

Richtlijn Radionuclidenlaboratoria



RADIOACTIEVE ST
GECONTROLEERDE

BUICAL AMITEFEN BELLEN:



Andre Zandvoort

Richtlijn Radionuclidenlaboratoria

Onderwerpen:

- Inrichtingseisen laboratoria
- Risicoanalyse open stoffen
- Lozingen



1994

Eisen radionuclidenlaboratorium 1

- 3 hoofdpunten:
 - Bouwkundig containment
 - Decontamineerbaarheid
 - Luchtverversing
- Classificatie (B-, C- en D-laboratoria)
- Toegang, waarschuwingssignalering, zonerings, overstapbank, sluis
- Ruimteventilatie (8-voud per uur)
- Onderdruk (C- en B-laboratoria)
- Gesloten ramen (C- en B-laboratoria)



Eisen radionuclidenlaboratorium 2

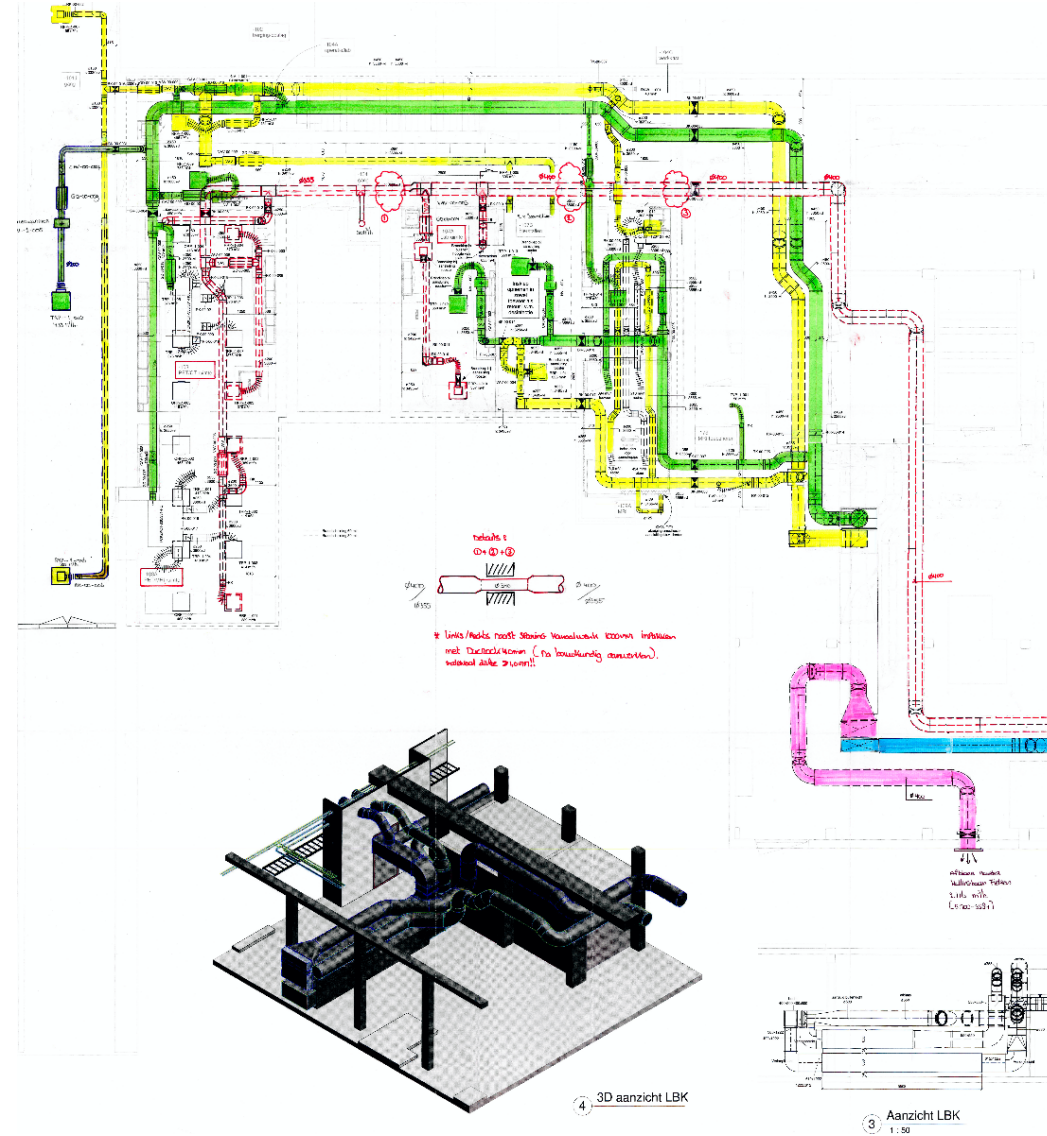
- Gescheiden luchtafvoer (C- en B-laboratoria)
- Terugslagklep in luchtaanvoer (C- en B-laboratoria)



Praktijkprobleem:

Nieuw C-lab

- Geen terugslagkleppen
- Elektronisch geregelde ventilatorconvectoren systeem voorkomt luchtstroom andere kant op
- Maar: tegenstrijdig met RRNL
- Echter: geen kans op besmetting naar andere ruimten



Eisen radionuclidenlaboratorium 3

- Afwerking (decontamineerbaarheid)
- Niet-handbediening kranen (C- en B-laboratoria)
- Ingebouwde verlichting (C- en B-laboratoria)
- Drempel, nooddouches
- Zuurkast, BV-kast

- **Praktijkprobleem:**

Drempels in proefdierlab

- Grote hoeveelheden besmet water?
- Hoge activiteit in besmet water?



Biologische veiligheidskast klasse II (mobiel)

- Combinatie RA en BA/GGO
- Recirculatie mag niet volgens RRNL
- Maar: HEPA gefilterd dus aerosolen en eiwitcomplexen worden uitgefilterd.
- Toestaan onder RI&E?



Ventilatievoud

- Van 8 naar 5, onderbouwd in het “HARAS” rapport
- Sluit aan bij eis voor “standaard” laboratoria in ARBO Informatieblad 18
- *Ventilatievoud ruimte heeft maar een zeer beperkte invloed op blootstelling door inhalatie*



Samenvatting van parameters bij doorrekenen referentiescenario's²⁴

	f_b	λ_{bc} (h^{-1})	λ_{cz} (h^{-1})	f_o	λ_{zw} (h^{-1})	λ_{zv} (h^{-1})	λ_{wl} (h^{-1})	λ_{wm} (h^{-1})	λ_{lv} (h^{-1})	λ_{ve} (h^{-1})	f_f
<i>NORMAAL 0,1% vrijkomen</i>	0,001	1	10000	0	1	500	8	1	8	750	0
<i>INCIDENT 10% vrijkomen</i>	0,1	1	10000	0	1	500	8	1	8	750	0
<i>INCIDENT 0,1% vrijk. falende zuurkast</i>	0,001	1	10000	0	10000	0	6	1	6	750	0
<i>ONGEVAL 0,1% vrijk. falend venti- latiesysteem</i>	0,001	1	10000	0	10000	0	2	1	2	10000	0
<i>ONGEVAL 100% vrijkomen</i>	1	1	10000	0	1	500	8	1	8	750	0
<i>ONGEVAL 100% vrijk. falend venti- latiesysteem</i>	1	1	10000	0	10000	0	2	1	2	10000	0

Falende ruimteventilatie
-> falende zuurkast

Transferfracties voor de referentie-bewerking

SCENARIO	Transferfractie naar de werker			Transferfractie naar het milieu			
	12 min	1 uur	5 uur	1 uur	5 uur	24 uur	totaal
<i>NORMAAL 0,1% vrijkomen</i>	2,1 E-8	1,3 E-7	2,2 E-7	6,3 E-4	1,0 E-3	1,0 E-3	1,0 E-3
<i>INCIDENT 10% vrijkomen</i>	2,1 E-6	1,3 E-5	2,2 E-5	6,3 E-2	1,0 E-1	1,0 E-1	1,0 E-1
<i>INCIDENT 0,1% vrijk. falende zuurkast</i>	1,2 E-5	8,1 E-5	1,4 E-4	4,2 E-4	9,1 E-4	9,2 E-4	9,2 E-4
<i>ONGEVAL 0,1% vrijk. falend venti- latiesysteem</i>	1,5 E-5	1,6 E-4	3,4 E-4	2,0 E-4	9,6 E-4	9,9 E-4	9,9 E-4
<i>ONGEVAL 100% vrijkomen</i>	2,1 E-5	1,3 E-4	2,2 E-4	6,3 E-1	1,0 E+0	1,0 E+0	1,0 E+0
<i>ONGEVAL 100% vrijk. falend venti- latiesysteem</i>	1,5 E-2	1,6 E-1	3,3 E-1	2,0 E-1	9,6 E-1	9,9 E-1	9,9 E-1



600x

2,5x

HARAS

Conclusie Ventilatievoud

- T.o.v. zuurkast heeft de ruimteventilatie maar een minimale bijdrage
- Natuurlijke ventilatie is 2-voudig
- Van 8-voudig naar 5-voudig is minimaal verschil in blootstelling maar groot verschil in kosten > ALARA.

Stelling: 8-voudig ruimteventilatie is niet gerechtvaardigd

Noodzaak voor vernieuwing inrichtingseisen

- **Ventilatievoud**
- Definities van bv “het radionuclidencompartiment”
- Tekstuele verduidelijkingen en vereenvoudiging
- Het principe van “onder RI&E beargumenteert afwijken”
- Actualisatie normen (DIN -> NEN)
- Technische actualisatie: terugslagklep verouderd principe?
- Maatregelen zoals nooddouches en drempels dienen nut te hebben
- *Meer doelvoorschrift dan middelvoorschrift*
- *Vrijheid van de ondernemer (binnen de wettelijke kaders)*

Risicoanalyse

- Gezondheidsraad 1985
- RRNL 1994
- HARAS 1997
- Leidraad/ Grimbergen en Wiegman 2005

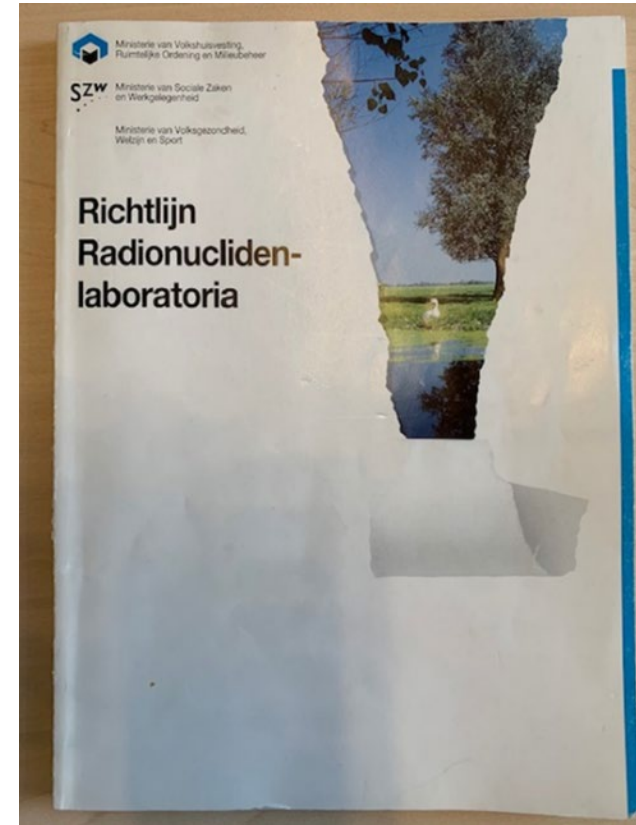


Richtlijn Radionuclidenlaboratoria

Blootstelling tijdens reguliere werkzaamheden

- o dosisnorm = 1% × jaarlimiet = 0,2 mSv
- o Limitering aan werkzaamheden
- o Fracties van 10

$$X_{\max} = 0,02 \times 10^{p+q+r}$$



Risicoanalyse

Verspreidingsparameter p

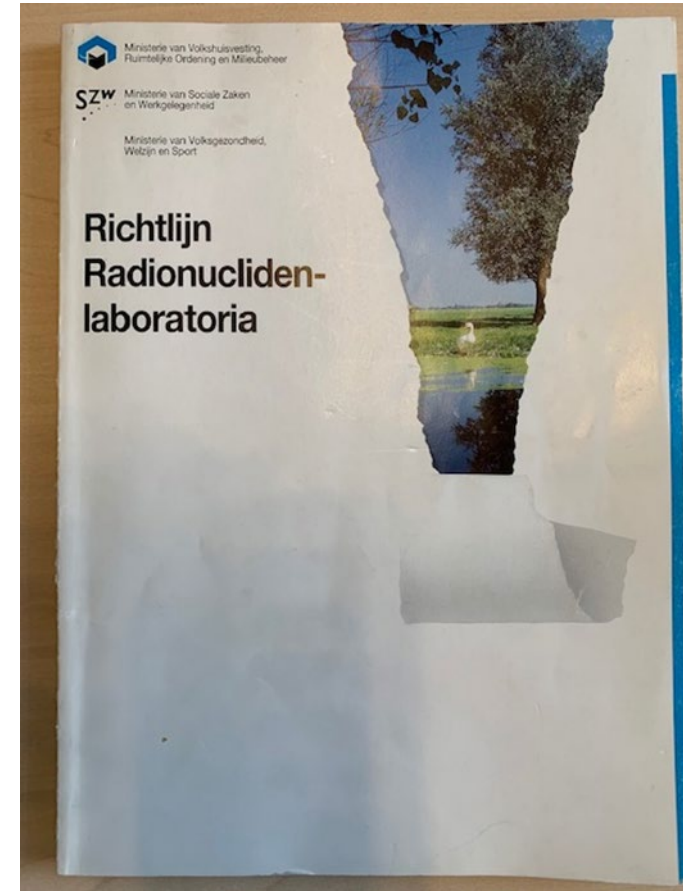
- handelingen

Laboratoriumparameter q

- Laboratoriumtype

Ventilatieparameter r

- Ventilatie/zuurkast



Berekening van het risico

- Relatie tussen hoeveelheid activiteit A [Bq] en X [Re_{inh}], radiotoxiciteit $e(50)_{inh}$ [Sv/Bq], verspreidingskans p, type laboratorium q, en type ventilatie r

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

$$A_{max} = X_{max} / e(50)_{inh} \text{ in [Bq]}$$

$$1 Re_{inh} = 1 / e(50)_{inh} [Bq]$$

! Verspreidingskansparameter p !

P Lek fractie/week	Toepassing
-1 < 0.01%	kort, zeer eenvoudig nat werk opslag van afval in werkruimte
-2 < 0.1%	labeling met niet vluchtig nuclide eenvoudige chem. bepaling met tracers (RIA)
-3 < 1%	labeling met vluchtig nuclide koken van vloeistof in gesloten systeem
-4 < 10%	sterk spattende bewerking hanteren van poeders in open systemen

- **Let op:** neem $p = 0$ voor opslag in een speciale bergplaats ($< 1 \mu\text{Sv/h}$)

Laboratoriumparameter q

q	ruimte
0	werkruimte buiten laboratoriumbeheer
1	D-laboratorium nevenruimte bij laboratorium
2	C-laboratorium
3	B-laboratorium

Ventilatieparameter r

r	ventilatievoorziening
0	geen voorzieningen
1	zuurkast (niet DIN-gekeurd) / lokale afzuiging
2	zuurkast (wel DIN-gekeurd)
3	gesloten werkkast

- **Let op:** r mag nooit groter dan q worden genomen
- **Let op:** p = -3 of -4: alleen in zuurkast B/C-lab

Voorbeeld experiment:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
10		Verbinding :		³² P-orthophosphate												
11		T _{1/2} :		14,3	d											
12		DCC _{inh} :		1,10E-09	Sv /Bq											
13		Re _{inh} :		9,09E+08	Bq /Sv											
14		A in experiment :		30	MBq =											
15				0,811	mCi =											
16				3,30E-02	Re _{inh}											
17			Bw per MBq =		4,05E-04											
18																
19		Korte beschrijving protocol :				lokale ventilatievoorziening :										
20								labtafel	r=0							
21																
22	2	Incubation at 37C with shaking						zuurkast	r=2							
23	3	centrifuge the cultures (4000 rpm)						zuurkast	r=2							
24																
25																
26																
27																
28																
29																
30	Stap #	Handeling				p	q	r	Tijd	Fractie	A x fractie					
31									uur	label	A _{max}	/ A _{max}	B _w			
32	1	Pipetting of label into 6 cell cultures in tube				-1	3	0	0,1	1	1,82E+03	1,65E-02	4,13E-05			
33	2	Incubation at 37C with shaking				-3	3	2	18	1	1,82E+03	1,65E-02	7,43E-03	closed tubes		
34	3	centrifuge the cultures (4000 rpm)				-3	3	2	0,2	1	1,82E+03	1,65E-02	8,25E-05	fumehood		
35	4	remove supernatant				-2	3	0	0,1	1	1,82E+02	1,65E-01	4,13E-04			
36	5	add cell lysis buffer, incubate at 4C				-1	3	0	0,2	0,1	1,82E+03	1,65E-03	8,25E-06			
37	6	vortex 10 x 1 min				-3	3	0	0,2	0,1	1,82E+01	1,65E-01	8,25E-04			
38	7	lysate into new tubes, incubate 30 min at 4				-2	3	0	0,1	0,1	1,82E+02	1,65E-02	4,13E-05			
39	8	centrifuge the tubes (14000 rpm, 5 min)				-2	3	0	0,1	0,1	1,82E+02	1,65E-02	4,13E-05			
40	9	pipette sup in new tubes, +IPbuffer+antibo				-1	3	0	0,1	0,1	1,82E+03	1,65E-03	4,13E-06			
41	10	incubate 1hr at 4C				-2	3	0	1	0,1	1,82E+02	1,65E-02	4,13E-04			
42	11	add sepharosebeads				-2	3	0	0,1	0,1	1,82E+02	1,65E-02	4,13E-05			
43	12	incubate 1hr at 4C				-2	3	0	1	0,1	1,82E+02	1,65E-02	4,13E-04			
44	13	centrifuge the tubes (short spin, 5 sec)				-3	3	0	0,05	0,1	1,82E+01	1,65E-01	2,06E-04			
45	14	wash beads (pellet) 7 x with 1 ml buffer				-2	3	0	0,2	0,1	1,82E+02	1,65E-02	8,25E-05			
46	15	resuspend pellet in SDS-Page buffer				-2	3	0	0,1	0,1	1,82E+02	1,65E-02	4,13E-05			
47	16	incubate 5 min at 95C				-2	3	0	0,1	0,1	1,82E+02	1,65E-02	4,13E-05			
48	17	Loading on gel				-2	3	0	0,1	0,1	1,82E+02	1,65E-02	4,13E-05			
49	18	Electroforesis and drying				-2	3	0	3	0,1	1,82E+02	1,65E-02	1,24E-03			
50	19	Placing into phosphorscreen cassette				-1	3	0	0,2	0,1	1,82E+03	1,65E-03	8,25E-06			
51	20	Illumination of phosphorscreen (total: 18h)				-1	3	0	18	0,1	1,82E+03	1,65E-03	7,43E-04			
52	21	remove from phosphorscreen				-1	3	0	0,2	0,1	1,82E+03	1,65E-03	8,25E-06			
53									uur							
54									Totaal	43,15	Totaal :		1,22E-02			
55											Bw per MBq =		4,05E-04			
56																

Opgave 2:

In het radionuclidenlaboratorium wordt een niet-vluchtige verbinding gelabeld met het radionuclide ^{35}S . Maak verder gebruik van bovenstaande gegevens.

laboratoriumklasse	D
werkplek	tafel
e(50)inhalatie	$8,0 \times 10^{-10} \text{ Sv/Bq}$
activiteit per handeling	100 kBq

Beantwoord de volgende vragen:

- 1: Beargumenteer de p-waarde behorende bij deze handeling.
- 2: Bereken de maximale activiteit A_{max} waarmee mag worden gewerkt.

1: Beargumenteer de p-waarde behorende bij deze handeling.

.....niet-vluchtige verbinding gelabeld.....

P Lek fractie/week	Toepassing
-1 < 0.01%	kort, zeer eenvoudig nat werk opslag van afval in werkruimte
-2 < 0.1%	labeling met niet vluchtig nuclide eenvoudige chem. bepaling met tracers (RIA)
-3 < 1%	labeling met vluchtig nuclide koken van vloeistof in gesloten systeem
-4 < 10%	sterk spattende bewerking hanteren van poeders in open systemen

2: Bereken de maximale activiteit A_{\max} waarmee mag worden gewerkt.

$p = -2$

$q = 1$ (D-lab)

$r = 0$ (op tafel)

$e(50) = 8 \cdot 10^{-10} \text{ Sv/Bq}$

$A_{\max} = \text{max voor experiment}$

$$A_{\max} = \frac{0,02 \times 10^{p+q+r}}{e(50)_{\text{inhalatie}}}$$

$$A_{\max} = \frac{0,02 \times 10^{-2+1+0}}{8 \times 10^{-10}}$$

$$A_{\max} = 2,5 \text{ MBq}$$

(gebruik = 100 kBq)

HARAS

- HARAS-studie (1997)
 - Niet de normale werkomstandigheden, maar incidenten zijn bepalend!
 - Besmetting = TFW × activiteit
 - TFW = transferfractie naar werknemer
 - TFW = Fractie f_b voor luchtverspreiding en parameter λ voor verspreidingsnelheid

- HARAS-parameter h
- $h = 10^{\log(TFW)}$
- Grenswaarde = dosisnorm x 10^h


Technische Universiteit Eindhoven

HARAS

Beschrijving en resultaten van een analysemethode voor risico-evaluatie van het werken met open radioactieve stoffen

HOEVEELHEID	WERKSCENARIO	BESMETTING	GEVOLG		
KARAKTERISERING HOEVEELHEID RADIOACTIEVE STOF WAARNEE WERKZAAMHEDEN WORDEN UITGEVOERD activiteit factor (ACTA000)	KARAKTERISERING WERKZAAMHEDEN Ingepakt overstort Opschorten chemische vorm	OMSTANDIGHEDEN NORMAAL	INHALATIE	gering mild toegestaan	gering mild toegestaan
	KARAKTERISERING BESCHERMING VOORZORGENSLEN	OMSTANDIGHEDEN INCIDENT	HARAS risico-evaluatie voor lucht- verspreiding	gering mild toegestaan	gering mild toegestaan
	KARAKTERISERING BESCHERMING VOORZORGENSLEN	OMSTANDIGHEDEN ONVEILIG	INGESTIE	gering mild toegestaan	gering mild toegestaan
			PRIKKEN	gering mild toegestaan	gering mild toegestaan
			HUID BESMETTING	gering mild toegestaan	gering mild toegestaan

Centrum Stralingsbescherming en Dosimetrie SBD/TUE Stralingsbeschermingsdienst

Leidraad/Grimbergen en Wiegman

Leidraad voor handelingen met open radioactieve stoffen (2005)

- dosisbeperking bij incidentele blootstelling = **dosisnorm $\times 10^h$**
 - dosisnorm 1 mSv in B-laboratorium
 - dosisnorm 0,1 mSv in ander laboratorium
- HARAS-parameter h hangt af van
 - fysisch-chemische vorm (f)
 - type bewerking en specifieke afzuiging (g)



Leidraad/Grimbergen en Wiegan

- **Parameter $f = 0 - 6$**
parameter voor fysisch-chemische vorm
- **Parameter $g = 0 - 4$**
parameter voor type bewerking en specifieke afzuiging
- **Beperkingen E_1 en E_2**

waarde E_1	10^{-3} in B-laboratorium
Dosisnorm	10^{-4} elders (C, D, elders)
waarde E_2	10^3 in B-laboratorium
Max toegestaan	10^1 in C-laboratorium
	10^{-1} in D-laboratorium
	10^{-2} elders

$$X_{\max} = \min(E_1 \times 10^{f+g}, E_2) [Re_{inh}]$$

2: Bereken de maximale activiteit A_{\max} waarmee mag worden gewerkt.

$f= 6$ (vloeistof waarin een niet vluchtig nuclide is opgelost)

$g= 0$ (geen afzuiging)

D lab

$e(50) = 8 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq

▪ Beperkingen E_1 en E_2

waarde E_1 10^{-4} elders
waarde E_2 10^{-1} in D-laboratorium

$$X_{\max} = \min(E_1 \times 10^{f+g}, E_2) [Re_{inh}]$$

$$X_{\max} = \min(10^{-4} \times 10^{6+0}, 10^{-1}) [Re_{inh}]$$

$$X_{\max} = \min(100, 10^{-1}) [Re_{inh}]$$

$$A_{\max} = 10^{-1} / 8 \cdot 10^{-10} = 125 \text{ MBq}$$

BEWERKING IN ZUURKAST OP STANDAARD-LABORATORIUM	HARAS		RICHTLIJN		onderschatting ≥ factor 10 OF overschatting ≥ factor 10 #
	$\frac{TFWI_R}{TFWI_A}$	P*	P	$\frac{(10^P)_A}{(10^P)_R}$	
Open koken van een vluchtige vloeistof	0,0006	-5,2	-4	0,01	onderschatting
Open koken van een waterige vloeistof	0,0006	-5,2	-4	0,01	onderschatting
Open koken van een minder vluchtige vloeistof	0,001	-5	-4	0,01	onderschatting
Zeer stoffige bewerking	0,007	-4,2	-4	0,01	
Spattende bewerking met een vluchtige vloeistof	0,06	-3,2	-4	0,01	
Gas of damp in een houder	0,07	-3,2	-4 -3	0,01 (gas) 0,1 (damp)	
Stoffige bewerking	0,07	-3,2	-4	0,01	
Spattende bewerking met een waterige vloeistof	0,1	-3	-4	0,01	overschatting
Natte bewerking met een vluchtige vloeistof	0,6	-2,2	-3	0,1	
Spattende bewerking met een minder vluchtige vloeistof	0,7	-2,2	-4	0,01	overschatting
Natte bewerking met een waterige vloeistof	1	-2	-2	1	per definitie
Optrekken van spuiten met een vluchtige vloeistof	6	-1,2	-1	10	
Natte bewerking met een minder vluchtige vloeistof	5	-1,3	-2	1	
Open koken van een vloeistof waarin een niet vluchtige radionuclide is opgelost	7	-1,2	-4	0,01	overschatting
Optrekken van spuiten met een waterige vloeistof	10	-1	-1	10	
Optrekken van spuiten met een minder vluchtige vloeistof	70	-0,2	-1	10	
Spattende bewerking met een vloeistof waarin een niet vluchtige radionuclide is opgelost	700	0,8	-4	0,01	overschatting
Natte bewerking met een vloeistof waarin een niet vluchtige radionuclide is opgelost	7000	1,8	-2	1	overschatting
Optrekken van spuiten met een vloeistof waarin een niet vluchtige radionuclide is opgelost	70000	2,8	-1	10	overschatting

Risicovolle handelingen: onderschatting
Eenvoudige handelingen: overschatting

Vergelijking

	RRNL	HARAS/Leidraad
Blootstelling	Regulier	Incident
Complexiteit	Eenvoudig	Complexer
Bescherming	Conservatief	Realistisch
Gebruik voor	Eenvoudige handelingen	Eenvoudige en complexere handelingen
Bekendheid	Behandelt tijdens opleidingen	Minder bekend
Vershil meest eenvoudig/meest complexe handeling	1000	10 ⁹
Factor goede vs gekeurde zuurkast	100	10.000

Aanbevelingen

- Inrichtingseisen moeten **helder geformuleerd** zijn zodat de bouwer ze kan verwerken, **beargumenteerd afwijken** moet mogelijk zijn.
- pqr-methode is **simpel en conservatief**. Deze methode eventueel actualiseren maar wel in stand houden naast andere methoden.
- In het **stralingsonderwijs** dient naast de pqr-methode ook de Leidraad/Grimbergen en Wiegman methode behandeld te worden.
- De ondernemer moet vrij zijn in de **keuze** van een RI&E methodiek en mits onderbouwd, kunnen afwijken.

Vragen?

