

Bijlage 12 HARAS analyse

HARAS-berekening

**Voor de handeling beladen en ontladen
van maximaal 6GBq Sr-82/Rb-82 Generatoren
in de Stichting Laurentius Ziekenhuis te Roermond**

Dit document is opgesteld en gereviewed door:

Naam	Functie / Afdeling	Handtekening	Datum
██████████	Algemeen Coördinerend Stralingsdeskundige		
██████████	Coördinerend Stralingsdeskundige		

Dit document is goedgekeurd door:

Naam	Functie / Afdeling	Handtekening	Datum
██████████	Coördinerend Stralingsdeskundige		

Document geschiedenis:

Revisie nr.	Date	Reden voor revisie
0.1	24 maart 2024	Eerste versie
0.2	20 mei 2024	Commentaar verwerkt

INHOUD

	Pagina
INHOUD	3
Samenvatting	4
1 Introductie	6
2 HARAS analyse	9
2.1 Model voor de luchtverspreiding	9
2.2 Grenswaarden voor de te hanteren activiteit	9
3 Systeem beschrijving	11
3.1 Layout	11
3.2 HVAC	11
3.3 HARAS Input	12
4 Resultaten	13
4.1 Maatregelen gericht op de bescherming van werknemers	13
5 Bijlagen	15
BIJLAGE 01 HARAS Open op tafel	16
BIJLAGE 02 HARAS Puntafzuiging	19
BIJLAGE 03 HARAS Biosafety Cabinet	20

Samenvatting

Stichting Laurentius Ziekenhuis, gevestigd in Roermond, voert op haar locatie in Roermond handelingen uit met stralingsbronnen, vergund volgens een vergunning op grond van de Kernenergiewet verleend onder nummer 2017/0910-07.

In verband met het voorgenomen toekomstig gebruik van radiofarmacon Rb-82 uit een Sr-82/Rb-82 generator ontvangt u hierbij een KEW-vergunning wijzigingsaanvraag van de eerder verleende kernenergiewetvergunning. Er zullen maximaal 2 Sr-82/Rb-82 generatoren van maximaal 6GBq op enig tijdstip (bij de verwisseling) aanwezig zijn. Uit de generator zullen tot (5 dagen per week, 50 weken, 4-8 patiënten dus zeg) 2000 elueringen plaatsvinden van maximaal 2220MBq Rb-82 welke direct toegediend worden bij de patiënt ten behoeve van radiodiagnostiek met behulp van een positron emitting tomography scan of PET scan.

Het beschreven scenario in de vorige paragraaf is doorgerekend met het HARAS-model voor luchtverspreiding. Resultaat van de berekeningen is de zogenaamde transferfractie naar de werker; dit is de fractie van de gehanteerde activiteit die door de werker wordt ingeademd bij het optreden van het scenario.

Uit deze berekening komt dat in normale operationele situaties er geen blootstelling door inhalatie te verwachten valt. De activiteit blijft in de gesloten generator. Enkel in het geval van een voorziene onbedoelde gebeurtenis, zoals bijvoorbeeld breuk, kunnen er radioactieve stoffen vrijkomen. Dit gebeurt zelden (minder dan 1 keer per jaar). Om die reden is de eis dat een dergelijk voorval minder dan 1 mSv dosis oplevert.

Het model en de resultaten voor de berekening zijn terug te vinden in de bijlagen.

De HARAS-berekening laat de volgende inhalatieblootstellingen zien:

		Bergplaats				Nevenruimte		Radionuclide laboratorium C
		Sr-82	Sr-85	Rb-82		Sr-82		Sr-82
		einh	einh	einh		einh		einh
		7,7E-09	6,4E-10	9,6E-14		7,7E-09		7,7E-09
		max MBq	max MBq	max MBq		max MBq		max MBq
		6000	0,12	6000		6000		6000
t		Max Act	Max Act	Max Act		Max Act		Max Act
		1 mSv	1 mSv	1 mSv		1 mSv		1 mSv
		[GBq]	[GBq]	[GBq]		[GBq]		[GBq]
0,001		1,83E+07	2,20E+08	1,73E+12		2,70E+07		4,03E+07
0,005		2,04E+06	2,46E+07	2,23E+11		3,03E+06		4,52E+06
0,010		8,34E+04	1,00E+06	1,72E+10		1,25E+05		1,89E+05
0,030		1,56E+04	1,88E+05	5,40E+09		2,35E+04		3,60E+04
0,050		2,18E+03	2,62E+04	2,68E+09		3,35E+03		5,28E+03
0,100		3,02E+02	3,63E+03	2,35E+09		4,82E+02		8,00E+02
0,200		8,32E+01	1,00E+03	2,32E+09		1,37E+02		2,36E+02
0,300		3,25E+01	3,91E+02	2,32E+09		5,48E+01		9,75E+01
0,400		1,56E+01	1,88E+02	2,32E+09		2,69E+01		4,91E+01
0,500		8,56E+00	1,03E+02	2,32E+09		1,51E+01		2,81E+01
0,600		5,17E+00	6,22E+01	2,32E+09		9,27E+00		1,76E+01
0,700		3,35E+00	4,03E+01	2,32E+09		6,11E+00		1,18E+01
0,800		2,29E+00	2,76E+01	2,32E+09		4,24E+00		8,32E+00
0,900		1,64E+00	1,97E+01	2,32E+09		3,07E+00		6,10E+00
1,000		1,12E+00	1,35E+01	2,32E+09		2,14E+00		4,33E+00
1,250		7,69E-01	9,24E+00	2,32E+09		1,50E+00		3,09E+00
1,500		5,40E-01	6,49E+00	2,32E+09		1,08E+00		2,24E+00
1,750		3,91E-01	4,70E+00	2,32E+09		7,92E-01		1,67E+00
2,000		2,92E-01	3,51E+00	2,32E+09		6,00E-01		1,28E+00
2,250		2,24E-01	2,69E+00	2,32E+09		4,66E-01		1,00E+00
2,500		1,71E-01	2,05E+00	2,32E+09		3,59E-01		7,80E-01
3,000		1,31E-01	1,58E+00	2,32E+09		2,79E-01		6,11E-01
3,500		1,03E-01	1,23E+00	2,32E+09		2,20E-01		4,85E-01
4,000		8,14E-02	9,78E-01	2,32E+09		1,76E-01		3,91E-01
4,500		6,58E-02	7,90E-01	2,32E+09		1,44E-01		3,20E-01
5,000								
24,000								

Rekening houdend met deze HARAS-berekening zijn de werkzaamheden, het beladen en/of ontladen, van de generator in de bergplaats of de PET scan ruimte dus mogelijk als de onvoorziene bedoelde gebeurtenis binnen 12 minuten wordt opgemerkt.

Het is derhalve van belang de werkzaamheden met een EPD en alarm uit te voeren.

1 Introductie

Stichting Laurentius Ziekenhuis, gevestigd in Roermond, voert op haar locatie in Roermond handelingen uit met stralingsbronnen, vergund volgens een vergunning op grond van de Kernenergiewet verleend onder nummer 2017/0910-07.

In verband met het voorgenomen toekomstig gebruik van radiofarmacon Rb-82 uit een Sr-82/Rb-82 generator ontvangt u hierbij een KEW-vergunning wijzigingsaanvraag van de eerder verleende kernenergiewetvergunning. Er zullen maximaal 2 Sr-82/Rb-82 generatoren van maximaal 6GBq op enig tijdstip (bij de verwisseling) aanwezig zijn. Uit de generator zullen tot (5 dagen per week, 50 weken, 8 patiënten) 2000 elueringen plaatsvinden van maximaal 2220MBq Rb-82 welke direct toegediend worden bij de patiënt ten behoeve van radiodiagnostiek met behulp van een positron emitting tomography scan of PET scan.

Conform the radionuclide richtlijn, kan met de onderstaande formule de waarde worden bepaald van de maximaal toegelaten hoeveelheid toe te passen activiteit uitgedrukt in radiotoxiciteitsequivalent voor inhalatie [Re_{inh}] onder bepaalde genomen maatregelen of omstandigheden. Het betreft met name de kans op verspreiding, de bescherming door de ruimte en de lokale ventilatie. In deze formule zijn parameters opgenomen betreffende genoemde aspecten:

$$X_{max, j} = 0,02 * 10^{p+q+r} [Re_{inh}]$$

waarin:

$X_{max, j}$ = aantal radiotoxiciteitsequivalenten [Re_{inh}] dat maximaal per handeling j tegelijkertijd mag worden toegepast (X is onafhankelijk van het radionuclide)

0,02 = dosislimiet voor blootgestelde werknemers [Sv]

p = parameter voor kans op verspreiding

q = beschermingsparameter van de werkruimte

r = parameter voor lokale ventilatievoorziening

Verspreidingsparameter p

De parameter p is ingevoerd om de kans op verspreiding van radioactieve stoffen in rekening te kunnen brengen. De kans op verspreiding hangt niet alleen samen met de vorm waarin de stof zich bevindt, maar eveneens met de aard van de handelingen. Hier wordt de parameter p bepaald door de kans op verspreiding van radioactieve stoffen bij bepaalde handelingen.

TOEPASSING	<i>p</i>
Eenvoudige bewerking met gassen Hanteren van poeders in 'open' systeem bijvoorbeeld mengen of malen Vloeistof met temperatuur tegen kookpunt Sterk spattende bewerkingen	- 4
Labeling met vluchtig nuclide (bijv. jodium) Koken van vloeistoffen in 'gesloten' systeem Centrifugeren en mengen op vortex Eenvoudige bewerking van poeders in 'gesloten' systeem Opslag van edelgas in toediensysteem	- 3
Labeling met niet-vluchtig nuclide Eenvoudige chemische bepaling met tracers (bijv. RIA)	- 2
Eenvoudige handelingen in 'gesloten' systemen zoals: Elutie Tc-generator Optrekken van spuit Labeling in gesloten systemen Kalibratie I-131 capsule Metingen aan stoffen in moeilijk verspreidbare vorm (bijvoorbeeld in ampul) Opslag van radioactief afval in werkruimte	- 1

Beschermingsparameter q

De hoeveelheid radioactiviteit die in een bepaalde werkruimte mag worden gehanteerd, is onder andere afhankelijk van de parameter q voor de bescherming die de ruimte biedt. Hierbij wordt het effect in rekening gebracht van de bescherming door de aanwezige voorzieningen zoals ventilatie, onderdruk en bijvoorbeeld een sluis. Tevens wordt rekening gehouden met de deskundigheid van de toezichthouder, de indeling als blootgestelde werknemer en een strenger toelatingsregime. Voor q kunnen de volgende waarden worden gehanteerd:

q = 0 Werkruimtes buiten het laboratorium-beheer

q = 1 D-laboratorium

q = 2 C-laboratorium

q = 3 B-laboratorium

Ventilatieparameter r

De parameter r voor de lokale ventilatievoorziening wordt als volgt ingevuld:

r = 0 Voor werken buiten de zuurkast zonder aanvullende ventilatievoorzieningen

r = 1 Deze waarde mag worden gebruikt in geval van plaatselijke afzuiging of een zuurkast die niet is getest volgens DIN-12924, maar waarbij wel vaststaat dat minder dan 10% van de hoeveelheid stof die vrijkomt in de zuurkast, in de werkruimte komt

r = 2 Dit geldt voor een goede zuurkast, waaronder wordt verstaan dat van de stof die vrijkomt in de zuurkast minder dan 1% in de werkruimte komt. Een zuurkast met een kwalificatie volgens DIN-12924 waarin geen opstelling is die de luchtstroom ernstig verstoort of een laminair air flow isolator (veiligheidskabinet klasse II) zullen in het algemeen aan deze norm voldoen

r = 3 Gesloten werkkast. Hierbij wordt gedacht aan een klasse-III kabinet voor biologische veiligheid met een kwalificatie volgens NEN-EN 12469 of een gesloten laminair air flow isolator die aan deze eisen voldoet.

De waarde die mag worden ingevuld voor de bepaling van de maximaal toe te passen hoeveelheid, moet in relatie worden gezien met de waarde van q. Om te waarborgen dat de hoeveelheden die

mogen worden toegepast in de verschillende categorieën van laboratoria evenwichtig zijn, moet de waarde van r worden begrensd afhankelijk van die categorie. Daarom mag de waarde van r bij berekeningen nooit groter worden genomen dan die van q . Uiteraard mogen betere voorzieningen (dus met een hogere r) wel worden gebruikt.

Maximaal te hanteren activiteit conform radionuclide richtlijn

Voor de belading en ontlading handelingen geldt een $p=-1$, in een bergplaats (of andere nevenruimte), met $q=0$ op een open tafel zonder aanvullende ventilatie voorzieningen $r=0$) mag tot maximaal 0,002 RE aan handelingen uitgevoerd worden.

De maximale hoeveelheid radioactiviteit die van een radionuclide i onder die omstandigheden mag worden toegepast is derhalve, in formule:

$$A_{max, j, i} = \frac{X_{max, j}}{e(g)_{inh, i}} \quad [Bq]$$

Oftewel 0,002 RE gedeeld door (worst case) $7,70E-09$ (e_{inh}) is 0,26 MBq Sr-82 (en 3,13 MBq Sr-85 and 20 GBq Rb-82). Hiermee kan geconcludeerd worden dat het conform de radionuclide richtlijn niet mogelijk is om deze werkzaamheden in de bergplaats of de PET scan ruimte te doen.

Er is tevens gekeken of het mogelijk is in het C lab ($q=2$) uit te voeren, echter is het niet mogelijk om de werkzaamheden in een zuurkast ($r=2$) voldoende RE ruimte te creëren. Oftewel 20 RE gedeeld door (worst case) $7,70E-09$ (e_{inh}) is 2,6 GBq Sr-82 (en 31,3 GBq Sr-85 and 200 TBq Rb-82).

Enkel de werkzaamheden uitgevoerd in een B lab en in een zuurkast zouden conform de radionuclide richtlijn voldoen; dit is echter gezien de generator niet mogelijk.

Om aan te tonen wat de impact is om met de 6 GBq Sr-82/Rb-82 generator handelingen in de bergplaats/nevenruimte uit te voeren wordt een aanvullende HARAS-berekening gedaan.

2 HARAS-analyse

2.1 Model voor de luchtverspreiding

Het standaard HARAS-model voor de luchtverspreiding van radioactieve stoffen, zoals dat in het HARAS-rapport wordt beschreven, is zodanig aangepast dat de verschillende ruimtes en kasten met het model beschreven kunnen worden. Een schematische weergave van het rekenmodel is gegeven voor elk scenario. De compartimenten en bijbehorende transferparameters worden eronder kort weergegeven.

Het compartiment Activiteit (ACT) staat voor de totale gehanteerde activiteit. Dit is het startpunt van de berekening. In de regel wordt ACT op 1 (één) gesteld, zodat de berekende rekenresultaten voor de volgende compartimenten fracties van ACT zijn.

Bron stelt de activiteit voor die beschikbaar komt voor verspreiding en is een fractie f_b van ACT. Aangezien de scenario's allen uitgaan van lek of breuk wordt f_b conservatief op 0,001 gesteld. De transfer snelheid van Bron naar het eerstvolgende compartiment wordt bepaald door de vluchtigheid van een waterige oplossing. Totdat betere gegevens bekend zijn, zal de HARAS-berekeningen van deze waarde uitgaan. De activiteit in de wolk wordt ook verdund over de ruimte waarin de wolk zich bevindt, met name vanwege de ruimteventilatie.

Conform de HARAS-methodiek wordt voor een bepaald scenario het verloop van de hoeveelheid radioactieve stof in de compartimenten berekend als functie van de tijd. Bepalend voor de mogelijke inwendige besmetting van de werker is de tijdsintegraal van de activiteit in de wolk, over de tijd dat de werker voor de kast staat. Afhankelijk van de werkomstandigheden (incident of normale situatie) is de integratietijd gesteld op 12 minuten, 1 uur of 5 uur. In incidentomstandigheden wordt aangenomen dat de werker na enige tijd merkt dat zich een probleem heeft voorgedaan en dat hij zodanige maatregelen kan nemen dat de blootstelling niet langer dan 1 uur duurt. Voor meer ernstige of opzichtige incidenten is het realistischer om een kortere integratietijd te kiezen (12 min of 0,2 uur). Voor normale omstandigheden is de integratietijd van 5 uur representatief voor een volledige werkdag.

In het scenario dat een generator breekt/scheurt tijdens de werkzaamheden wordt aangenomen dat dit niet ongemerkt kan optreden; de activiteit nodig voor het proces. Hierdoor zal de medewerker altijd binnen 12 minuten merken dat er activiteit vrijgekomen zou kunnen zijn.

2.2 Grenswaarden voor de te hanteren activiteit

De effectieve volg dosis voor de werker (EH) wordt bepaald door de combinatie van gehanteerde activiteit (ACT), transferfractie (TFW) en dosisconversiecoëfficiënt voor inhalatie (DCC) volgens de formule:

$$E_H = ACT \times TFW \times DCC$$

De grenswaarde voor de te hanteren activiteit ACT volgt uit de toetsing van een incidentscenario aan een dosisnorm:

$$ACT \times TFW \times DCC \leq DOSISNORM$$

De keuze voor een dosisnorm hangt onder andere af van de radiologische complexiteit van de toepassing en de waarschijnlijkheid dat een incident optreedt. Voor incidenten die één of enkele keren per jaar zouden kunnen voorkomen is een dosisnorm per incident van 0,1 mSv redelijk. Voor een incident dat onwaarschijnlijk is, maar in principe eens in de paar jaar kan optreden, is de keuze van een dergelijke dosisnorm soms onnodig restrictief en een dosisnorm van 1 mSv te billijken.

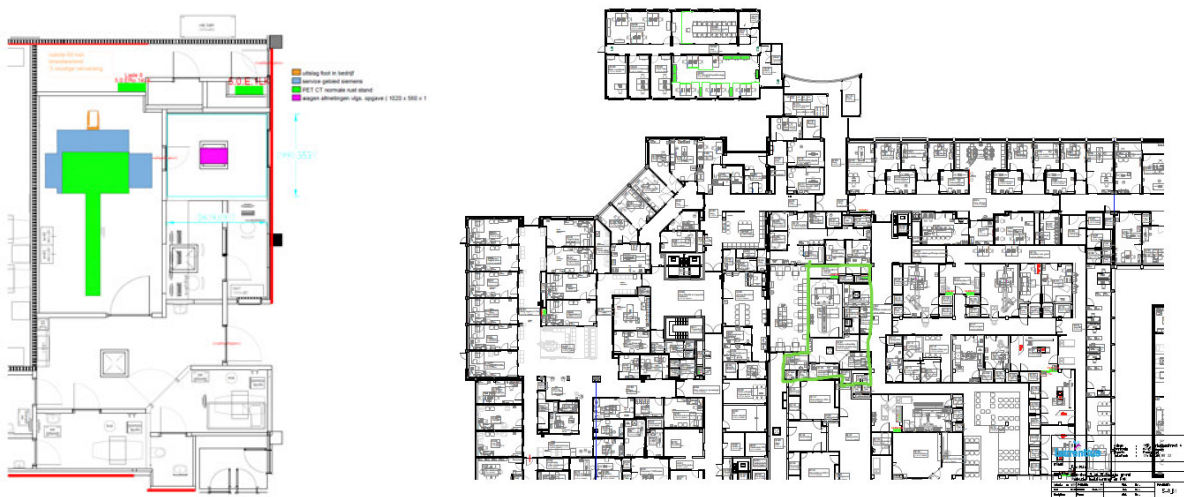
Dit scenario kan als een onwaarschijnlijke incidenten beschreven worden aangezien het beladen en ontladen al vele jaren wordt gedaan en een scheur/breuk nog nooit is voorgevallen. Hierom wordt een grenswaarde van 1 mSv jobdosis gehanteerd (DOSISNORM).

3 **Systeem beschrijving**

Om HARAS-dosisberekeningen uit te kunnen voeren wordt het hele systeem hieronder duidelijk beschreven om de situatie te kunnen beoordelen. Invoergegevens zoals druk of leksnelheden naar andere kamers en de luchtstroom wordt hieronder uitgelegd.

3.1 **Layout**

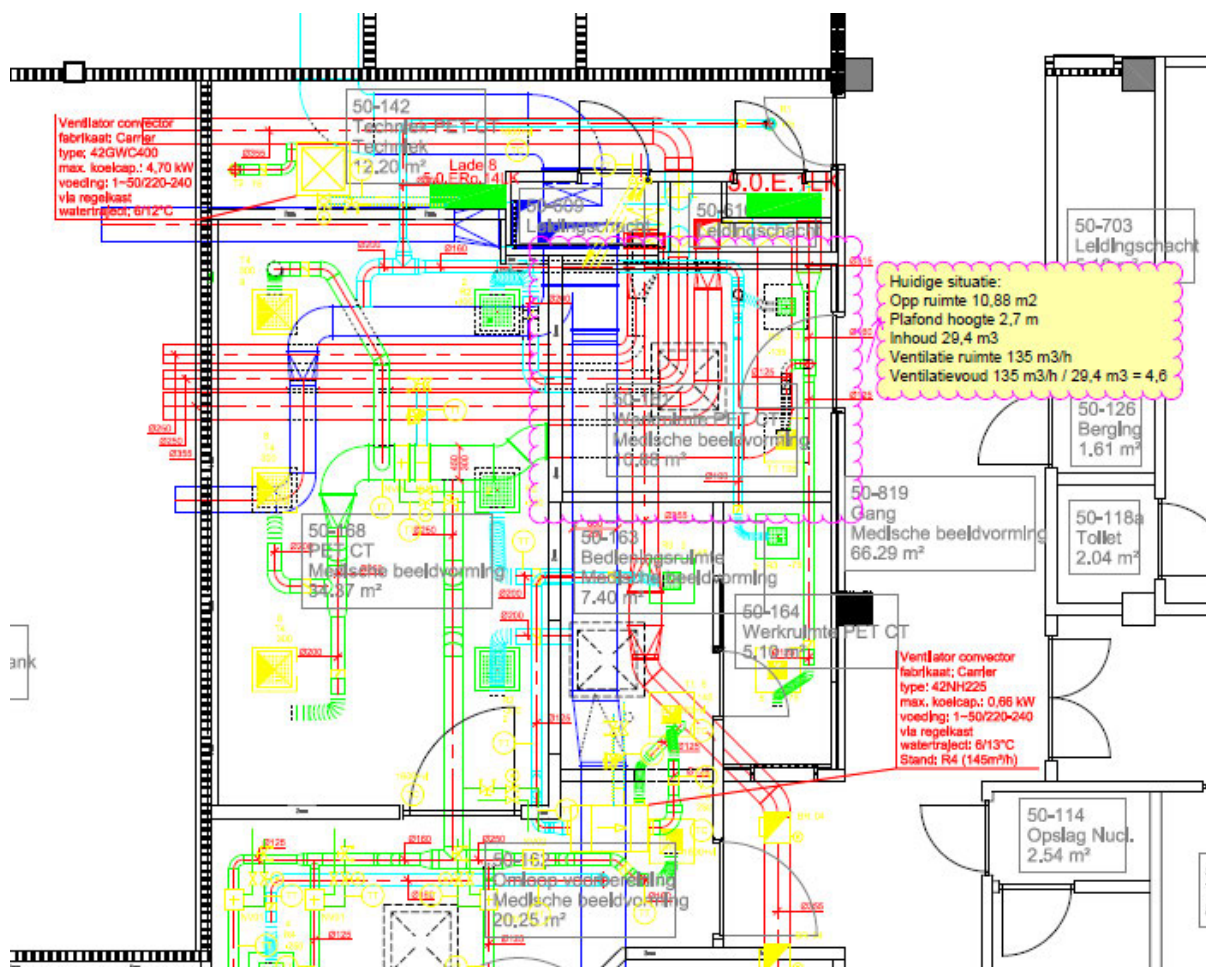
Zoals in de layout met drukregime is te zien, staat de ruimte waar de generator staat en de handelingen van beladen en ontladen uitgevoerd worden, op onderdruk ten opzichte van de omliggende ruimtes. Uit simpliciteit is de bergplaats als primaire ruimte voor de handelingen met de generator meegenomen in deze HARAS. In additie is gekeken of het zinvol/wenselijk is de handelingen uit te voeren in een nevenruimte (hiermee wordt de PET ruimte bedoeld) of het radionuclide C lab.



Figuur 1: Generator opslag.

3.2 **HVAC**

Hieronder is de HVAC opzet getekend, met daarin de lucht welke afgevoerd wordt uit de bergplaats waar de handelingen uitgevoerd wordt. Doordat er een volvers-systeem wordt is er een goede doorspoeling van de ruimte.



Figuur 2: HVAC.

3.3 HARAS Input

De HARAS heeft als input de ventilatievoud, ofwel hoe vaak per uur de ruimte geventileerd wordt, als ook de transferfractie. Hier worden de minimale eisen uit de wet dan wel uit de radionuclide laboratorium richtlijn als input gebruikt, te weten;

Bergplaats	een minimale ventilatievoud van 3
Nevenruimte	een minimale ventilatievoud van 5
Radionuclide laboratorium C	een minimale ventilatievoud van 5

Er wordt uitgegaan van tot 6GBq Sr-82 component als waterig eluaat. In de praktijk is dit in de generator aanwezig als vast stof waarbij slechts 2 luer lock verbindingen naar de buiten wereld zijn. Er wordt uitgegaan van tot 120KBq Sr-85 component als waterig eluaat. In de praktijk is dit in de generator aanwezig als vaste stof waarbij slechts 2 luer lock verbindingen naar de buiten wereld zijn. Er wordt verder uitgegaan van tot 6GBq volledig ingegroeid Rb-82 component als waterig eluaat. In de praktijk is dit in de generator aanwezig waarbij slechts 2 luer lock verbindingen naar de buiten wereld zijn.

De parameter keuze voor de gehanteerde hoeveelheid beschikbaar om zich in de lucht te verspreiden is derhalve uiterst prudent gekozen.

4 Resultaten

4.1 Maatregelen gericht op de bescherming van werknemers

Het beschreven scenario in de vorige paragraaf is doorgerekend met het HARAS-model voor luchtverspreiding. Resultaat van de berekeningen is de zogenaamde transferfractie naar de werker; dit is de fractie van de gehanteerde activiteit die door de werker wordt ingeademd bij het optreden van het scenario.

Uit deze berekening komt dat in normale operationele situaties er geen blootstelling door inhalatie te verwachten valt. De activiteit blijft in de gesloten generator. Enkel in het geval van een voorziene onbedoelde gebeurtenis, zoals bijvoorbeeld breuk, kunnen er radioactieve stoffen vrijkomen. Dit gebeurt zelden (minder dan 1 keer per jaar). Om die reden is de eis dat een dergelijk voorval minder dan 1 mSv dosis oplevert.

Het model en de resultaten voor de berekening zijn terug te vinden in de bijlagen.

De HARAS-berekening laat de volgende inhalatieblootstellingen zien:

	Bergplaats			Nevenruimte		Radionuclide laboratorium C
	Sr-82	Sr-85	Rb-82	Sr-82		Sr-82
	einh	einh	einh	einh		einh
	7,7E-09	6,4E-10	9,6E-14	7,7E-09		7,7E-09
	max MBq	max MBq	max MBq	max MBq		max MBq
	6000	0,12	6000	6000		6000
t	Max Act 1 mSv	Max Act 1 mSv	Max Act 1 mSv	Max Act 1 mSv		Max Act 1 mSv
	[GBq]	[GBq]	[GBq]	[GBq]		[GBq]
0,001	1,83E+07	2,20E+08	1,73E+12	2,70E+07		4,03E+07
0,005	2,04E+06	2,46E+07	2,23E+11	3,03E+06		4,52E+06
0,010	8,34E+04	1,00E+06	1,72E+10	1,25E+05		1,89E+05
0,030	1,56E+04	1,88E+05	5,40E+09	2,35E+04		3,60E+04
0,050	2,18E+03	2,62E+04	2,68E+09	3,35E+03		5,28E+03
0,100	3,02E+02	3,63E+03	2,35E+09	4,82E+02		8,00E+02
0,200	8,32E+01	1,00E+03	2,32E+09	1,37E+02		2,36E+02
0,300	3,25E+01	3,91E+02	2,32E+09	5,48E+01		9,75E+01
0,400	1,56E+01	1,88E+02	2,32E+09	2,69E+01		4,91E+01
0,500	8,56E+00	1,03E+02	2,32E+09	1,51E+01		2,81E+01
0,600	5,17E+00	6,22E+01	2,32E+09	9,27E+00		1,76E+01
0,700	3,35E+00	4,03E+01	2,32E+09	6,11E+00		1,18E+01
0,800	2,29E+00	2,76E+01	2,32E+09	4,24E+00		8,32E+00
0,900	1,64E+00	1,97E+01	2,32E+09	3,07E+00		6,10E+00
1,000	1,12E+00	1,35E+01	2,32E+09	2,14E+00		4,33E+00
1,250	7,69E-01	9,24E+00	2,32E+09	1,50E+00		3,09E+00
1,500	5,40E-01	6,49E+00	2,32E+09	1,08E+00		2,24E+00
1,750	3,91E-01	4,70E+00	2,32E+09	7,92E-01		1,67E+00
2,000	2,92E-01	3,51E+00	2,32E+09	6,00E-01		1,28E+00
2,250	2,24E-01	2,69E+00	2,32E+09	4,66E-01		1,00E+00
2,500	1,71E-01	2,05E+00	2,32E+09	3,59E-01		7,80E-01
3,000	1,31E-01	1,58E+00	2,32E+09	2,79E-01		6,11E-01
3,500	1,03E-01	1,23E+00	2,32E+09	2,20E-01		4,85E-01
4,000	8,14E-02	9,78E-01	2,32E+09	1,76E-01		3,91E-01
4,500	6,58E-02	7,90E-01	2,32E+09	1,44E-01		3,20E-01
5,000						
24,000						

Rekening houdend met deze HARAS-berekening zijn de werkzaamheden, het beladen en/of ontladen, van de generator in de bergplaats of de PET scan ruimte dus mogelijk als de onvoorziene bedoelde gebeurtenis binnen 12 minuten wordt opgemerkt.

Het is derhalve van belang de werkzaamheden met een EPD en alarm uit te voeren.

5 Bijlagen

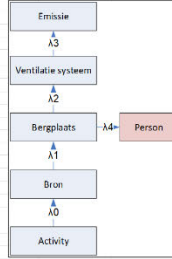
Overzicht van bijlagen bij de KEW-vergunning wijzigingsaanvraag van de vigerende kernenergiewetvergunning van de Stichting Laurentius Ziekenhuis, gevestigd te Roermond.

BIJLAGE 01	HARAS in bergplaats
BIJLAGE 02	HARAS in Nevenruimte (PET ruimte)
BIJLAGE 03	HARAS in radionuclide laboratorium C

BIJLAGE 01 HARAS in bergplaats

HARAS Invoer van parameters

Modelparameters	
Afbreëkfout	1,00E-10
Aantal compartimente	6
Fractie f ₀	1
NuclideData	
Pathway	Inhalatie
Nuclide	Sr 82
Activiteit	1
Chemische vorm	0
Inhalatie-klasse	d
Vervalconstante (1/h)	1,14E-03
Duur bronlekkage (h)	24



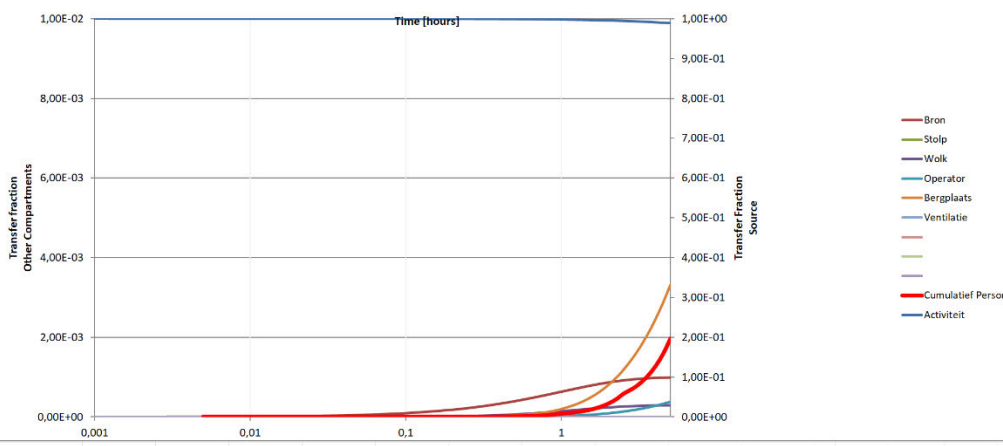
0	Fractie	Ventilatie	Transfer snelheid	Comments
A0	0,001	1	1	Worst case, 0,001 fractie in spill
A1	-	-	-	Evaporation rate gelijk aan water = 1 per uur
A2	1,00	3	1	
A3	1,00	250	100	
A4	0,29	1,2	1,2	Mens ademt 1,2 kuub per uur in.
A5	0,00	0	0	
A6	0	0	0	
A7	0	0	0	
A8	0	0	0	
A9	0	0	0	
A10	-	-	-	
A11	-	-	-	
A12	-	-	-	

Rate matrix	Activiteit	Bron	Stolp	Wolk	Operator	Bergplaats	Ventilatie
Activiteit	1,00	-	-	-	-	-	-
Bron	-	1,00	-	-	-	-	-
Stolp	-	-	1,00	-	-	-	-
Wolk	-	-	-	1,20	-	-	-
Operator	-	-	-	-	3,00	-	-
Bergplaats	-	-	-	-	-	250,00	-
Ventilatie	-	-	-	-	-	-	250,00

Fractie matrix	Activiteit	Bron	Stolp	Wolk	Operator	Bergplaats	Ventilatie
Activiteit	-	0,00	-	-	-	-	-
Bron	-	-	-	1,00	-	-	-
Stolp	-	-	-	-	-	-	-
Wolk	-	-	-	-	0,29	1,00	-
Operator	-	-	-	-	-	-	-
Bergplaats	-	-	-	-	-	-	1,00
Ventilatie	-	-	-	-	-	-	-

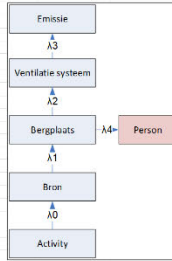
t	Activiteit	Bron	Stolp	Wolk	Operator	Bergplaats	Ventilatie	Cumulatie f Person	Volgdoos [SvBq]	Dosis caused by inhalation mSv	Max Act 1 mSv [GBq]	Max Act 0.1 mSv [GBq]
0.001	1,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
0.005	1,00E+00	4,99E-06	0,00E+00	1,24E-08	7,10E-12	4,22E-11	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,10E-12	5,47E-20
0.010	1,00E+00	9,95E-06	0,00E+00	4,93E-08	5,65E-11	4,95E-10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,36E-11	4,90E-19
0.030	1,00E+00	2,98E-05	0,00E+00	4,31E-07	1,49E-09	1,37E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,58E-09	1,20E-17
0.050	1,00E+00	4,88E-05	0,00E+00	1,18E-06	6,77E-09	5,92E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,33E-09	6,41E-17
0.100	1,00E+00	9,51E-05	0,00E+00	4,34E-06	5,14E-08	4,49E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,97E-08	4,60E-16
0.200	1,00E+00	1,81E-04	0,00E+00	1,51E-05	3,70E-07	3,24E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,30E-07	3,31E-15
0.300	9,99E-01	2,59E-04	0,00E+00	2,98E-05	1,13E-06	9,90E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,56E-06	1,20E-14
0.400	9,99E-01	3,29E-04	0,00E+00	4,65E-05	2,44E-06	2,13E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,00E-06	3,08E-14
0.500	9,99E-01	3,93E-04	0,00E+00	6,42E-05	4,33E-06	3,79E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,33E-06	6,41E-14
0.600	9,99E-01	4,51E-04	0,00E+00	8,20E-05	6,84E-06	5,98E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,52E-05	1,17E-13
0.700	9,99E-01	5,03E-04	0,00E+00	9,94E-05	9,95E-06	8,71E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,51E-05	1,93E-13
0.800	9,98E-01	5,50E-04	0,00E+00	1,16E-04	1,36E-05	1,19E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,88E-05	2,98E-13
0.900	9,98E-01	5,93E-04	0,00E+00	1,32E-04	1,79E-05	1,57E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,66E-05	4,38E-13
1.000	9,98E-01	6,31E-04	0,00E+00	1,46E-04	2,27E-05	1,98E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,33E-05	6,11E-13
1.250	9,97E-01	7,12E-04	0,00E+00	1,79E-04	3,66E-05	3,20E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,16E-04	8,93E-13
1.500	9,97E-01	7,75E-04	0,00E+00	2,04E-04	5,31E-05	4,64E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,69E-04	1,30E-12
1.750	9,96E-01	8,24E-04	0,00E+00	2,25E-04	7,15E-05	6,25E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,40E-04	1,85E-12
2.000	9,95E-01	8,62E-04	0,00E+00	2,41E-04	9,14E-05	8,00E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,32E-04	2,58E-12
2.250	9,95E-01	8,91E-04	0,00E+00	2,53E-04	1,13E-04	9,85E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,44E-04	3,42E-12
2.500	9,95E-01	9,14E-04	0,00E+00	2,63E-04	1,35E-04	1,18E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,79E-04	4,48E-12
3.000	9,94E-01	9,45E-04	0,00E+00	2,76E-04	1,81E-04	1,58E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,60E-04	5,85E-12
3.500	9,93E-01	9,63E-04	0,00E+00	2,84E-04	2,29E-04	2,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,89E-04	7,61E-12
4.000	9,91E-01	9,74E-04	0,00E+00	2,89E-04	2,78E-04	2,43E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,27E-03	9,76E-12
4.500	9,90E-01	9,80E-04	0,00E+00	2,92E-04	3,28E-04	2,87E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,59E-03	1,23E-11
5.000	9,89E-01	9,84E-04	0,00E+00	2,93E-04	3,78E-04	3,30E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,97E-03	1,52E-11
24.000	0,94962943	0,000950914	0	0,000284547	0,002239943	0,019599459	0	0	0	0	1,97E-03	1,52E-11

Transfer Fractions in time per compartment



HARAS Invoer van parameters

Modelparameters	
Afbreekkout	1,00E-10
Aantal compartimente	8
Fractie f ₀	1
NuclideData	
Pathway	Inhalatie
Nuclide	Sr 85
Activiteit	1
Chemische vorm	d
Inhalatie-klasse	d
Vervalconstante (1/h)	4,45E-04
Duur bronlekage (h)	
A12	24



0	Fractie	Ventilatie	Transfer snelheid	Comments
A0	0,001	1	1	Worst case; 0,001 fractie in spill
A1	1	1	1	Evaporation rate gelijk aan water = 1 per uur
A2	1,00	3	1	
A3	1,00	250	100	
A4	0,29	1,2	1,2	Mens ademt 1,2 kub per uur in.
A5	0,00	0	0	
A6	0	0	0	
A7	0	0	0	
A8	0	0	0	
A9	0	0	0	
A10		0		
A11				
A12				

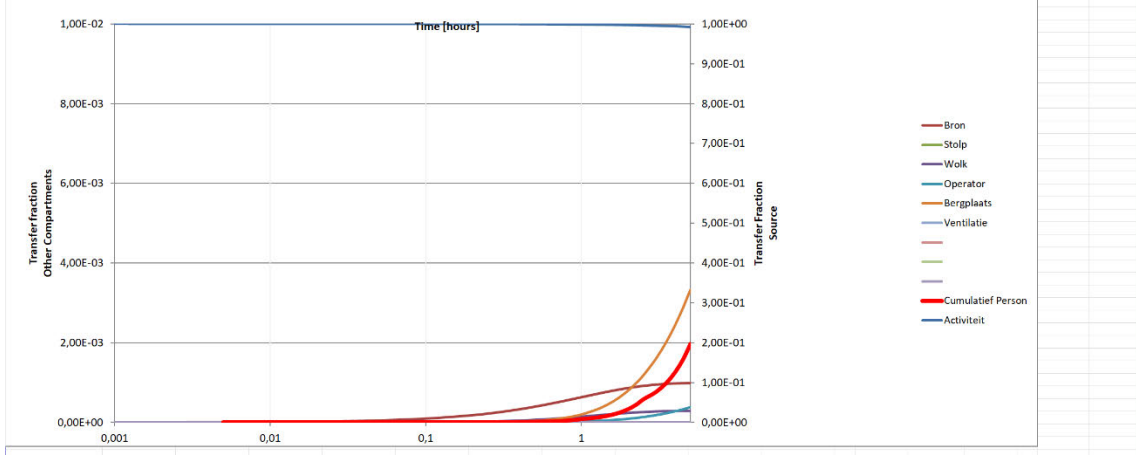
Ratematrix	Activiteit	Bron	Stolp	Wolk	Operator	Bergplaats	Ventilatie
Activiteit	1,00	1,00	-	-	-	-	-
Bron	-	-	-	1,00	-	-	-
Stolp	-	-	-	-	-	-	-
Wolk	-	-	-	-	1,20	3,00	-
Operator	-	-	-	-	-	-	-
Bergplaats	-	-	-	-	-	-	250,00
Ventilatie	-	-	-	-	-	-	-

Fractie matrix	Activiteit	Bron	Stolp	Wolk	Operator	Bergplaats	Ventilatie
Activiteit	-	0,00	-	-	-	-	-
Bron	-	-	-	1,00	-	-	-
Stolp	-	-	-	-	-	-	-
Wolk	-	-	-	-	0,29	1,00	-
Operator	-	-	-	-	-	-	-
Bergplaats	-	-	-	-	-	-	1,00
Ventilatie	-	-	-	-	-	-	-

Sr-85
einh
6,4E-10
max MBq
0,12

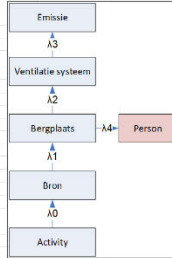
t	Activiteit	Bron	Stolp	Wolk	Operator	Bergplaats	Ventilatie	Cumulatie f Person	Volgdozis	Dosis caused by inhalation	Max Act 1 mSv	Max Act 0.1 mSv
0,001	1,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
0,005	1,00E+00	4,99E-06	0,00E+00	1,24E-08	7,10E-12	8,22E-11	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,20E+08	2,20E+07
0,010	1,00E+00	9,95E-06	0,00E+00	4,63E-08	5,85E-11	4,95E-10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,46E+07	2,46E+06
0,030	1,00E+00	2,96E-05	0,00E+00	4,31E-07	1,49E-09	1,31E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,00E+06	1,00E+05
0,050	1,00E+00	4,88E-05	0,00E+00	1,16E-06	6,77E-09	5,92E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,88E+05	1,88E+04
0,100	1,00E+00	9,52E-05	0,00E+00	4,34E-06	5,14E-08	4,49E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,62E+04	2,62E+03
0,200	1,00E+00	1,91E-04	0,00E+00	1,51E-05	3,71E-07	3,24E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,63E+03	3,63E+02
0,300	1,00E+00	2,59E-04	0,00E+00	2,98E-05	1,13E-06	9,90E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,00E+03	1,00E+02
0,400	9,99E-01	3,30E-04	0,00E+00	4,65E-05	2,44E-06	2,13E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,91E+02	3,91E+01
0,500	9,99E-01	3,93E-04	0,00E+00	6,42E-05	4,33E-06	3,79E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,88E+02	1,88E+01
0,600	9,99E-01	4,51E-04	0,00E+00	8,20E-05	6,84E-06	5,99E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,03E+02	1,03E+01
0,700	9,99E-01	5,03E-04	0,00E+00	9,94E-05	9,95E-06	8,71E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,22E+01	6,22E+00
0,800	9,99E-01	5,50E-04	0,00E+00	1,16E-04	1,37E-05	1,19E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,03E+01	4,03E+00
0,900	9,99E-01	5,93E-04	0,00E+00	1,32E-04	1,79E-05	1,57E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,76E+01	2,76E+00
1,000	9,99E-01	6,31E-04	0,00E+00	1,47E-04	2,27E-05	1,98E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,97E+01	1,97E+00
1,250	9,99E-01	7,13E-04	0,00E+00	1,79E-04	3,87E-05	3,21E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,35E+01	1,35E+00
1,500	9,98E-01	7,78E-04	0,00E+00	2,04E-04	5,31E-05	4,65E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,24E+00	9,24E+00
1,750	9,97E-01	8,25E-04	0,00E+00	2,25E-04	7,15E-05	6,28E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,49E+00	6,49E+00
2,000	9,97E-01	8,63E-04	0,00E+00	2,41E-04	9,15E-05	8,01E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,70E+00	4,70E+00
2,250	9,97E-01	8,92E-04	0,00E+00	2,54E-04	1,13E-04	9,88E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,61E+00	3,61E+00
2,500	9,96E-01	9,15E-04	0,00E+00	2,65E-04	1,35E-04	1,18E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,89E+00	2,89E+00
3,000	9,96E-01	9,47E-04	0,00E+00	2,77E-04	1,81E-04	1,59E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,05E+00	2,05E+00
3,500	9,95E-01	9,66E-04	0,00E+00	2,85E-04	2,29E-04	2,01E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,58E+00	1,58E+00
4,000	9,94E-01	9,77E-04	0,00E+00	2,90E-04	2,79E-04	2,44E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,23E+00	1,23E+00
4,500	9,94E-01	9,83E-04	0,00E+00	2,93E-04	3,29E-04	2,88E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,78E-01	9,78E-02
5,000	9,93E-01	9,87E-04	0,00E+00	2,95E-04	3,78E-04	3,32E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,60E-01	7,90E-02
24,000	0,965904687	0,00098872	0	0,000289322	0,00227532	0,019928407	0	0	0	0		

Transfer Fractions in time per compartment



HARAS Invoer van parameters

Modelparameters	
Activiteitsfactor	1,00E-10
Aantal compartimenten	6
Fractie f_0	1
NuclideData	
Pathway	Inhalatie
Nuclide	Rb 82
Activiteit	1
Chemische vorm	0
Inhalatie-klasse	d
Vervalconstante (1/h)	3,27E+01
Duur bronlekage (h)	24



0	Fractie	Ventilatie	Transfer snelheid	Comments
A0	0,001	1	1	Worst case: 0,001 fractie in spill
A1	1	1	1	Evaporation rate gelijk aan water = 1 per uur
A2	1,00	3	1	
A3	1,00	250	100	
A4	0,29	1,2	1,2	Mens ademt 1,2 kub per uur in.
A5	0,00	0	0	
A6	0	0	0	
A7	0	0	0	
A8	0	0	0	
A9	0	0	0	
A10	0	0	0	
A11	0	0	0	
A12	0	0	0	

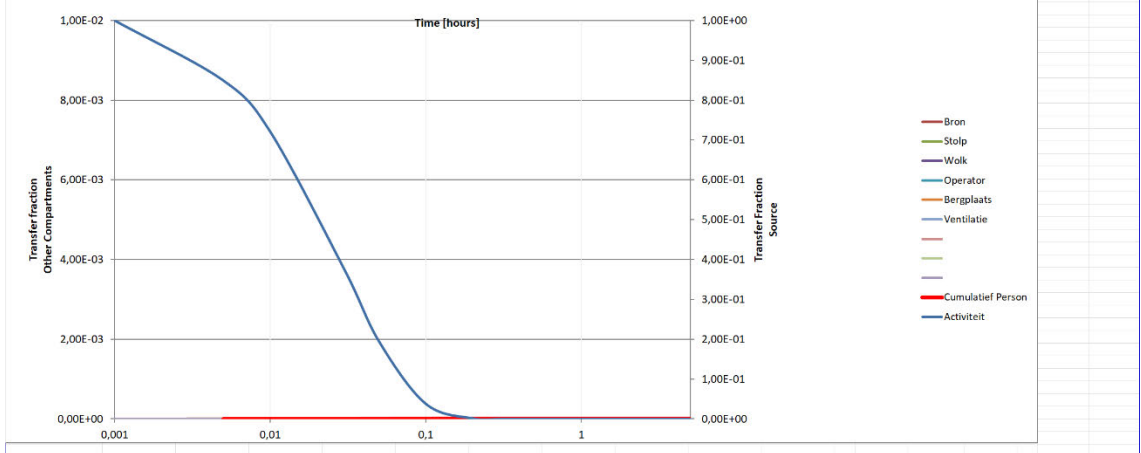
Ratematrix	Activiteit	Bron	Stolp	Wolk	Operator	Bergplaats	Ventilatie
Activiteit	1,00	1,00	-	-	-	-	-
Bron	-	-	-	1,00	-	-	-
Stolp	-	-	-	-	-	-	-
Wolk	-	-	-	-	1,20	3,00	-
Operator	-	-	-	-	-	-	-
Bergplaats	-	-	-	-	-	-	250,00
Ventilatie	-	-	-	-	-	-	-

Fractie matrix	Activiteit	Bron	Stolp	Wolk	Operator	Bergplaats	Ventilatie
Activiteit	-	0,00	-	-	-	-	-
Bron	-	-	-	1,00	-	-	-
Stolp	-	-	-	-	-	-	-
Wolk	-	-	-	-	0,29	1,00	-
Operator	-	-	-	-	-	-	-
Bergplaats	-	-	-	-	-	-	1,00
Ventilatie	-	-	-	-	-	-	-

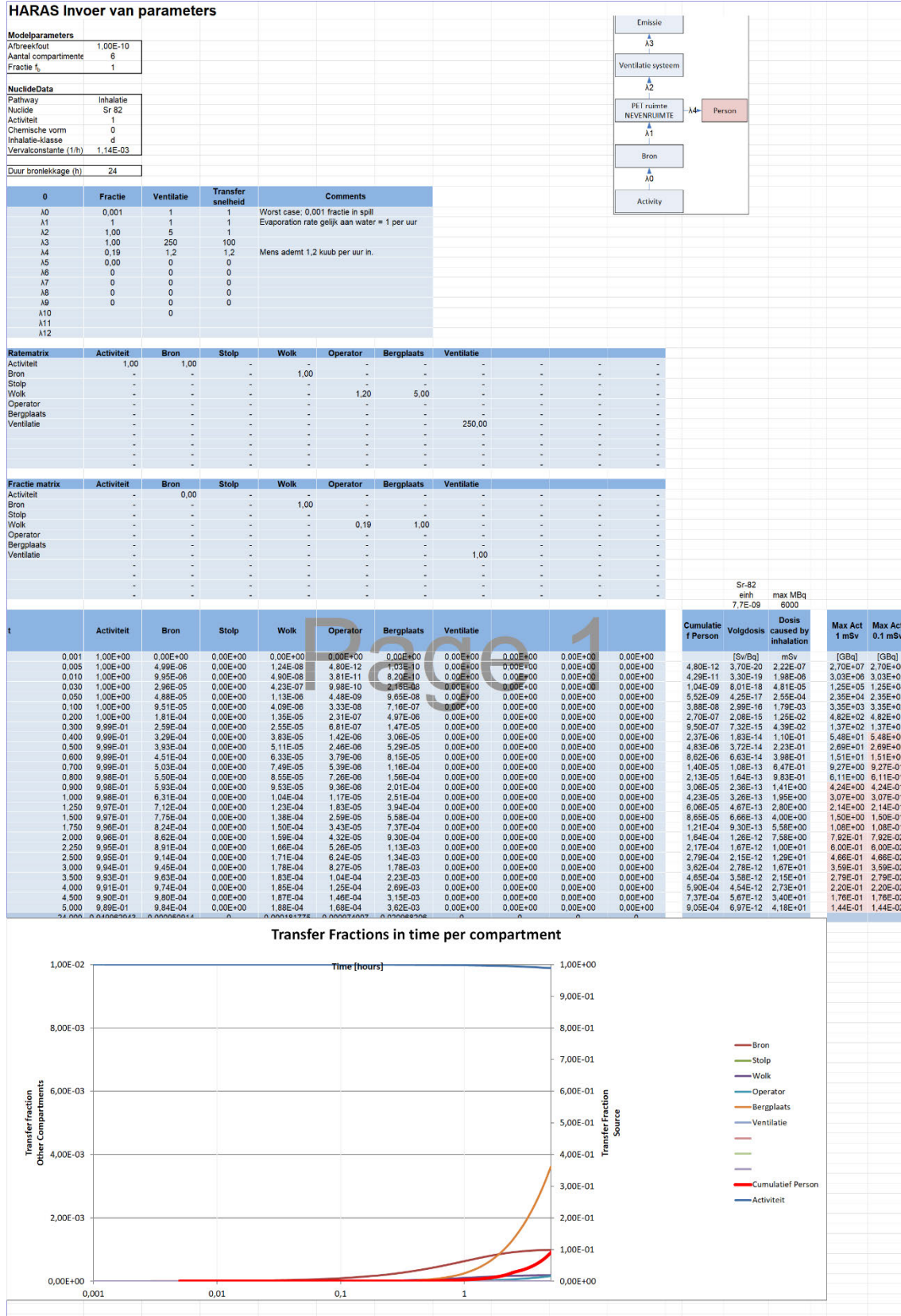
t	Activiteit	Bron	Stolp	Wolk	Operator	Bergplaats	Ventilatie	Cumulatie f Person	Volgdoos	Dosis caused by inhalation	Max Act 1 mSv	Max Act 0.1 mSv
0,001	1,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
0,005	8,49E-01	4,24E-06	0,00E+00	1,05E-08	6,03E-12	5,28E-11	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,03E-12	5,79E-25	3,48E-12
0,010	7,21E-01	7,18E-06	0,00E+00	3,55E-08	4,08E-11	3,57E-10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,68E-11	4,49E-24	2,70E-11
0,030	3,75E-01	1,11E-05	0,00E+00	1,62E-07	5,61E-10	4,90E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,07E-10	5,83E-23	3,50E-10
0,050	1,95E-01	9,52E-06	0,00E+00	2,27E-07	1,32E-09	1,16E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,93E-09	1,85E-22	1,11E-09
0,100	3,91E-02	3,83E-06	0,00E+00	1,65E-07	1,86E-09	1,71E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,88E-09	3,73E-22	2,24E-09
0,200	1,45E-03	2,63E-07	0,00E+00	2,20E-08	5,39E-10	4,71E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,43E-09	4,25E-22	2,55E-09
0,300	5,54E-05	1,44E-08	0,00E+00	1,65E-09	6,27E-11	5,49E-10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,49E-09	4,31E-22	2,59E-09
0,400	2,11E-06	6,99E-10	0,00E+00	9,83E-11	5,15E-12	4,50E-11	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,49E-09	4,31E-22	2,59E-09
0,500	8,05E-08	3,17E-11	0,00E+00	5,17E-12	3,49E-13	3,05E-12	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,49E-09	4,31E-22	2,59E-09
0,600	3,07E-09	1,38E-12	0,00E+00	2,52E-13	2,10E-14	1,84E-13	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,49E-09	4,31E-22	2,59E-09
0,700	1,17E-10	5,89E-14	0,00E+00	1,16E-14	1,16E-15	1,02E-14	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,49E-09	4,31E-22	2,59E-09
0,800	4,48E-12	2,45E-15	0,00E+00	5,18E-16	6,09E-17	5,33E-16	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,49E-09	4,31E-22	2,59E-09
0,900	1,70E-13	1,01E-16	0,00E+00	2,24E-17	3,04E-18	2,86E-17	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,49E-09	4,31E-22	2,59E-09
1,000	6,47E-15	4,09E-18	0,00E+00	9,50E-19	1,47E-19	1,29E-18	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,49E-09	4,31E-22	2,59E-09
1,250	1,84E-18	1,31E-21	0,00E+00	3,29E-22	6,74E-23	5,90E-22	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,49E-09	4,31E-22	2,59E-09
1,500	5,21E-22	4,05E-25	0,00E+00	1,07E-25	2,77E-26	2,43E-25	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,49E-09	4,31E-22	2,59E-09
1,750	1,48E-25	1,22E-28	0,00E+00	3,33E-29	1,06E-29	9,27E-29	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,49E-09	4,31E-22	2,59E-09
2,000	4,19E-29	3,63E-32	0,00E+00	1,01E-32	3,65E-33	3,37E-32	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,49E-09	4,31E-22	2,59E-09
2,250	1,19E-32	1,06E-35	0,00E+00	3,03E-36	1,34E-36	1,18E-35	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,49E-09	4,31E-22	2,59E-09
2,500	3,37E-36	3,10E-39	0,00E+00	8,92E-40	4,57E-40	4,00E-39	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,49E-09	4,31E-22	2,59E-09
3,000	2,71E-43	2,58E-46	0,00E+00	7,55E-47	4,94E-47	4,32E-46	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,49E-09	4,31E-22	2,59E-09
3,500	2,18E-50	2,12E-53	0,00E+00	6,26E-54	5,04E-54	4,41E-53	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,49E-09	4,31E-22	2,59E-09
4,000	1,70E-57	1,73E-60	0,00E+00	5,12E-61	4,93E-61	4,31E-60	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,49E-09	4,31E-22	2,59E-09
4,500	1,41E-64	1,40E-67	0,00E+00	4,17E-68	4,68E-68	4,08E-67	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,49E-09	4,31E-22	2,59E-09
5,000	1,14E-71	1,13E-74	0,00E+00	3,37E-75	4,34E-75	3,80E-74	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,49E-09	4,31E-22	2,59E-09
24,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Rb-82
emf
9,8E-14
max MBq
6000

Transfer Fractions in time per compartment



BIJLAGE 02 HARAS in Nevenruimte (PET ruimte)



BIJLAGE 03 HARAS in radionuclide laboratorium C

