening, worden de dosissen door reguliere en potentiële blootstelling en de risico's van voorziene onbedoelde gebeurtenissen bepaald. Met deze gebeurtenissen worden incidenten bedoeld die in de ri&e worden meegenomen (en dus voorzien zijn) en waarvan de kansen van optreden en de ongewenste gevolgen (effecten) worden ingeschat.*

Te beantwoorden en uit te werken vragen:

#### a. Wat is de reguliere blootstelling van de werknemers?

- Verplegend personeel

Te verwachten dosis

Dosis op eerste dag =  $16.75 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{GBq}^{-1}$  op 2 m x 2 min = 4,13  $\mu\text{Sv}$

Dosis na 24 uur =  $16.75 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{GBq}^{-1}$  op 2 m x 2 min = 3,78  $\mu\text{Sv}$

Dosis na 48 uur =  $16.75 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{GBq}^{-1}$  op 2 m x 2 min = 3,47  $\mu\text{Sv}$

**Totaal 11,38  $\mu\text{Sv}$  per behandelde patiënt.**

De jaardosis voor het gehele cohort verpleegkundigen (4 FTE) wordt geschat op 1.138 mSv, **per 1 FTE verpleegkundige 0,28 mSv.**

- Nucleair Geneeskundigen

Te verwachte dosis

Dosis na/tijdens toediening =  $D = h \cdot A/r^2$

$h = 0,066 \mu\text{Sv}/\text{h}$  per MBq/m<sup>2</sup>

$D = 0,066 \times 7400/1^2 = 488.4 \mu\text{Sv}/\text{h} = 8,1 \mu\text{Sv}$

Ontslag vindt plaats conform de FMS-richtlijn “werken met therapeutische doses radionucliden” en de “Handreiking I-131 therapie”. Daarbij kan een patiënt al na 24 uur ontslagen worden. Volgens de rekentool van de richtlijn in het dosistempo op dat moment 177,7  $\mu\text{Sv}/\text{h}/\text{m}^2$ . De totale dosis bij het ontslag is dan  $177,7 \times 10/60/1,5^2 = 13,2 \mu\text{Sv}$

Indien het ontslag pas na 48 uur plaatsvindt is er een visite na 24 uur (dosistempo 177,7  $\mu\text{Sv}/\text{h}/\text{m}^2$ ) en een ontslag na 48 uur (dosistempo 73,8  $\mu\text{Sv}/\text{h}/\text{m}^2$ ). De totale dosis is dan  $(177,7 \times 2/60/1,5^2) + (73,8 \times 10/60/1,5^2) = 8,1 \mu\text{Sv}$

Totaal maximaal 21,3  $\mu\text{Sv}$  per behandelde patiënt.

De jaardosis voor het gehele cohort nucleair geneeskundigen (7 FTE) wordt geschat op 2,13 mSv, **per 1 FTE nucleair geneeskundige 0,30 mSv.**

Uit het Mirion Dosis Jaaroverzicht 2024 blijkt dat voor de verpleegkundigen een minimale dosis van 0,0 mSv en een maximale dosis van 0,13 mSv zijn geregistreerd.

Voor de Nucleair Geneeskundigen blijkt uit het Mirion Dosis Jaaroverzicht 2024 een minimale dosis van 0,01 mSv en een maximale dosis van 0,22 mSv zijn geregistreerd.

Beide berekende dosissen zijn dan ook een conservatieve schatting ten opzichte van de dosimetrieuitslagen.

### b. Wat is de potentiële blootstelling van de werknemers?

Berekening onbedoelde, voorziene gebeurtenissen:

- Vallen I-131 capsule (7400 MBq)

Externe straling (r=1m; t=1min (oprapen capsule))

$$D = h \cdot A/r^2$$

$$h = 0,066 \mu\text{Sv/h per MBq/m}^2$$

$$D = 0,066 \times 7400/1^2 = 488,4 \mu\text{Sv/h}$$

$$D = 8,1 \mu\text{Sv}$$

Handdosis (r=10cm; t=1min (oprapen capsule))

$$D = 0,066 \times 7400/0,1^2 = 48,8 \text{ mSv/h}$$

$$D = 0,8 \text{ mSv}$$

- Braken I-131 capsule (7400 MBq), (zeldzaam, < jaarlijks):

Externe straling (r=1m; t=10min (opruimen braaksel))

Idem aan 'vallen I-131 capsule'; tijd opruimen braaksel = 10min

$$D = 488,4 \mu\text{Sv/h} / 6$$

$$D = 81,6 \mu\text{Sv}$$

Handdosis (r=10cm; t=10min (opruimen braaksel))

$$D = 0,066 \times 7400/0,1^2 = 48,8 \text{ mSv/h}$$

$$D = 8,1 \text{ mSv}$$

Inwendige besmetting (inhalatie)

$$E(50) = e(50) \cdot A$$

A = 10% lekkage = 740 MBq; Volgens het NCS rapport "Aanbevelingen risicoanalyse en -evaluatie voor Nucleair Geneeskundige verrichtingen in ziekenhuizen" is bij een blootstelling van een uur de transfer fractie naar de werker  $10^{-6}$  voor inhalatie inademen = 740 Bq

$$e(50) = 1,1 \times 10^{-8} \text{ (bron: ICRP 119 (werknemer))}$$

$$E(50) = 0,81 \mu\text{Sv}$$

- Patiënt is incontinent zonder dat een urinekatheter is ingebracht. Patiënt plast 50% van de toegediende activiteit uit (3700 MBq), waarna de werknemer het bed moet verschonen gedurende 1 minuut.

Externe straling (r=1m; t=1min (bed verschonen))

$$D = h \cdot A/r^2$$

$$h = 0,066 \mu\text{Sv/h per MBq/m}^2$$

$$D = 0,066 \times 3700/1^2 = 244,2 \mu\text{Sv/h}$$

$$D = 4 \mu\text{Sv}$$

Handdosis (r=10cm; t=1min (bed verschonen))

$$D = 0,066 \times 3700/0,1^2 = 24,4 \text{ mSv/h}$$

$$D = 0,4 \text{ mSv}$$

### c. Wat is de kans op het zich voordoen van de voorziene onbedoelde gebeurtenissen?

- Het laten vallen van I-131 capsule: zeldzaam, < jaarlijks.
- Het uitbraken van I-131 capsule: zeldzaam, < jaarlijks.
- Incontinentie van de behandelde patiënt: zeldzaam, < jaarlijks.

**d. Wat is het effect van persoonlijke beschermingsmiddelen?**

- Afstand en tijd beperken de dosis afkomstig van externe straling. Hierbij kan handig gebruikt worden gemaakt van de kwadratenwet.
- Het dragen van handschoenen tijdens alle verrichtingen (toediening, verpleegkundige handelingen en decontaminatie) voorkomt huidbesmetting.
- Overschoenen voorkomen verspreiding van radioactieve stoffen via schoeisel.

*Stap 3. Risico-evaluatie*

*In de derde stap –de risico-evaluatie– worden deze gegevens gebruikt om bij het gebruik van radioactieve stoffen de werknemers in te delen in de categorieën A of B (blootgesteld) of 'C' (niet officiële categorie voor niet - blootgesteld) en zones (bewaakt, gecontroleerd of geen zonerings). Tevens wordt gekeken of de toepassing 'gerechtvaardigd' is (de voordelen voor individuen en maatschappij wegen op tegen de schadelijke gevolgen van de straling) en of er wordt voldaan aan het 'optimalisatieprincipe' (de doses van individuen en het aantal blootstellingen zijn zo laag mogelijk, waarbij rekening wordt gehouden met sociale en economische factoren).*

Te beantwoorden en uit te werken vragen:

Wordt voldaan aan het bij of krachtens het besluit gestelde met betrekking tot:

**a. de basisprincipes met betrekking tot rechtvaardiging en optimalisatie;**

De handelingen beschreven in deze ri&e zijn gerechtvaardigd op basis van de Regeling basisveiligheidsnormen stralingsbescherming voor medische en wetenschappelijke doeleinden *ter bevordering van kennis en optimalisatie*.

- Bijlage bij hoofdstuk 2. Rechtvaardiging;
- Bijlage 2.1. behorend bij artikel 2.1 (aanwijzing van categorieën of soorten gerechtvaardigde of niet-gerechtvaardigde handelingen en maatregelen);
- II; Medische en veterinaire toepassingen
- II.A.1 Therapie
  - ◆in vivo nucleair geneeskundige therapie

I-131 radionuclidetherapie kan veilig worden toegepast. Er kan ALARA worden gewerkt door de toepassing van persoonlijke beschermingsmiddelen en vastgesteld is dat de wettelijke dosislimieten niet worden overschreven. De protocollen zijn ook zo ingericht dat het contact met de patiënt zo minimaal als medisch verantwoord is om de tijdsduur van de blootstelling te beperken en daarmee ALARA te maken.

Overwegende de hierboven genoemde verwachte blootstellingen, de wettelijk bepaalde dosislimieten en de gebruikte persoonlijke beschermingsmiddelen, kan gesteld worden dat het proces ALARA is vormgegeven.

**b. de dosislimieten;**

De dosislimieten voor beroepsmatige blootstelling zijn van toepassing (Besluit Stralingsbescherming). Dat wil zeggen dat voor een blootgestelde werknemer ten gevolge van werkzaamheden een effectieve dosis van 20 millisievert in een kalenderjaarcategorie niet worden overschreden. Met inachtneming daarvan: 20 millisievert in een kalenderjaar voor de ooglen; 500 millisievert in een kalenderjaar voor de huid, gemiddeld over enig blootgesteld huidoppervlak van 1 cm<sup>2</sup>; of 500 millisievert in een kalenderjaar voor de extremiteiten.

De inventarisatie en berekeningen tonen aan dat er geen dosislimieten worden overschreden. Zij blijven alle (ruim) onder de 20 respectievelijk 500 mSv per jaar, inclusief eventuele blootstelling door voorziene onbedoelde gebeurtenissen.

**c. de dosisbeperkingen;**

Met het oog op blootstelling in geplande blootstellingsituaties zijn dosisbeperkingen vastgesteld. Voor externe werknemers met een vaste werkplek wordt de dosisbeperking vastgesteld op < 0,3 mSv op jaarbasis. Voor personen op enig punt buiten de locatie wordt een dosisbeperking van 10 microsievert effectieve dosis in een kalenderjaar gehanteerd.

**d. de identificatie van blootgestelde werknemers op basis van de bepaalde reguliere en potentiële blootstelling;**

Verplegend personeel kunnen op basis van deze risico inventarisatie ingedeeld worden als 'categorie C-Medewerk, 'niet blootgestelde medewerkers'.

Eenzelfde geldt voor het cohort aan Nucleair Geneeskundigen. Echter, op grond van andere werkzaamheden, worden deze ingedeeld als categorie B-medewerkers.

**e. de indeling van blootgestelde werknemers in categorie A of B op basis van de bepaalde reguliere en potentiële blootstelling;**

Aan de hand van de berekeningen hierboven kunnen de werknemers worden ingedeeld als categorie C-werker, aangezien zij aan een lichaamsdosis van niet meer dan 1,0 mSv worden blootgesteld. Eenzelfde geldt voor het cohort aan Nucleair Geneeskundigen. Echter, op grond van andere werkzaamheden, worden deze ingedeeld als categorie B-medewerkers.

**f. de identificatie en indeling van ruimten in gecontroleerde zone of bewaakte zone;**

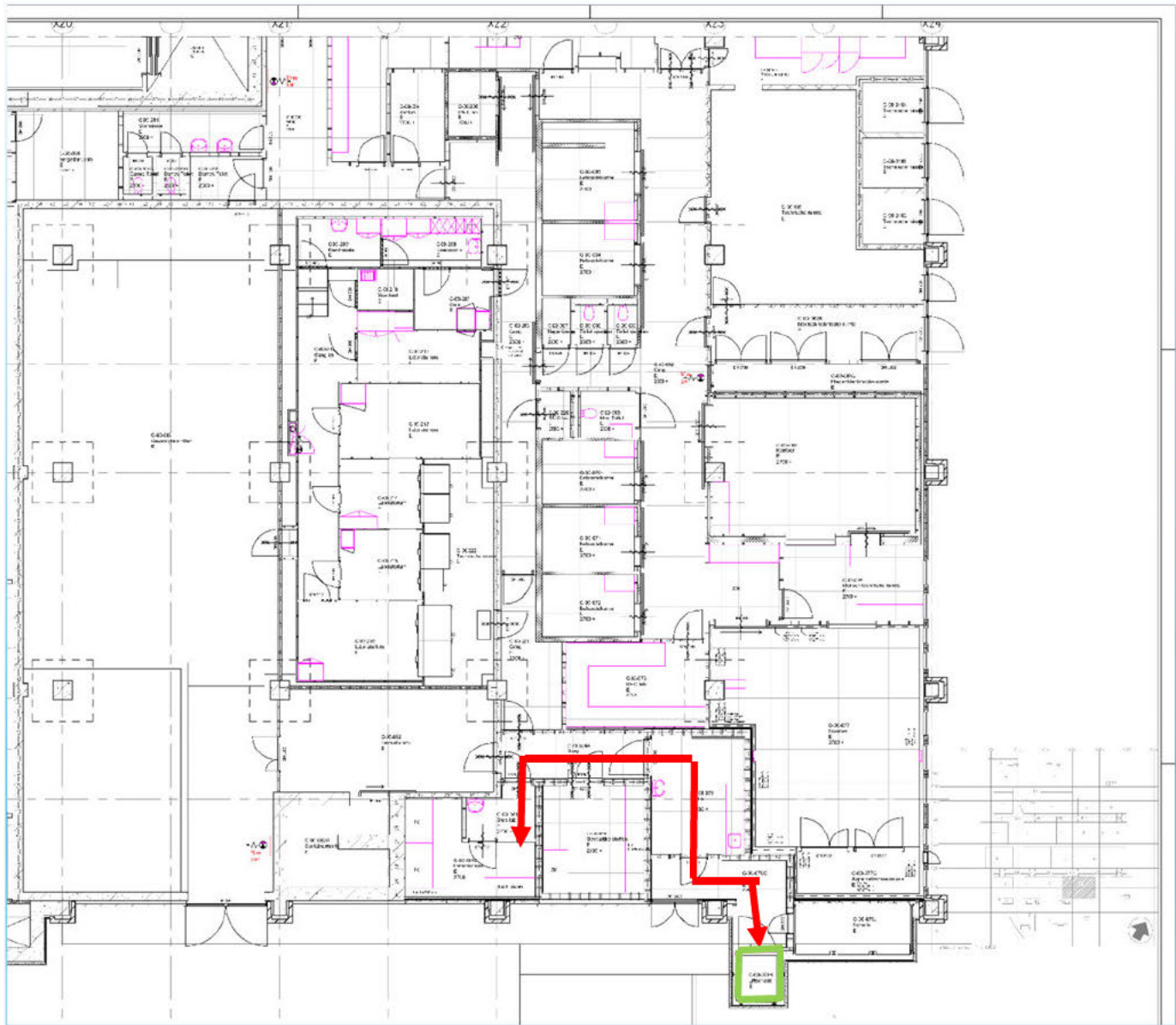
Verwachte dosis in ruimten in en om het LUMC (zie Bijlage D).

Gezien de beperkte aanwezigheid van personeel en de verwachte jaardosis zal de therapieafdeling ingedeeld worden als bewaakte zone.

**g. de noodzaak tot actualisering van getroffen maatregelen.**

Deze risico analyse zal iedere 5 jaar worden herzien, eerder indien het aantal verwachte handelingen of behandelingen significant dreigt te veranderen.

# Bijlage A



Intern transport op begane grond C0.



<i>Clearance model</i>	I-131 maligne	Lu-177 PSMA
<i>Positie in kamer</i>	Bed	Bed

Naast de patiënten zelf, is er ook rekening gehouden met de lakens die overblijven nadat ze gebruikt zijn door de patiënten. Deze lakens worden opgeslagen in C-08-036 en om de activiteit van deze lakens te berekening is rekening gehouden met één druppel urine in een laken per patiënt. Voor het berekenen van de activiteit in één druppel urine is de rekentool van de richtlijnendatabase<sup>1</sup> gebruikt met  $T_{\text{mictie}} = 5$  uur en  $T_{\text{aanmaak}} = 3$  uur, dit geeft in totaal per jaar 100 bronnen I-131 met een activiteit van 0.24 MBq welke 3 maanden aanwezig zijn.

## Kritische punten

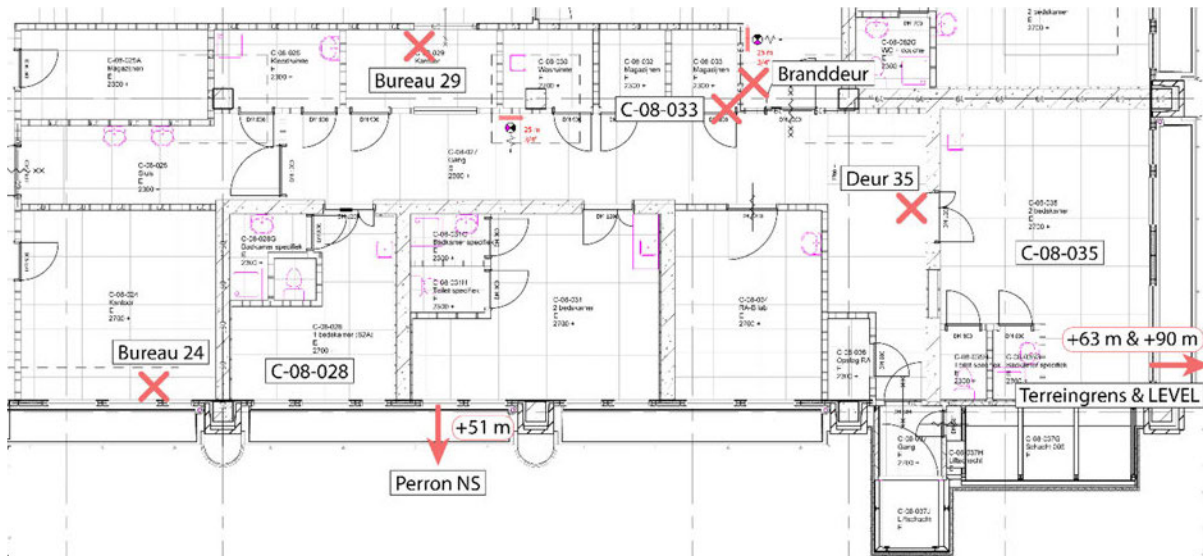
De kritische punten zijn gekozen op posities waar een bureau staat of waar, in een gang of magazijn, veel activiteit wordt verwacht. De volgende kritische punten zijn gekozen.

### Kritisch punt    Locatie en uitleg

<i>Branddeur</i>	Bij de branddeur buiten het NUGE gebied, naast C-08-033.
<i>C-08-033</i>	Dit is een magazijn waar wat spullen staan opgeslagen.
<i>Deur 35</i>	Voor de deur van kamer C-08-035, hier ligt de patiënt het dichtste bij de deur.
<i>Bureau 29</i>	Kamer C-08-029 is een kantoor met een bureau en een computer.
<i>Bureau 24</i>	Kamer C-08-024 is een kantoor met werkplekken, dit bureau is het dichtste bij kamer C-08-028.
<i>Terreingrens</i>	De terreingrens aan de noordoost-kant van het LUMC.
<i>LEVEL</i>	In het LEVEL-gebouw kunnen op de 8 <sup>e</sup> verdieping kantoorruimtes zijn.
<i>Perron NS</i>	Perron 9 op Leiden Centraal ligt het dichtste bij het LUMC.

Hieronder staan de kritische punten weergegeven als lichtrode kruisjes op de plattegrond. Het midden van de kruisjes is het punt waar de dosis berekend is. Daarnaast zijn ook ruimtes 28, 31 en 35 gemarkeerd.

<sup>1</sup> [https://richtlijnendatabase.nl/richtlijn/therapeutische\\_doses\\_radionucliden/startpagina\\_-\\_therapeutische\\_dosis\\_radionucliden.html](https://richtlijnendatabase.nl/richtlijn/therapeutische_doses_radionucliden/startpagina_-_therapeutische_dosis_radionucliden.html), zie bijlagen → rekentool.



De kritische punten *Terreingrens*, *LEVEL* en *Perron NS* vallen niet binnen deze plattegrond, ze zijn op het begin van de pijl gezet en vanaf daar respectievelijk 63 m, 90 m en 51 m verplaatst in de richting van de pijl.

## Software

Pyrateshield versie 2-0-0-20. Pyrateshield is een applicatie ontworpen om berekeningen te doen aan de afscherming in een ziekenhuis. Hiervoor kunnen in het programma verschillende bronnen en muren toegevoegd worden op een plattegrond. Op deze plattegrond wordt vervolgens de berekening gedaan van de dosis op een bepaalde plek. Daarnaast kunnen er ook kritische punten toegevoegd worden waarvan op twee verschillende manieren de dosis berekend wordt, in onze resultaten gebruiken wij de hoogste waarde.

## Correctiefactoren

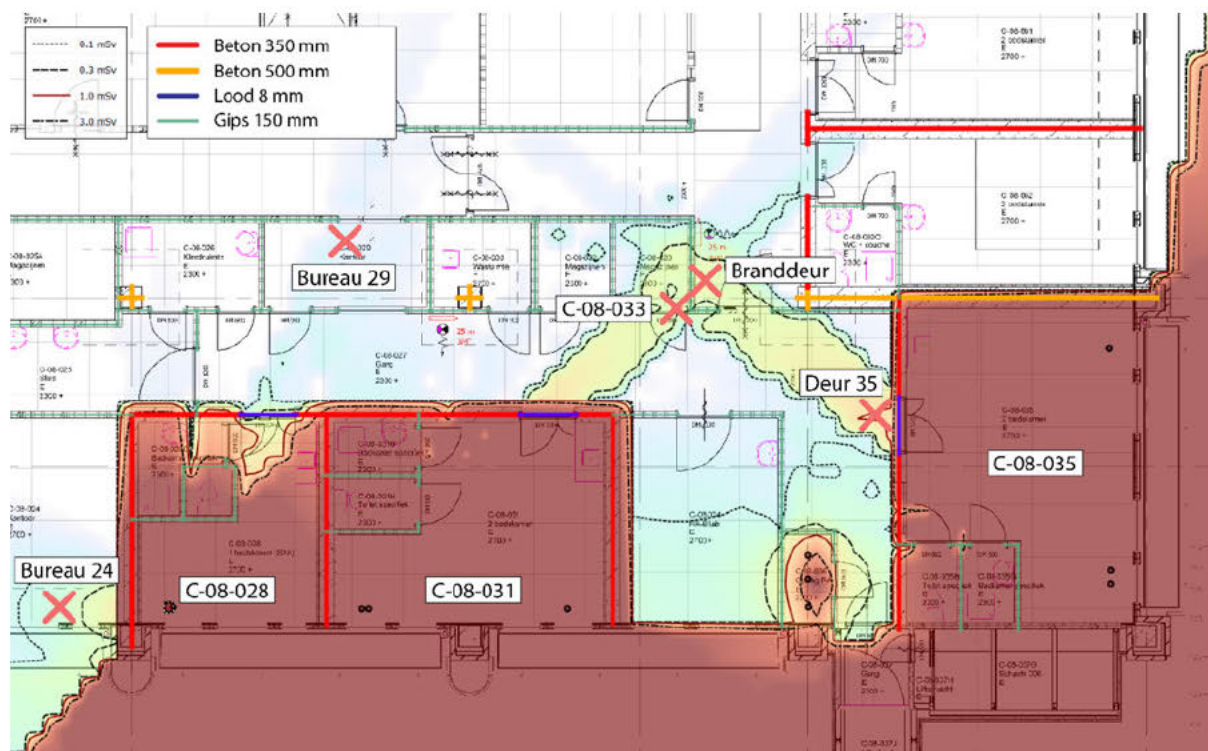
De bezettingsgraad genoemd in onderstaande tabellen komen voort uit bijlage 10, tabel 6.2 van de ANVS-verordening basisveiligheidsnormen stralingsbescherming<sup>2</sup>. Hier wordt voor verschillende omgevingsbestemming-categorieën een Actuele Blootstelling Correctiefactor (ABS-factor) gegeven. De terreingrens aan de noordoost-kant valt samen met een doorgaande stadsweg die niet direct aan woongebied grenst, dus een ABC-factor van 0.01. Het kritische punt *LEVEL* valt hierin onder “Belendende industrieën, instellingen, kantoorgebouwen etc, zonder bewoning” welke een ABC-factor heeft van 0.2. Aangezien dit werk binnen wordt gedaan, moet er ook rekening gehouden worden met de afschermingsfactor, genoemd in bijlage 10, onderdeel 6.5.2, welke 0.25 bedraagt. De totale correctiefactor wordt hiermee 0.05. Een treinstation wordt niet specifiek genoemd, dus gaan we uit van de categorie “Snelweg, andere doorgaande (stads)wegen, niet doorgaande wegen niet direct grenzend aan woongebied en wegen binnen industrieterreinen” waarvoor de correctiefactor 0.01 bedraagt. De beredenering voor deze categorie komt voort uit de omschrijving van deze categorie waarin

<sup>2</sup> <https://wetten.overheid.nl/BWBR0040581/2023-07-01/#Bijlage10>

staat dat het gaat om plaatsen waar “[...] een passant gemiddeld over een jaar nooit meer dan 15 min per dag precies voor die ene bron of inrichting staan”. Voor de bezettingsgraad van gangen binnen het ziekenhuis is een factor 0.25 gebruikt, voor kantoorplekken is een factor 1 gebruikt.

## Uitkomsten

Verdeling patiënten	C-08-028	C-08-031	C-08-035
I-131	10	45	45
Lu-177	80	160	160



Kritisch punt	Berekende dosis [mSv/jaar]	Bezettingsfactor	Gecorrigeerde dosis [mSv/jaar]
Branddeur	0.481	0.25	0.120
C-08-033	0.668	0.25	0.167
Deur 35	1.069	0.25	0.267

<i>Bureau 29</i>	0.031	1	0.031
<i>Bureau 24</i>	0.179	1	0.179
<i>Terreingrens</i>	0.131	0.01	0.001
<i>LEVEL</i>	0.063	0.05	0.003
<i>Perron NS</i>	0.425	0.01	0.004

*De gegeven doses zijn de hoogste waarde uit twee verschillende manieren van de afschermingsberekening.*

## Conclusie

De gecorrigeerde doses op de kritische punten binnen het ziekenhuis liggen onder de 0.3 mSv per jaar. Bij voorkeur zouden patiënten dus op kamer 31 of 35 gelegd moeten worden. Het advies op basis van deze berekening is, zo lang er geen extra afscherming is, om kamer C-08-028 alleen bij hoge uitzondering te gebruiken voor I-131 therapieën. Dat wil zeggen, alleen op het moment dat er drie patiënten tegelijk zijn en er anders geen ruimte is of voor patiënten die zich oncomfortabel zouden kunnen voelen in een grotere ruimte. De dosis voor de kritische punten buiten het LUMC zelf liggen allemaal onder de 10 µSv/jaar.

De Lu-177 patiënten lijken weinig invloed te hebben op de dosis buiten de ruimtes, dit is ook te verwachten omdat de fotonen die vrijkomen bij het verval van Lu-177 een lagere energie hebben dan de fotonen die vrijkomen bij het verval van I-131 (respectievelijk 208 keV en 365 keV). Dit maakt dat de halfwaardedikte door lood van de fotonen respectievelijk 2.6 mm en 0.6 mm zijn. Hierdoor is bijvoorbeeld de deur voor de fotonen die vrijkomen bij het verval van Lu-177 meer dan tien halfwaardediktes en voor de fotonen van I-131 maar iets meer dan drie. Hierdoor is er voor de Lu-177 patiënten geen voorkeursruimte.

## Advies

Vanuit deze berekeningen is het advies om kamer C-08-028 zo min mogelijk te gebruiken voor patiënten met I-131 therapie. Daarnaast moet er een ruimtedosimeter opgehangen worden in het kantoor (C-08-024) naast kamer 28.

Voor Lu-177 zijn er geen restricties zo lang het maximaal aantal patiënten onder de 400 blijft, anders moet er weer een nieuwe berekening gedaan worden.