

Bijlage S: Overzicht milieu-emissies locatie complex Randwyck

S1 Inkoop/Verbruik

Op grond van de inkoop van radioactieve stoffen in verspreidbare vorm en de aard van de toepassingen daarvan, wordt, conform de 'Rekenregels Analyse Gevolgen Ioniserende Straling' (*Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming, Artikel 4.29 en ANVS-Verordening basisveiligheidsnormen stralingsbescherming, Bijlage 10*) de omvang van de lozing naar water en lucht bepaald. *Tabel S-1*. geeft de totale inkoop per instelling over de laatste 3 jaar uitgedrukt in $Re_{inhalatie}$ bevolking en in $Re_{ingestie}$ bevolking. Voor de dosisconversiecoëfficiënten voor de bevolking wordt gebruik gemaakt van ICRP -119, respectievelijk tabel G1 en tabel F1.

Tabel S-1: Inkoop van open radioactieve stoffen in Re_{inh} en in Re_{ing} per instelling voor de jaren 2022-2024

Instelling	Inkoop [$Re_{inhalatie}$] berekend met $e50_{inh}$, bevolking			Inkoop [$Re_{ingestie}$] berekend met $e50_{ing}$, bevolking		
	2022	2023	2024	2022	2023	2024
azM	2090	1152	1149	3886	2234	2846
UM	16,6	17	17	0,0	1,2	0,7
Totaal	2106	1170	1166	3886	2235	2847

S2 Lozing in lucht

De maximale jaarlijkse lozing in lucht wordt berekend volgens formule 4.2 uit AGIS vermenigvuldigd met $e50_{inh}$, bevolking.

$$A_{L,i} = \sum_{handeling} A_{inkoop,i} \cdot 10^{-p_i-4-s_i} \cdot CR_{L,i} \quad 4.2$$

Volgens bovenstaande formule moet worden gesommeerd over de verschillende type handelingen (p -waarden). Uit de werkprotocollen blijkt dat niet elke stap met de volledige inkoop te worden uitgevoerd. Daarnaast vinden er in het proces ook meerdere bewerkingen met eenzelfde p -waarde plaats waarover eveneens moet worden gesommeerd. Op basis van de risicoanalyses is per nuclide en per protocol bepaald wat de theoretische jaarinkoop en de bijbehorende theoretische lozing is. Deze wordt vervolgens in jaarverslagen gecorrigeerd voor de daadwerkelijke inkoop in het betreffende jaar door de theoretische lozing te vermenigvuldigen met $A_{inkoop}/A_{theoretisch}$. In *Tabel S-2* is een voorbeeld opgenomen voor protocollen voor het gebruik van Tc-99m bij het azM. In totaal is dit voor ruim 30 verschillende protocollen op deze wijze uitgevoerd, die hebben geleid tot de maximaal theoretische lozingen zoals gepresenteerd in *Tabel S-3*.

Tabel S-2: Uitgewerkt voorbeeld voor de berekende theoretische luchtlozing

Nuclide	Farmacon	Omschrijving handeling	Plaats handeling	A [Bq]	p	s	$e50_{inh}$, bevolking	$CR_{L,i}$	L_{max}
Tc-99m	Overig	Uitpakken spuit	Uitpakruimte	1,29E+12	-1	0	2,00E-11	1	0,03
Tc-99m	Overig	Toediening patiënt	Patiëntonderzoeksruimte	8,04E+11	-1	0	2,00E-11	1	0,02

Bijlage S-1: Overzicht Milieu-emissies locatie complex Randwyck

Nuclide	Farmacon	Omschrijving handeling	Plaats handeling	A [Bq]	p	s	e50inh, bevolking	CRL,i	Lmax
Tc-99m	Overig	Afval weggoaien	Bergplaats	9,66E+08	-1	0	2,00E-11	1	0,00
Tc-99m	MIBI	Toediening inspanning	Patiëntonderzoeksruimte	5,00E+10	-1	0	2,00E-11	1	0,00
Tc-99m	Nanocolloïd	Toedienen Sentinel node	Patiëntonderzoeksruimte	2,00E+10	-1	0	2,00E-11	1	0,00
Tc-99m	DTPA	Vaporiseren vloeistof	Patiëntonderzoeksruimte	3,00E+09	-4	0	2,00E-11	1	0,06
Tc-99m	Pertechnetate	Verdampen vloeistof	Patiëntonderzoeksruimte	4,50E+09	-4	0	2,00E-11	1	0,09
Tc-99m	Nanocolloïd	Bereiding ei	Overig	1,00E+08	-1	0	2,00E-11	1	0,00
Tc-99m	Nanocolloïd	toediening patiënt	Patiëntonderzoeksruimte	2,25E+09	-1	0	2,00E-11	1	0,00
Tc-99m	Nanocolloïd	verwijderen sentinel node	OK	8,00E+09	0	0	2,00E-11	1	0,00
Tc-99m	MAG3	nameten urine	Patiëntonderzoeksruimte	1,00E+09	-1	0	2,00E-11	1	0,00
Tc-99m	HMPAO	Spuit naast verpleging	Verpleegafdeling C5	1,43E+10	-1	0	2,00E-11	1	0,00
Tc-99m	HMPAO	Toediening	Verpleegafdeling C5	1,25E+10	-1	0	2,00E-11	1	0,00
Tc-99m	Overig	Opslag afval	Overig	2,50E+08	-1	0	2,00E-11	1	0,00
Tc-99m	Pertechnetate	Uitpakken spuit	Uitpakruimte	6,00E+09	-1	0	2,00E-11	1	0,00
Tc-99m	Pertechnetate	Vullen fantoom	B-lab hotlab	5,00E+09	-1	0	2,00E-11	1	0,00
Tc-99m	Pertechnetate	Positioneren fantoom	Overig	5,00E+09	-1	0	2,00E-11	1	0,00
Tc-99m	Pertechnetate	Opruimen fantoom	Overig	4,00E+09	-1	0	2,00E-11	1	0,00
Tc-99m	Pertechnetate	Opslag afval	lab	2,50E+10	-1	0	2,00E-11	1	0,00
Totaal theoretisch benodigde activiteit (A _{th})				2,39E+12	Totale theoretische lozing			0,19	
Activiteit jaarinkoop 2024				2,72E+12					
Ratio				1,14	Lozing op basis inkoop 2024			0,22	

Tabel S-3: Maximale emissie naar lucht per nuclide per instelling.

Instelling	Afdeling	Nuclide	A _{max,theoretisch} [Bq]	e _{inh,i} [Sv/Bq]	L _{max, Theoretisch} [Re _{inh}]
azM	Beeldvorming	F-18	1.48E+12	5,90E-11	0,05
		I-123	8.15E+09	7,40E-11	0,00
		I-125	3.04E+08	5,10E-09	0,00
		I-131	1.53E+11	7,40E-09	1,42
		Ge-68*	1.40E+09	1,40E-08	0,00
		Ga-68	1.26E+11	4,90E-11	0,01
		Ra-223	2.25E+08	8,70E-06	2,17
		Tc-99m	2.72E+12	2,00E-11	0,22
		Y-90	3.80E+10	1,20E-09	0,22
		Lu-177	7.15E+11	1,50E-09	2,15
		In-111	9.00E+07	2,30E-10	0,00
		Ho-166	9.42E+10	6,50E-10	0,18
		Ac-225	2.50E+08	8.50E-06	8,93
		CDL	I-125	2.00E+08	5,1E-09
Totaal azM					16
UM	RNL	C-14	9.72E+05	5,80E-09	2,82
		F-18	8.00E+08	5,90E-11	0,02
		H-3	7.18E+06	2,60E-10	0,00
		I-125	4.07E+08	5,10E-09	0,07
		S-35	5.55E+09	1,90E-09	0,01
		Tc-99m	2.12E+10	2,00E-11	0,00

Instelling	Afdeling	Nuclide	$A_{max,theoretisch}$ [Bq]	$e_{inh,i}$ [Sv/Bq]	$L_{max, Theoretisch}$ [Re_{inh}]
		U-238	2.08E+06	8,0E-06	3,74
		In-111	1.02E+09	2,3E-10	0,01
		Ga-168	5.60E+10	4,9E-11	0,01
Totaal UM					7
Maastr	Protonen	Li-8	8.34E+08	n/a	
		O-15	8.34E+08	n/a	
		N-16	4.17E+08	n/a	
		N-13	4.17E+08	n/a	
		C-11	8.34E+07	1.80E-11	1,50E-03
		O-14	1.04E+08	n/a	
		Ar-41	2.08E+07	(edelgas)	
		Cl-39	8.34E+05	4.60E-11	3,83E-05
		Be-7	1.25E+05	5.50E-11	6,88E-06
		Si-31	1.67E+05	7.90E-11	1,32E-05
		Ar-37	1.67E+03	(edelgas)	
		S-35	1.25E+02	1.9E-09	2,38E-07
		Ar-39	1.25E+00	(edelgas)	
		H-3	8.34E+02	2.60E-10	2,17E-07
P-32	8.34E+02	3.40E-09	2,83E-06		
C-14	4.17E+02	5.80E-09	2,42E-06		
Totaal Maastr protonen					<0,01
Totaal Randwyck					23

- 1) Als L_{max} 2024 hoger was dan L_{max} theoretisch, dan is de waarde van 2024 overgenomen.
- 2) Per Bq Ga-68 mag maximaal $1E-5$ Bq Ge-68 worden uitgewassen. Voor de lozingsberekeningen wordt voor Ge-68 daarom gerekend met 0,001 % van de geëluëerde Ga-activiteit.
- 3) De waarden voor Maastr protonen zijn ongewijzigd ten opzichte van de oorspronkelijke aanvraag en zijn gebaseerd op 50 weken per jaar gebruik van de protonenversneller met een workload van 1000 Gy per jaar.
- 4) n/a = not applicable

In Tabel S-4 is een overzicht gegeven van de daadwerkelijke lozing naar lucht over de jaren 2022 tot 2024. Het verschil tussen de maximaal mogelijke waarde en de werkelijke lozingswaarden komt omdat voor de theoretische schattingen wordt uitgegaan van een toename van patiëntbehandelingen met Ra-223 en Ac-225. Bij de schattingen is uitgegaan van respectievelijk 50 en 25 patiënttoedieningen per jaar. In de jaren 2022 tot en met 2024 zijn er slechts zeer beperkt of zelfs geen patiëntbehandelingen geweest met deze radionucliden. Zodra patiëntaantallen gaan toenemen zal, in het kader van optimalisatie, worden onderzocht welke stappen in het proces kunnen worden uitgevoerd in een hotcell waarin een HEPA H14 en actief kool filter is aangebracht. Voor deze stappen mag dan worden gerekend met een s-factor van 4. Vooral nog is binnen het ziekenhuis conservatief gerekend met $s = 0$.

Tabel S-4: Overzicht van emissie naar lucht over de jaren 2022 t/m 2024

Instelling	Luchtemissie [Re_{inh}]		
	2022	2023	2024
azM	2,8	1,7	1,7
UM	3,7	3,8	3,7
Totaal	6,5	5,5	5,5

S3 Waterlozing

De maximale jaarlijkse lozing in water wordt berekend volgens formule 4.7 uit AGIS vermenigvuldigd met $e50_{ing, bevolking}$.

$$A_{W,i} = \sum_{handeling} A_{inkoop,i} \cdot Z_i \cdot V_i \cdot W_i \cdot 10^{-s_i} \cdot CR_{W,i} \quad 4.7$$

Conform de vigerende vergunning behoeven de emissies naar water die ontstaan als gevolg van poliklinische behandelingen niet te worden toegekend aan de emissie van de vergunninghouder. Omdat echter ook bij poliklinische toepassingen een groot deel van de activiteit binnen het ziekenhuis wordt geloosd is ervoor gekozen om voor alle toepassingen Z gelijk te stellen aan 1. Ook voor V (0,1) en voor W (1) worden conservatie waarden genomen. Voor nucliden die worden gebruikt voor radionuclidentherapie wordt voor de s-waarde voor lozing op het riool de waarde $s = 1$ voor lozing via een tanksysteem gekozen. Het betreft de nucliden I-131 en Lu-177. Voor de overige nucliden gels $s=0$. *Tabel S-5* geeft een overzicht van de lozingsberekening voor 2024 en

Tabel S-6 geeft een overzicht van de emissies naar water over de jaren 2022 t/m 2024.

Tabel S-5: hoogste emissie naar water over de jaren 2022-2024 per nuclide, met voor Ra-223 en Ac-225 een geschatte toename tot respectievelijk 50 en 25 toedieningen.

Instelling	Afdeling	Nuclide	A _{inkoop} [Bq]	Z _i	V _i	W _i	S _i	CR _{wi}	E _{ing,i} [Sv/Bq]	W _{max} [Re _{ing}]
azM	Beeldvorming	F-18	1,48E+12	1	0,1	1	0	0,001	4,90E-11	0,01
		I-123	8,25E+09	1	0,1	1	0	0,001	2,10E-10	0,00
		I-125	3,04E+08	1	0,1	1	0	1	1,50E-08	0,46
		I-131	1,66E+11	1	0,1	1	1	0,1	2,20E-08	3,64
		Ge-68	1,26E+06	1	0,1	1	0	0,1	1,30E-09	0,00
		Ga-68	1,26E+11	1	0,1	1	0	0,001	1,00E-10	0,00
		Ra-223	2,25E+08	1	0,1	1	0	0,1	1,00E-07	0,23
		Tc-99m	2,72E+12	1	0,1	1	0	0,001	2,20E-11	0,01
		Y-90	3,80E+10	1	0,1	1	0	0,001	5,30E-10	0,01
		Lu-177	1,50E+11	1	0,1	1	1	0,01	2,70E-09	0,01
		In-111	5,10E+07	1	0,1	1	0	0,001	2,90E-10	0,00
		Ho-166	3,53E+08	1	0,1	1	0	1	1,40E-09	0,00
	Ac-225	2,50E+08	1	0,1	1	0	0,1	2,4E-08	0,06	
	CDL	I-125	1,37E+07	1	0,1	1	0	1	1,5E-08	0,02
Totaal										4,5
UM	RNL	C-14	9,72E+05	1	0,1	1	0	100	5,8E-10	0,01
		F-18	3,52E+06	1	0,1	1	0	0,001	4,9E-11	0,00
		H-3	7,18E+06	1	0,1	1	0	1	1,8E-11	0,00
		I-125	4,07E+08	1	0,1	1	0	1	1,5E-08	0,61
		S-35	5,55E+09	1	0,1	1	0	0,1	7,7E-10	0,04
		Tc-99m	2,12E+10	1	0,1	1	0	0,001	2,2E-11	0,00
		U-238	2,08E+06	1	0,1	1	0	100	4,5E-08	0,94
		In-111	1,02E+09	1	0,1	1	0	0,01	2,90E-10	0,00
Totaal										1,6
Totaal Randwyck:										6,1
Afgerond										10

Tabel S-6: Overzicht van emissie naar water over de jaren 2022 t/m 2024

Instelling	Wateremissie [Re _{ing}]		
	2022	2023	2024
azM	3,9	2,2	3,1
UM	0,9	1,0	0,9
Totaal	4,8	3,2	4,0