

P. Risicoanalyses: methodiek, voorbeelden en overzicht

1. Inleiding

Risicoanalyses worden uitgevoerd aan het format dat is gegeven in bijlage A van de Regeling stralingsbescherming beroepsmatige blootstelling 2018 "Nadere eisen en elementen betreffende de risico-inventarisatie en -evaluatie". Hierbij volgt eerst een risico-identificatie, gevolgd door een berekening en afgesloten met een risico-evaluatie. Hierbij worden vragen van bijlage A letterlijk gesteld.

2. Risicoanalyse algemene methodiek, fictieve getallen

RISICO-IDENTIFICATIE

- a) Zijn alle bronnen van ioniserende straling en hun eigenschappen geïventariseerd?
- 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.
- c) Hoeveel handelingen, en in voorkomend geval deelhandelingen, worden er op jaarbasis verricht en hoeveel en welke werknemers kunnen daarbij blootgesteld worden?

<i>Handeling</i>	<i>Aantal handelingen per jaar</i>

<i>Functiegroep</i>	<i>Aantal werknemers (fte)</i>

- d) Waar worden de handelingen, en in voorkomend geval deelhandelingen, verricht?

<i>Functie ruimte</i>	<i>Ruimtenummer</i>

- e) Welke blootstellingspaden zijn aan de orde?
- f) Welke voorziene onbedoelde gebeurtenissen kunnen bijdragen aan de potentiële blootstelling van de werknemers?
- 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?

Naar aanleiding van de berekening en de evaluatie, worden de antwoorden van de vragen a t/m g zo nodig bijgesteld. Er wordt hier een zogenoemde PDCA-cirkel toegepast op de papieren exercitie alvorens de schriftelijke interne toestemming wordt afgegeven en de handelingen worden gestart.

BEPALING VAN DE BLOOTSTELLING

- a) De reguliere blootstelling van werknemers bedraagt:
(met bronafscherming maar zonder rekening te houden met persoonlijke beschermingsmiddelen)

[Type toepassing]	Jaardosis [mSv/fte]		
	Effectieve dosis	Equivalente dosis (hand/voet/huid)	Equivalente ooglensdosis
Reguliere blootstelling per beroepsgroep met bronafscherming, maar zonder PBM			
Medewerker 1	1	10	1
Medewerker 2	5	50	5
Medewerker 3	10	10	20

- b) De potentiële blootstelling van werknemers bedraagt:
(met bronafscherming maar zonder rekening te houden met persoonlijke beschermingsmiddelen)

[Type toepassing]	Jaardosis [mSv/fte]		
	Effectieve dosis	Equivalente dosis (hand/voet/huid)	Equivalente ooglensdosis
Potentiële blootstelling per beroepsgroep met bronafscherming maar zonder PBM			
Medewerker 1	1	10	1
Medewerker 2	5	50	5
Medewerker 3	5	50	5

- c) Wat is de kans op het zich voordoen van de voorziene onbedoelde gebeurtenissen?

VOG	Kans	Kwantitatieve omschrijving

- d) Wat is het effect van persoonlijke beschermingsmiddelen?
De reguliere blootstelling van werknemers bedraagt:
(met bronafscherming en met persoonlijke beschermingsmiddelen uit groep 1)

[Type toepassing]	Jaardosis [mSv/fte]		
	Effectieve dosis	Equivalente dosis (hand/voet/huid)	Equivalente ooglensdosis
Reguliere blootstelling per beroepsgroep met bronafscherming en met PBM-groep 1			
Medewerker 1	0,2	10	1
Medewerker 2	1	50	5
Medewerker 3	2	10	20

- De potentiële blootstelling van werknemers bedraagt:
(met bronafscherming en met persoonlijke beschermingsmiddelen uit groep 1)

[Type toepassing]	Jaardosis [mSv/fte]		
	Effectieve dosis	Equivalente dosis (hand/voet/huid)	Equivalente ooglensdosis
Potentiële blootstelling per beroepsgroep met bronafscherming maar zonder PBM groep 1			
Medewerker 1	0,2	10	1
Medewerker 2	1	50	1,7
Medewerker 3	1	50	1,7

PBM's zijn verdeeld in 2 groepen. PBM-groep 1 betreft PBM's met een afscherpende werking zoals loodschorten, loodglasbrillen en schildklierkragen, maar ook de loodflappen en plafondschermen. PBM-groep 2 betreft PBM's die worden gebruikt bij radioactieve stoffen, zoals laboratoriumhandschoenen, spatbril, oversloffen en mondkapje. Bij de indeling in categorieën mag wel rekening worden gehouden met het dragen van PBM's uit groep 2, maar niet met PBM's uit groep 1.

Verder moet worden opgemerkt dat een VOG het vergeten van een PBM kan betreffen. In dat geval is de blootstelling gelijk aan die van de tabel ten aanzien van VOG bij vraag b.

Om duidelijk te maken wat de functionaliteit is van PBM worden getalwaarden die afnemen door het gebruik van PBM's vet gedrukt.

De blootstelling wordt bepaald door gebruik te maken van rekensheets die gebaseerd zijn op die van de NCS. De rekensheets zijn aangepast om ze te laten aansluiten aan de praktijk. Zo wordt er bij de berekeningen voor de extremiteiten en huiddosis bepaald of de beta-dosis wel of niet kan bijdragen aan de dosis. Het is bekend dat als de beta-dosis een bijdrage kan leveren deze tot wel een factor 1000 hoger kan zijn dan de gammabijdrage. Daarnaast bestaat er bij grote afdelingen met veel handelingen een zogenoemd sommatiedocument, waarin de bijdrage van de verschillende handelingen worden gesommeerd. Zoals eerder aangegeven volgt het evalueren en de berekening een PDCA-cirkel, hierbij worden de eerste keuzes voor aannames en beschermingsmaatregelen slechts tijdelijk vastgelegd. Omdat de definitieve risicoanalyse onderdeel uitmaakt van de schriftelijke interne toestemming, zijn hiermee ook alle optimalisatiemaatregelen vastgelegd.

Bij de Risico-evaluatie wordt een afwijkende volgorde aangehouden van de vragen zoals deze behoren te worden gesteld volgens bijlage A van de Regeling stralingsbescherming werknemers 2018. Er zal eerst een categorie-indeling plaatsvinden en pas dan worden getoetst of wordt voldaan aan de dosislimieten. Voor deze afwijkende aanpak is gekozen omdat binnen de organisatie ook risicoanalyses worden uitgevoerd voor werknemers die niet worden ingedeeld als blootgestelde werknemer, de zogenoemde C-categorie. Volgens de wet zijn dit "gewone" werknemers waarvoor andere limieten gelden.

RISICO-EVALUATIE

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

- a) de basisprincipes met betrekking tot rechtvaardiging en optimalisatie;
- b) de indeling van blootgestelde werknemers in categorie A, B of C op basis van de bepaalde reguliere en potentiële blootstelling (vraag e van Bijlage A). Hierbij wordt eerst per dosisgrootte gekeken welke indeling zou gaan gelden. Daarna volgt een tabel met de uiteindelijke indeling gebaseerd op de meest stringente grootte;

De berekende reguliere + potentiële blootstelling voor de betrokken beroepsgroepen betreft gebaseerd op:

- Voor toestellen: met bronafscherming maar zonder PBM-groep 1
- Voor radioactieve stoffen: met bronafscherming en met PBM-groep 2
-

Effectieve dosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming, maar zonder PBM-groep 1				
Beroepsgroep	regulier	VOG	Totaal	categorie
Medewerker 1	1,0	1,0	2,0	B
Medewerker 2	5,0	5,0	10,0	A
Medewerker 3	10,0	5,0	15,0	A

Equivalenten handdosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming, maar zonder PBM-groep 1				
Beroepsgroep	regulier	VOG	Totaal	categorie
Medewerker 1	10,0	10,0	20,0	C
Medewerker 2	50,0	50,0	100,0	C
Medewerker 3	10,0	10,0	20,0	C

Equivalenten ooglensdosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming maar zonder PBM-groep 1				
Beroepsgroep	regulier	VOG	Totaal	categorie
Medewerker 1	1,0	1,0	2,0	C
Medewerker 2	5,0	5,0	10,0	C
Medewerker 3	20,0	5,0	25,0	A

Op basis van bovenstaande waarden worden de werknemers als volgt ingedeeld:

	Categorie
Medewerker 1	B
Medewerker 2	A
Medewerker 3	A

RISICO-EVALUATIE VERVOLG

c) de dosislimieten en dosisbeperkingen (vraag b en c van bijlage A);

Een dosisbeperking¹ is een waarde die voorafgaand aan een handeling wordt bepaald als verwacht maximum van een individuele effectieve of equivalente dosis en wordt gebruikt voor de bepaling van de mogelijkheden tot optimalisatie van een bepaalde bron in een geplande blootstellingssituatie.

<i>Effectieve dosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming en met PBM-groep 1</i>						
Beroepsgroep	regulier	VOG	Totaal	categorie	limiet	dosis-beperking
Medewerker 1	0,2	0,2	0,4	B	20	2
Medewerker 2	1,0	1,0	2,0	A	20	6
Medewerker 3	2,0	1,0	3,0	A	20	6

<i>Equivalente handdosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming en met PBM-groep 1</i>						
Beroepsgroep	regulier	VOG	Totaal	categorie	limiet	dosis-beperking
Medewerker 1	10,0	10,0	20,0	B	500	nvt
Medewerker 2	50,0	50,0	100,0	A	500	nvt
Medewerker 3	10,0	50,0	60,0	A	500	nvt

<i>Equivalente ooglendosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming en met PBM-groep 1</i>						
Beroepsgroep	regulier	VOG	Totaal	categorie	limiet	dosis-beperking
Medewerker 1	1,0	1,0	2,0	B	20	nvt
Medewerker 2	5,0	1,7	6,7	A	20	nvt
Medewerker 3	20,0	1,7	21,7	A	20	nvt

De geschatte ooglendosis komt voor medewerker 3 boven de dosislimiet uit.

d) de identificatie van blootgestelde werknemers op basis van de bepaalde reguliere + potentiële blootstelling;

Alle betrokken functies bij de toepassing zijn geïdentificeerd. Een overzichtlijst van werknemers binnen deze beroepsgroepen/functies is beschikbaar op de afdeling.

e) Zie vraag b)

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

g) de noodzaak tot actualisering van getroffen maatregelen.

¹ Dosisbeperkingen worden in principe gesteld op de effectieve dosis. Indien nodig wordt ook een dosisbeperking gesteld op de andere dosisgrootheden.

Na het opstellen van deze risicoanalyse wordt het dragen van een loodglasbril verplicht gesteld voor medewerker 3. De geschatte equivalente ooglensdosis wordt hierdoor verlaagd naar 7,2 mSv.

3. Risicoberekeningen, gebruikte formules en literatuur

Uitwendige blootstelling

Lichaamsblootstelling

Zie Bijlage R0-Omgevingsdosisequivalent.

Ooglens

$$H_{(3)} = h_{(3)} \times \frac{A}{r^2} \times T \times t$$

met

$H_{(3)}$ = Equivalente dosis op een diepte van 3 mm [mSv/jaar]

$h_{(3)}$ = dosisequivalenttempo in $\mu\text{Sv/h}$ op 1 meter per MBq op een diepte in weefsel van 3 mm, Literatuur Otto (2016).

Huid dosis

$$H_{(0,07)} = h_{(0,07)} \times \frac{A}{r^2} \times T \times t$$

met

$H_{(0,07)}$ = Equivalente dosis op een diepte van 0,07 mm [mSv/jaar]

$h_{(0,07)}$ = dosisequivalenttempo in $\mu\text{Sv/h}$ op 1 meter per MBq op een diepte in weefsel van 0,07 mm, Literatuur N. Petoussi et. Al. (1993)

Inwendige besmetting

$$E_{50, \text{ing}} = e_{50, \text{ing}} \times A_{\text{inname}}$$

$$E_{50, \text{inh}} = e_{50, \text{inh}} \times A_{\text{inname}}$$

Met de e_{50} -waarden uit ICRP 119

Huidbesmetting

$$H_{\text{huid}} = \text{huidconstante} \times \text{huidbesmetting} \times t$$

met

huidconstante = Sv/s per Bq/cm² uit Keverling Buisman

t = tijd in seconde dat huidbesmetting aanwezig is

4. Enkele voorbeelden

Verspreidbare radioactieve stoffen

Voorbeeld 1: Centraal Diagnostisch Laboratorium MUMC+ RISICO-IDENTIFICATIE

- a) Zijn alle bronnen van ioniserende straling en hun eigenschappen geïnventariseerd?

Ja, er wordt slechts gebruik gemaakt van één nuclide in verspreidbare vorm, namelijk I-125. Alle handelingen met deze bronnen zijn geïnventariseerd in de Excel file: 'Risicoanalyse-SIT-CDL-VRS-diagnostiek'.

- 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.

Het betreft opslag, uitpakken van radioactieve materialen, transport, chemische bewerkingen (pipetteren, wassen, vortexen, centrifugeren), meting van activiteit, opruimen en verwerken van afval. De (deel)handelingen zijn gespecificeerd in de bijlage 'Risicoanalyse SIT-CDL-VRS-v1'.

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

In de bijlage 'risicoanalyse CDL-VRS-diagnostiek' worden alle handelingen beschreven en gesommeerd. In onderstaande tabel een overzicht van deze handelingen:

Handeling	Aantal handelingen per jaar
Eenvoudige chemische bewerkingen (immuno-assays)	600
Transport	300
Verwerking radioactief afval	150
Opslag voorraad radioactief materiaal	continu

Functiegroep	Aantal werknemers (fte)
Analisten	9

- d) Waar worden de handelingen, en in voorkomend geval deelhandelingen, verricht?

Functie ruimte	Ruimtenummer
Laboratorium	[Redacted]
Laboratorium met gammacounter	
Tijdelijke afvalvoorziening in zuurkast	
Bergplaats ²	

¹ Opslag van ingekapselde bronnen, zie SIT-CDL-IB, én voorraad RIA-kitjes

- e) Welke blootstellingspaden zijn aan de orde?

Mogelijke blootstellingspaden zijn uitwendige bestraling en inwendige besmetting (via inhalatie bij VOG)

- f) Welke voorziene onbedoelde gebeurtenissen kunnen bijdragen aan de potentiële blootstelling van de werknemers?

Onderstaande Voorziene Onbedoelde Gebeurtenissen zijn gebaseerd op ervaringen en ongeregelde heden die zich tijdens reguliere werkzaamheden hebben voorgedaan.

Het betreft:

- 1) VOG externe bestraling: morsen van radioactiviteit (vloeibaar) bij uitvoeren RIA-kit (wasstappen), inclusief het opruimen hiervan.*

² Opslag van ingekapselde bronnen, zie SIT-CDL-IB, én voorraad RIA-kitjes

2) VOG inwendige besmetting: inhalatie van niet-vluchtig nuclide in oplossing bij morsen radioactiviteit (vloeibaar).

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 uitvoering van de handelingen wordt over 9 personen verdeeld, zodat eenieder voldoende routine blijft behouden voor het correct en vlot uitvoeren van de beschreven handelingen. Andere genomen bouwtechnische, organisatorische en persoonlijke maatregelen om de blootstelling van werknemers te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken, worden opgesomd in het document 'Overzicht maatregelen alle afdelingen'.

BEPALING VAN DE BLOOTSTELLING

a) De reguliere blootstelling van werknemers bedraagt:
(met bronafscherming maar zonder rekening te houden met persoonlijke beschermingsmiddelen)

radioactieve stoffen	Jaardosis [mSv/fte]		
	Effectieve dosis	Equivalente extremiteitendosis	Equivalente ooglensdosis
Reguliere blootstelling per beroepsgroep met bronafscherming maar zonder PBM groep 2			
Analist	3,87E-03	5,00E-02	3,87E-03

b) De potentiële blootstelling van werknemers bedraagt:
(zonder rekening te houden met persoonlijke beschermingsmiddelen en afscherming)

radioactieve stoffen	Jaardosis [mSv/fte]		
	Effectieve dosis	Equivalente dosis (hand/voet/huid)	Equivalente ooglensdosis
Potentiële blootstelling per beroepsgroep met bronafscherming maar zonder PBM groep 2			
Analist	0,00	0,00	0,00

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

VOG	Kans	Kwantitatieve omschrijving
1. Morsen van radioactiviteit (externe bestraling)	ongewoon	10^{-2}
2. Morsen van radioactiviteit (inwendige besmetting; inhalatie)	ongewoon	10^{-2}

d) Wat is het effect van persoonlijke beschermingsmiddelen?

De reguliere blootstelling van werknemers bedraagt:
(met bronafscherming en met persoonlijke beschermingsmiddelen uit groep 2)

radioactieve stoffen	Jaardosis [mSv/fte]		
	Effectieve dosis	Equivalente extremiteitendosis	Equivalente ooglensdosis
Reguliere blootstelling per beroepsgroep met bronafscherming en met PBM-groep 2			
Analist	3,87E-03	5,00E-02	3,87E-03

De potentiële blootstelling van werknemers bedraagt:
(met bronafscherming en met persoonlijke beschermingsmiddelen uit groep 2)

radioactieve stoffen	Jaardosis [mSv/fte]		
	Effectieve dosis	Equivalente dosis (hand/voet/huid)	Equivalente ooglensdosis
Potentiële blootstelling per beroepsgroep met bronafscherming en met PBM-groep 2			
Analist	0,00	0,00	0,00

RISICO-EVALUATIE

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

- a) de basisprincipes met betrekking tot rechtvaardiging en optimalisatie;
- *Het toepassen van in vivo en in vitro nucleair geneeskundig onderzoek, is gerechtvaardigd conform de 'Regeling basisveiligheidsnormen stralingsbescherming, Bijlage 2.1, paragraaf II.A.2.*
 - *Argumenten voor rechtvaardiging zijn bevordering van de individuele gezondheid of volksgezondheid.*
 - *Er wordt te allen tijde bekeken of er mogelijke alternatieve behandelingen voorhanden zijn.*
 - *Er wordt nagestreefd om de gebruikte technieken te optimaliseren in het voordeel van patiënt, medewerker én milieu.*
- b) de indeling van blootgestelde werknemers in categorie A, B of C op basis van de bepaalde reguliere en potentiële blootstelling (vraag e van Bijlage A). Hierbij wordt eerst per dosisgrootte gekeken welke indeling zou gaan gelden. Daarna volgt een tabel met de uiteindelijke indeling gebaseerd op de meest stringente grootte;

De berekende reguliere + potentiële blootstelling voor de betrokken beroepsgroepen betreft gebaseerd op:

- Voor toestellen: met bronafscherming maar zonder PBM-groep 1
- Voor radioactieve stoffen: met bronafscherming en met PBM-groep 2

Effectieve dosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming, en met PBM-groep 2				
Beroepsgroep	regulier	VOG	Totaal	categorie
Analist	3,87E-03	0,00E+00	3,87E-03	C

Equivalentente handdosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming en met PBM-groep 2				
Beroepsgroep	regulier	VOG	Totaal	categorie
Analist	5,00E-02	0,00E+00	5,00E-02	C

Equivalentente ooglensdosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming en met PBM-groep 2				
Beroepsgroep	regulier	VOG	Totaal	categorie
Analist	3,87E-03	0,00E+00	3,87E-03	C

Op basis van bovenstaande waarden worden de werknemers als volgt ingedeeld:

Beroepsgroep	Categorie
Analist	C

- c) de dosislimieten en dosisbeperkingen (vraag b en c van bijlage A);
Een dosisbeperking³ is een waarde die voorafgaand aan een handeling wordt bepaald als verwacht maximum van een individuele effectieve of equivalente dosis en wordt gebruikt voor de bepaling van de mogelijkheden tot optimalisatie van een bepaalde bron in een geplande blootstellingsituatie.

³ Dosisbeperkingen worden in principe gesteld op de effectieve dosis. Indien nodig wordt ook een dosisbeperking gesteld op de andere dosisgrootheden.

Effectieve dosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming, en met PBM-groep 2						
Beroepsgroep	regulier	VOG	Totaal	categorie	limiet	dosis-bepanking
Analist	3,87E-03	0,00E+00	3,87E-03	C	1	0,3

Equivalentente handdosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming en met PBM-groep 2						
Beroepsgroep	regulier	VOG	Totaal	categorie	limiet	dosis-bepanking
Analist	5,00E-02	0,00E+00	5,00E-02	C	50	nvt

Equivalentente oogdosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming en met PBM-groep 2						
Beroepsgroep	regulier	VOG	Totaal	categorie	limiet	dosis-bepanking
Analist	3,87E-03	0,00E+00	3,87E-03	C	15	nvt

De geschatte blootstellingen blijven onder de dosislimieten en onder de gestelde dosisbeperkingen.

- d) de identificatie van blootgestelde werknemers op basis van de bepaalde reguliere + potentiële blootstelling;

Alle betrokken functies bij de toepassing zijn geïdentificeerd. Een overzichtslijst van werknemers binnen deze beroepsgroepen/functies is beschikbaar op de afdeling.

- e) Zie vraag b)

- f) de identificatie en indeling van ruimten in gecontroleerde zone of bewaakte zone:

De ruimten waarin de toepassing wordt uitgevoerd hebben de volgende classificatie:

Functie ruimte	Ruimtenummer	Classificatie
C-Laboratorium		
Tijdelijke afvalvoorziening in zuurkast		
Bergplaats		

Het laboratorium is uitgevoerd als een C-lab. Een C-laboratorium waarin met radionucliden gewerkt wordt, wordt volgens de Bijlage Radionuclidenlaboratorium beschouwd als bewaakte zone.

- g) de noodzaak tot actualisering van getroffen maatregelen.

Bij het opstellen van deze risicoanalyse, die onderdeel is van de aanvraag, is er geen noodzaak tot het actualiseren van maatregelen of het aanpassen van werkwijzen. Dit zal jaarlijks, als voorbereiding op de stralingshygiënische audit, worden geëvalueerd.

Voorbeeld 2: SIT-BV-VRS-Therapie

RISICO-IDENTIFICATIE

- a) Zijn alle bronnen van ioniserende straling en hun eigenschappen geïnventariseerd?

Alle toegepaste nucliden zijn geïnventariseerd, het betreft:

		Handboek Keverling Buisman	ICRP 119
I-131	β^-	$E_{\beta,max}: 606 \text{ keV}; E_{\gamma}: 364 \text{ keV}$	$T_{1/2}: 8,04 \text{ d}$
Ra-223	α	$E_{\alpha,max}: 5,9 \text{ MeV}; E_{\gamma}: 269 \text{ keV}$	$T_{1/2}: 11,434 \text{ d}$
Re-186	β^-	$E_{\beta,max}: 1,07 \text{ MeV}; E_{\gamma}: 137 \text{ keV}$	$T_{1/2}: 3,77 \text{ d}$
Sm-153	β^-	$E_{\beta,max}: 807 \text{ keV}; E_{\gamma}: 103 \text{ keV}$	$T_{1/2}: 46,7 \text{ h}$
Y-90	β^-	$E_{\beta,max}: 2,3 \text{ MeV}$	$T_{1/2}: 64,0 \text{ h}$
Ho-166	β^-	$E_{\beta,max}: 1,8 \text{ MeV}; E_{\gamma}: 81 \text{ keV}$	$T_{1/2}: 26,8 \text{ h}$
Lu-177	β^-	$E_{\beta,max}: 497 \text{ keV}; E_{\gamma}: 208 \text{ keV}$	$T_{1/2}: 6,71 \text{ d}$
Ac-225	α	$E_{\alpha,max}: 5,8 \text{ MeV}$	$T_{1/2}: 10,0 \text{ d}$

- 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.

De handelingen betreffen opslag, uitpakken van radioactieve materialen, transport, bereiding dan wel gereedmaken voor toediening van radiofarmaca (waaronder chemische bewerkingen en optrekken van spuitjes), meting van activiteit, toediening aan patiënten, kwaliteitscontrole van geproduceerde radiofarmaca, opruimen van afval. De (deel)handelingen zijn gespecificeerd in de bijlage 'risicoanalyse SIT-BV-VRS therapie'.

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

Handeling	Aantal handelingen per jaar
I-131 Natriumjodide poliklinisch	30
I-131 Natriumjodide klinisch	45
Y-90 silicaat	5
Y-90 theraspheres/microspheres	10
Sm-153 Lexidronam	2
Re-186 sulfidecolloïd	2
Ra-223 dichloride	20
Lu-177 PSMA	50
Ho-166 microspheres	1
Ac-225 PSMA en DOTATATE	3

Funcatiegroep	Aantal werknemers (fte)
Bereider	2,2
MBB-er	9,4
Nucleair Radioloog	2,4
Radioloog	1
TMS	1
Verpleegkundige A1	20
Patiëntentransport	2
Verpleging	2
Orthopeed	1
Medisch oncoloog	1
Overig	1

d) Waar worden de handelingen, en in voorkomend geval deelhandelingen, verricht?

<i>Functie ruimte</i>	<i>Ruimtenummer</i>
Laboratorium voor bereiding van radiofarmaca	
Laboratorium voor kwaliteitscontrole	
Doorgeefluik	
Sluis medewerkers	
Bergplaats radioactieve stoffen	
Goederen in/uit	
Diagnostiek PET-CT	
Diagnostiek SPECT-CT	
Vorbereidingsruimtes PET-CT	
Voorruimte PET-CT	
Dagvoorraad PET-CT	
Areaal Nucleaire Radiologie: gang, wachtkamer, omkleedruimte	
Afvalruimte	
Toilet patiënten	
Radiologische interventie onder röntgendoorlichting	
Therapiekamers Verpleegeenheid A1	
Verpleegeenheid A1 (Bergplaats in ruimte)	

e) Welke blootstellingspaden zijn aan de orde?

De mogelijke blootstellingspaden zijn uitwendige bestraling, uitwendige besmetting en inwendige besmetting (via inhalatie, ingestie, en/of injectie (prikaccident)).

f) Welke voorziene onbedoelde gebeurtenissen kunnen bijdragen aan de potentiële blootstelling van de werknemers?

Standaard worden de volgende VOG berekend:

Uitwendige bestraling

- *Opruimen van (vloeibare) besmetting: aangenomen wordt dat 10% van de gebruikte activiteit vrijkomt die opgeruimd moet worden door de uitvoerder. Verder wordt aangenomen dat opruimen van de bulk van de activiteit 1 minuut duurt waarbij de afstand tot het lichaam en ooglens 0,5 m en tot de extremiteiten 5 cm bedraagt. Er wordt verder aangenomen dat er geen afscherming van zowel fotonen als bèta's plaatsvindt. Er wordt een waarschijnlijkheid van de spill aangenomen van eens in de 250 handelingen.*
- *Opruimen radioactieve besmetting die optreedt tijdens transport: aangenomen wordt dat 10% van de transportactiviteit vrijkomt die opgeruimd moet worden door de uitvoerder. Verder wordt aangenomen dat opruimen van de bulk van de activiteit 1 minuut duurt waarbij de afstand tot het lichaam en ooglens 0,5 m en tot de extremiteiten 5 cm bedraagt. Er wordt verder aangenomen dat er geen afscherming van zowel fotonen als bèta's plaatsvindt. Er wordt een waarschijnlijkheid van de spill aangenomen van eens in de 10.000 handelingen.*
- *Extra begeleiden radioactieve patiënt: aangenomen wordt dat de patiënt gedurende een uur begeleiding nodig heeft waarbij de uitvoerder zich op 1 m afstand van de patiënt bevindt. Verder wordt aangenomen dat er geen afscherming van fotonen plaatsvindt. Er wordt een waarschijnlijk aangenomen van eens in de 1.000 handelingen.*

Inwendige blootstelling

Inhalatie

- *Voor vloeistoffen wordt aangenomen dat 10% van de gehanteerde activiteit wordt gemorst, De TFW voor handelingen in een DIN goedgekeurde zuurkast bedraagt hierbij $1,2 \cdot 10^{-9}$, buiten de zuurkast $9,8 \cdot 10^{-7}$ respectievelijk. Er wordt een waarschijnlijkheid aangenomen van eens in de 250 handelingen.*

Ingestie:

- *Aangenomen wordt dat dit uitsluitend optreedt voor vloeistoffen waarbij 10% van de gehanteerde activiteit wordt gemorst waarvan 1-10% aan de handen komt en 1-10% niet wordt afgeveegd. Hiervan*

komt een fractie van 0,1-1% in de mond. De TFW bedraagt hierbij 10^{-6} . Er wordt een waarschijnlijkheid aangenomen van eens in de 1.000 handelingen.

Huidbesmetting

- Aangenomen wordt dat dit uitsluitend optreedt bij bewerkingen en opruimen van vloeistoffen waarbij 10% van de gehanteerde activiteit wordt gemorst. Hiervan komt 0,01 – 1% op de huid terecht op een oppervlakte van 1 cm². De TFW bedraagt hierbij 10^{-4} . Verondersteld wordt dat de huidbesmetting gedurende 60 seconden aanwezig is. Aangezien huidbesmetting leidt tot een lokale huiddosis wordt in dit geval alleen een extremitetendosis bepaald. Er wordt een waarschijnlijkheid aangenomen van eens in de 250 handelingen.

Injectie-ongelukken

- Aangezien er uitsluitend in het radionuclidenlaboratorium met naalden gewerkt wordt, wordt ervan uitgegaan dat dit scenario alleen reëel is in het radionuclidenlaboratorium. Aangenomen wordt dat injectie ongelukken alleen kunnen optreden bij bewerkingen met vloeistoffen waarbij circa 1% van de activiteit zich in de naald van de spuit bevindt. Hiervan wordt circa 10% aan de medewerker overgedragen. De TFW bedraagt hierbij 10^{-3} . Er wordt een waarschijnlijkheid aangenomen van eens in de 1.000 handelingen.

Naast de medewerkers die de betreffende handelingen uitvoeren kunnen besmettingen ook opgeruimd worden door een TMS of MBB-er. Deze staan in de risicoanalyse, tabblad VOG afwijkend. Hierbij wordt een effectieve lichaamsdosis, equivalente extremitetendosis en ooglensdosis berekend, alsook een inwendige besmetting door ingestie, inhalatie of een huidbesmetting.

VOG's waarvan de waarschijnlijkheid (per aantal handelingen) kleiner is dan 1, worden voor de indeling in categorieën niet meegenomen in de bijdrage van de potentiële blootstelling.

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?

- Waar mogelijk wordt er altijd voorafgaand aan toediening van radiofarmaca een infuus aangelegd bij patiënten, zodat de patiënt niet rechtstreeks hoeft te worden aangeprikt en er enkel aangekoppeld moet worden aan een infuus (minder kans op incidenten).
- Spuiten verlaten het lab zonder naald, met dopje.
- Er wordt zoveel mogelijk gewerkt met afschermbare materialen bij het toedienen, teneinde blootstelling van de medewerker te verminderen.
- Ongewenste gebeurtenissen die zich hebben voorgedaan, worden altijd in een afdelingsoverleg besproken zodat in gezamenlijkheid de werkwijze opnieuw onder de loep wordt genomen en optimalisatie wordt toegepast waar mogelijk.
- Ongewenste gebeurtenissen worden waar mogelijk genomen als uitgangspunt voor bij- en nascholing en het oefenen van praktische vaardigheden.
- De bereiding van radiofarmaca vindt plaats in het bereidingslaboratorium, waar uitsluitend geschoold personeel werkt en alle voorzieningen aanwezig zijn voor het veilig uitvoeren van het gereedmaken van radiofarmaca (afscherming, geconditioneerde kasten met afzuiging en monitoring van uitstoot, filtering, etc.).
- Andere genomen bouwtechnische, organisatorische en persoonlijke maatregelen om de blootstelling van werknemers te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken, worden opgesomd in het document 'Overzicht maatregelen alle afdelingen'.

BEPALING VAN DE BLOOTSTELLING

- a) De reguliere blootstelling van werknemers bedraagt:
(met bronafscherming maar zonder rekening te houden met persoonlijke beschermingsmiddelen)

Reguliere blootstelling per beroepsgroep met bronafscherming maar zonder PBM	Jaardosis [mSv/fte]		
	Effectieve dosis	Equivalente dosis hand	Equivalente ooglensdosis
Bereider	0,01	3,55	0,01
MBB-er	0,00	0,06	0,00
Nucleair Radioloog	0,05	8,89	0,08
Radioloog	0,00	0,00	0,00
TMS	0,01	0,01	0,01
Verpleegkundige A1	0,01	3,30	0,07
Patiënttransport	0,00	0,00	0,00
Verpleging	0,00	0,00	0,00
Orthopeed	0,00	0,00	0,00
Medisch oncoloog	0,03	0,07	0,04
Overig	0,02	0,07	0,02

- b) De potentiële blootstelling van werknemers bedraagt:
(met bronafscherming maar zonder rekening te houden met persoonlijke beschermingsmiddelen)

Potentiële blootstelling per beroepsgroep met bronafscherming maar zonder PBM	Jaardosis [mSv/fte]		
	Effectieve dosis	Equivalente dosis hand	Equivalente ooglensdosis
Bereider	5,54	6798,12	0,13
MBB-er	0,21	2474,69	14,27
Nucleair Radioloog	0,26	2158,53	14,33
Radioloog	0,04	566,41	14,27
TMS	0,02	0,41	0,00
Verpleegkundige A1	0,11	3,22	0,11
Patiënttransport	0,03	0,18	0,03
Verpleging	0,00	0,00	0,00
Orthopeed	0,00	17,83	0,95
Medisch oncoloog	0,04	0,10	0,05
Overig	0,00	0,15	0,00

- c) Wat is de kans op het zich voordoen van de voorziene onbedoelde gebeurtenissen?

VOG	Kans	Kwantitatieve omschrijving
1. Uitwendige blootstelling door capsule	Ongewoon	10 ⁻²
2. Uitwendige blootstelling door besmetting bij vloeibare toediening I-131	Ongewoon	10 ⁻²
3. Uitwendige blootstelling bij morsen of besmetting tijdens toediening	Ongewoon	10 ⁻²
4. Uitwendige blootstelling bij opruimen besmetting na toediening	Ongewoon	10 ⁻²
5. Inwendige besmetting als gevolg van prikaccident (Y-90)	Onwaarschijnlijk	10 ⁻³
6. Huidbesmetting als gevolg van het opruimen van therapiekamers	Ongewoon	10 ⁻²
7. Huidbesmetting bij toediening	Onwaarschijnlijk	10 ⁻³
8. Inwendige besmetting als gevolg van inhalatie na morsen bij toediening	Ongewoon	10 ⁻²

9. Inwendige besmetting als gevolg van inhalatie bij opruimen besmetting therapiekamers	Ongewoon	10 ⁻²
10. Inwendige besmetting als gevolg van inhalatie na morsen vloeibare toediening I-131	Ongewoon	10 ⁻²

d) Wat is het effect van persoonlijke beschermingsmiddelen?

De reguliere blootstelling van werknemers bedraagt:

(met bronafscherming en met persoonlijke beschermingsmiddelen uit groep 2)

Reguliere blootstelling per beroepsgroep met bronafscherming en met PBM-groep 2 ⁴	Jaardosis [mSv/fte]		
	Effectieve dosis	Equivalente dosis hand	Equivalente ooglensdosis
Bereider	0,01	3,55	0,01
MBB-er	0,00	0,06	0,00
Nucleair Radioloog	0,05	8,89	0,08
Radioloog	0,00	0,00	0,00
TMS	0,01	0,01	0,01
Verpleegkundige A1	0,01	3,30	0,07
Patiënttransport	0,00	0,00	0,00
Verpleging	0,00	0,00	0,00
Orthopeed	0,00	0,00	0,00
Medisch oncoloog	0,03	0,07	0,04
Overig	0,02	0,07	0,02

Dikgedrukt zijn de berekende blootstellingen die lager zijn door gebruik van PBM.

De potentiële blootstelling van werknemers bedraagt:

(met bronafscherming en met persoonlijke beschermingsmiddelen uit groep 2)

Potentiële blootstelling per beroepsgroep met bronafscherming en met PBM-groep 2 ⁴	Jaardosis [mSv/fte]		
	Effectieve dosis	Equivalente dosis hand	Equivalente ooglensdosis
Bereider	5,54	126,97	0,13
MBB-er	0,21	46,22	14,27
Nucleair Radioloog	0,26	46,03	14,33
Radioloog	0,04	18,93	14,27
TMS	0,02	0,41	0,00
Verpleegkundige A1	0,11	0,22	0,11
Patiënttransport	0,03	0,18	0,03
Verpleging	0,00	0,00	0,00
Orthopeed	0,00	0,48	0,01
Medisch oncoloog	0,04	0,10	0,05
Overig	0,00	0,12	0,00

Dikgedrukt zijn de berekende blootstelling die lager zijn door gebruik PBM.

⁴ PBMs zijn verdeeld in 2 groepen. PBM-groep 1 betreft PBMs met een afschermende werking zoals loodschorten, loodglasbrillen en schildklierkragen, maar ook de loodflappen en plafondschermen. PBM-groep 2 betreft PBMs die worden gebruikt bij radioactieve stoffen, zoals laboratoriumhandschoenen, spatbril, oversloffen en mondmasker.

RISICO-EVALUATIE

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

- a) de basisprincipes met betrekking tot rechtvaardiging en optimalisatie;
- *Het toepassen van in vivo en in vitro nucleair geneeskundig onderzoek is gerechtvaardigd conform de Regeling basisveiligheidsnormen stralingsbescherming, Bijlage 2.1, paragraaf II.A.1 (onderzoek van personen op medische indicatie).*
 - *Argumenten voor rechtvaardiging zijn bevordering van de individuele gezondheid en de volksgezondheid.*
 - *De rechtvaardiging van de individuele toepassing per patiënt is conform de wet BIG en de bepalingen van het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming de verantwoordelijkheid van de behandelend arts.*
 - *Er wordt te allen tijde bekeken of er mogelijke alternatieve behandelingen voorhanden zijn.*
 - *Er wordt te allen tijde nagestreefd om de gebruikte technieken te optimaliseren in het voordeel van patiënt, medewerker én milieu.*
- b) de indeling van blootgestelde werknemers in categorie A, B of C op basis van de bepaalde reguliere en potentiële blootstelling (vraag e van Bijlage A). Hierbij wordt eerst per dosisgrootte gekeken welke indeling zou gaan gelden. Daarna volgt een tabel met de uiteindelijke indeling gebaseerd op de meest stringente grootte;
- De berekende reguliere + potentiële blootstelling voor de betrokken beroepsgroepen betreft gebaseerd op:*
- Voor toestellen: met bronafscherming maar zonder PBM-groep 1
 - Voor radioactieve stoffen: met bronafscherming en met PBM-groep 2

Beroepsgroep	Effectieve dosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming, en met PBM-groep 2			categorie
	regulier	VOG	Totaal	
Bereider	0,01	5,54	5,54	B
MBB-er	0,00	0,21	0,21	C
Nucleair Radioloog	0,05	0,26	0,31	C
Radioloog	0,00	0,04	0,04	C
TMS	0,01	0,02	0,03	C
Verpleegkundige A1	0,01	0,11	0,12	C
Patiënttransport	0,00	0,03	0,03	C
Verpleging	0,00	0,00	0,00	C
Orthopeed	0,00	0,00	0,00	C
Medisch oncoloog	0,03	0,04	0,07	C
Overig	0,02	0,00	0,03	C

Beroepsgroep	Equivalenten handdosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming en met PBM-groep 2			categorie
	regulier	VOG	Totaal	
Bereider	3,6	127,0	130,5	B
MBB-er	0,1	46,2	46,3	C
Nucleair Radioloog	8,9	46,0	54,9	B
Radioloog	0,0	18,9	18,9	C
TMS	0,0	0,4	0,4	C
Verpleegkundige A1	3,3	0,2	3,5	C
Patiënttransport	0,0	0,2	0,2	C
Verpleging	0,0	0,0	0,0	C
Orthopeed	0,0	0,5	0,5	C
Medisch oncoloog	0,1	0,1	0,2	C
Overig	0,1	0,1	0,2	C

Beroepsgroep	Equivalentente ooglensdosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming en met PBM-groep 2			categorie
	regulier	VOG	Totaal	
Bereider	0,01	0,13	0,14	C
MBB-er	0,00	14,27	14,27	C
Nucleair Radioloog	0,08	14,33	14,41	C
Radioloog	0,00	14,27	14,27	C
TMS	0,01	0,00	0,01	C
Verpleegkundige A1	0,07	0,11	0,18	C
Patiëntentransport	0,00	0,03	0,03	C
Verpleging	0,00	0,00	0,00	C
Orthopeed	0,00	0,01	0,01	C
Medisch oncoloog	0,04	0,05	0,09	C
Overig	0,02	0,00	0,03	C

Op basis van bovenstaande waarden worden de werknemers als volgt ingedeeld⁵:

Beroepsgroep	Categorie	Beroepsgroep	Categorie
Bereider	B	Patiëntentransport	C
MBB-er	C	Verpleging	C
Nucleair Radioloog	B	Orthopeed	C
Radioloog	C	Medisch oncoloog	C
TMS	C	Overig	C
Verpleegkundige A1	C		

c) de dosislimieten en dosisbeperkingen (vraag b en c van bijlage A):

Een dosisbeperking⁶ is een waarde die voorafgaand aan een handeling wordt bepaald als verwacht maximum van een individuele effectieve of equivalente dosis en wordt gebruikt voor de bepaling van de mogelijkheden tot optimalisatie van een bepaalde bron in een geplande blootstellingssituatie.

Beroepsgroep	Effectieve dosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming, en met PBM-groep 2			categorie	limiet	dosisbeperking
	regulier	VOG	Totaal			
Bereider	0,01	5,54	5,54	B	20	6
MBB-er	0,00	0,21	0,21	C	1	0,3
Nucleair Radioloog	0,05	0,26	0,31	C	1	0,3
Radioloog	0,00	0,04	0,04	C	1	0,3
TMS	0,01	0,02	0,03	C	1	0,3
Verpleegkundige A1	0,01	0,11	0,12	C	1	0,3
Patiëntentransport	0,00	0,03	0,03	C	1	0,3
Verpleging	0,00	0,00	0,00	C	1	0,3
Orthopeed	0,00	0,00	0,00	C	1	0,3
Medisch oncoloog	0,03	0,04	0,07	C	1	0,3

⁵ Dit betreft de definitieve categorie-indeling gebaseerd op deze handelingen, zoals beschreven in deze risicoanalyse. De betreffende werknemers kunnen eveneens betrokken zijn bij andere handelingen. De uiteindelijke categorie-indeling wordt bepaald op basis van de sommatie van de blootstellingen uit alle relevante risicoanalyses. Hierdoor kan de categorie stringenter uitvallen dan slechts op basis van deze handelingen.

⁶ Dosisbeperkingen worden in principe gesteld op de effectieve dosis. Indien nodig wordt ook een dosisbeperking gesteld op de andere dosisgrootheden.

Effectieve dosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming, en met PBM-groep 2

Overig	0,02	0,00	0,03	C	1	0,3
--------	------	------	------	---	---	-----

Equivalente handdosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming en met PBM-groep 2

Beroepsgroep	regulier	VOG	Totaal	categorie	limiet	dosis-bepijking
Bereider	3,6	127,0	130,5	B	500	Nvt
MBB-er	0,1	46,2	46,3	C	50	Nvt
Nucleair Radioloog	8,9	46,0	54,9	B	500	Nvt
Radioloog	0,0	18,9	18,9	C	50	Nvt
TMS	0,0	0,4	0,4	C	50	Nvt
Verpleegkundige A1	3,3	0,2	3,5	C	50	Nvt
Patiëntentransport	0,0	0,2	0,2	C	50	Nvt
Verpleging	0,0	0,0	0,0	C	50	Nvt
Orthopeed	0,0	0,5	0,5	C	50	Nvt
Medisch oncoloog	0,1	0,1	0,2	C	50	Nvt
Overig	0,1	0,1	0,2	C	50	Nvt

Equivalente ooglensdosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming en met PBM-groep 2

Beroepsgroep	regulier	VOG	Totaal	categorie	limiet	dosis-bepijking
Bereider	0,01	0,13	0,14	C	15	Nvt
MBB-er	0,00	14,27	14,27	C	15	Nvt
Nucleair Radioloog	0,08	14,33	14,41	C	15	Nvt
Radioloog	0,00	14,27	14,27	C	15	Nvt
TMS	0,01	0,00	0,01	C	15	Nvt
Verpleegkundige A1	0,07	0,11	0,18	C	15	Nvt
Verpleegkundige C5	0,00	0,00	0,00	C	15	Nvt
Verpleging	0,00	0,00	0,00	C	15	Nvt
Medisch oncoloog	0,04	0,05	0,09	C	15	Nvt
Overig	0,02	0,00	0,03	C	15	Nvt

De geschatte blootstellingen blijven onder de gestelde dosislimieten.

De geschatte blootstellingen blijven onder de gestelde dosisbepijkingen.

- d) de identificatie van blootgestelde werknemers op basis van de bepaalde reguliere en potentiële blootstelling;

Alle betrokken functies bij de toepassing zijn geïdentificeerd. Een overzichtslijst van werknemers binnen deze beroepsgroepen/functies is beschikbaar op de afdeling.

- e) Zie vraag b)

- f) de identificatie en indeling van ruimten in gecontroleerde zone of bewaakte zone;
De ruimten waarin de toepassing wordt uitgevoerd hebben de volgende classificatie:

Bijlage P: Risicoanalyses: methodiek, voorbeelden en overzicht

Functie ruimte	Ruimtenummer	Classificatie
Laboratorium voor bereiding van radiofarmaca	[REDACTED]	Gecontroleerd
Laboratorium voor kwaliteitscontrole	[REDACTED]	Gecontroleerd
Doorgeefluik	[REDACTED]	Gecontroleerd
Sluis medewerkers	[REDACTED]	Gecontroleerd
Bergplaats radioactieve stoffen	[REDACTED]	Geen
Bergplaats radioactieve stoffen	[REDACTED]	Geen
Goederen in/uit	[REDACTED]	Geen
Diagnostiek PET-CT	[REDACTED]	Gecontroleerd
Diagnostiek SPECT-CT	[REDACTED]	Gecontroleerd
Vorbereidingsruimtes PET-CT	[REDACTED]	Gecontroleerd
Voorruimte PET-CT	[REDACTED]	Bewaakt
Dagvoorraad PET-CT	[REDACTED]	Gecontroleerd
Areaal Nucleaire Radiologie: gang, wachtkamer, omkleedruimte	[REDACTED]	Bewaakt
Afvalruimte	[REDACTED]	Geen
Toilet patiënten	[REDACTED]	Bewaakt
Radiologische interventie onder röntgendoorlichting	[REDACTED]	Gecontroleerd
Therapiekamers Verpleegeenheid A1	[REDACTED]	Gecontroleerd
Verpleegeenheid A1 (Bergplaats in ruimte)	[REDACTED]	Geen

Op basis van de berekende blootstellingen ten gevolge van de beschreven handelingen in deze risicoanalyse, is classificatie van bepaalde ruimten noodzakelijk.

g) de noodzaak tot actualisering van getroffen maatregelen.

Na het opstellen van deze risicoanalyse, die onderdeel is van de aanvraag, wordt het dragen van een spatbril verplicht gesteld voor de MBB-er; de Nucleair Radioloog en de Radioloog bij handelingen die de grootste kans hebben op de een besmetting van de ooglenzen. De geschatte equivalente ooglensdosis wordt hierdoor als volgt verlaagd. Dit zal jaarlijks, als voorbereiding op de stralingshygiënische audit, worden geëvalueerd.

Beroepsgroep	Equivalentte ooglensdosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming en met PBM-groep 2			categorie	limiet	dosis- beperking
	regulier	VOG	Totaal			
MBB-er	0,00	0,00	0,00	C	15	
Nucleair Radioloog	0,08	0,00	0,08	C	15	
Radioloog	0,00	0,00	0,00	C	15	

Ingekapselde bronnen

Voorbeeld 3: Ingekapselde bronnen bij het Radionuclidenlaboratorium (RNL)

RISICO-IDENTIFICATIE

a) Zijn alle bronnen van ioniserende straling en hun eigenschappen geïventariseerd?

De bronnen van ioniserende straling zijn geïventariseerd.

Het betreft ingekapselde bronnen in eigendom van het RNL: 2 Ba-133 ingekapselde bronnen, 2 C-14 ingekapselde bronnen, 1 Co-57 ingekapselde bron, 1 Co-60 ingekapselde bron, 4 Cs-137 ingekapselde bronnen, 1 Ge-68 ingekapselde bron, 2 H-3 ingekapselde bronnen, 1 I-129 ingekapselde bron, 1 Mn-54 ingekapselde bron, 3 Na-22 ingekapselde bron en 1 Sr-90 ingekapselde bron.

Het betreft ingekapselde bronnen in eigendom van FSE/MSP: 2 Ba-133 ingekapselde bronnen, 2 Cd-109 ingekapselde bronnen, 2 Co-57 ingekapselde bronnen, 2 Co-60 ingekapselde bronnen, 2 Cs-137 ingekapselde bronnen, 2 Mn-54 ingekapselde bronnen, 2 Na-22 ingekapselde bronnen en 2 Zn-65 ingekapselde bronnen.

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.

Het betreft opslag en intern transport van de ingekapselde bronnen, het verrichten van diverse ijk- en referentieprocessen met ingekapselde bronnen, het verrichten van metingen in het kader van opleidingen en onderwijs en het jaarlijks uitvoeren van lektesten.

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

Handeling	Aantal handelingen per jaar
Kwaliteitscontrole meetapparatuur met diverse ingekapselde bronnen	78
Positioneren bronnen tijdens onderwijs	160
Transport	178
Lektest	34
Opslag bronnen	continu

Functiegroep	Aantal werknemers (fte)
Docent	1
Medewerker BV2	1
TMS	1
Student (deelnemer practicum)	eenmalige deelname

d) Waar worden de handelingen, en in voorkomend geval deelhandelingen, verricht?

Functie ruimte	Ruimtenummer
Laboratorium (practica)	[REDACTED]
Laboratorium (practica)	
Laboratorium (practica)	
Laboratorium (ijking)	
Laboratorium (ijking)	
Bergplaats (opslag bronnen)	
Nevenruimte (ijking)	
Nevenruimte (ijking)	[REDACTED]

- e) Welke blootstellingspaden zijn aan de orde?
Mogelijke blootstellingspaden zijn enkel uitwendige bestraling.
- f) Welke voorziene onbedoelde gebeurtenissen kunnen bijdragen aan de potentiële blootstelling van de werknemers?
Gebaseerd op ervaringen in de praktijk, is de volgende VOG geformuleerd:
VOG 1: *Een ingekapselde stralingsbron blijft na afloop van een bewerking, onbedoeld langer in de werkruimte blijft liggen, zodat er onbedoelde blootstelling van de aanwezigen in de ruimte kan optreden.*
VOG 2: *Een lektest moet opnieuw worden uitgevoerd.*
- 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?
- i. *De zorg voor de stralingshygiëne voor de vergunde handelingen berust bij de toezichthoudend medewerker stralingsbescherming (TMS) RNL.*
 - ii. *De verantwoordelijkheid voor de correcte uitvoering van de beschreven toepassing en het in acht nemen van de algemeen geldende regels berust bij de werknemer.*
 - iii. *De handelingen mogen uitsluitend worden uitgevoerd door personen die minstens zijn opgeleid op het niveau van de cursus 'TMS-VRS D' of gelijkwaardig.*
 - iv. *Er wordt toegangsbeleid uitgevoerd. Enkel geautoriseerde personen hebben toegang tot de afdeling. De uitvoerende werknemer heeft toegang tot het RNL middels zijn persoonlijke UM-card.*
 - v. *Bestellingen van ingekapselde bronnen vinden enkel plaats na accordering van de TMS die controleert of het materiaal qua aard en omvang past binnen de kaders van deze schriftelijk interne toestemming en uitgevoerd wordt volgende de daartoe opgestelde procedure 'Voorschriften voor ingekapselde bronnen'.*
 - vi. *De uitvoerende werknemer draagt een direct uitleesbare dosimeter, welke wordt beheerd door de TMS RNL.*
 - vii. *Ingekapselde bronnen worden, als ze niet in gebruik zijn, opgeborgen in een bergplaats. Op de bergplaats wordt registratie gevoerd van de bronnen die in- of uit de bergplaats zijn gehaald.*
 - viii. *Radioactief afval dat ontstaat op de werkplek wordt zo veel als mogelijk afgeschermd, zodat het geen additionele blootstelling van werknemers geeft. Om dezelfde reden wordt tevens het afval volgens een vast, frequent stramien van de laboratoria verwijderd.*
 - ix. *Experimenten binnen het RNL-areal vinden plaats op basis van (digitale) inschrijving, zodat deze gespreid worden en blootstelling van andere aanwezigen in de ruimte vermeden wordt.*
 - x. *De TMS oefent toezicht uit op de naleving van de voorschriften en is bevoegd om personen die bovengenoemde regels overtreden de toegang tot de afdeling te ontfagen.*
 - xi. *Andere genomen bouwtechnische, organisatorische en persoonlijke maatregelen om de blootstelling van werknemers te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken, worden opgesomd in het document 'Overzicht maatregelen alle afdelingen'.*
 - xii. *In overleg met de TMS kan het intern transport van radioactieve materialen (zowel verspreidbare radioactieve stoffen als gesloten bronnen) vanuit de afdeling Nucleaire Geneeskunde, MUMC+, worden toegestaan. De aard en hoeveelheid van de radioactieve stof dient bij elke overdracht gemeld te worden via het formulier "Intern transport radioactieve stof, v3".*

BEPALING VAN DE BLOOTSTELLING

- a) De reguliere blootstelling van werknemers bedraagt:
(met bronafscherming maar zonder rekening te houden met persoonlijke beschermingsmiddelen)

radioactieve stoffen	Jaardosis [mSv/fte]		
	Effectieve dosis	Equivalente extremitendosis	Equivalente ooglensdosis
Reguliere blootstelling per beroepsgroep met bronafscherming maar zonder PBM groep 2			
Docent	2,51E-02	2,73E-01	2,51E-02
Medewerker BV2	2,55E-01	2,99E+00	2,55E-01
TMS	1,11E-01	7,70E+00	1,11E-01
Student	6,40E-03	2,00E-01	6,40E-03

- b) De potentiële blootstelling van werknemers bedraagt:
(met bronafscherming maar zonder rekening te houden met persoonlijke beschermingsmiddelen)

radioactieve stoffen	Jaardosis [mSv/fte]		
	Effectieve dosis	Equivalente dosis (hand/voet/huid)	Equivalente ooglensdosis
Potentiële blootstelling per beroepsgroep met bronafscherming maar zonder PBM groep 2			
Docent	0,00	0,00	0,00
Medewerker BV2	0,03	0,03	0,03
TMS	0,03	0,05	0,03
Student	0,00	0,00	0,00

- c) Wat is de kans op het zich voordoen van de voorziene onbedoelde gebeurtenissen?

VOG	Kans	Kwantitatieve omschrijving
1. Onbedoeld langer verblijven van ingekapselde bron in werkruimte	10 ⁻²	Ongewoon
2. Uitvoeren van een extra lektest op een bron	0,1 – 0,5	Zeer wel mogelijk

- d) Wat is het effect van persoonlijke beschermingsmiddelen?

De reguliere blootstelling van werknemers bedraagt:
(met bronafscherming en met persoonlijke beschermingsmiddelen uit groep 2)

radioactieve stoffen	Jaardosis [mSv/fte]		
	Effectieve dosis	Equivalente dosis (hand/voet/huid)	Equivalente ooglensdosis
Reguliere blootstelling per beroepsgroep met bronafscherming en met PBM-groep 2			
Docent	2,51E-02	2,73E-01	2,51E-02
Medewerker BV2	2,55E-01	2,99E+00	2,55E-01
TMS	1,11E-01	7,70E+00	1,11E-01
Student	6,40E-03	2,00E-01	6,40E-03

Dikgedrukt zijn de berekende blootstelling die lager zijn door gebruik PBM.

De potentiële blootstelling van werknemers bedraagt:
(met bronafscherming en met persoonlijke beschermingsmiddelen uit groep 2)

radioactieve stoffen	Jaardosis [mSv/fte]		
	Effectieve dosis	Equivalente dosis (hand/voet/huid)	Equivalente ooglensdosis
Potentiële blootstelling per beroepsgroep met bronafscherming en met PBM-groep 2			
Docent	0,00	0,00	0,00
Medewerker BV2	0,03	0,03	0,03
TMS	0,03	0,05	0,03
Student	0,00	0,00	0,00

Dikgedrukt zijn de berekende blootstelling die lager zijn door gebruik PBM.

RISICO-EVALUATIE

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

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

a) de basisprincipes met betrekking tot rechtvaardiging en optimalisatie;

- *Het toepassen van in vivo en in vitro nucleair geneeskundig onderzoek is gerechtvaardigd conform de Regeling basisveiligheidsnormen stralingsbescherming, Bijlage 2.1, paragraaf II.A.1 (onderzoek van personen op medische indicatie).*
- *Argumenten voor rechtvaardiging zijn bevordering van de individuele gezondheid en de volksgezondheid.*
- *De rechtvaardiging van de individuele toepassing per patiënt is conform de wet BIG en de bepalingen van het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming de verantwoordelijkheid van de behandelend arts.*
- *Er wordt te allen tijde bekeken of er mogelijke alternatieve behandelingen voorhanden zijn.*
- *Er wordt te allen tijde nagestreefd om de gebruikte technieken te optimaliseren in het voordeel van patiënt, medewerker én milieu.*

b) de indeling van blootgestelde werknemers in categorie A, B of C op basis van de bepaalde reguliere en potentiële blootstelling (vraag e van Bijlage A). Hierbij wordt eerst per dosisgrootte gekeken welke indeling zou gaan gelden. Daarna volgt een tabel met de uiteindelijke indeling gebaseerd op de meest stringente grootte;

De berekende reguliere + potentiële blootstelling voor de betrokken beroepsgroepen betreft gebaseerd op:

- Voor toestellen: met bronafscherming maar zonder PBM-groep 1
- Voor radioactieve stoffen: met bronafscherming en met PBM-groep 2

Effectieve dosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming, en met PBM-groep 2				
Beroepsgroep	regulier	VOG	Totaal	categorie
Docent	0,03	0,00	0,03	C
Medewerker BV2	0,25	0,03	0,28	C
TMS	0,11	0,03	0,14	C
Student	0,01	0,00	0,01	C

Equivalent handdosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming en met PBM-groep 2				
Beroepsgroep	regulier	VOG	Totaal	categorie
Docent	0,27	0,00	0,27	C
Medewerker BV2	2,99	0,03	3,01	C
TMS	7,70	0,05	7,75	C
Student	0,20	0,00	0,20	C

Equivalent ooglensdosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming en met PBM-groep 2				
Beroepsgroep	regulier	VOG	Totaal	categorie
Docent	0,03	0,00	0,03	C
Medewerker BV2	0,25	0,03	0,28	C
TMS	0,11	0,03	0,14	C
Student	0,01	0,00	0,01	C

Op basis van bovenstaande waarden worden de werknemers als volgt ingedeeld⁷:

Beroepsgroep	Categorie
Docent	C
Medewerker BV2	C
TMS	C
Student	C

c) de dosislimieten en dosisbeperkingen (vraag b en c van bijlage A);

Een dosisbeperking⁸ is een waarde die voorafgaand aan een handeling wordt bepaald als verwacht maximum van een individuele effectieve of equivalente dosis en wordt gebruikt voor de bepaling van de mogelijkheden tot optimalisatie van een bepaalde bron in een geplande blootstellingssituatie.

Beroepsgroep	Effectieve dosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming, en met PBM-groep 2			categorie	limiet	dosis-beperking
	regulier	VOG	Totaal			
Docent	0,03	0,00	0,03	C	1	0,3
Medewerker BV2	0,25	0,03	0,28	C	1	0,3
TMS	0,11	0,03	0,14	C	1	0,3
Student	0,01	0,00	0,01	C	1	0,3

Beroepsgroep	Equivalente handdosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming en met PBM-groep 2			categorie	limiet	dosis-beperking
	regulier	VOG	Totaal			
Docent	0,27	0,00	0,27	C	50	nvt
Medewerker BV2	2,99	0,03	3,01	C	50	nvt
TMS	7,70	0,05	7,75	C	50	nvt
Student	0,20	0,00	0,20	C	50	nvt

Beroepsgroep	Equivalente ooglensdosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming en met PBM-groep 2			categorie	limiet	dosis-beperking
	regulier	VOG	Totaal			
Docent	0,03	0,00	0,03	C	15	nvt
Medewerker BV2	0,25	0,03	0,28	C	15	nvt
TMS	0,11	0,03	0,14	C	15	nvt
Student	0,01	0,00	0,01	C	15	nvt

⁷ Dit betreft de definitieve categorie-indeling gebaseerd op deze handelingen, zoals beschreven in deze risicoanalyse. De betreffende werknemers kunnen eveneens betrokken zijn bij andere handelingen. De uiteindelijke categorie-indeling wordt bepaald op basis van de sommatie van de blootstellingen uit alle relevante risicoanalyses. Hierdoor kan de categorie stringenter uitvallen dan slechts op basis van deze handelingen.

⁸ Dosisbeperkingen worden in principe gesteld op de effectieve dosis. Indien nodig wordt ook een dosisbeperking gesteld op de andere dosisgrootheden.

De geschatte blootstellingen blijven onder de gestelde dosislimieten.

De geschatte blootstellingen blijven onder de gestelde dosisbeperkingen.

- d) de identificatie van blootgestelde werknemers op basis van de bepaalde reguliere en potentiële blootstelling;

Alle betrokken functies bij de toepassing zijn geïdentificeerd. Een overzichtsjijst van werknemers binnen deze beroepsgroepen/functies is beschikbaar op de afdeling.

- e) Zie vraag b)

- f) de identificatie en indeling van ruimten in gecontroleerde zone of bewaakte zone;

De ruimten waarin de toepassing wordt uitgevoerd hebben de volgende classificatie:

Functie ruimte	Ruimtenummer	Classificatie
Laboratorium (practica)		Gecontroleerde zone
Laboratorium (practica)		Gecontroleerde zone
Laboratorium (practica)		Gecontroleerde zone
Laboratorium (ijking)		Gecontroleerde zone
Laboratorium (ijking)		Gecontroleerde zone
Bergplaats (opslag bronnen)		n.v.t.
Nevenruimte (ijking)		Gecontroleerde zone
Nevenruimte (ijking)		Gecontroleerde zone

Het gehele RNL is op basis van het totaal van vergunde toepassingen ingedeeld als gecontroleerde zone. Omdat in bergplaatsen geen handelingen worden uitgevoerd is dat volgens de definitie geen radiologische zone.

- g) de noodzaak tot actualisering van getroffen maatregelen.

Bij het opstellen van deze aanvraag is er geen noodzaak tot het actualiseren van maatregelen of het aanpassen van werkwijzen. Dit zal jaarlijks, als voorbereiding op de stralingshygiënische audit, worden geëvalueerd

Röntgentoestellen

Voorbeeld 4: Buckytoestellen bij Beeldvorming

RISICO-IDENTIFICATIE

- a) Zijn alle bronnen van ioniserende straling en hun eigenschappen geïventariseerd?

Alle bronnen zijn geïdentificeerd. Het betreft:

(Merk, type – ruimtenummer – maximale hoogspanning)

[Redacted]	– 150 kV (Poli Verheylaan)
[Redacted]	150 kV (Poli 1)
[Redacted]	– 150 kV (Poli 4)
[Redacted]	– 150 kV (Poli KLK)
[Redacted]	– 150 kV (SEH)
[Redacted]	– 150 kV (SEH Traumakamer)
[Redacted]	– 150 kV (SEH Traumakamer)

- 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.

De handelingen betreffen het maken van opnames middels röntgenstraling. De verrichtingen zijn in de RIAS omschreven als diagnostische opnames van thorax, abdomen, bekken, extremiteiten en trauma's, opnames t.b.v. kwaliteitscontroles en opnames t.b.v. wetenschappelijk onderzoek/kwaliteitsverbetering.

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

Handeling	Aantal handelingen per jaar
Bekken/buik (abdomen)	9000
Thorax	30000
Extremiteiten	30000
Wervelkolom	9000
Traumaprotocol	1000

Functiegroep	Aantal werknemers (fte)
MBB'er	15
Verpleging	15
Traumamedewerker 1	21
Traumamedewerker 2	21

- d) Waar worden de handelingen, en in voorkomend geval deelhandelingen, verricht?

Functie ruimte	Ruimtenummer
Patiëntenonderzoekruimte	[Redacted]
Patiëntenonderzoekruimte	[Redacted]
Patiëntenonderzoekruimte	[Redacted]
Patiëntenonderzoekruimte	[Redacted]
Patiëntenonderzoekruimte	[Redacted]
Patiëntenonderzoekruimte	[Redacted]
Patiëntenonderzoekruimte	[Redacted]
Patiëntenonderzoekruimte	[Redacted]

e) Welke blootstellingspaden zijn aan de orde?

Het enige mogelijke blootstellingspad is uitwendige bestraling (ten gevolge van blootstelling aan strooistraling).

f) Welke voorziene onbedoelde gebeurtenissen kunnen bijdragen aan de potentiële blootstelling van de werknemers?

VOG 1: Medewerker stapt onbeschermd ruimte binnen ten tijde van stralen; VOG 1 wordt meegeteld bij alle rollen; enkel uitrekenen van additionele lichaamsdosis.

VOG 2: Schade aan persoonlijk beschermingsmiddel; VOG 1 wordt meegeteld bij alle rollen (behalve omstander-rol); enkel uitrekenen van additionele lichaamsdosis.

VOG 3: Met de handen in de primaire bundel komen bij vasthouden patiënt; Enkel van belang bij Rol Trauma 1; enkel uitrekenen additionele extremiteten dosis.

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 toestellen kunnen enkel worden bediend vanachter een bouwkundige loden afscherming (2 mm lood), behalve bij ondersteunen patiënt (VOG).

Onbedoelde gebeurtenissen die zich hebben voorgedaan, worden altijd in een afdelingsoverleg besproken zodat in gezamenlijkheid de werkwijze opnieuw onder de loep wordt genomen en optimalisatie wordt toegepast waar mogelijk.

Onbedoelde gebeurtenissen worden waar mogelijk genomen als uitgangspunt voor bij-, en nascholing en het oefenen van praktische vaardigheden.

Andere genomen bouwtechnische, organisatorische en persoonlijke maatregelen om de blootstelling van werknemers te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken, worden opgesomd in het document 'Overzicht maatregelen alle afdelingen'.

BEPALING VAN DE BLOOTSTELLING

a) De reguliere blootstelling van werknemers bedraagt:

(met bronafscherming maar zonder rekening te houden met persoonlijke beschermingsmiddelen)

Röntgentoepassingen	Jaardosis [mSv/fte]		
	Effectieve dosis	Equivalente handdosis	Equivalente ooglensdosis
<i>Reguliere blootstelling per beroepsgroep met bronafscherming maar zonder PBM groep 1</i>			
MBB'er	7,8E-02	1,8E-01	5,4E-02
Verpleging	1,0E-01	2,4E-01	5,9E-02
Trauma Rol 1	1,0E-01	1,3E-01	1,1E-01
Trauma Rol 2	2,3E-03	2,5E-03	2,5E-03

b) De potentiële blootstelling van werknemers bedraagt:

(met bronafscherming maar zonder rekening te houden met persoonlijke beschermingsmiddelen)

Potentiële blootstelling per beroepsgroep met bronafscherming maar zonder PBM groep 1	Jaardosis [mSv/fte]		
	Effectieve dosis	Equivalente dosis (hand/voet/huid)	Equivalente ooglensdosis
MBB'er	5,1E-02	0,0E+00	0,0E+00
Verpleging	5,1E-02	0,0E+00	0,0E+00
Trauma Rol 1	7,9E-03	4,3E+00	0,0E+00
Trauma Rol 2	1,1E-03	0,0E+00	0,0E+00

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

VOG	Kans	Kwantitatieve omschrijving
1. Medewerker stapt onbeschermd ruimte binnen ten tijde van stralen	Denkbaar	1 op 79000 handelingen (1x per jaar)
2. Schade aan persoonlijk beschermingsmiddel	Denkbaar	1 op 79000 handelingen (1x per jaar)
3. Met de handen in de primaire bundel komen bij vasthouden patiënt	Onwaarschijnlijk	1 op 1000 handelingen (1x per jaar)

d) Wat is het effect van persoonlijke beschermingsmiddelen?

De reguliere blootstelling van werknemers bedraagt:

(met bronafscherming en met persoonlijke beschermingsmiddelen uit groep 1)

Röntgentoepassingen	Jaardosis [mSv/fte]		
	Effectieve dosis	Equivalente handdosis	Equivalente ooglensdosis
<i>Reguliere blootstelling per beroepsgroep met bronafscherming en met PBM-groep 1</i>			
MBB'er	1,8E-02	1,8E-01	5,4E-02
Verpleging	2,1E-02	2,4E-01	5,9E-02
Trauma Rol 1	2,0E-02	1,3E-01	1,1E-01
Trauma Rol 2	4,7E-04	2,5E-03	2,5E-03

Dikgedrukt zijn de berekende blootstelling die lager zijn door gebruik PBM.

De potentiële blootstelling van werknemers bedraagt:

(met bronafscherming en met persoonlijke beschermingsmiddelen uit groep 1)

Potentiële blootstelling per beroepsgroep met bronafscherming en met PBM-groep 1	Jaardosis [mSv/fte]		
	Effectieve dosis	Equivalente dosis (hand/voet/huid)	Equivalente ooglensdosis
MBB'er	5,1E-02	0,0E+00	0,0E+00
Verpleging	5,1E-02	0,0E+00	0,0E+00
Trauma Rol 1	7,9E-03	4,3E+00	0,0E+00
Trauma Rol 2	1,1E-03	0,0E+00	0,0E+00

Dikgedrukt zijn de berekende blootstelling die lager zijn door gebruik PBM.

RISICO-EVALUATIE

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

a) de basisprincipes met betrekking tot rechtvaardiging en optimalisatie;

De handelingen met ioniserende straling uitzendende toestellen zijn gerechtvaardigd conform 'Regeling basisveiligheidsnormen stralingsbescherming bijlage 2.1, categorie II.A.2 en categorie II.A.3, zoals ook vermeld hierboven in hoofdstuk 2.

- Er wordt te allen tijde bekeken of er mogelijke alternatieve behandelingen voorhanden zijn.

- Er wordt nagestreefd om de gebruikte technieken te optimaliseren in het voordeel van patiënt, medewerker én milieu.

b) de indeling van (blootgestelde) werknemers in categorie A, B of C op basis van de bepaalde reguliere en potentiële blootstelling (vraag e van Bijlage A). Hierbij wordt eerst per dosisgrootte gekeken welke indeling zou gaan gelden. Daarna volgt een tabel met de uiteindelijke indeling gebaseerd op de meest stringente grootte;

De berekende reguliere + potentiële blootstelling voor de betrokken beroepsgroepen betreft gebaseerd op:

- Voor toestellen: met bronafscherming maar zonder PBM-groep 1

Effectieve dosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming, maar zonder PBM-groep 1

Beroepsgroep	Regulier	VOG	Totaal	Categorie
MBB'er	0,1	0,1	0,1	C
Verpleging	0,1	0,1	0,2	C
Trauma Rol 1	0,1	0,0	0,1	C
Trauma Rol 2	0,0	0,0	0,0	C

Equivalente handdosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming, maar zonder PBM-groep 1

Beroepsgroep	Regulier	VOG	Totaal	Categorie
MBB'er	0,2	0,0	0,2	C
Verpleging	0,2	0,0	0,2	C
Trauma Rol 1	0,1	4,3	4,4	C
Trauma Rol 2	0,0	0,0	0,0	C

Equivalente ooglensdosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming, maar zonder PBM-groep 1

Beroepsgroep	Regulier	VOG	Totaal	Categorie
MBB'er	0,1	0,0	0,1	C
Verpleging	0,1	0,0	0,1	C
Trauma Rol 1	0,1	0,0	0,1	C
Trauma Rol 2	0,0	0,0	0,0	C

Op basis van bovenstaande waarden worden de werknemers als volgt ingedeeld⁹:

Beroepsgroep	Categorie
MBB'er	C
Verpleging	C
Trauma Rol 1	C
Trauma Rol 2	C

c) de dosislimieten en dosisbeperkingen (vraag b en c van bijlage A);

Een dosisbeperking¹⁰ is een waarde die voorafgaand aan een handeling wordt bepaald als verwacht maximum van een individuele effectieve of equivalente dosis en wordt gebruikt voor de bepaling van de mogelijkheden tot optimalisatie van een bepaalde bron in een geplande blootstellingssituatie.

⁹ Dit betreft de definitieve categorie-indeling gebaseerd op deze handelingen, zoals beschreven in deze risicoanalyse. De betreffende werknemers kunnen eveneens betrokken zijn bij andere handelingen. De uiteindelijke categorie-indeling wordt bepaald op basis van de sommatie van de blootstellingen uit alle relevante risicoanalyses. Hierdoor kan de categorie stringenter uitvallen dan slechts op basis van deze handelingen.

¹⁰ Dosisbeperkingen worden in principe gesteld op de effectieve dosis. Indien nodig wordt ook een dosisbeperking gesteld op de andere dosisgrootheden.

Effectieve dosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming en met PBM-groep 1						
Beroepsgroep	Regulier	VOG	Totaal	Categorie	Limiet	Dosis-bepanking
MBB'er	0,0	0,1	0,1	C	1	0,3
Verpleging	0,0	0,1	0,1	C	1	0,3
Trauma Rol 1	0,0	0,0	0,0	C	1	0,3
Trauma Rol 2	0,0	0,0	0,0	C	1	0,3

Equivalentente handdosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming en met PBM-groep 1						
Beroepsgroep	Regulier	VOG	Totaal	Categorie	Limiet	Dosis-bepanking
MBB'er	0,2	0,0	0,2	C	50	nvt
Verpleging	0,2	0,0	0,2	C	50	nvt
Trauma Rol 1	0,1	4,3	4,4	C	50	nvt
Trauma Rol 2	0,0	0,0	0,0	C	50	nvt

Equivalentente ooglensdosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming en met PBM-groep 1						
Beroepsgroep	Regulier	VOG	Totaal	Categorie	Limiet	Dosis-bepanking
MBB'er	0,1	0,0	0,1	C	15	nvt
Verpleging	0,1	0,0	0,1	C	15	nvt
Trauma Rol 1	0,1	0,0	0,1	C	15	nvt
Trauma Rol 2	0,0	0,0	0,0	C	15	nvt

De geschatte blootstellingen blijven onder de gestelde dosislimieten.

De geschatte blootstellingen blijven onder de gestelde dosisbepankingen.

- d) de identificatie van blootgestelde werknemers op basis van de bepaalde reguliere en potentiële blootstelling;

Alle betrokken functies bij de toepassing zijn geïdentificeerd. Een overzichtslijst van werknemers binnen deze beroepsgroepen/functies is beschikbaar op de afdeling.

- e) Zie vraag b)

- f) de identificatie en indeling van ruimten in gecontroleerde zone of bewaakte zone;

De ruimten waarin de toepassing wordt uitgevoerd hebben de volgende classificatie:

Functie ruimte	Ruimtenummer	Classificatie
<i>Patiëntenonderzoeksruimte</i>	<i>Bewaakte zone</i>	
<i>Patiëntenonderzoeksruimte</i>	<i>Bewaakte zone</i>	
<i>Patiëntenonderzoeksruimte</i>	<i>Bewaakte zone</i>	
<i>Patiëntenonderzoeksruimte</i>	<i>Bewaakte zone</i>	
<i>Patiëntenonderzoeksruimte</i>	<i>Bewaakte zone</i>	
<i>Patiëntenonderzoeksruimte</i>	<i>Bewaakte zone</i>	
<i>Patiëntenonderzoeksruimte</i>	<i>Bewaakte zone</i>	7
<i>Patiëntenonderzoeksruimte</i>	<i>Bewaakte zone</i>	

Hoewel feitelijk geen indeling als radiologische ruimte nodig is, wordt er toch voor gekozen om de ruimten in te delen als bewaakte zone, omdat hiermee uniformiteit wordt bereikt.

- a) de noodzaak tot actualisering van getroffen maatregelen.

Bij het opstellen van deze aanvraag is er geen noodzaak tot het actualiseren van maatregelen of het aanpassen van werkwijzen. Dit zal jaarlijks, als voorbereiding op de stralingshygiënische audit, worden geëvalueerd.

Deeltjesversnellers

RISICO-IDENTIFICATIE

- a) Zijn alle bronnen van ioniserende straling en hun eigenschappen geïnventariseerd?

Voor de locatie Maastricht betreft het 5 lineaire versnellers, de Amsterdam, Berlijn, Cambridge, Dublin en Evian, met een fotonenergie van maximaal 10 MV en een elektronenergie van maximaal 15 MeV. Alle lineaire versnellers zijn uitgerust met een KV unit. De CBCT-systemen zijn in deze aanvraag buiten beschouwing gelaten; deze systemen staan in een separate aanvraag.

- 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.

Het betreft reguliere bestraling van patiënten en/of vrijwilligers. Daarnaast vinden er ook andere handelingen plaats aan of in nabijheid van het toestel en/of mogelijk geactiveerde onderdelen. Hierbij horen o.a. werkzaamheden t.b.v. kwaliteitscontroles, aan geactiveerde targets en/of onderdelen en onderhoud.

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

Handeling	Aantal handelingen per jaar
Amsterdam	workload 325 Gy/week
Berlijn	workload 810 Gy/week
Cambridge	workload 575 Gy/week
Dublin	workload 770 Gy/week
Evian	workload 770 Gy/week

Functiegroep	Aantal werknemers (fte)
MBB-er	94
Medisch specialist	32
Klinisch fysicus	12
Klinisch fysisch medewerker	10
Medewerker Varian	5

- d) Waar worden de handelingen, en in voorkomend geval deelhandelingen, verricht?

Functie ruimte	Ruimtenummer
Labyrint en behandelruimte Amsterdam	0.G3.078/0.G3.079
Labyrint en behandelruimte Berlijn	0.G3.071/0.G3.072
Labyrint en behandelruimte Cambridge	0.G3.066/0.G3.067
Labyrint en behandelruimte Dublin	0.G4.040/0.G4.041
Labyrint en behandelruimte Evian	0.G4.036/0.G4.037
Bedieningsruimte Amsterdam	0.G3.080
Bedieningsruimte Berlijn	0.G3.070
Bedieningsruimte Cambridge	0.G3.069
Bedieningsruimte Dublin	/0.G4.039
Bedieningsruimte Evian	0.G4.038

- e) Welke blootstellingspaden zijn aan de orde?

Het enige mogelijke blootstellingspad is uitwendige bestraling (ten gevolge van blootstelling aan stroostraling).

f) Welke voorziene onbedoelde gebeurtenissen kunnen bijdragen aan de potentiële blootstelling van de werknemers?

Voor het definiëren van onderstaande Voorziene Onbedoelde Gebeurtenissen, hebben we gebruik gemaakt van ervaringen/incidenten op de werkvloer.

1. Wachten bij ingang labyrint (VOG 1).
2. Werkzaamheden buiten bunker, bijvoorbeeld dak (VOG 2)
3. Werkzaamheden aan geactiveerd target (VOG 3)
4. Werkzaamheden aan geactiveerde onderdelen. (VOG 4)

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 bediening van de lineaire versnellers wordt uitgevoerd vanuit de bedieningsruimtes, die door middel van een labyrint gescheiden zijn van de behandelruimtes.
- Er vinden geen handelingen plaats in de ruimte ten tijde van stralen. Om ervoor te zorgen dat dit ook daadwerkelijk niet gebeurt, is een verklikkersysteem geïnstalleerd.
- Eventuele aanwezigheid van medewerkers in de behandelruimte wordt additioneel gemonitord met bewakingscamera's.

BEPALING VAN DE BLOOTSTELLING

a) De reguliere blootstelling van werknemers bedraagt:

(met bronafscherming maar zonder rekening te houden met persoonlijke beschermingsmiddelen)

Deeltjesversnellers	Jaardosis [mSv/fte]		
	Effectieve dosis	Equivalente dosis (hand/voet/huid)	Equivalente ooglensdosis
<u>Reguliere blootstelling per beroepsgroep met bronafscherming maar zonder PBM</u>			
Laborant (MBB)	1,40E-02	n.v.t.	n.v.t.
Medisch Specialist	2,00E-03	n.v.t.	n.v.t.
Klinische fysicus	2,00E-03	n.v.t.	n.v.t.
Klinische fysisch medewerker	2,00E-03	n.v.t.	n.v.t.

b) De potentiële blootstelling van werknemers bedraagt:

(met bronafscherming maar zonder rekening te houden met persoonlijke beschermingsmiddelen)

Deeltjesversnellers	Jaardosis [mSv/fte]		
	Effectieve dosis	Equivalente dosis (hand/voet/huid)	Equivalente ooglensdosis
<u>Potentiële blootstelling per beroepsgroep met bronafscherming maar zonder PBM</u>			
Laborant (MBB)	2,00E-03	n.v.t.	n.v.t.
Medisch Specialist	0,00E+00	n.v.t.	n.v.t.
Klinische fysicus	0,00E+00	n.v.t.	n.v.t.
Klinische fysisch medewerker	7,40E-02	n.v.t.	n.v.t.

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

VOG	Kans	Kwantitatieve omschrijving
1. Wachten ingang labyrint	Onwaarschijnlijk	1 op 1000
2. Werkzaamheden buiten bunker	Onwaarschijnlijk	1 op 1000
3. Werkzaamheden aan geactiveerd target	Denkbaar	1 op 10000

VOG	Kans	Kwantitatieve omschrijving
4. Werkzaamheden aan geactiveerde onderdelen	Zeër wel mogelijk	1 op 0,1 -0,5

d) Wat is het effect van persoonlijke beschermingsmiddelen?

De reguliere blootstelling van werknemers bedraagt:

Bij deeltjesversnellers spelen PBM geen rol.

Deeltjesversnellers	Jaardosis [mSv/fte]		
	Effectieve dosis	Equivalente dosis (hand/voet/huid)	Equivalente ooglensdosis
Reguliere blootstelling per beroepsgroep met bronafscherming			
Laborant (MBB)	1,40E-02	n.v.t.	n.v.t.
Medisch Specialist	2,00E-03	n.v.t.	n.v.t.
Klinische fysicus	2,00E-03	n.v.t.	n.v.t.
Klinische fysisch medewerker	2,00E-03	n.v.t.	n.v.t.

Bij deeltjesversnellers spelen PBM geen rol.

De potentiële blootstelling van werknemers bedraagt:

(met bronafscherming en met persoonlijke beschermingsmiddelen)

Deeltjesversnellers	Jaardosis [mSv/fte]		
	Effectieve dosis	Equivalente dosis (hand/voet/huid)	Equivalente ooglensdosis
Potentiële blootstelling per beroepsgroep met bronafscherming			
Laborant (MBB)	2,00E-03	n.v.t.	n.v.t.
Medisch Specialist	0,00E+00	n.v.t.	n.v.t.
Klinische fysicus	0,00E+00	n.v.t.	n.v.t.
Klinische fysisch medewerker	7,40E-02	n.v.t.	n.v.t.

Bij deeltjesversnellers spelen PBM geen rol.

RISICO-EVALUATIE

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

a) de basisprincipes met betrekking tot rechtvaardiging en optimalisatie;

- Het toepassen van toestellen ten behoeve van medische therapie, is gerechtvaardigd conform het 'Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming, Bijlage 2.1, paragraaf II.A.1'.
- Argumenten voor rechtvaardiging zijn bevordering van de individuele gezondheid en de volksgezondheid.
- De rechtvaardiging van de individuele toepassing per patiënt is conform de wet BIG en de bepalingen van het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming de verantwoordelijkheid van de behandelend arts.
- Er wordt te allen tijde nagestreefd om de gebruikte technieken te optimaliseren in het voordeel van patiënt, medewerker én milieu.

b) de indeling van (blootgestelde) werknemers in categorie A, B of C op basis van de bepaalde reguliere en potentiële blootstelling (vraag e van Bijlage A). Hierbij wordt eerst per dosisgrootte gekeken welke indeling zou gaan gelden. Daarna volgt een tabel met de uiteindelijke indeling gebaseerd op de meest stringente grootte;

De berekende reguliere + potentiële blootstelling voor de betrokken beroepsgroepen betreft gebaseerd op:
 Voor deeltjesversnellers: met bronafscherming maar zonder PBM

Effectieve dosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming, maar <u>zonder PBM</u>				
Beroepsgroep	Regulier	VOG	Totaal	Categorie
Laborant (MBB)	1,40E-02	2,00E-03	1,60E-02	C
Medisch Specialist	2,00E-03	0,00E+00	2,00E-03	C
Klinische fysicus	2,00E-03	0,00E+00	2,00E-03	C
Klinische fysisch medewerker	2,00E-03	7,40E-02	7,60E-02	C

Op basis van bovenstaande waarden worden de werknemers als volgt ingedeeld:

Beroepsgroep	Categorie
Laborant (MBB)	C
Medisch Specialist	C
Klinische fysicus	C
Klinische fysisch medewerker	C

c) de dosislimieten en dosisbeperkingen (vraag b en c van bijlage A);

Een dosisbeperking¹¹ is een waarde die voorafgaand aan een handeling wordt bepaald als verwacht maximum van een individuele effectieve of equivalente dosis en wordt gebruikt voor de bepaling van de mogelijkheden tot optimalisatie van een bepaalde bron in een geplande blootstellingssituatie.

Effectieve dosis per jaar [mSv/fte] met bronafscherming, en <u>met PBM</u>						
Beroepsgroep	Regulier	VOG	Totaal	Categorie	Limiet	Dosisbeperking
Laborant (MBB)	1,40E-02	2,00E-03	1,60E-02	C	1	0,3
Medisch Specialist	2,00E-03	0,00E+00	2,00E-03	C	1	0,3
Klinische fysicus	2,00E-03	0,00E+00	2,00E-03	C	1	0,3
Klinische fysisch medewerker	2,00E-03	7,40E-02	7,60E-02	C	1	0,3

De geschatte blootstellingen blijven onder de gestelde dosislimieten.

De geschatte blootstellingen blijven onder de gestelde dosisbeperkingen.

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

Alle betrokken functies bij de toepassing zijn geïdentificeerd. Een overzichtsjijst van werknemers binnen deze beroepsgroepen/functies is beschikbaar op de afdeling.

e) Zie vraag b)

¹¹ Dosisbeperkingen worden in principe gesteld op de effectieve dosis. Indien nodig wordt ook een dosisbeperking gesteld op de andere dosisgrootheden.

- f) de identificatie en indeling van ruimten in gecontroleerde zone of bewaakte zone:
 De ruimten waarin de toepassing wordt uitgevoerd hebben de volgende classificatie:

Functie ruimte		Ruimtenummer	Classificatie
Amsterdam:	Labyrint en behandelruimte	[Redacted]	Gecontroleerde zone
Berlijn:	Labyrint en behandelruimte		Gecontroleerde zone
Cambridge:	Labyrint en behandelruimte		Gecontroleerde zone
Dublin:	Labyrint en behandelruimte		Gecontroleerde zone
Evian:	Labyrint en behandelruimte		Gecontroleerde zone
Amsterdam:	Bedieningsruimte	[Redacted]	Geen
Berlijn:	Bedieningsruimte	[Redacted]	Geen
Cambridge:	Bedieningsruimte	[Redacted]	Geen
Dublin:	Bedieningsruimte	[Redacted]	Geen
Evian:	Bedieningsruimte	[Redacted]	Geen

Verblijf in het labyrint en de behandelruimte betreft blootstellingen die leiden tot indeling in de A-categorie

- g) de noodzaak tot actualisering van getroffen maatregelen:

Bij het opstellen van deze aanvraag is er geen noodzaak tot het actualiseren van maatregelen of het aanpassen van werkwijzen. Dit zal jaarlijks, als voorbereiding op de stralingshygiënische audit, worden geëvalueerd.

5. Overzicht van risicoanalyses

Locatie complex Randwyck
academisch ziekenhuis Maastricht
Risicoanalyse SIT-BV-VRS therapie 2025v3
Risicoanalyse SIT-BV-VRS diagnostiek v3
Risicoanalyse SIT-BV-VRS-KFT v1
Risicoanalyse SIT-BV-IB-lokalisatie-v2
Risicoanalyse SIT-BV-IB v2
20240228_RIAS_CT_RAD_metaanpassingen2
RI&E_Bucky_rol_1_tm_5
20231127_RIAS_Mammografie
Risicoanalyse SIT-BV-T-CTNG-v2
Risicoanalyse SIT-BV-T-DEXA_wijziging dec 2012
Risicoanalyse Mobiele_Röntgen_Zaal_Systemen_2020_final
20231116 - RI&E Doorlichtkamer
20240403_RIAS_Mammografie-Bioptiesysteem
Risicoanalyse SIT-BV-practicum
Risicoanalyse SIT-NUTRIM-T
20240308_RIAS_XtremeCT
20230207_Risicoanalyse SIT-MKA-T
20221128 - RI&E HKK
Risicoanalyse CDL-IB v1
Risicoanalyse SIT-CDL-VRS-v2
Risicoanalyse SIT-PA-T v2
UM-FHML
Risicoanalyse SIT-RNL-VRS-v4_final
Risicoanalyse SIT-M4I-VRS
Risicoanalyse SIT-RNL-WASTE v1
Risicoanalyse RNL-IB-v3
RIAS SIT-RNL-T SMART 2 v1
Aanvraag SIT-RNL-T MultiRad225
Risicoanalyse RNL-T_Practica Röntgen_v2
Risicoanalyse bergplaats vondst
RIAS_VITRINEKAST
gescande risicoanalyse
Risicoanalyse SIT-A&E-T
Risicoanalyse SIT-CTC-T v1
Risicoanalyse SIT-CPV-T
Risicoanalyse SIT-Orthopedie-T v2
Risicoanalyse SIT-Fys-T v2
aanvraag SIT-EM Elektronenmicroscopen
Maastricht Clinic
Risicoanalyse SIT-M-LV v3
Risicoanalyse SIT-Maastricht-versneller-CBCT 2021
Risicoanalyse SIT-M-T v3
Risicoanalyse M-IB-HDR-v2
Risicoanalyse SIT-M-IB-LDR Dec 2023
Maastricht Protonen
Risicoanalyse_ZON-CCT-v2
Risicoanalyse_Mevion_v1
Locatie Maastricht Venlo
Risicoanalyse SIT-M-LV Venlo
Locatie Annadal Kliniek
RIE_C-boog_Orthopedie_rol_1tm_5 versie 1
RIE_C-boog_Urologie_rol_1_tm_5 versie 1