

Risico-identificatie en Evaluatie radioactieve stoffen

Martini Ziekenhuis Groningen

Vastgesteld: 30 juli 2024

Versie	Datum	Laatste wijzigingen
1.01	12-4-2019	Bij potentiële risico's een filter geplaatst waarbij alleen de handelingen met een risico groter dan 1 mSv worden getoond.
1.02	12-4-2019	Potentiele handelingen worden in de berekening gelijk gesteld aan het aantal FTE; hiermee wordt op jaarbasis voor de potentiële handeling het risico van 1 potentiële gebeurtenis getoond.
1.02	15--8-2020	Document aangepast met actuele aantallen voor de verschillende onderzoeken.
		Koppeling gemaakt met IBC t.a.v. de aantallen onderzoeken, toegediende activiteit en aantal bereidingen van het farmacon. Hierdoor kan de RIE eenvoudig jaarlijks worden aangepast met actuele cijfers.
		Blootstellingspad voor besmetting van de huid toegekend aan extremiteiten blootstelling.
		Afscherming loodglas in LAF kast op 10 mm loodequivalent gezet conform specificaties leverancier.
		Jodium Therapie aangepast; betreft capsule die patiënt zelfstandig inneemt onder toezicht van nucleair geneeskundige.
1.03	18-11-2021	Samen met TMS er alle handelingen, afstanden, tijdsduur per handeling doorgenomen en waar nodig aangepast.
1.04	2-2-2022	Handelingen per toediening en scannen toegevoegd aan mdw rol voor bepaling dosis buiten ruimte. Voor kortlevende isotopen (PET tracers) is gebruik gemaakt van gecorrigeerde waarden voor de dosis waarmee zo rekening is gehouden met verval tijdens verblijf in de ruimte.
1.05	29-9-2022	Handelingen voor indrukken stamper (onafgeschermd) door MNW er toegevoegd. Uitgegaan van 10 cm en 20 seconden wat o.b.v. meting een overschatting is.
1.06	17-10-2022	Toevoeging Y90 en aanpassing Jodium 131
1.07	28-10-2022	Afstand bij melanoomspuiten op 8 mm bij toediening door MNW er. Dit op basis van metingen met ringdosimeter. Afstand bij optrekken onafgeschermd spuit op 5 cm bij bereiding door hotlab medewerker. Dit op basis van metingen met ringdosimeter.
1.08	26-3-2024	Toevoegen handelingen I-125 marker in PA lab
1.09	1-7-2024	Toevoegen handelingen Rb-82 en Lu-177.

Door [REDACTED]; Klinisch Fysicus en stralingsbeschermingsdeskundige

De risico identificatie en evaluatie is opgesteld conform Bijlage A. behorend bij artikel 2.1, eerste en tweede lid van de Regeling stralingsbescherming beroepsmatige blootstelling 2018

1. Risico-identificatie.

Te stellen vragen:

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

Binnen Het Martini Ziekenhuis worden een aantal bronnen gebruikt waarvan de grootste de Molybdeen generator en de Germanium generator betreffen voor resp. de bereiding van Tc-99m- en Ga-68 farmaca. Een overzicht van alle bronnen en de toegepaste farmaca staat weergegeven in tabel 1.

Tabel 1 Overzicht bronnen

Isotoop	Type	Bron	Locatie bereiding	Locatie toediening	
Co-57	Bron	Co-57 flood source	Hotlab	scankamer	
		Co-57 pen point marker	Hotlab	scankamer	
Cr-51	Farmaca diagnostiek	Cr-51-Erythrocyten	Hotlab	prikkamer	
Cs-137	Bron	Cs-137 ijkbron	Hotlab	hotroom	
F-18	Farmaca diagnostiek	F-18 Methylcholine	Hotlab	prikkamer	
		F-18 FDG	nvt	prikkamer	
Ga-68	Farmaca diagnostiek	Ga-68-DotaNOC	Hotlab	prikkamer	
		Ga-68-PSMA	Hotlab	prikkamer	
		Ga-68	Hotlab	hotroom	
Ge-68	Bron	Ge-68/Ga-68	Hotlab	hotroom	
		Ge/Ga-68 bron	nvt	PET ruimte	
I-123	Farmaca diagnostiek	I-123-Joflupaan (FP-CIT)	Hotlab	prikkamer	
		I-123-Natriumjodide (Oraal)	Hotlab	prikkamer	
I-125	Bron	I-125-markers	nvt	echokamer	
		Farmaca diagnostiek	I-125-Plasma	Hotlab	prikkamer
I-131	Farmaca therapie	I-131-Natriumjodide (Oraal)	nvt	prikkamer	
In-111	Farmaca diagnostiek	In-111-Colloid	Hotlab	doorlichtkamer	
Lu-177	Farmaca therapie	Lu-177 PSMA	Hotlab	prikkamer	
Mo-99	Bron	Molybdeen generator	Hotlab	hotroom	
Ra-223	Farmaca therapie	Ra-223-Radiumdichloride	Hotlab	prikkamer	
Rb-81	Bron	Rb-81/Kr-81	Hotlab	scankamer	
		Farmaca diagnostiek	Rb-81/Kr-81m-generator	nvt	scankamer
Rb-82	Farmaca diagnostiek	Rb-82	nvt	PET ruimte	
Sm-153	Farmaca therapie	Sm-153-Quadramet	Hotlab	prikkamer	
Tc-99m	Farmaca diagnostiek	Tc-99m-Natrium-pertechnetaat	Hotlab	prikkamer	
				scankamer	
				hotroom	
			Tc-99m-MAA	Hotlab	prikkamer
			Tc-99m-Leukocyten	Hotlab	prikkamer
			Tc-99m-Mebrofenine	Hotlab	scankamer
			Tc-99m-(CMC)-gelei	Hotlab	scankamer
			Tc-99m-DMSA	Hotlab	prikkamer
			Tc-99m-Nanocolloid	Hotlab	prikkamer
					scankamer
			Tc-99m-NephroMAG	Hotlab	scankamer
			Tc-99m-HDP	Hotlab	prikkamer
			Tc-99m-Sestamibi	Hotlab	prikkamer
			Tc-99m-Tetrofosmine (MYOVIEU)	Hotlab	inspanningskamer
			Tc-99m-Erythrocyten	Hotlab	prikkamer
Tl-201	Farmaca diagnostiek	Tl-201-Thalliumchloride	Hotlab	inspanningskamer	
Y-90	Farmaca therapie	Y-90 Citraat	Hotlab	prikkamer	

b. Welke handelingen worden er verricht met deze bronnen?

Het onderzoekenoverzicht staat in Tabel 2.

Tabel 2 Overzicht onderzoeken

Type	Bron	Handeling uitvullen (#)	dosis uitvullen (MBq)	Handeling toediening /gebruik (#)	dosis toediening /gebruik (MBq)
Bron	Co-57 flood source	0	370	280	370
	Co-57 pen point marker	0	9	280	9
	Cs-137 ijkbron	0	8	400	8
	Ge/Ga-68 bron	0	88	200	88
	Ge-68/Ga-68	1	1849	1	1849
	I-125-markers	269	10	269	10
	Molybdeen generator	53	15000	50	15000
	Rb-81/Kr-81	20	296	25	296
Farmaca diagnostiek	Cr-51-Erythrocyten	0	0	0	0
	F-18 FDG	2100	175	2100	175
	F-18 Methylcholine	25	175	25	175
	Ga-68	125	800	0	800
	Ga-68-DotaNOC	10	112	13	112
	Ga-68-PSMA	117	334	293	111
	I-123-Joflupaan (FP-CIT)	53	178	53	178
	I-123-Natriumjodide (Oraal)	81	11	81	11
	I-125-Plasma	0	0	0	0
	In-111-Colloid	10	32	36	8
	Rb-81/Kr-81m-generator	66	5	66	5
	Rb-82	0	0	1000	750
	Tc-99m-(CMC)-gelei	27	27	27	27
	Tc-99m-DMSA	46	74	64	74
	Tc-99m-Erythrocyten	1	792	1	792
	Tc-99m-HDP	118	1644	338	548
	Tc-99m-Leukocyten	28	428	28	428
	Tc-99m-MAA	29	310	73	103
	Tc-99m-Mebrofenine	0	0	0	0
	Tc-99m-Nanocolloid	164	163	343	82
	Tc-99m-Natrium-pertechneetaat	337	30000	105	30000
	Tc-99m-NephroMAG	67	74	89	74
	Tc-99m-Sestamibi	5	550	5	550
	Tc-99m-Tetrofosmine (MYOVIEUW)	168	3090	934	515
	Tl-201-Thalliumchloride	2	74	2	74
Farmaca therapie	I-131-Natriumjodide (Oraal)	46	1000	46	1000
	Lu-177 PSMA	60	15000	120	7500
	Ra-223-Radiumdichloride	72	5	72	5
	Sm-153-Quadramet	3	2872	3	2872
	Y-90 Citraat	1	1000	1	1000

De handelingen ten gevolge van deze onderzoeken door de diverse groepen medewerkers staat in Tabel 3. De blootstelling betreft hier in principe uitsluitend de effectieve blootstelling en de blootstelling aan extremiteiten als gevolg van straling. Voor wat betreft inwendige besmetting wordt gebruik gemaakt van risico's zoals omschreven in het NCS document "Aanbevelingen risicoanalyse en -evaluatie voor Nucleair Geneeskundige verrichtingen in ziekenhuizen". Hierin zijn de volgende scenario's uitgewerkt:

Inhalatie bij bereiding: per dag wordt 5 uur in de LAF-kast gewerkt, waarbij 0,01% van de gehanteerde activiteit vrijkomt. De TFW bedraagt hierbij $5.4 \cdot 10^{-13}$.

Inhalatie bij toediening: per dag wordt 5 uur in de toedienruimte gewerkt, waarbij 0,01% van de gehanteerde activiteit vrijkomt. De TFW bedraagt hierbij $5.4 \cdot 10^{-9}$.

Tabel 3 Overzicht handelingen regulier

Blootstelling	Locatie	Referentiegroep	Handeling
Effectief	doorlichtkamer	Radioloog	Toediening radiofarmaca aan patiënt
	Hotlab	Hotroom mdw	Bereiding meting onafgeschermd bulk
			Gebruik van IJkbron tijdens onderzoek en of QC
			Per dag wordt 5 uur in de LAF-kast gewerkt, waarbij 0,01% van de

			gehanteerde activiteit vrijkomt.
			Inboeken generator
			Bereiding meting onafgeschermd capsule
			Plaatsen onafgeschermd bulk in ionisatiekamer + aanbrengen naald
			Optrekken spuit dmv omgekeerd meten
			Vasthouden en verplaatsen afgeschermd huls met vial tijdens elutie Molybdeen generator
			Meting doorbraak Molybdeen door plaatsing doorbraakcontainer in dosiscalibrator
			Plaatsing elutieflesje vanuit doorbraakcontainer naar loodcontainer m.b.v lange pincet
			Plaatsen onafgeschermd bulk Ga-PSMA of Ga-DOTATOC in ionisatiekamer + aanbrengen naald
			Optrekken spuit dmv omgekeerd meten t.b.v. QC
			Bereiding optrekken en meting onafgeschermd spuit
			Meting activiteit elutie flesje door plaatsing flesje in dosiscalibrator en retour doorbraakcontainer m.b.v. lange pincet
			1-Bereiding; optrekken Natrium Pertechnetaat in bulk spuit.
			2-Bereiding; toevoegen inhoud bulk spuit aan farmacon
			3-Bereiding; meting en schouwen onafgeschermd bulk
			4-Bereiding; plakken etiket op onafgeschermd bulk
			5-Bereiding; optrekken en meting onafgeschermd spuit
			6-Bereiding; plakken etiket op bereide spuit.
			7-Bereiding; plaatsen van spuit in loodbakje
	mamma poli	MBRT Laborant	Opname lump met I-125 marker
		Radioloog	Plaatsing I-125 marker
	OK	Chirurg	Verwijdering SN
			Verwijdering I-125 marker
		OK medewerker	Verwijdering SN
			Verwijdering I-125 marker
			Transport preparaat met I-125 marker van OK naar radiologie
		Radioloog	Plaatsing I-125 marker
	PA lab	MBRT Laborant	Transport preparaat met I-125 marker van radiologie naar pathologie
		PA	Verwijdering marker uit lump
	PET scanner prikkamer	MNW-PET	Uitvoeren van onderzoek achter loodschermd
		Hotroom mdw	Per dag wordt 5 uur in de LAF-kast gewerkt, waarbij 0,01% van de gehanteerde activiteit vrijkomt.
			Per dag wordt 5 uur in de toedienruimte gewerkt, waarbij 0,01% van de gehanteerde activiteit vrijkomt.
			Toediening radiofarmaca aan patiënt
		MNW	Per dag wordt 5 uur in de toedienruimte gewerkt, waarbij 0,01% van de gehanteerde activiteit vrijkomt.
			Toediening radiofarmaca aan patiënt
			Positionering patient tijdens scan
		MNW-PET	Gebruik van IJkbron tijdens onderzoek en of QC
			Per dag wordt 5 uur in de toedienruimte gewerkt, waarbij 0,01% van de gehanteerde activiteit vrijkomt.
			Toediening radiofarmaca aan patiënt
		Nucleair geneeskundige	Toediening radiofarmaca aan patiënt
	scankamer	Hotroom mdw	Positionering patiënt tijdens scan
		MNW	Gebruik van IJkbron tijdens onderzoek en of QC
			Uitvoeren van onderzoek achter loodschermd
			Toediening radiofarmaca aan patiënt
			Positionering patient tijdens scan
		MNW-PET	Gebruik van IJkbron tijdens onderzoek en of QC
			Uitvoeren van onderzoek achter loodschermd
			Toediening radiofarmaca aan patiënt
			Positionering patiënt tijdens scan
Extremiteten	doorlichtkamer	Radioloog	Toediening radiofarmaca aan patiënt
	Hotlab	Hotroom mdw	Gebruik van IJkbron tijdens onderzoek en of QC
			Inboeken generator
			Bereiding meting onafgeschermd capsule
			Plaatsen onafgeschermd bulk in ionisatiekamer + aanbrengen naald
			Optrekken spuit dmv omgekeerd meten
			Vasthouden en verplaatsen afgeschermd huls met vial tijdens

			elutie Molybdeen generator
			Meting doorbraak Molybdeen door plaatsing doorbraakcontainer in dosiscaalibrator
			Plaatsing elutieflesje vanuit doorbraakcontainer naar loodcontainer m.b.v lange pincet
			Optrekken spuit dmv omgekeerd meten t.b.v. QC
			Plaatsen onafgeschermd bulk Ga-DOTATOC in ionisatiekamer + aanbrengen naald
			Plaatsen onafgeschermd bulk Ga-PSMA in ionisatiekamer + aanbrengen naald
			Meting activiteit elutie flesje door plaatsing flesje in dosiscaalibrator en retour doorbraakcontainer m.b.v. lange pincet
			1-Bereiding; optrekken Natrium Pertechnetaat in bulk spuit.
			2-Bereiding; toevoegen inhoud bulk spuit aan farmacon
			3-Bereiding; meting en schouwen onafgeschermd bulk
			4-Bereiding; optrekken en meting onafgeschermd spuit
			5-Bereiding; plakken etiket op bereide spuit.
			6-Bereiding; plaatsen van spuit in loodbakje
			7-Bereiding; verwijderen naald en aanbrengen NaCl slang
	mamma poli	Radioloog	Plaatsing I-125 marker
	OK	Chirurg	Verwijdering SN
			Verwijdering I-125 marker
		OK medewerker	Verwijdering SN
			Verwijdering I-125 marker
			Transport preparaat met I-125 marker van OK naar radiologie
		Radioloog	Plaatsing I-125 marker
	PA lab	MBRT Laborant	Transport preparaat met I-125 marker van radiologie naar pathologie
		PA	Verwijdering marker uit lump
	prikkamer	Hotroom mdw	Toediening radiofarmaca aan patiënt
			Toediening radiofarmaca aan patiënt, indrukken stamper
		MNW	Toediening radiofarmaca aan patiënt
			Toediening radiofarmaca aan patiënt, indrukken stamper
		MNW-PET	Gebruik van IJkbron tijdens onderzoek en of QC
			Draaien 3-wegkraan ivm flushen spuit.
			Toediening radiofarmaca aan patiënt
		Nucleair geneeskundige	Toediening radiofarmaca aan patiënt
	scankamer	MNW	Gebruik van IJkbron tijdens onderzoek en of QC
			Toediening radiofarmaca aan patiënt
			Toediening radiofarmaca aan patiënt, indrukken stamper
		MNW-PET	Gebruik van IJkbron tijdens onderzoek en of QC

- c. Hoeveel handelingen, worden er op jaarbasis verricht en hoeveel en welke werknemers kunnen daarbij blootgesteld worden?

Het aantal handelingen op jaarbasis per modaliteitengroep en welke referentiegroep medewerkers wordt blootgesteld staat vermeld in tabel 2 en Tabel 3.

Voor wat betreft de medewerkers geldt dat deze voor wat betreft de werkzaamheden zijn ingedeeld in een referentiegroep. Een overzicht van het aantal medewerkers per referentiegroep wat handelingen uitvoert met isotopen is weergegeven in tabel 4.

NB1: De grootte van de referentiegroep kan afwijken van de aantallen die hier vermeld staan. Er wordt een schatting van de groepsgrootte gemaakt die aangeeft over hoeveel medewerkers de handelingen evenredig zijn verdeeld, zonder daarbij de reguliere blootstelling te onderschatten.

NB2: De groep mdw is de groep niet blootgestelde werknemers die worden blootgesteld aan straling. Denk hierbij aan kantoormedewerkers van kantoren grenzend aan onderzoekskamers. De groepsgrootte is niet van

invloed op de risico-inventarisatie van deze groep. Alle handelingen per ruimte gemiddeld worden toegekend aan de mdw groep om daarmee per ruimtengroep (bijv. prikkamer, scankamer) de jaardosis buiten de ruimte te bepalen.

Tabel 4 Overzicht medewerkers

Referentiegroep	Aantal FTE
Chirurg	3
Hotroom mdw	2
MBRT Laborant	6
mdw	1
MNW	4
MNW-PET	3
Nucleair geneeskundige	4
OK medewerker	10
PA	6
Radioloog	3

d. Waar worden de handelingen verricht?

De locaties waar de handelingen worden verricht staan vermeld in Tabel 1

e. Welke blootstellingspaden zijn aan de orde?

De blootstelling betreft hier in principe uitsluitend de effectieve blootstelling en de blootstelling aan de extremiteiten ten gevolge van uitwendige bestraling afkomstig van radiofarmaca in spuit of toegediende patiënt.

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

Voor de potentiële risico's is uitgegaan van de risico's zoals omschreven in het NCS document "Aanbevelingen risicoanalyse en -evaluatie voor Nucleair Geneeskundige verrichtingen in ziekenhuizen". Hierin zijn de volgende scenario's uitgewerkt:

Inhalatie-incident: 10% van de gehanteerde activiteit van een niet-vluchtige nuclide in oplossing wordt gemorst in een nevenruimte, bij een blootstellingduur van één uur. De TFW bedraagt hierbij 10^{-6} . Binnen het lab voor de bereiding wordt gerekend met 10% van de gehanteerde activiteit van een niet-vluchtige nuclide in oplossing komt vrij in de LAF-kast, bij een blootstellingduur van 1 uur. De TFW bedraagt hierbij 10^{-10} .

Ingestie-incident: 10% van de gehanteerde activiteit wordt gemorst, waarvan 10% aan de handen komt, en 10% hiervan niet wordt afgeveegd. Hiervan komt een fractie van 1% in de mond. De TFW bedraagt hierbij 10^{-5} .

Prik-incident: Circa 1% van de activiteit bevindt zich in de naald van een spuit (stalen gedeelte). Hiervan wordt circa 10% aan de medewerker overgedragen. De TFW bedraagt hierbij 10^{-3} .

Huidbesmetting: 10% van de gehanteerde activiteit wordt gemorst, hiervan komt 0.1% op de huid terecht. De TFW bedraagt hierbij 10^{-4} .

Een overzicht van potentiële handelingen met de open en gesloten bronnen is per categorie medewerkers per stralingsvorm en per type straling weergegeven in tabel 5. Van deze handelingen wordt aangenomen dat ze laagfrequent voorkomen en daarmee wordt in het vervolg gerekend met het voorkomen van eenmaal deze handeling.

Tabel 5 Potentiële handelingen

Referentiegroep	Blootstelling	Locatie	Handeling
Hotroom mdw	Effectief	Hotlab	Breuk elutie vial in LAF kast
			Breuk in bereidingsvial buiten LAF kast
			Lekkende spuit buiten LAF kast, 10% activiteit komt vrij
			Circa 1% van de activiteit bevindt zich in de naald van een spuit

			(stalen gedeelte). Hiervan wordt circa 10% aan de medewerker overgedragen.
			10% van de gehanteerde activiteit van een niet-vluchtige nuclide in oplossing komt vrij in de LAF-kast, bij een blootstellingduur van 1 uur.
			10% van de gehanteerde activiteit wordt gemorst, waarvan 1 – 10% aan de handen komt, en 1 – 10% hiervan niet wordt afgeveegd. Hiervan komt een fractie van 0.1 – 1% in de mond.
		PA lab	Transport radioactief besmette materiaal
		prikkamer	Circa 1% van de activiteit bevindt zich in de naald van een spuit (stalen gedeelte). Hiervan wordt circa 10% aan de medewerker overgedragen.
			10% van de gehanteerde activiteit van een niet-vluchtige nuclide in oplossing komt vrij in de LAF-kast, bij een blootstellingduur van 1 uur.
			10% van de gehanteerde activiteit van een niet-vluchtige nuclide in oplossing wordt gemorst in een nevenruimte, bij een blootstellingduur van één uur.
			10% van de gehanteerde activiteit wordt gemorst, waarvan 1 – 10% aan de handen komt, en 1 – 10% hiervan niet wordt afgeveegd. Hiervan komt een fractie van 0.1 – 1% in de mond.
	Extremititeiten	Hotlab	Breuk elutie vial in LAF kast
			Breuk in bereidingsvial buiten LAF kast
			10% van de gehanteerde activiteit wordt gemorst, hiervan komt 0.01 – 1 % op de huid terecht.
			Lekkende spuit buiten LAF kast, 10% activiteit komt vrij
		PA lab	Opruimen bij 10% vrijgekomen activiteit
			Transport radioactief besmette materiaal
		prikkamer	10% van de gehanteerde activiteit wordt gemorst, hiervan komt 0.01 – 1 % op de huid terecht.
			Opruimen bij 10% vrijgekomen activiteit
MNW	Effectief	Gamma camera	Positionering van patiënt tijdens gehele onderzoek
		prikkamer	Circa 1% van de activiteit bevindt zich in de naald van een spuit (stalen gedeelte). Hiervan wordt circa 10% aan de medewerker overgedragen.
			10% van de gehanteerde activiteit van een niet-vluchtige nuclide in oplossing wordt gemorst in een nevenruimte, bij een blootstellingduur van één uur.
			10% van de gehanteerde activiteit wordt gemorst, waarvan 1 – 10% aan de handen komt, en 1 – 10% hiervan niet wordt afgeveegd. Hiervan komt een fractie van 0.1 – 1% in de mond.
		scankamer	Positionering van patiënt tijdens gehele onderzoek
	Extremititeiten	prikkamer	10% van de gehanteerde activiteit wordt gemorst, hiervan komt 0.01 – 1 % op de huid terecht.
			Opruimen bij 10% vrijgekomen activiteit
		Prikkamer Lu-PSMA	Opruimen bij 10% vrijgekomen activiteit
MNW-PET	Effectief	Hotlab	Lekkende spuit buiten LAF kast, 10% activiteit komt vrij
		prikkamer	Circa 1% van de activiteit bevindt zich in de naald van een spuit (stalen gedeelte). Hiervan wordt circa 10% aan de medewerker overgedragen.
			10% van de gehanteerde activiteit van een niet-vluchtige nuclide in oplossing wordt gemorst in een nevenruimte, bij een blootstellingduur van één uur.
			10% van de gehanteerde activiteit wordt gemorst, waarvan 1 – 10% aan de handen komt, en 1 – 10% hiervan niet wordt afgeveegd. Hiervan komt een fractie van 0.1 – 1% in de mond.
		scankamer	Positionering van patiënt tijdens gehele onderzoek
	Extremititeiten	Hotlab	Lekkende spuit buiten LAF kast, 10% activiteit komt vrij
		prikkamer	10% van de gehanteerde activiteit wordt gemorst, hiervan komt 0.01 – 1 % op de huid terecht.
			Opruimen bij 10% vrijgekomen activiteit
Nucleair geneeskundige	Effectief	prikkamer	Lekkende spuit buiten LAF kast, 10% activiteit komt vrij

			Circa 1% van de activiteit bevindt zich in de naald van een spuit (stalen gedeelte). Hiervan wordt circa 10% aan de medewerker overgedragen.
			10% van de gehanteerde activiteit van een niet-vluchtige nuclide in oplossing wordt gemorst in een nevenruimte, bij een blootstellingduur van één uur.
			10% van de gehanteerde activiteit wordt gemorst, waarvan 1 – 10% aan de handen komt, en 1 – 10% hiervan niet wordt afgeveegd. Hiervan komt een fractie van 0.1 – 1% in de mond.
		Prikkamer Lu-PSMA	Lekkende spuit buiten LAF kast, 10% activiteit komt vrij
			Circa 1% van de activiteit bevindt zich in de naald van een spuit (stalen gedeelte). Hiervan wordt circa 10% aan de medewerker overgedragen.
			10% van de gehanteerde activiteit van een niet-vluchtige nuclide in oplossing wordt gemorst in een nevenruimte, bij een blootstellingduur van één uur.
			10% van de gehanteerde activiteit wordt gemorst, waarvan 1 – 10% aan de handen komt, en 1 – 10% hiervan niet wordt afgeveegd. Hiervan komt een fractie van 0.1 – 1% in de mond.
	Extremititeiten	prikkamer	10% van de gehanteerde activiteit wordt gemorst, hiervan komt 0.01 – 1 % op de huid terecht.
		Prikkamer Lu-PSMA	10% van de gehanteerde activiteit wordt gemorst, hiervan komt 0.01 – 1 % op de huid terecht.
PA	Extremititeiten	PA lab	Opruimen bij 10% vrijgekomen activiteit
			Doorsnijden I-125 marker. 10% van de gehanteerde activiteit wordt gemorst, hiervan komt 0.01 – 1 % op de huid terecht.

- 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?

Technische maatregelen m.b.t. beperking van blootstelling bij medewerkers betreft vooral afscherming d.m.v. lood en wolfram.

Voor de Molybdeen generator en Tc-99m bereide farmaca:

Dit betreft afscherming van de molybdeen generator, los van de intrinsieke afscherming, door plaatsing in een met lood afgeschermd LAF kast. Alle handelingen in de LAF kast vinden vervolgens plaats achter een loodglas waardoor alleen de extremiteiten een directe blootstelling krijgen.

Tijdens de elutie van de generator wordt gebruik gemaakt van met lood afgeschermd vials en de opgetrokken spuiten zijn voorzien van loodhulsjes. Verder geldt dat er door verhoogde afzuiging in de LAF kast het risico m.b.t. inhalatie wordt voorkomen.

Voor de Gallium generator en Ga-68 bereide farmaca:

Dit betreft afscherming van de Gallium generator, los van de intrinsieke afscherming, door plaatsing in een met lood afgeschermd kast. Tijdens de elutie van de generator wordt gebruik gemaakt van met Wolfram afgeschermd vials. Voor wat betreft het uitvullen wordt gebruik gemaakt van een omgekeerd optrek systeem waarbij de vial vanuit de Wolframafscherming kan worden overgezet in de dosiscalibrator en de individuele spuiten waarmee de activiteit wordt opgetrokken zijn afgeschermd door Wolfram. Alle handelingen in de LAF kast vinden vervolgens plaats achter een loodglas waardoor alleen de extremiteiten een directe blootstelling krijgen. Verder geldt dat ten tijde van uitvullen van de spuiten door een verhoogde afzuiging in de LAF kast het risico m.b.t. inhalatie wordt voorkomen.

M.b.t. toediening van radiofarmaca PET (FDG en Ga-PSMA):

Medewerker dient toe d.m.v. afgeschermd spuit via infuus vanachter een afgeschermd scherm. Na toediening van de patiënt wordt de prikkamer meteen verlaten en kan op afstand, d.m.v. camera en intercom, met de patiënt worden gecommuniceerd.

M.b.t. toediening van radiofarmaca PET (Rb-82):

Medewerker dient toe d.m.v. afgeschermd generatorkar. De uitgaande lijn van de generator wordt aangesloten op het infuus van de patiënt en het protocol voor toediening wordt gestart. Na het starten van de toediening is een ingebouwde vertraging in de software ingebouwd waardoor het systeem gaat aftellen voorafgaand aan toediening. Tijdens dit aftellen kan de medewerker afstand nemen dan wel de scanruimte verlaten richting bediening zodat de effectieve blootstelling wordt beperkt.

M.b.t. toediening van Jodium therapie (I-131):

Voor de hogere dosering boven 400 MBq wordt de patiënt tot de eerste mictie op de afdeling gehouden. De patiënt krijgt de Jodium capsule toegediend in een afgeschermd rustkamer van de PET CT en de patiënt zal hier verblijven tot de eerste mictie. De medewerker kan d.m.v. de aanwezige voorzieningen die zijn aangebracht in deze ruimte de patiënt op afstand monitoren.

M.b.t. besmetting huid geldt dat medewerkers volgens protocol altijd gebruik maken van handschermen en overjas waardoor evt. blootstelling aan de huid wordt gereduceerd. Na afloop van de handelingen zullen de handschoenen worden uitgetrokken waardoor ook de kans op ingestie wordt gereduceerd. In het LAB zal na de bereiding voorafgaand aan het uitdoen van de handschoenen nog een meting plaatsvinden op handbesmetting om daarmee ook besmetting in de ruimte te voorkomen.

Prik incidenten binnen het hotlab kunnen zich voordoen omdat de spuiten nog worden gerecapt maar ook dit is door gebruik van z.g.n. naald recapper zoveel mogelijk gereduceerd. Wel kan een medewerker tijdens de toediening nog blootgesteld raken aan een prikincident met het zuivere radiofarmacon. Bij de toediening wordt gewerkt met een venfloninfuusnaald (=veilige naald) en gekoppeld aan het venfloninfuusnaald is een eenrichtingsventiel met aanprik dopje. Toediening van radio farmaca vindt plaats via het aanprikdopje waarmee er in geval van prik incidenten nooit biologische agentia van de patiënt kan worden overgebracht naar de medewerker. De spuit wordt na toediening gerecapt voor terugmeting van rest activiteit en daarna in het afval vat geplaatst. Therapie zoals Radium, Semarium wordt d.m.v. een driewegkraan gekoppeld aan het infuus van de patient zodat er geen kans op een prikincident is.

Verder geldt dat het lab en de prikruimten dagelijks na afloop van de werkzaamheden worden gecontroleerd op besmetting. Het patiënten toilet van de afdeling nucleaire geneeskunde wordt 's ochtends schoongemaakt zodat besmetting via urine afkomstig van de patiënt zoveel mogelijk wordt gereduceerd. Bij de vrijgave van het toilet wordt rekening gehouden met dit verval.

2. Bepaling van de blootstelling.

Te stellen vragen:

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

Voor alle reguliere handelingen is de effectieve dosis en de extremiteiten dosis berekend op jaarbasis per medewerker. Hierbij is de totale dosis steeds gedeeld door het aantal medewerkers per categorie. In de praktijk kan dit betekenen dat medewerkers die full time werken een wat hogere dosis zullen krijgen dan medewerkers die in deeltijd werken.

Tabel 6 Jaarlijkse reguliere blootstelling per medewerker

Referentiegroep	Blootstelling	D (mSv)/FTE
Chirurg	Effectief	0,3
	Extremiteiten	17,4
Hotroom mdw	Effectief	0,4
	Extremiteiten	79,5
MBRT Laborant	Effectief	0,1
	Extremiteiten	0,2
MNW	Effectief	3,5
	Extremiteiten	50,7
MNW-PET	Effectief	1,9
	Extremiteiten	14,8
Nucleair geneeskundige	Effectief	0,7
	Extremiteiten	0,1
OK medewerker	Effectief	0,1
	Extremiteiten	0,1
Radioloog	Effectief	0,0
	Extremiteiten	1,0
secretariaat	Effectief	0,8
PA	Effectief	0,1
	Extremiteiten	0,2

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

Voor de potentiële dosis is gekeken naar de dosis per afzonderlijke handeling en daarvan zijn alleen de handelingen getoond die een dosis hoger dan 1 mSv tot gevolg hebben. De betreffende handelingen staan weergegeven in tabel 6.

Tabel 7 Potentiele handelingen met een effectieve dosis groter dan 1 mSv

Referentiegroep	Blootstelling	Handeling	Isotoop	Farmacon	D (m Sv)
Hotroom mdw	Effectief	Circa 1% van de activiteit bevindt zich in de naald van een spuit (stalen gedeelte). Hiervan wordt circa 10% aan de medewerker overgedragen.	Lu-177	Lu-177 PSMA	4
	Extremiteten	10% van de gehanteerde activiteit wordt gemorst, hiervan komt 0.01 – 1 % op de huid terecht.	Tc-99m	Tc-99m-Erythrocyten	1
			Tc-99m	Tc-99m-Natrium-pertechneaat	1
			Sm-153	Sm-153-Quadramet	88
			Lu-177	Lu-177 PSMA	230
MNW	Extremiteten	10% van de gehanteerde activiteit wordt gemorst, hiervan komt 0.01 – 1 % op de huid terecht.	Tc-99m	Tc-99m-Erythrocyten	1
			Tc-99m	Tc-99m-Natrium-pertechneaat	1
			Sm-153	Sm-153-Quadramet	88
			Y-90	Y-90 Citraat	29
MNW-PET	Extremiteten	Opruimen bij 10% vrijgekomen activiteit	Rb-82	Rb-82	1
Nucleair geneeskundige	Effectief	Circa 1% van de activiteit bevindt zich in de naald van een spuit (stalen gedeelte). Hiervan wordt circa 10% aan de medewerker overgedragen.	Lu-177	Lu-177 PSMA	4
	Extremiteten	10% van de gehanteerde activiteit wordt gemorst, hiervan komt 0.01 – 1 % op de huid terecht.	I-131	I-131-Natriumjodide (Oraal)	12
			I-131	I-131-Natriumjodide (Oraal)	31
			Lu-177	Lu-177 PSMA	230

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

De potentiele handelingen zoals beschreven in tabel 1 vallen in de categorie incidenten en zullen met een frequentie lager dan 1 per 100 voorkomen. Gezien het aantal onderzoeken per medewerker zal deze handeling naar verwachting niet dan wel niet vaker dan eenmaal per jaar per medewerker voorkomen. De totale potentiele dosis is daarmee dan c.a. 230 mSv op de extremiteten voor huidbesmetting d.m.v. Lutetium en c.a. 90 mSv voor huidbesmetting d.m.v. Samarium. Bij toediening van dit farmacon zal extra aandacht moeten worden geschonken met betrekking tot bedekking van de huid zodat huidbesmetting wordt voorkomen. Bij de berekening van huidbesmetting is uitgegaan van het vrijkomen van farmaca op de huid waarbij deze onopgemerkt 24 uur op de huid aanwezig blijft. Hierbij heeft de medewerker dus geen beschermende kleding gedragen en na toediening geen besmettingscontrole van het lichaam uitgevoerd.

d. Wat is het effect van persoonlijke beschermingsmiddelen.

Voor de persoonlijke beschermingsmiddelen kunnen twee typen worden genoemd.

-afscherming; dit betreft veelal afscherming d.m.v. lood of wolfram aan de bron die in de praktijk al snel een geheel aantal halfwaardedikten geeft en daarmee er voor zorgt dat de bijdrage aan straling slechts enkele procenten is t.o.v. geen afscherming.

-kleding; het gebruik van afdelingskleding en handschoenen maakt de kans op huidbesmetting, in geval van morsen tijdens bereiding en of toediening, erg klein.

Voor medewerkers die geen handelingen uitvoeren is tot slot uitgerekend wat de ontvangen dosis buiten de ruimte van een stralingsbron zal zijn. Hiervoor is per locatie, zie tabel 1, de jaarlijkse dosis buiten de ruimte berekend. Voor de afstand tot de omliggende ruimte en de afscherming is hierbij steeds uitgegaan van de minst gunstige situatie. De berekende jaardosis buiten de locatie is weergegeven in tabel 8 waarbij moet worden bedacht alle onderzoeken binnen een categorie evenredig zijn verdeeld over het aantal kamers binnen deze categorie. Voor de dosering bij de PET is rekening gehouden met een gemiddeld gewicht van 100 kg per patiënt en is geen rekening gehouden met zelfabsorptie van de patiënt.

Tabel 8 Jaardosis buiten de ruimte per modaliteit

Locatie	Som van D (mSv)
PET scanner	0,5
prikkamer	0,1
scankamer	0,0
PET rustkamer	0,7
Gamma camera	0,0
Prikkamer Lu-PSMA	0,3

3 Risico-evaluatie

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

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

Er zijn voldoende maatregelen getroffen (afscherming, kleding, afstand en verdeling werkzaamheden over meerdere personen) om de te ontvangen dosis van de medewerkers te reduceren dan wel te beperken.

- b. de dosislimieten;

Voor blootgestelde medewerkers categorie A geldt een limiet van 6 mSv effectief en 150 mSv voor de huid en de extremiteiten.

- c. de dosisbeperkingen;

De dosis bij de reguliere handelingen is op jaarbasis binnen de grenzen van blootgestelde medewerkers categorie A. De potentiële handelingen, die met een frequentie van eenmaal per medewerker per jaar zouden kunnen voorkomen vallen allen binnen de grens van categorie B m.u.v. huidbesmetting bij Lu-177. Dit geeft voor het omschreven scenario een overschrijding boven de limietwaarde van 150 mSv. Echter, de kans op het zich voordoen van deze potentiële handeling is erg klein en daarmee is gemeend om de medewerkers die deze handeling uitvoeren niet in te delen als A medewerker. De hoge potentiële huiddosis wordt vooral gezien als signaalwaarde waarmee we als afdeling extra alert moeten zijn op uitvoering van deze handeling om besmetting op de huid te voorkomen.

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

Alle reguliere handelingen geven een dosis die vallen binnen de indeling van blootgestelde medewerkers categorie B. Voor wat betreft de potentiële handelingen is er een overschrijding van de huiddosis limiet van 150 mSv maar dit wordt behandeld als een incident. Besloten wordt om alle medewerkers in te delen in de categorie B voor blootgestelde werknemers.

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

Alle medewerkers worden ingedeeld als blootgestelde medewerkers, dit betreft indeling in categorie B.

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

Op basis van de jaarlijkse blootstelling, zie tabel 8, zou indeling als bewaakte zone volstaan. Gezien de borging van bronnen en het toezicht dat er geen regulier personeel zomaar toegang kan krijgen tot ruimten waar zich bronnen bevinden is de afdeling nucleaire geneeskunde ingedeeld als bewaakte zone. Dit betekent dat uitsluitend toegang wordt verleend d.m.v. paslezer aan de medewerkers van de betreffende afdeling. Op de deuren van de scankamers en prikkamers is signalering aangebracht.

Het Hotlab en de ontvangstruimte van VTGM spuiten t.b.v. de PET zijn ingedeeld als gecontroleerde zone met separate toegang d.m.v. paslezer. Binnen het lab vindt op een aantal lokaties ruimte monitoring plaats. Op de toegangsdeur is de hiervoor geldende signalering aangebracht.

- g. de noodzaak tot actualisering van getroffen maatregelen.

De risico inventarisatie is overeenkomend met de actuele werkzaamheden. Bij wijziging van de werkzaamheden en of uitbreiding in aantal handelingen zal de risico inventarisatie worden aangepast.