

## Bijlagen bij Vobs

### Bijlage 1, behorende bij artikel 3.7, nadere regels sommatie

Voor de in het schema met `♦` aangegeven handelingen met de daarbij vermelde consumentenproducten, welke een beperkt risico van blootstelling van mensen tot gevolg hebben, geldt dat de aan deze consumentenproducten toegevoegde radionucliden niet worden betrokken bij een sommatie als bedoeld in artikel 3.17, tweede en derde lid, voor zover het aantal op enig moment van het jaar aanwezige artikelen het aangegeven aantal niet overschrijdt.

<b>Consumentenproduct</b>	<b>Nuclide</b>	<b>(Detail)handel</b>	<b>Gebruik</b>	<b>Afvalinzameling</b>
Luminescentie bronnen	$^3\text{H}$	♦ (500 stuks)	♦	♦ (500 stuks)
TL-starters	$^{85}\text{Kr}$	♦ (1000 stuks)	♦	♦ (1000 stuks)
Gloeikousen	$^{232}\text{Th}$			♦ (1000 stuks)
Antistatische middelen	$^{210}\text{Po}$ , $^{241}\text{Am}$			♦ (10 stuks)
Lasstaven	$^{232}\text{Th}$			♦ (1000 stuks)
Gasontladingsbuizen	$^{60}\text{Co}$			♦ (50 stuks)
Cameralenzen	$^{232}\text{Th}$			♦ (10 stuks)
Thoriumhoudende lampen met een activiteit kleiner dan 100 Bq	$^{232}\text{Th}$	♦	♦	♦

**Bijlage 2 bij artikel 3.8, tweede lid, handelingen met een beperkt risico**

Voor de in het schema met '◆' aangegeven handelingen met de daarbij vermelde consumentenproducten, welke een beperkt risico van blootstelling van mensen tot gevolg hebben, gelden het verboden bedoeld in artikel 3.5 van het besluit niet, voor zover het aantal op enig moment van het jaar aanwezige consumentenproducten het aangegeven aantal niet overschrijdt.

Consumentenproduct	Nuclide	(Detail)handel	Gebruik	Afvalinzameling
Luminescentie bronnen	<sup>3</sup> H	◆ (500 stuks)	◆	◆ (500 stuks)
TL-starters	<sup>85</sup> Kr	◆ (1.000 stuks)	◆	◆ (1.000 stuks)
Gloeikousen	<sup>232</sup> Th			◆ (1.000 stuks)
Antistatische middelen	<sup>210</sup> Po, <sup>241</sup> Am			◆ (10 stuks)
Lasstaven	<sup>232</sup> Th			◆ (1.000 stuks)
Gasontladingsbuizen	<sup>60</sup> Co			◆ (50 stuks)
Cameralenzen	<sup>232</sup> Th			◆ (10 stuks)
Thoriumhoudende lampen met een activiteit kleiner dan 100 Bq	<sup>232</sup> Th	◆	◆	◆

**Bijlage 3, behorende bij de artikelen 4.25 tot en met 4.27, typen ionisatierookmelders**

Goedgekeurde melders zijn:

Merk		Type	Nuclide	Activiteit
1.	AFA-Minerva	F 712	Am-241	30 kilobecquerel
2.	Ajax	131 serie	Am-241	30 kilobecquerel
3.	Apollo	Series 30	Am-241	34 kilobecquerel
4.	Apollo	Series 60	Am-241	34 kilobecquerel
5.	Apollo	Series 90	Am-241	34 kilobecquerel
6.	Apollo	XP 95	Am-241	33 kilobecquerel
7.	Argina	Arco 1	Am-241	34 kilobecquerel
8.	Aritech	DI 612	Am-241	34 kilobecquerel
9.	Aritech	DI 622	Am-241	34 kilobecquerel
10.	Aritech	DI 650	Am-241	33,3 kilobecquerel
11.	Aritech	DI 650L	Am-241	33,3 kilobecquerel
12.	Aritech	DI 651	Am-241	33,3 kilobecquerel
13.	Aritech	DI 651L	Am-241	33,3 kilobecquerel
14.	Aritech	DI 722	Am-241	34 kilobecquerel
15.	Aritech	DI 722 I	Am-241	34 kilobecquerel
16.	Aritech	DI 722 R	Am-241	34 kilobecquerel
17.	Aritech	DI 860	Am-241	34 kilobecquerel
18.	Aritech	DI 860F	Am-241	33,3 kilobecquerel
19.	Aritech	DI 860M	Am-241	33,3 kilobecquerel
20.	Aritech	DI 861	Am-241	34 kilobecquerel
21.	Aritech	DI 870	Am-241	33,3 kilobecquerel
22.	Aritech	DI 871	Am-241	33,3 kilobecquerel
23.	Aritech	DI 900 serie	Am-241	34 kilobecquerel
24.	Aritech	DI 950	Am-241	34 kilobecquerel
25.	Aritech	DI 950B	Am-241	33,3 kilobecquerel
26.	Aritech	DI 950F	Am-241	33,3 kilobecquerel

Merk		Type	Nuclide	Activiteit
27.	Aritech	DI 950M	Am-241	33,3 kilobecquerel
28.	Aritech	DI 970	Am-241	33,3 kilobecquerel
29.	Aritech	DI 2072	Am-241	34 kilobecquerel
30.	Autronica	BJ-20	Am-241	34 kilobecquerel
31.	Autronica	BJ-20B	Am-241	34 kilobecquerel
32.	Autronica	BJ-20B/Ex	Am-241	34 kilobecquerel
33.	Autronica	BJ-30	Am-241	34 kilobecquerel
34.	Autronica	BJ-31	Am-241	34 kilobecquerel
35.	Autronica	BJ-31/Ex	Am-241	34 kilobecquerel
36.	Autronica	BJ-3	Am-241	34 kilobecquerel
37.	Autronica	BJ-4	Am-241	34 kilobecquerel
38.	Black & Decker	A 9422	Am-241	34 kilobecquerel
39.	Black & Decker	A 9423	Am-241	34 kilobecquerel
40.	Black & Decker	A 9424	Am-241	34 kilobecquerel
41.	Black & Decker	A 9425	Am-241	34 kilobecquerel
42.	Black & Decker	A 9426	Am-241	34 kilobecquerel
43.	Black & Decker	A 9427	Am-241	34 kilobecquerel
44.	Black & Decker	A 9428	Am-241	34 kilobecquerel
45.	Black & Decker	A 9430	Am-241	34 kilobecquerel
46.	Black & Decker	A 9431	Am-241	34 kilobecquerel
47.	Black & Decker	SMK 12	Am-241	34 kilobecquerel
48.	Black & Decker	SMK 6D	Am-241	34 kilobecquerel
49.	Black & Decker	SMK 20	Am-241	34 kilobecquerel
50.	BRK	1451	Am-241	37 kilobecquerel
51.	BRK	1451 E	Am-241	37 kilobecquerel
52.	BRK	1551	Am-241	37 kilobecquerel
53.	BRK	1800 EC	Am-241	37 kilobecquerel
54.	BRK	1800 EC-TD	Am-241	37 kilobecquerel

Merk		Type	Nuclide	Activiteit
55.	BRK	1800 ETN-v	Am-241	37 kilobecquerel
56.	BRK	4220 SB	Am-241	37 kilobecquerel
57.	BRK	4919E	Am-241	37 kilobecquerel
58.	BRK	83R	Am-241	37 kilobecquerel
59.	BRK	83RI	Am-241	37 kilobecquerel
60.	BRK	83P	Am-241	37 kilobecquerel
61.	BRK	86RACE	Am-241	37 kilobecquerel
62.	BRK	86RACHE10	Am-241	37 kilobecquerel
63.	BRK	SA 76RD	Am-241	37 kilobecquerel
64.	BRK	SA76 CEC	Am-241	37 kilobecquerel
65.	BRK	SA83R12CEC	Am-241	37 kilobecquerel
66.	BRK	SA88UK	Am-241	37 kilobecquerel
67.	BRK	SA88 CEC	Am-241	37 kilobecquerel
68.	BRK	SA90 CEC	Am-241	37 kilobecquerel
69.	BRK	SA90TT	Am-241	37 kilobecquerel
70.	BRK	SA97CEC	Am-241	37 kilobecquerel
71.	BRK	SA120C-UK	Am-241	37 kilobecquerel
72.	BRK	SA150CEC	Am-241	37 kilobecquerel
73.	BRK	SA1201UK	Am-241	37 kilobecquerel
74.	Cerberus	F7 serie	Am-241	30 kilobecquerel
75.	Cerberus	F8 serie	Am-241	15 kilobecquerel
76.	Cerberus	BR8 serie	Am-241	15 kilobecquerel
77.	Cerberus	F9 serie	Am-241	30 kilobecquerel
78.	Cerberus	BR9 serie	Am-241	30 kilobecquerel
79.	Cerberus	BR20 serie	Am-241	30 kilobecquerel
80.	Chloride	Gent 7201-01	Am-241	30 kilobecquerel
81.	Chubb	DS1	Am-241	37 kilobecquerel
82.	Chubb	Firepower	Am-241	34 kilobecquerel

Merk		Type	Nuclide	Activiteit
83.	Deltronic (Ikea Family Brandmelder) (SS-750)	168101	Am-241	40 kilobecquerel
84.	Detectomat	1430	Ra-226	5 kilobecquerel
85.	Detectomat	1431	Am-241	30 kilobecquerel
86.	Dicon	300	Am-241	37 kilobecquerel
87.	Dicon	300 B	Am-241	37 kilobecquerel
88.	Dicon	300 AP	Am-241	37 kilobecquerel
89.	Dicon	300 I	Am-241	37 kilobecquerel
90.	Dicon	350	Am-241	37 kilobecquerel
91.	Dicon	370 MB	Am-241	37 kilobecquerel
92.	Dicon	330 M	Am-241	37 kilobecquerel
93.	Dicon	570 M	Am-241	37 kilobecquerel
94.	Dicon	570 MC	Am-241	37 kilobecquerel
95.	Dicon	670 M	Am-241	37 kilobecquerel
96.	Dicon	670 MC	Am-241	37 kilobecquerel
97.	Dicon	670 MRC	Am-241	37 kilobecquerel
98.	Dicon	SA900	Am-241	33 kilobecquerel
99.	Distrilec	SMA 950	Am-241	37 kilobecquerel
100.	E.I	100 serie	Am-241	34 kilobecquerel
101.	E.I	EI-131	Am-241	37 kilobecquerel
102.	E.I	EI-141 easi-fit	Am-241	37 kilobecquerel
103.	E.I	EI-150	Am-241	37 kilobecquerel
104.	E.I	EI-151TL	Am-241	37 kilobecquerel
105.	E.I	EI-161 easi-fit	Am-241	37 kilobecquerel
106.	ELRO	RM100	Am-241	37 kilobecquerel
107.	ELRO	RM105	Am-241	37 kilobecquerel
108.	ELRO	RM110/2	Am-241	37 kilobecquerel
109.	ELRO	RM120	Am-241	37 kilobecquerel
110.	ELRO	RM200	Am-241	37 kilobecquerel

Merk		Type	Nuclide	Activiteit
111.	Esser	1054	Am-241	12 kilobecquerel
112.	Esser	1056	Am-241	12 kilobecquerel
113.	Esser	1061	Am-241	5 kilobecquerel
114.	Esser	1061-Ex	Am-241	5 kilobecquerel
115.	Esser	1062	Am-241	5 kilobecquerel
116.	Esser	1071	Am-241	5 kilobecquerel
117.	Esser	1963	Am-241	5 kilobecquerel
118.	Esser	1963-Ex	Am-241	5 kilobecquerel
119.	Esser	1973	Am-241	5 kilobecquerel
120.	Esser	1979	Am-241	5 kilobecquerel
121.	Family Gard	FG 888	Am-241	37 kilobecquerel
122.	Ferm	FR-100	Am-241	34 kilobecquerel
123.	Ferm	FR-105	Am-241	34 kilobecquerel
124.	Ferm	FR-150	Am-241	34 kilobecquerel
125.	Fire Sentry	0914	Am-241	37 kilobecquerel
126.	First Alert	FG888LCE	Am-241	37 kilobecquerel
127.	First Alert	SA 76	Am-241	37 kilobecquerel
128.	First Alert	SA 88 EC	Am-241	37 kilobecquerel
129.	First Alert	SA 88 UK	Am-241	37 kilobecquerel
130.	First Alert	SA120C	Am-241	37 kilobecquerel
131.	First Alert	SA150TT	Am-241	37 kilobecquerel
132.	Flamingo	S1201	Am-241	37 kilobecquerel
133.	Fritz Fuss	60.000	Ra-226	5 kilobecquerel
134.	Fritz Fuss	60.020	Ra-226	5 kilobecquerel
135.	Fritz Fuss	60.500	Am-241	30 kilobecquerel
136.	Fritz Fuss	60.520	Am-241	30 kilobecquerel
137.	Fritz Fuss	62050	Ra-226	5 kilobecquerel
138.	Fritz Fuss	62051	Am-241	30 kilobecquerel

Merk		Type	Nuclide	Activiteit
139.	Fritz Fuss	62150	Ra-226	5 kilobecquerel
140.	Fritz Fuss	62151	Am-241	30 kilobecquerel
141.	Hapé CA45	easy alert	Am-241	37 kilobecquerel
142.	Hapé CA46	easy alert	Am-241	37 kilobecquerel
143.	Hapé CA47	easy alert	Am-241	37 kilobecquerel
144.	Hapé CA48	easy alert	Am-241	37 kilobecquerel
145.	Hekatron	131 serie	Am-241	30 kilobecquerel
146.	Hekatron	136 serie	Am-241	30 kilobecquerel
147.	Hekatron	141 serie	Am-241	30 kilobecquerel
148.	Hekatron	151 serie	Am-241	30 kilobecquerel
149.	Hekatron	531 serie	Am-241	30 kilobecquerel
150.	Hekatron	551 serie	Am-241	30 kilobecquerel
151.	Hochiki	SIF-E	Am-241	37 kilobecquerel
152.	Hochiki	SIH-E	Am-241	19 kilobecquerel
153.	Homewatch	101	Am-241	40 kilobecquerel
154.	Homewatch	105	Am-241	40 kilobecquerel
155.	Homewatch	106	Am-241	40 kilobecquerel
156.	Honeywell	TC 100C	Am-241	34 kilobecquerel
157.	IMS	102 CN	Am-241	33 kilobecquerel
158.	Jameson Home Products	CD 1	Am-241	37 kilobecquerel
159.	Jameson Home Products	CD 23	Am-241	37 kilobecquerel
160.	Kidde Safety	0914	Am-241	37 kilobecquerel
161.	Kidde Safety	0915	Am-241	37 kilobecquerel
162.	Kidde Safety	0916	Am-241	37 kilobecquerel
163.	Kidde Safety	0916LL	Am-241	37 kilobecquerel
164.	Kidde Safety	0918	Am-241	37 kilobecquerel
165.	Kidde Safety	1275	Am-241	37 kilobecquerel
166.	Kilsen	KL-700	Am-241	18,5 kilobecquerel



Merk		Type	Nuclide	Activiteit
167.	Kilsen	KL-700A	Am-241	18,5 kilobecquerel
168.	James Stuart	GD 22	Am-241	34 kilobecquerel
169.	Lifesavers	0905	Am-241	37 kilobecquerel
170.	Maple Chase	I240C	Am-241	37 kilobecquerel
171.	Maple Chase	Firex A	Am-241	37 kilobecquerel
172.	Maple Chase	FXB-1	Am-241	37 kilobecquerel
173.	Maple Chase	FX-830	Am-241	37 kilobecquerel
174.	Menvier	MID-610	Am-241	26 kilobecquerel
175.	Menvier	MID-710	Am-241	34 kilobecquerel
176.	Minimax	IMX 1001 E	Am-241	3 kilobecquerel
177.	Minimax	IMX 1111 E	Am-241	3 kilobecquerel
178.	Minimax	IMX 1101 E	Am-241	3 kilobecquerel
179.	Nittan	NID 58F	Am-241	26 kilobecquerel
180.	Nittan	2 IC	Am-241	26 kilobecquerel
181.	Nittan	ST-I	Am-241	34 kilobecquerel
182.	Nortron	EW-1	Am-241	37 kilobecquerel
183.	Notifier	CP-651E	Am-241	18,5 kilobecquerel
184.	Notifier	CPX-551	Am-241	37 kilobecquerel
185.	Notifier	CPX-751E	Am-241	18,5 kilobecquerel
186.	Nugelec	DIF-910	Am-241	33 kilobecquerel
187.	Plasplugs	SA 110	Am-241	33 kilobecquerel
188.	Plasplugs	SA 111	Am-241	33 kilobecquerel
189.	Plasplugs	SA 112	Am-241	33 kilobecquerel
190.	Promax	SD 170H	Am-241	37 kilobecquerel
191.	Ranex	RX 2550	Am-241	40 kilobecquerel
192.	Smoke Guard	SS-168	Am-241	40 kilobecquerel
193.	Smoke Guard	SS-328	Am-241	40 kilobecquerel
194.	System Sensor	400 serie	Am-241	37 kilobecquerel

Merk		Type	Nuclide	Activiteit
195.	System Sensor	500 serie	Am-241	37 kilobecquerel
196.	System Sensor	1151E	Am-241	18,5 kilobecquerel
197.	System Sensor	1251E	Am-241	18,5 kilobecquerel
198.	System Sensor	1451E	Am-241	37 kilobecquerel
199.	System Sensor	1551E	Am-241	37 kilobecquerel
200.	Telenorma	BD101I	Ra-226	5 kilobecquerel
201.	Telenorma	BD102IA	Am-241	30 kilobecquerel
202.	Telenorma	NIM 100	Am-241	30 kilobecquerel
203.	Thorn Security	MF300 serie	Am-241	33 kilobecquerel
204.	Thorn Security	MF500 serie	Am-241	33 kilobecquerel
205.	Thorn Security	MF 601	Am-241	33 kilobecquerel
206.	Thorn Security	MF 601 H	Am-241	33 kilobecquerel
207.	Thorn Security	MF 601 L	Am-241	33 kilobecquerel
208.	Thorn Security	MF 612	Am-241	33 kilobecquerel
209.	Thorn Security	MF 612 H	Am-241	33 kilobecquerel
210.	Thorn Security	MF 612 L	Am-241	33 kilobecquerel
211.	Thorn Security	MF 901	Am-241	33 kilobecquerel
212.	Thorn Security	MF 912	Am-241	33 kilobecquerel
213.	Thorn Security	P serie	Am-241	33 kilobecquerel
214.	Thorn Security	PF serie	Am-241	33 kilobecquerel
215.	Universal DET	U.D.09	Am-241	34 kilobecquerel
216.	Westinghouse	HRD-2A	Am-241	19 kilobecquerel
217.	Zettler	A610	Am-241	19 kilobecquerel
218.	Zettler	A670	Am-241	19 kilobecquerel
219.	Zettler	IR3 serie	Am-241	18,5 kilobecquerel
220.	Ziton	Z310	Am-241	34 kilobecquerel
221.	Ziton	Z610	Am-241	34 kilobecquerel
222.	Ziton	ZP 610	Am-241	34 kilobecquerel

Merk		Type	Nuclide	Activiteit
223.	Ziton	ZP 710	Am-241	34 kilobecquerel
224.	GE Security	ZP710-2	Am-241	33,3 kilobecquerel
225.	GE Security	ZP710EX-1	Am-241	33,3 kilobecquerel
226.	GE Security	EA10E-2	Am-241	33,3 kilobecquerel
227.	GE Security	I-17001	Am-241	33,3 kilobecquerel
228.	GE Security	ISDI2000	Am-241	33,3 kilobecquerel
229.	GE Security	Z610-1	Am-241	33,3 kilobecquerel
230.	GE Security	Z610A-1	Am-241	33,3 kilobecquerel
231.	GE Security	I-7001	Am-241	33,3 kilobecquerel
232.	GE Security	ISDP2004	Am-241	33,3 kilobecquerel
233.	GE Security	E610-3	Am-241	33,3 kilobecquerel
234.	GE Security	E610U-2	Am-241	33,3 kilobecquerel
235.	GE Security	ECIOU-3	Am-241	31,5 kilobecquerel
236.	GE Security	SIGA-IPHS	Am-241	5,18 kilobecquerel
237.	GE Security	SIGA-IPHSI	Am-241	5,18 kilobecquerel
238.	GE Security	SIGA-IPHSB	Am-241	5,18 kilobecquerel
239.	GE Security	SIGA-IS	Am-241	37 kilobecquerel
240.	GE Security	SIGA-ISI	Am-241	37 kilobecquerel
241.	GE Security	XLS-IS	Am-241	37 kilobecquerel

#### **Bijlage 4, behorend bij artikel 4.27, aanduiding radioactieve stof**

De aanduiding, bedoeld in artikel 4.25, eerste lid, onder c, en tweede lid, onder a, dient overeenkomstig de hieronder voorgeschreven tekst en afbeelding te zijn. De afbeelding dient minimaal een diameter van 1 cm te hebben. De tekst moet op een afstand van 0,5 meter goed leesbaar zijn.

##### **Afbeelding:**



##### **Tekst:**

Deze rookmelder bevat een zeer kleine hoeveelheid radioactief materiaal, die niet gevaarlijk is voor de gebruiker, indien de rookmelder wordt geïnstalleerd, bediend en onderhouden zoals staat geschreven in de gebruiksaanwijzing.

#### **Bijlage 5, behorend bij artikel 4.30, waarschuwingsteken op aanwijsinstrument**

Het waarschuwingsteken dat wordt aangebracht op aanwijsinstrumenten waaraan voor verlichtingsdoeleinden radionucliden zijn toegevoegd, is een waarschuwingsbord dat een zodanige afmeting heeft dat het met het blote oog herkenbaar is. Het betreft de volgende figuur:



*Figuur 1: Model van het waarschuwingsteken waaraan voor verlichtingsdoeleinden radionucliden zijn toegevoegd.*

De achtergrond is geel en de lijnen en de figuur zijn zwart.

Dit waarschuwingsteken dient voorts zodanig geplaatst te zijn dat het vanaf de buitenzijde van het aanwijsinstrument waarneembaar is zonder dat het instrument daarvoor eerst geopend of uit elkaar gehaald behoeft te worden.

## **Bijlage 6, behorend bij artikel 4.31, tests voor aanwijsinstrumenten**

*Controle van de constructie na de vervaardiging van aanwijsinstrumenten die voor verlichtingsdoeleinden radioactieve stoffen bevatten.*

### **I**

De tests kunnen worden uitgevoerd op onderdelen van de aanwijsinstrumenten. Ze worden echter zo mogelijk met het gehele aanwijsinstrument verricht.

### **II**

Tests worden verricht op prototypen van elke partij aanwijsinstrumenten met het doel te bepalen of de samenstelling van de radioactieve verf, het gebruikte materiaal en de gebruikte fabricagemethode zodanig zijn dat de onderdelen van het aanwijsinstrument en het gehele aanwijsinstrument voldoen aan de voorgeschreven normen. Prototype-tests worden uitgevoerd op een geschikt monster. De test omvat:

**1.** Het vaststellen van het gebruikte radionuclide en de activiteit daarvan en indien relevant van het merk- of waarschuwingsteken als bedoeld in artikel 4.24, eerste lid onderdeel e, van het besluit. Volgens een daartoe geëigende methode wordt de gebruikte radioactieve stof vastgesteld. Een certificaat terzake van de producent van de radioactieve verf is hiervoor voldoende.

- a. Door passende metingen wordt de activiteit van het gebruikte radioactieve stof vastgesteld.
- b. De aanwezigheid van eventueel vereiste merktekens wordt door visuele controle vastgesteld (T 1 GBq voor H-3 in lichtcellen en Pm 10 MBq voor Pm-147 in lichtgevende verf).
- c. De vereiste merktekens dienen met het blote oog vanaf de buitenzijde van het aanwijsinstrument herkenbaar te zijn.

**2.** Het testen van de constructie

- a. De aanhechting van de radioactieve stoffen bevattende verf aan de wijzerplaat wordt getest door de wijzerplaat te bevestigen aan een trillingsapparaat en de wijzerplaat gedurende ten minste een uur te laten trillen met een frequentie tussen 20 en 30 trillingen per seconde en een trillingsversnelling van niet minder dan 2 g.
- b. Wijzers worden gebogen over een cilinder van 2,5 cm doorsnede. Indien de lengte van de wijzers meer bedraagt dan 1,5 cm, kan een cilinder met een grotere diameter worden gebruikt, maar deze diameter mag nooit langer zijn dan de lengte van de wijzer. Indien wegens de constructie van het aanwijsinstrument geen buigtest kan worden uitgevoerd, wordt een triltest uitgevoerd op dezelfde wijze als onder a is beschreven.
- c. Na uitvoering van de onder a en b beschreven tests wordt de aanhechting van de radioactieve verf op de geteste onderdelen onderzocht, bijvoorbeeld door middel van ultraviolette straling of door meting van de activiteit. Er mag geen verlies van activiteit van betekenis zijn opgetreden.

### **III**

Gedurende de vervaardiging van aanwijsinstrumenten, waarvan de prototypen zijn getest als beschreven onder II, wordt gecontroleerd of de aanwijsinstrumenten en onderdelen daarvan overeenkomen met die welke als prototype zijn getest. Deze controle omvat in ieder geval een

volledig visueel onderzoek van elk aanwijsinstrument op barsten of schilferen van de radioactieve stoffen bevattende verf, onvolkomenheden in het doorzichtige deel van het omhulsel van het aanwijsinstrument en de aanwezigheid van waarschuwings- en merktekens, indien deze zijn vereist.

ONTWERP

## Bijlage 7 , behorende bij artikel 4.37, standaardwaarden en -relaties

### Gegevens voor de bepaling van de effectieve volgdosis

Gegevens voor de bepaling van de effectieve volgdosis ( $E(\tau)$ ) na uitwendige bestraling of inname van een radioactieve stof met behulp van de standaardwaarden en standaardrelaties zoals opgenomen in ICRP-publicatie 119 en in bijlage 2 van de Mededelingen van de Commissie betreffende de toepassing van richtlijn 96/29, van 23 februari 1998. De effectieve dosis ten gevolge van externe bestraling wordt bepaald met behulp van ICRP-publicatie 116 en ICRU-publicatie 57.

### A. Effectieve dosis voor leeftijdsgroep $g$

Tenzij anders aangegeven gelden de voorschriften ten aanzien van doses voor de som van de doses tengevolge van de uitwendige blootstelling en van de volgdoses voor 50 jaar (voor kinderen tot de leeftijd van 70 jaar) ten gevolge van inname.

Over het algemeen wordt de effectieve dosis  $E$  die een individu van de leeftijdsgroep  $g$  ontvangt overeenkomstig onderstaande formule berekend:

$$E = E_{\text{extern}} + \sum_j e(g)_{j,\text{ing}} A_{j,\text{ing}} + \sum_j e(g)_{j,\text{inh}} A_{j,\text{inh}}$$

waarin:

- $E$  = de effectieve dosis die een individu van de leeftijdsgroep  $g$  ontvangt (Sv)
- $E_{\text{extern}}$  = de effectieve dosis ten gevolge van externe blootstelling (Sv);
- $e(g)_{j,\text{ing}}$  = de effectieve volgdosis per via ingestie ingenomen activiteit (ingestiedosiscoëfficiënt) van radionuclide  $j$  voor leeftijdsgroep  $g$  ( $\text{Sv Bq}^{-1}$ )<sup>1</sup>;
- $e(g)_{j,\text{inh}}$  = de effectieve volgdosis per via inhalatie ingenomen activiteit (inhalatiedosiscoëfficiënt) van radionuclide  $j$  voor leeftijdsgroep  $g$  ( $\text{Sv Bq}^{-1}$ )<sup>2</sup>;
- $A_{j,\text{ing}}$  = de activiteit van radionuclide  $j$  binnengekomen via ingestie (Bq);
- $A_{j,\text{inh}}$  = de activiteit van radionuclide  $j$  binnengekomen via inhalatie (Bq).

### B. Tabellen

Annex A tot en met H van ICRP-publicatie 119 worden beheerd door de Autoriteit en ter beschikking gesteld via de website van de Autoriteit ([link webpagina vermelden](#)). In de annexen van ICRP-publicatie 119 zijn de volgende standaardwaarden en standaardrelaties opgenomen:

- Annex A: Inhalatie- en ingestiedosiscoëfficiënten voor werknemers;
- Annex B: Inhalatiedosiscoëfficiënten voor oplosbare of reactieve gassen en dampen, voor werknemers;
- Annex C: Effectieve dosis per eenheid van geïntegreerde luchtconcentratie ( $\text{Sv.d}^{-1}/\text{Bq.m}^{-3}$ ) ten gevolge van blootstelling van volwassenen (werknemers of leden van de bevolking) aan edelgassen;
- Annex D: Verbindingen en  $f_1$ -waarden, gebruikt voor de berekening van ingestiedosiscoëfficiënten voor werknemers;

<sup>1</sup> De ingestiedosiscoëfficiënt is gegeven in de tabellen zoals genoemd onder punt B van deze bijlage.

<sup>2</sup> De inhalatiedosiscoëfficiënt is gegeven in de tabellen zoals genoemd onder punt B van deze bijlage.



- Annex E: Verbindingen, longabsorptietypen en f1-waarden, gebruikt voor de berekening van inhalatiedosiscoëfficiënten voor werknemers;
- Annex F: Ingestiedosiscoëfficiënten voor leden van de bevolking;
- Annex G: Inhalatiedosiscoëfficiënten voor leden van de bevolking;
- Annex H: Inhalatiedosiscoëfficiënten voor oplosbare of reactieve gassen en dampen, voor leden van de bevolking.

Daarnaast geldt de volgende tabel (tabel 1), welke is overgenomen van de Mededeling van de Commissie der EG, 23 februari 1998, PbEG 1998, C133.

*Tabel 1 Longabsorptietype(n)<sup>†</sup>, gebruikt voor de berekening van de inhalatiedosiscoëfficiënt voor aan deeltjesaerosolen of gassen en dampen blootgestelde leden van de bevolking*

<b>Longabsorptietype(n) voor leden van de bevolking</b>		
<b>Element</b>	<b>Longabsorptietype(n)</b>	<b>ICRP publicaties voor details over de biokinetische modellen en de absorptietype(n)</b>
Waterstof	F, M (*), S, G	publicaties 56, 67 en 71
Beryllium	M, S	publicatie 30, deel 3
Koolstof	F, M (*), S, G	publicaties 56, 67 en 71
Fluor	F, M, S	publicatie 30, deel 2
Natrium	F	publicatie 30, deel 2
Magnesium	F, M	publicatie 30, deel 3
Aluminium	F, M	publicatie 30, deel 3
Silicium	F, M, S	publicatie 30, deel 3
Fosfor	F, M	publicatie 30, deel 1
Zwavel	F, M (*), S, G	publicaties 67 en 71
Chloor	F, M	publicatie 30, deel 2
Kalium	F	publicatie 30, deel 2
Calcium	F, M, S	publicatie 71
Scandium	S	publicatie 30, deel 3
Titanium	F, M, S	publicatie 30, deel 3
Vanadium	F, M	publicatie 30, deel 3
Chroom	F, M, S	publicatie 30, deel 2
Magnesium	F, M	publicatie 30, deel 1
IJzer	F, M (*), S	publicaties 69 en 71
Kobalt	F, M (*), S	publicaties 67 en 71
Nikkel	F, M (*), S, G	publicaties 67 en 71
Koper	F, M, S	publicatie 30, deel 2
Zink	F, M (*), S	publicaties 67 en 71
Gallium	F, M	publicatie 30, deel 3
Germanium	F, M	publicatie 30, deel 3
Arseen	M	publicatie 30, deel 3
Selenium	F (*), M, S	publicaties 69 en 71
Broom	F, M	publicatie 30, deel 2
Rubidium	F	publicatie 30, deel 2
Strontium	F, M (*), S	publicaties 67 en 71

<b>Longabsorptietype(n) voor leden van de bevolking</b>		
<b>Element</b>	<b>Longabsorptietype(n)</b>	<b>ICRP publicaties voor details over de biokinetische modellen en de absorptietype(n)</b>
Yttrium	M, S	publicatie 30, deel 2
Zirconium	F, M (*), S	publicaties 56, 67 en 71
Niobium	F, M (*), S	publicaties 56, 67 en 71
Molybdeen	F, M (*), S	publicaties 67 en 71
Technetium	F, M (*), S	publicaties 67 en 71
Ruthenium	F, M (*), S, G	publicaties 56, 67 en 71
Rodium	F, M, S	publicatie 30, deel 2
Palladium	F, M, S	publicatie 30, deel 3
Zilver	F, M (*), S	publicaties 67 en 71
Cadmium	F, M, S	publicatie 30, deel 2
Indium	F, M	publicatie 30, deel 2
Tin	F, M	publicatie 30, deel 3
Antimoon	F, M (*), S	publicaties 69 en 71
Tellurium	F, M (*), S, G	publicaties 67 en 71
Jood	F (*), M, S, G	publicaties 56, 67 en 71
Cesium	F (*), M, S	publicaties 56, 67 en 71
Barium	F, M (*), S	publicaties 67 en 71
Lanthaan	F, M	publicatie 30, deel 3
Cerium	F, M (*), S	publicaties 56, 67 en 71
Praseodymium	M, S	publicatie 30, deel 3
Neodymium	M, S	publicatie 30, deel 3
Promethium	M, S	publicatie 30, deel 3
Samarium	M	publicatie 30, deel 3
Europium	M	publicatie 30, deel 3
Gadolinium	F, M	publicatie 30, deel 3
Terbium	M	publicatie 30, deel 3
Dysprosium	M	publicatie 30, deel 3
Holmium	M	publicatie 30, deel 3
Erbium	M	publicatie 30, deel 3
Thulium	M	publicatie 30, deel 3
Ytterbium	M, S	publicatie 30, deel 3
Lutetium	M, S	publicatie 30, deel 3
Hafnium	F, M	publicatie 30, deel 3
Tantaal	M, S	publicatie 30, deel 3
Wolfram	F	publicatie 30, deel 3
Renium	F, M	publicatie 30, deel 2
Osmium	F, M, S	publicatie 30, deel 2
Iridium	F, M, S	publicatie 30, deel 2
Platinum	F	publicatie 30, deel 3
Goud	F, M, S	publicatie 30, deel 2
Kwik	F, M, G	publicatie 30, deel 2
Thallium	F	publicatie 30, deel 3

Longabsorptietype(n) voor leden van de bevolking		
Element	Longabsorptietype(n)	ICRP publicaties voor details over de biokinetische modellen en de absorptietype(n)
Lood	F, M (*), S, G	publicaties 67 en 71
Bismut	F, M	publicatie 30, deel 2
Polonium	F, M (*), S, G	publicaties 67 en 71
Astaat	F, M	publicatie 30, deel 3
Francium	F	publicatie 30, deel 3
Radium	F, M (*), S	publicaties 67 en 71
Actinium	F, M, S	publicatie 30, deel 3
Thorium	F, M, S (*)	publicaties 69 en 71
Protactinium	M, S	publicatie 30, deel 3
Uranium	F, M (*), S	publicaties 69 en 71
Neptunium	F, M (*), S	publicaties 67 en 71
Plutonium	F, M (*), S	publicaties 67 en 71
Americium	F, M (*), S	publicaties 67 en 71
Curium	F, M (*), S	publicatie 71
Berkelium	M	publicatie 30, deel 4
Californium	M	publicatie 30, deel 4
Einsteinium	M	publicatie 30, deel 4
Fermium	M	publicatie 30, deel 4
Mendelevium	M	publicatie 30, deel 4

\* Deeltjes: Snel (Fast – F), Matig snel (Moderate – M) en Langzaam (Slow – S); Gassen en dampen (G).

Aanbevolen absorptietype voor deeltjesaerosolen wanneer er geen specifieke informatie beschikbaar is (zie ICRP publicatie nr 71).

### C. Toelichting op de tabellen

Richtlijn 2013/59/EURATOM schrijft voor dat de berekening van doses dient te steunen op wetenschappelijk vastgestelde waarden en verbanden. De aanbevelingen daartoe zijn gepubliceerd en bijgewerkt door de ICRP. Wat inwendige blootstelling betreft heeft ICRP in ICRP-publicatie 119 alle vroegere publicaties over dosiscoëfficiënten geconsolideerd (op basis van ICRP-publicatie 60), en zal worden gezorgd voor actualisering van die publicatie. Daarin zullen de dosiscoëfficiënten worden vervangen door waarden die gebaseerd zijn op de stralings- en weefselweegfactoren en fantomen in ICRP-publicatie 103. De geactualiseerde data zullen steeds beschikbaar worden gesteld door de Autoriteit, via de website van de Autoriteit.

In Annex A van ICRP-publicatie 119 wordt aangegeven wat de effectieve volgdosis per via ingestie en inhalatie ingenomen activiteit (Bq) radionuclide is, de ingestie- respectievelijk inhalatiedosiscoëfficiënt, voor blootgestelde werknemers en voor leerlingen en studerende van 18 jaar en ouder. De dochternucliden van radon en thoron blijven daarbij buiten beschouwing. In Annex B van ICRP-publicatie 119 is de inhalatiedosiscoëfficiënt gegeven voor oplosbare of reactieve gassen en dampen en in Annex C van ICRP-publicatie 119 de effectieve dosis per eenheid van geïntegreerde luchtconcentratie ( $Sv \cdot d^{-1} / Bq \cdot m^{-3}$ ) voor edelgassen, voor blootgestelde werknemers en voor leerlingen en studerende van 18 jaar en ouder. De in Annex C van ICRP-publicatie 119 opgenomen waarden gelden tevens voor volwassen leden van de bevolking.

Wat beroepsblootstelling betreft zijn in *Annex A* van ICRP-publicatie 119 de waarden voor ingestie verwerkt die overeenkomen met de verschillende factoren  $f_1$  voor opname via de darmwand alsmede de waarden voor inhalatie voor de verschillende soorten longretentie, met passende waarden  $f_1$  voor dat gedeelte van de inname dat wordt afgevoerd via het maag-darmkanaal.

In *Annex D* van ICRP-publicatie 119 staan de factoren  $f_1$  voor opname via de darmwand per element en verbinding daarvan voor blootgestelde werknemers, leerlingen en studerende van 18 jaar en ouder. In *Annex E* van ICRP-publicatie 119 staan de longabsorptietypen en de factoren  $f_1$  voor opname via de darmwand per element en per verbinding daarvan voor blootgestelde werknemers, leerlingen en studerende van 18 jaar en ouder.

*Annex D en E* van ICRP-publicatie 119 zijn alleen bedoeld voor werknemers en niet toepasbaar voor de bevolking. In veel gevallen zijn de waarden zoals vermeld in *Annex D en E* voor werknemer en bevolking gelijk. Voor leden van de bevolking dient bij de longabsorptietypen en de factoren  $f_1$  voor opname via de darmwand aan de hand van de beschikbare internationale richtsnoeren rekening te worden gehouden met de chemische vorm van het element. In het algemeen dient bij ontbreken van informatie over deze parameters de meest conservatieve waarde te worden gehanteerd. De relevante publicaties daarvoor zijn vermeld in *tabel 1* van deze bijlage.

In *Annex F en G* van ICRP-publicatie 119 wordt aangegeven wat de ingestie- respectievelijk inhalatiedosiscoëfficiënt is, voor leden van de bevolking in verschillende leeftijdsklassen. Omdat in *Annex A* van ICRP-publicatie 119 alleen gegevens voor volwassen werknemers worden gegeven, kan de kolom '15y' (referentieleeftijd) ook worden gebruikt voor het bepalen van de dosis voor leerlingen en studerende van 16 en 17 jaar. Hierbij kan het nuttig zijn om in sommige situaties na te gaan of de voor de leden van de bevolking gehanteerde standaardparameters toepasselijk zijn voor de fysische en chemische vormen waarin de radionucliden op het werk voorkomen. De dochternucliden van radon (Rn-222) en thoron (Rn 220) blijven daarbij buiten beschouwing.

De gewijzigde indeling in *Annex F en G* van ICRP-publicatie 119 ten opzichte van de tabellen 1 en 2 zoals opgenomen in bijlage 1.4 van de voormalige Uitvoeringsrichtlijn stralingsbescherming EZ (gebaseerd op bijlage 3 van de richtlijn 96/29/EURATOM) vloeien voort uit een andere wijze van notatie die in ICRP-publicatie 119 wordt gehanteerd. Bijlage 1.4 van de voormalige Uitvoeringsregeling stralingsbescherming EZ gaf de leeftijdsklassen terwijl *Annex F en G* van ICRP-publicatie 119 voor elke leeftijdsklasse de referentieleeftijd vermeldt. De relatie tussen leeftijdsklasse en referentieleeftijd is als volgt:

*Tabel 2 Overzicht van leeftijdsklassen en bijbehorende referentieleeftijd*

Leeftijdsklasse	Referentieleeftijd
$\leq 1$ y	infant
1-2 y	1
2-7 y	5
7-12 y	10
12-17 y	15
> 17 y	adult

Wat betreft blootstelling van leden van de bevolking zijn in *Annex F* van ICRP-publicatie 119 voor ingestie de waarden verwerkt die overeenkomen met de verschillende factoren  $f_1$  voor opname via de darmwand bij zuigelingen en ouderen. Wat betreft blootstelling van leden van de bevolking zijn in *Annex G* van ICRP-publicatie 119 voor inhalatie de waarden verwerkt voor de verschillende soorten longretentie, met passende waarden  $f_1$  voor dat gedeelte van de inname dat wordt afgevoerd via het maag-darmkanaal. Indien informatie over deze waarden beschikbaar is, wordt de passende waarde gehanteerd; zo niet dan wordt de meest restrictieve waarde aangehouden. De ICRP-publicaties die informatie geven behorend bij diverse nucliden betreffende longabsorptietypen hiervoor zijn gegeven in *tabel 1* van deze bijlage.

Tot slot bevat *Annex H* van ICRP-publicatie 119 de inhalatiecoëfficiënt voor oplosbare of reactieve gassen en dampen, voor leden van de bevolking.

Wat externe blootstelling betreft zijn de standaardwaarden en standaardrelaties gepubliceerd volgens de nieuwe methode in *ICRP-publicatie 116*. In deze publicatie zijn voor verschillende soorten straling effectieve dosiscoëfficiënten gegeven voor verschillende typen van bestraling alsmede orgaan-specifieke dosiscoëfficiënten. Deze kunnen gebruikt worden voor meer geavanceerde berekeningen voor de externe stralingsdosis voor het geval  $H^*(10)$  niet meer volstaat.

#### **D. Omrekeningsfactoren voor radon- en thoron-dochters**

Voor dochternucliden van radon ( $Rn-222$ ) en thoron ( $Rn-220$ ) gelden de volgende conventionele omrekeningsfactoren, effectieve dosis per eenheid potentiële blootstelling aan alfa-energie (Sv per  $Jh\cdot m^{-3}$ ):

*Tabel 3 Omrekeningsfactoren voor radon- en thoron-dochters*

Omrekeningsfactoren in effectieve dosis per eenheid potentiële blootstelling aan alfa-energie (Sv per $J\cdot h\cdot m^{-3}$ )	
Radon in huis	1,1
Radon op werk	1,4
Thoron op werk	0,5

Potentiële alfa-energie (van dochternucliden van radon en thoron) is de uiteindelijk afgegeven totale energie tijdens het verval van dochternucliden van radon en thoron in de gehele vervalcyclus tot, maar niet met inbegrip van  $^{210}Pb$  voor dochternucliden van  $^{222}Rn$  en tot stabiel  $^{208}Pb$  voor dochternucliden van  $^{220}Rn$ . De eenheid is J (joule). Voor blootstelling aan een gegeven concentratie gedurende een gegeven tijd is de eenheid  $J\cdot h\cdot m^{-3}$ .

## Bijlage 8, behorende bij artikel 4.39

### Rekenregels Analyse Gevolgen Ioniserende Straling

#### 1 Inleiding

##### 1.1 Algemeen

Artikel 4.39 tot en met 4.41 van de verordening en deze bijlage betreffen handelingen met bronnen van ioniserende straling.

Voor handelingen, dat wil zeggen het bereiden, voorhanden hebben, bewerken, toepassen of zich ontdoen van radioactieve stoffen of het gebruik van toestellen en versnellers, is in veel gevallen een registratie of een vergunning volgens de Kernenergiewet nodig<sup>3</sup>. Dat geldt ook voor handelingen met van nature voorkomend materiaal<sup>4</sup>.

Volgens artikel 3.3, van de verordening bevat elke kennisgeving ten behoeve van een aanvraag om een registratie van een handeling, onder andere, een verklaring dat de maximale effectieve dosis die een persoon per jaar buiten de locatie kan ontvangen ten gevolge van handelingen met die bron minder bedraagt dan 10 microsievert. Volgens artikel 3.2 van de verordening bevat elke kennisgeving ten behoeve van een aanvraag om een vergunning voor een handeling, onder andere, de maximale totale effectieve dosis die een persoon in een kalenderjaar kan ontvangen op enig punt buiten de locatie waarop aanvraag van toepassing is, zowel ten gevolge van lozingen als ten gevolge van externe straling. Het besluit stelt voorts in artikel 4.29 dat door de Autoriteit regels kunnen worden gesteld voor de bepaling van de doses<sup>5</sup> en methoden kunnen worden aangewezen voor de wijze waarop de berekende doses worden getoetst. Deze bijlage bevat de hierboven bedoelde regels en methoden.

De volgende dosisniveaus worden gehanteerd:

- een **dosisbeperking** van 10  $\mu\text{Sv}$  in een jaar, waarboven, indien de handeling behoort tot een in artikel 3.10 van het besluit genoemde categorie, geen registratie wordt verleend,
- een **locatielimiet** van 100  $\mu\text{Sv}$  in een jaar, waarboven, indien de handeling behoort tot een in artikel 3.8 van het besluit genoemde categorie, geen vergunning wordt verleend, en
- een **Secundair Niveau (SN)** van 1  $\mu\text{Sv}$  (voor lucht- en waterlozingen) en 10  $\mu\text{Sv}$  (voor externe straling) in een jaar waar beneden vanuit milieu-oogpunt nooit bezwaar bestaat tegen autorisatie<sup>6</sup>, mits de handeling gerechtvaardigd is.

Het SN is een niveau waaronder de invulling van het ALARA-beginsel<sup>7</sup> vanuit de overheid minder prioriteit heeft en de verantwoordelijkheid voor het toepassen hiervan bij de ondernemer wordt gelegd. De ondernemer heeft de verplichting om het ALARA-beginsel in de praktijk door te voeren.

---

<sup>3</sup> Voor nadere informatie over de registratie- en vergunningplicht zie hoofdstuk 3 van het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming.

<sup>4</sup> Voor nadere informatie over handelingen met van nature voorkomend materiaal zie hoofdstuk 3 van het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming.

<sup>5</sup> Indien in deze bijlage kortheidshalve de term 'dosis' wordt gebruikt, wordt steeds 'effectieve dosis' bedoeld, tenzij nadrukkelijk anders wordt vermeld.

<sup>6</sup> Autorisatie is het stelsel van registraties en vergunningen welke is ingericht voor het reguleren van handelingen met bronnen van ioniserende straling, zie hoofdstuk 3 van het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming.

In deze bijlage wordt niet ingegaan op de toepassing van het ALARA beginsel en ook niet op de vraag of een handeling al dan niet gerechtvaardigd is.

## 1.2 Doel en opzet van deze bijlage

Het doel van deze bijlage is regels te geven voor het uitvoeren van een dosisberekening. Hierbij wordt gebruik gemaakt van stroomschema's. Tevens zijn beleidskeuzes aangegeven. Figuur 1.1 geeft in een stroomschema de werkwijze van deze bijlage in zijn geheel weer. De regels zijn alleen bedoeld voor geplande handelingen met bronnen van ioniserende straling en de daaruit voortvloeiende emissies en lozingen. Deze bijlage bestaat uit twee delen.

### *Deel I 'Rekenregels' (beschreven in onderdelen 2 t/m 4 van deze bijlage)*

In eenvoudige gevallen (bijvoorbeeld voor radionuclidenlaboratoria en ingekapselde bronnen voor meet- en regeltechniek) zal volstaan kunnen worden met de vereenvoudigde rekenregels van Deel I. Het doel van Deel I is een antwoord te krijgen op de vraag of een handeling een stralingsdosis onder het SN geeft. Het antwoord wordt op een globale, conservatieve wijze geschat met behulp van simpele rekenregels zonder een uitvoerige dosisberekening.

### *Deel II 'Nadere Analyse' (beschreven in onderdelen 5 t/m 7 van deze bijlage)*

Voor meer complexe situaties en voor die emissiesoorten waarvoor volgens de rekenregels uit Deel I het SN wordt overschreden, moet een zogenoemde nadere analyse worden uitgevoerd waarbij Deel II van deze bijlage van toepassing is. In Deel II wordt met behulp van stroomschema's en het aangeven van beleidskeuzes de methodiek van het uitvoeren van een nadere analyse beschreven, en worden de belangrijkste te beschouwen standaardwaarden en de bijbehorende standaardrelaties gegeven. In het algemeen zal bij de uitvoering van de nadere analyse meer ervaring en kennis van de achterliggende modellen nodig zijn dan bij toepassing van de rekenregels uit Deel I.

De rapporten 'Dosisberekening voor de Omgeving bij Vergunningverlening Ioniserende Straling deel A: Lozingen in lucht en water' DOVIS-A [DOA02] en 'Dosisberekening voor de Omgeving bij Vergunningverlening Ioniserende Straling deel B: Externe straling' DOVIS-B [DOB02] dienen te worden gehanteerd voor de uitvoering van een nadere analyse.

Tevens wordt in Deel II aangegeven hoe de uitkomsten van de nadere analyse, getoetst moeten worden aan de dosislimiet en het SN.

## 1.3 Bronnen en blootstellingsroutes

Bronnen worden ingedeeld in:

- **ingekapselde bronnen**, waaronder apparaten die zo'n bron bevatten
- **toestellen**, voornamelijk röntgentoestellen en versnellers
- **open bronnen**

---

<sup>7</sup> ALARA is acronym van 'As Low As Reasonably Achievable'. ALARA is het beginsel uit de stralingshygiëne waarin is vastgelegd dat een blootstelling geoptimaliseerd is. Daarbij dient de grootte van de effectieve of equivalente dosis van personen, de kans op optreden van blootstelling en het aantal blootgestelde personen zo beperkt als redelijkerwijs mogelijk te worden gehouden. Bij 'zo laag als redelijkerwijs mogelijk' dient de redelijkheid gebaseerd te zijn op de actuele stand der techniek en economische en sociale factoren. De overheid verplicht de ondernemer te handelen overeenkomstig het optimalisatie-beginsel.

Handeling met bronnen binnen een locatie<sup>8</sup>, zoals gedefinieerd in het besluit, kunnen drie verschillende soorten **emissies** tot gevolg hebben:

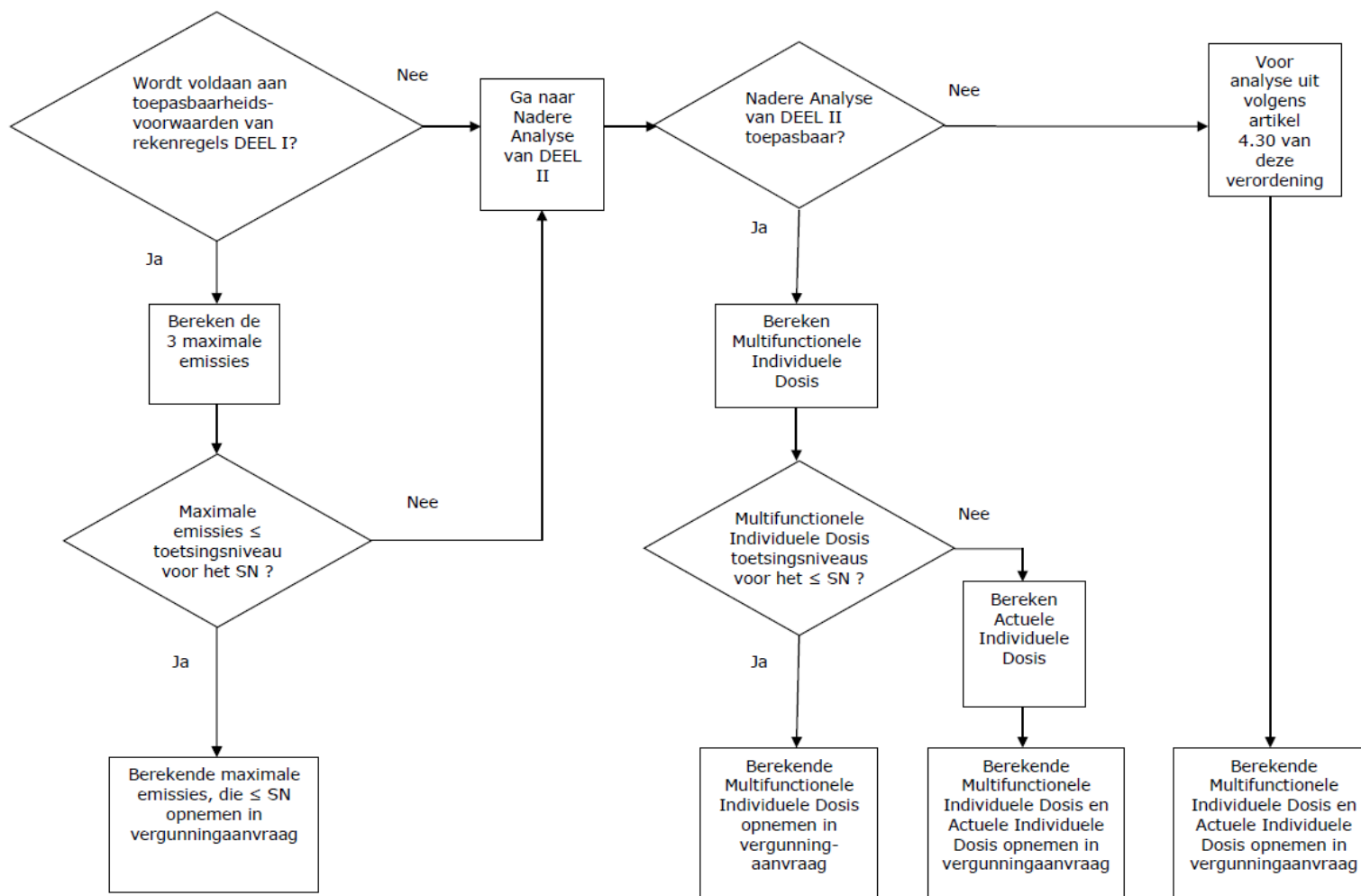
- **externe straling** (ook directe straling genoemd)
- **lozingen in lucht**
- **lozingen in water**

Toestellen geven uitsluitend externe straling. Hetzelfde geldt, bij normaal gebruik, voor ingekapselde bronnen. Open bronnen kunnen aanleiding geven tot externe straling, maar kunnen zich ook via lozingen in lucht en water verspreiden in de omgeving. De wegen waarlangs deze verspreidingen plaatsvinden, worden **belastingpaden** genoemd.

---

<sup>8</sup> Een locatie kan zowel samenvallen met de inrichting van een ondernemer als een plaats daarbinnen zijn of daarbuiten. In sommige gevallen is er dus geen sprake van een omschreven locatie of inrichting, maar van een plaats, wat bijvoorbeeld een afgezet stuk openbare weg kan zijn, of een stuk terrein binnen een inrichting.



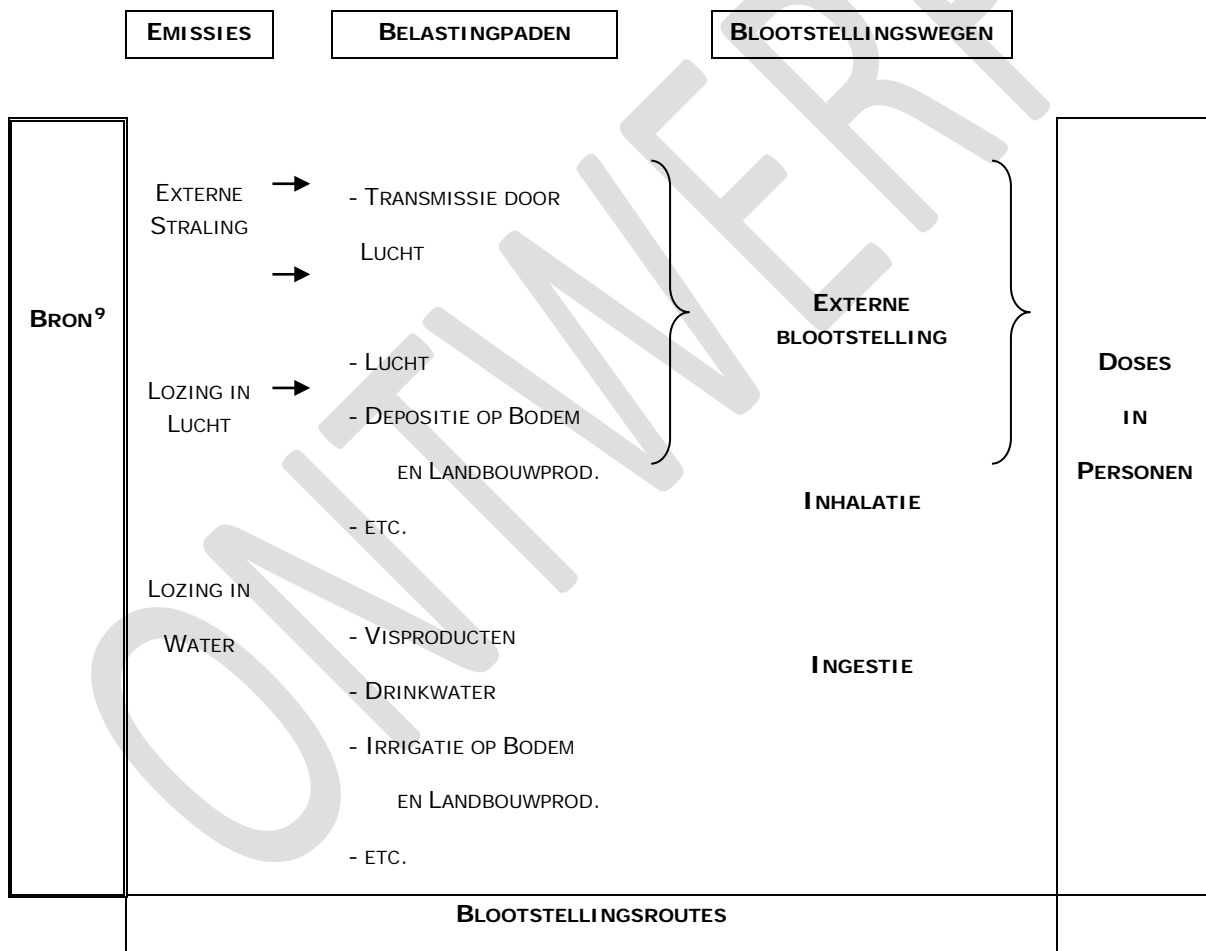


Figuur 1.1: Overzicht van de methode voor de analyse van de gevolgen van straling beschreven in deze bijlage.

De daadwerkelijke blootstelling van personen ten gevolge van de emissies via de belastingpaden kan dan op verschillende manieren geschieden, **blootstellingswegen** genoemd. De drie belangrijkste zijn:

- **externe blootstelling** hetzij direct uit de bron, hetzij indirect bijvoorbeeld vanuit een geloosde wolk met radioactieve stoffen, of na depositie daarvan;
- **inhalatie** van in de lucht zwevende radioactieve stofdeeltjes;
- **ingestie** van voedsel en water dat door de verspreide radionucliden besmet is geraakt.

De combinatie van emissies, belastingpaden en blootstellingswegen is in het besluit gedefinieerd als **blootstellingsroute**, de wijze waarop ioniserende straling of radionucliden personen kunnen bereiken en blootstelling kunnen veroorzaken.



*Figuur 1.2 Vereenvoudigd schema van bron tot doses via emissiesoorten en blootstellingsroutes (belastingpaden en blootstellingwegen)*

<sup>9</sup> Een bron is volgens bijlage 1 van het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming: toestel, versneller of radioactieve stof.

## DEEL I: REKENREGELS

### 2 Toepasbaarheid rekenregels

#### 2.1 Toepasbaarheidbeoordeling vóóraf.

De rekenregels van Deel I zijn voor externe straling, lozingen in lucht en lozingen in water van toepassing indien, met betrekking tot de verschillende emissies uit de bron(nen), aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

##### *Externe straling*

- 1 de enige belangrijke te verwachten dosisbijdragen van externe straling is die ten gevolge van gammastraling en röntgenstraling (d.w.z. dat andere stralingssoorten, zoals neutronenstraling,  $\alpha$ - en  $\beta$ -straling, op het relevante punt naar verwachting een verwaarloosbare dosisbijdrage leveren);
- 2 de bron kan m.b.t. de mogelijke dosisbijdrage gezien worden als een puntbron<sup>10</sup>.

Indien niet aan voorwaarde 1 of 2 wordt voldaan, wordt voor deze emissiesoort verwezen naar Deel II, Nadere Analyse.

##### *Lozing in lucht*

- 3 de enige belangrijke te verwachten dosisbijdrage van lozing in lucht is die ten gevolge van inhalatie.

Indien niet aan voorwaarde 3 wordt voldaan, wordt voor deze emissiesoort verwezen naar Deel II, Nadere Analyse.

##### *Lozing in water*

- 4 de enige belangrijke te verwachten dosisbijdrage van lozing in water is die ten gevolge van ingestie.
- 5 lozing in water geschiedt op een rioolsysteem dat via een waterzuiveringsinstallatie op het oppervlaktewater loost.

Indien niet aan voorwaarde 4 of 5 wordt voldaan, wordt voor deze emissiesoort verwezen naar Deel II, Nadere Analyse.

#### 2.2 Toepasbaarheidbeoordeling na berekening

---

<sup>10</sup> Modelmatig wordt van een **puntbron** gesproken indien de afstand tussen de bron en het punt waarvoor de dosis berekend wordt (dosispunt), groter is dan vijfmaal de grootste afmeting van het stralende oppervlak van de bron aan de kant van dat punt en er geen sprake is van een evenwijdige bundel.

Voor iedere emissiesoort afzonderlijk worden, met behulp van de rekenregels en op grond van de toegepaste hoeveelheden radionucliden, de maximale (theoretisch mogelijk) emissies berekend (zie hiervoor onderdelen 3 en 4):

- het maximale (theoretisch mogelijke) omgevingsdosisequivalent ( $H^*_{\max}$ ) voor externe straling (vanaf een puntbron);
- de maximale (theoretisch mogelijke) emissie in lucht ( $L_{\max}$ ) voor lozingen in lucht;
- de maximale (theoretisch mogelijke) emissie in water ( $W_{\max}$ ) voor lozingen in water.

Voor iedere emissiesoort zijn toetsingsniveaus vastgesteld ( $H^*_{\text{SN}}$ ,  $L_{\text{SN}}$  en  $W_{\text{SN}}$ ) die worden geacht het SN te vertegenwoordigen (zie onderdelen 3.3.4, 4.3.4, 4.4.4).

Toetsing geschiedt voor iedere emissiesoort afzonderlijk:

- voor externe straling wordt het berekende  $H^*_{\max}$  getoetst aan  $H^*_{\text{SN}}$ ;
- voor lozingen in lucht wordt het berekende  $L_{\max}$  getoetst aan  $L_{\text{SN}}$ ;
- voor lozingen in water wordt het berekende  $W_{\max}$  getoetst aan  $W_{\text{SN}}$ .

Voor de emissiesoorten waarvoor het toetsingniveau wordt overschreden, wordt verwezen naar Deel II, Nadere Analyse.

### 2.3 Onderscheid ingekapselde bronnen, toestellen en open bronnen

In deze rekenregels worden op basis van de mogelijke emissiesoorten twee stroomschema's gehanteerd: één voor de categorie 'ingekapselde bronnen en toestellen' (onderdeel 3) en één voor de categorie 'open bronnen' (onderdeel 4).

## 3 Stroomschema ingekapselde bronnen en toestellen

### 3.1 Algemeen

Dit onderdeel geeft rekenregels voor de externe straling vanuit toestellen en ingekapselde bronnen, maar dezelfde berekeningsmethodiek geldt ook voor de externe straling afkomstig van open bronnen.

Een **toestel** is een ioniserende straling uitzendend toestel als gedefinieerd in artikel 1 van de Kernenergiewet. Bedoeld wordt een toestel dat ioniserende straling kan uitzenden en geen radioactieve stof, splijtstof of erts bevat. Toestellen worden bijvoorbeeld veel aangetroffen in de medische sector (röntgentoestellen voor diagnostiek) en bij materiaalonderzoek. Een **versneller** is een toestel of installatie welke deeltjes versnelt en ioniserende straling met een energie van meer dan 1 mega-elektronvolt (MeV) uitzendt, als gedefinieerd in bijlage 1 van het Besluit basisveiligheidsnormen stralingbescherming.

Een **ingekapselde bron** wordt gevormd door radioactieve stoffen die zijn ingebed in of gehecht aan vast dragermateriaal of zijn omgeven door een omhulling van materiaal met dien verstande dat hetzij het dragermateriaal hetzij de omhulling voldoende weerstand bieden om onder normale gebruiksomstandigheden elke verspreiding van radioactieve stoffen te voorkomen, zoals gedefinieerd in bijlage 1 van het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming. Ingekapselde bronnen komen in grote verscheidenheid voor en worden voor veel doeleinden toegepast. In de industrie worden ze bijvoorbeeld gebruikt in apparaten voor meet- en regeldoeleinden en in de medische sector bij bestralingsapparatuur.

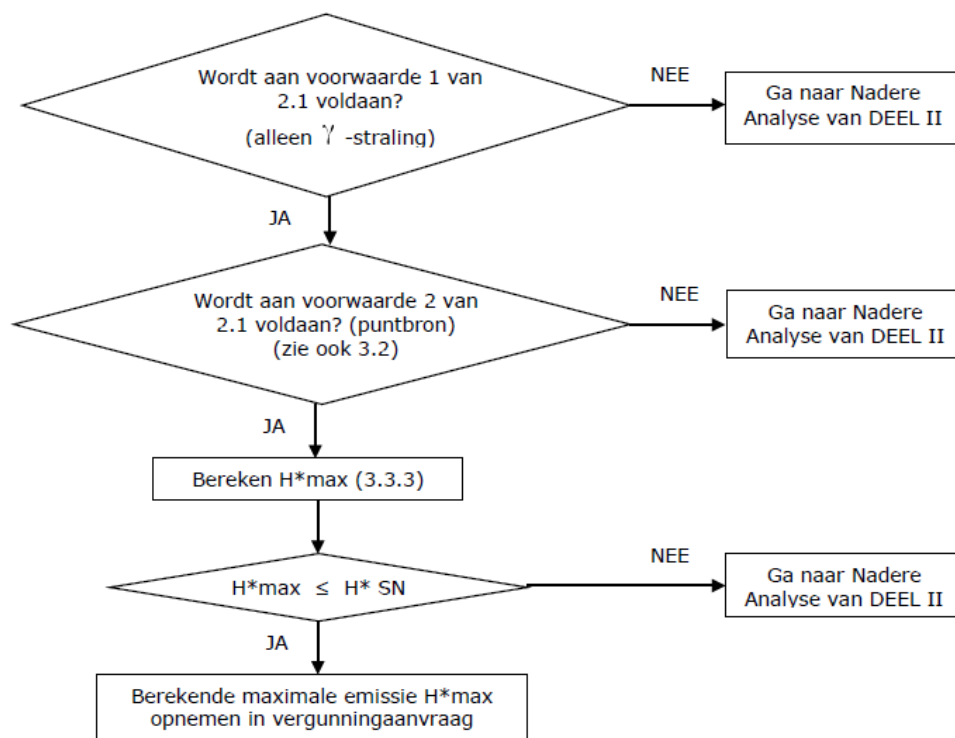
Bij toestellen en ingekapselde bronnen wordt uitgegaan van slechts één belastingspad, namelijk de externe straling die vrijkomt bij gebruik. Daarnaast wordt in dit onderdeel aangenomen (zie ook onderdeel 2.1) dat alleen sprake is van röntgenstraling en gammastraling en dat modelmatig gesproken kan worden van een puntbron (zie voetnoot 8 in onderdeel 2.1) waarvoor de kwadratenwet van toepassing is.

In figuur 3.1 is het stroomschema gegeven voor de berekening, volgens de rekenregels beschreven in dit onderdeel, van de dosis voor dit belastingspad.

De volgende stukken van dit onderdeel vormen de toelichting bij elk van de stappen van het stroomschema.

In het vervolg wordt onder '**stralingsbron**' verstaan dat wat straling uitzendt, te weten:

- een toestel of versneller, of
- een ingekapselde bron, al dan niet in de vorm van een apparaat, of
- een open bron



Figuur 3.1 Stroomschema voor berekening doses t.g.v. **externe straling** zowel uit toestellen en ingekapselde bronnen, als uit open bronnen

## 3.2 Toepassingsgebied rekenregels

### 3.2.1 Ingekapselde bronnen en open bronnen

#### Afstand

Indien de afmetingen van de stralingsbron groot zijn ten opzichte van de afstand tot het punt waar de dosis wordt berekend, kan de kwadratenwet niet worden toegepast. De voorwaarde luidt [DOB02]:

*De puntbronbenadering (kwadratenwet) is alleen toepasbaar indien de afstand tussen stralingsbron en het punt waarvoor de dosis berekend wordt of is (het dosispunt) groter is dan 5 maal de grootste afmeting van het stralende oppervlak aan de kant van het dosispunt*

Voor kortere afstanden wordt verwezen naar Deel II, Nadere Analyse.

#### Bundels door diafragma's

Door de aanwezigheid van afscherming of diafragma's rondom de stralingsbron(nen) is er in de praktijk geen sprake van een isotrope ruimteverdeling van de straling, dat wil zeggen er is sprake van een bundel. Indien de openingshoek van de bundel klein is, is er sprake van een evenwijdige bundel in het midden waarvan het dosistempo vrijwel constant blijft (afgezien van verzwakking door verstrooiing in lucht) en waarvoor de kwadratenwet niet kan worden toegepast. De voorwaarde luidt [DOB02]:

*In het centrum van een stralingsbundel is de kwadratenwet alleen toepasbaar indien de bundel divergerend is, dat wil zeggen indien de ruimtehoek (openingshoek) waarbinnen de fotonen vrijkomen minstens  $10^\circ$  is.*

In het geval van een kleinere ruimtehoek, wordt verwezen naar Deel II, Nadere Analyse.

### 3.2.2 Toestellen

#### *Bundels uit (röntgen)toestellen*

Bij gebruik van (röntgen)toestellen wordt een bundel van fotonen (primaire bundel) geproduceerd. Indien de openingshoek waarbinnen de fotonen van de primaire bundel vrijkomen klein is, is er sprake van een evenwijdige bundel, in het midden waarvan het dosistempo vrijwel constant blijft (afgezien van verzwakking door verstrooiing in lucht) en waarvoor de kwadratenwet niet kan worden toegepast. De voorwaarde luidt [DOB02]:

*In het centrum van een primaire stralingsbundel is de kwadratenwet alleen toepasbaar indien de bundel divergerend is, dat wil zeggen indien de ruimtehoek (openingshoek) waarbinnen de fotonen vrijkomen minstens  $10^\circ$  is.*

Indien sprake is van een kleinere ruimtehoek, wordt verwezen naar Deel II, Nadere Analyse.

Na verzwakking en verstrooiing van de primaire bundel door een voorwerp (een wand of een patiënt) ontstaat er een verstrooide bundel. Indien de invallende bundel divergerend is, zal ook voor de verstrooide bundel, vanaf enige afstand van dat voorwerp<sup>11</sup> de kwadratenwet van toepassing zijn. De voorwaarde luidt [DOB02]:

*In een verstrooide stralingsbundel is de kwadratenwet alleen van toepassing indien de invallende bundel divergerend is en indien het dosistempo berekend wordt voor afstanden groter dan 1 meter achter het door de invallende bundel getroffen voorwerp.*

Indien sprake is van kortere afstanden of van dosisbepaling in een andere richtingen dan achter het voorwerp, wordt verwezen naar Deel II, Nadere Analyse.

### 3.3 Externe blootstellingdosis

#### 3.3.1 Algemeen

Voor de berekening van de effectieve dosis ten gevolge van externe straling  $E_{\text{ext}}$  (de externe blootstellingdosis) wordt bij deze rekenregels in eerste benadering gebruik gemaakt van het omgevingsdosisequivalent  $H^*(10)$  [ $\mu\text{Sv/h}$ ].

---

<sup>9</sup> Vanwege verstrooiing door het voorwerp zelf, kan de kwadratenwet niet worden toegepast op zeer korte afstand van het voorwerp.

In onderdeel 3.3.3 wordt  $H^*(10)$  aan de terreingrens berekend, uitgaande van het omgevingsdosisequivalenttempo  $\dot{H}^*(10,r)$  op een punt (dosispunt) gelegen op  $r$  meter afstand van de bron. Hiervoor zijn vaak fabrieksgegevens of metingen beschikbaar. Indien deze niet voorhanden zijn, kan  $\dot{H}^*(10,r)$  worden berekend volgens de methodiek aangegeven in onderdeel 3.3.2.

### 3.3.2 Berekening omgevingsdosisequivalenttempo

#### *Ingekapselde bronnen en open bronnen*

Het omgevingsdosisequivalenttempo  $\dot{H}^*(10,r)$  in een punt (dosispunt) gelegen op afstand  $r$  [m] van een ingekapselde bron of een zekere hoeveelheid radioactieve stof kan worden berekend met onderstaande formule:

$$\dot{H}^*(10,r) = A \cdot h \cdot \frac{1}{r^2} \cdot O \quad 3.1$$

waarin:

$\dot{H}^*(10,r)$	=	omgevingsdosisequivalenttempo op afstand $r$ van de stralingsbron [ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ]
$A$	=	activiteit van de bron van het beschouwde radionuclide [MBq]
$h$	=	bronconstante voor het beschouwde radionuclide bij niet afgeschermd bron op basis van het omgevingsdosistempo [ $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$ ]
$r$	=	afstand tussen bron en dosispunt [m]
$O$	=	transmissiefactor voor het beschouwde radionuclide van vaste of niet eenvoudig verplaatsbare afscherming tussen bron en dosispunt

#### *Toestellen*

Het omgevingsdosisequivalenttempo  $\dot{H}^*(10,r)$  rond toestellen wordt bepaald aan de hand van fabrieksgegevens, of aan de hand van metingen.

Bij toestellen wordt in het algemeen de primaire bundel geproduceerd door beschieting van een trefplaat. Voor de bepaling van de afstand  $r$  [m] tussen stralingsbron en dosispunt dient dan, als conservatieve benadering, te worden aangenomen dat de stralingsbron zich bevindt op de plaats van de trefplaat.

### 3.3.3 Berekening van het maximale omgevingsdosisequivalent aan de terreingrens ( $H^*_{\text{max}}$ )

Zoals in onderdeel 3.3.1 reeds is aangegeven, wordt bij de berekening van de externe blootstellingsdosis uitgegaan van het omgevingsdosisequivalent hetgeen in beginsel een overschatting geeft. In de volgende paragrafen wordt de (geringe) overschatting verwaarloosd en wordt het omgevingsdosisequivalent  $H^*(10)$  berekend.



De waarde van het jaarlijkse omgevingsdosisequivalent aan de terreingrens gesommeerd over alle betrokken nucliden (of stralingssoorten in het geval van toestellen) wordt  $H^*_{\max}$  genoemd.

Indien de gemeten, berekende of door de fabriek opgegeven waarde van het omgevingsdosisequivalenttempo op een dosispunt op afstand  $r$  [m] van een stralingsbron gelijk is aan  $\dot{H}^*(10,r)$  en aan de terreingrens de kwadratenwet van toepassing is, dan kan  $H^*_{\max}$  worden berekend volgens onderstaande formule:

$$H^*_{\max} = \sum_{\text{nuclide of stralingssoort}} \dot{H}^*(10,r) \cdot \frac{r^2}{l^2} \cdot F \cdot T \quad 3.2$$

waarin:

$H^*_{\max}$	=	omgevingsdosisequivalent in een jaar aan de terreingrens ten gevolge van de stralingsbron [ $\mu\text{Sv}$ ]
$\dot{H}^*(10,r)$	=	omgevingsdosisequivalenttempo op het dosispunt $r$ ten gevolge van het beschouwde radionuclide of stralingssoort [ $\mu\text{Sv/h}$ ]
$r$	=	afstand tussen stralingsbron en dosispunt [m]
$l$	=	afstand tussen stralingsbron en terreingrens [m]
$F$	=	transmissiefactor voor het beschouwde radionuclide of stralingssoort van niet eenvoudig verplaatsbare afscherming tussen dosispunt en terreingrens
$T$	=	aantal uren in een jaar dat de stralingsbron in gebruik is [h]

Indien verschillende waarden voor het omgevingsdosisequivalenttempo in verschillende richtingen zijn bepaald, moet de waarde van  $H^*_{\max}$  berekend worden op basis van die richting die het hoogste omgevingsdosisequivalent aan de terreingrens geeft, **met inachtneming van het bij deze richting** behorend aantal gebruiksuren per stralingsbron in een jaar.

Indien de stralingsbron op verschillende plaatsen binnen de locatie wordt gebruikt, dan wordt de waarde van  $H^*_{\max}$  berekend op basis van die plaatsen die, in vergelijking met de andere, het hoogste omgevingsdosisequivalenttempo aan de terreingrens geeft, uitgaande van het aantal gebruiksuren op die plaatsen.

### Meer dan één stralingsbron

Indien meer dan één stralingsbron binnen een locatie aanwezig is, wordt voor het te beschouwen punt aan de terreingrens het omgevingsdosisequivalent voor iedere bron afzonderlijk berekend en vervolgens wordt de totale  $H^*_{\max}$  verkregen door de bijdragen te sommeren.

De bronnen die ruw geschat minder dan 1  $\mu\text{Sv}$  in een jaar aan enig punt van de terreingrens veroorzaken, behoeven bij deze sommatie niet te worden meegenomen.

#### 3.3.4 Afgeleid toetsingsniveau voor externe straling ( $H^*_{\text{SN}}$ )

Voor externe straling wordt uitgegaan van een toetsingsniveau dat overeenkomt met een jaarlijkse omgevingsdosisequivalent binnenshuis gelijk aan het SN (10  $\mu\text{Sv}$ ). Om rekening te houden met de afscherming bij verblijf binnenshuis, wordt bij directe straling vanuit een (punt)bron, een verzwakking van het omgevingsdosisequivalent buitenshuis met een factor 4 (zie onderdeel 6.5.2) aangenomen.

Het toetsingsniveau voor externe straling buitenshuis is gelijk aan:

$$H^*_{\text{SN}} = 4 \cdot 10 \mu\text{Sv} = 40 \mu\text{Sv} \quad 3.3$$

#### 3.3.5 Toetsing $H^*_{\max}$ aan $H^*_{\text{SN}}$

De berekende waarde voor  $H^*_{\max}$  dient te worden getoetst aan het afgeleide toetsingsniveau  $H^*_{\text{SN}}$ .

Indien:

$$H^*_{\max} / H^*_{\text{SN}} \leq 1 \quad 3.4$$

wordt de externe straling uit de locatie geacht een externe blootstellingdosis kleiner dan het SN te veroorzaken.

Indien aan deze voorwaarde niet wordt voldaan, wordt verwezen naar Deel II, Nadere Analyse.

## 4 Stroomschema open bronnen

### 4.1 Algemeen

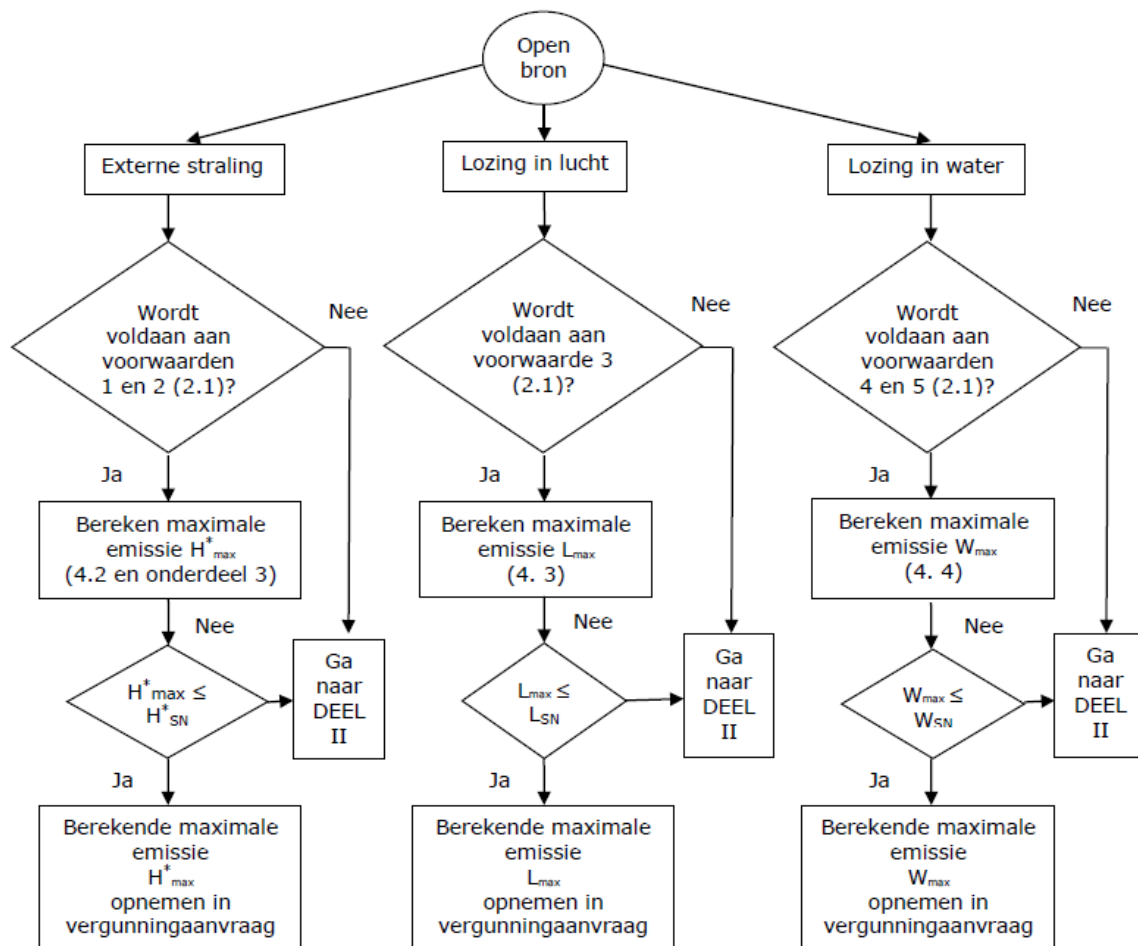
Elke radioactieve stof wordt beschouwd als **open bron** indien onder normale gebruiksomstandigheden het vrijkomen van radioactiviteit niet kan worden uitgesloten. Daarom moet hierbij rekening worden gehouden met de mogelijkheid van blootstelling van omwonenden als gevolg van in de lucht of in het water verspreide radionucliden. Daarnaast kan er sprake zijn van externe straling zoals het geval is bij toestellen en ingekapselde bronnen.

Voorbeeld van toepassingen van open bronnen is het gebruik van radioactief materiaal in radionuclidenlaboratoria, nucleaire geneeskunde en wetenschappelijk onderzoek.

In figuur 4.1 is het stroomschema gegeven voor de berekening volgens de rekenregels van de dosis voor de drie soorten emissies te weten:

- externe straling
- lozingen in lucht
- lozingen in water

De volgende delen van dit onderdeel vormen de toelichting bij elk van de stappen van het stroomschema.



Figuur 4.1 Stroomschema voor open bronnen

## 4.2 Externe straling

Bij de berekening volgens de rekenregels van het maximale (theoretisch mogelijke) omgevingsdosisequivalent ( $H^*_{max}$ ) wordt er van uit gegaan dat de open bronnen te beschouwen zijn als puntbronnen, waarvoor de kwadratenwet kan worden toegepast.

De berekening geschiedt op analoge wijze als voor toestellen en ingekapselde bronnen. Voor de wijze waarop deze berekeningen worden uitgevoerd, wordt verwezen naar hoofdstuk 3.

### 4.3 Lozing in lucht

Voor de bepaling en de beoordeling van lozingen in lucht worden de volgende stappen doorlopen:

- berekening van het radiotoxiciteitsequivalent voor inhalatie van de geloosde radionucliden (onderdeel 4.3.1);
- berekening van de (gecorrigeerde) maximale jaarlijkse lozingen (onderdelen 4.3.2 en 4.3.3);
- bepaling van het toetsingsniveau (onderdeel 4.3.4);
- toetsing van de lozingen daaraan (onderdeel 4.3.5).

#### 4.3.1 Berekening van het radiotoxiciteitsequivalent voor inhalatie ( $Re_{inh}$ )

Eén radiotoxiciteitsequivalent voor inhalatie ( $Re_{inh}$  [Bq]) is de activiteit die bij inhalatie een effectieve volgdosis van 1 Sv tot gevolg heeft, als gedefinieerd in onderdeel E van bijlage 2 van het besluit.

Voor ieder radionuclide  $i$  kan het  $Re_{inh,i}$  worden berekend volgens:

$$Re_{inh,i} = \frac{1}{e_{inh,i}} \quad 4.1$$

waarin:

$Re_{inh,i}$	=	radiotoxiciteitsequivalent voor inhalatie van radionuclide $i$ [Bq]
$e_{inh,i}$	=	inhalatiedosiscoëfficiënt van radionuclide $i$ voor volwassenen [Sv/Bq] (zie bijlage 7 van deze verordening, onderdeel B, annex G en H)

#### 4.3.2 Berekening van de maximale jaarlijkse lozing van elk radionuclide ( $A_{L,i}$ )

Op basis van de hoeveelheid radioactiviteit dat in één jaar wordt gebruikt, de soort handeling(en) en de mogelijkheid tot verspreiding, kan voor ieder radionuclide de maximaal theoretisch mogelijke hoeveelheid activiteit ( $A_{L,i}$  [Bq]) worden berekend die in een jaar in de lucht kan worden geloosd. Bij de berekening van  $A_{L,i}$  wordt gesommeerd over de verschillende handelingen met het betreffende radionuclide en wordt, door middel van de correctiefactor  $CR_{L,i}$ , rekening gehouden met de mogelijke cumulatie in het milieu van langlevende radionucliden.

De volgende formule is van toepassing:

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

waarin:

$A_{L,i}$	=	maximale (theoretisch mogelijke) lozing van radionuclide $i$ in een jaar in lucht, gecorrigeerd voor cumulatie in het milieu [Bq]
$A_{\text{inkoop},i}$	=	hoeveelheid van radionuclide $i$ dat in één jaar wordt gekocht voor een bepaalde handeling [Bq]
$p_i$	=	parameter voor verspreidingskans van radionuclide $i$ bij de beschouwde handeling, zie tabel 4.1.

$S_i$	=	effectiviteitsparameter voor het filtersysteem voor radionuclide i, zie tabel 4.2.
$CR_{L,i}$	=	correctiefactor voor lozingen in lucht voor de fysische halveringstijd van radionuclide i, zie tabel 4.3.

#### *Verspreidingsparameter p*

De kans dat en de mate waarin een radionuclide zich in lucht verspreidt, bijvoorbeeld in de zuurkast of laboratoriumruimte en vervolgens naar buiten komt, is afhankelijk van de eigenschappen van de stof of verbinding en van de handelingen die ermee worden verricht. De waarden voor de verspreidingsparameter p zijn afgeleid van deze verspreidingskansen. In tabel 4.1 zijn de waarden gegeven die in formule 4.2 gebruikt dienen te worden voor een aantal vaak voorkomende handelingen. Indien de handelingen waarvoor vergunning wordt aangevraagd aanmerkelijk daarvan afwijken, dient een toepasselijke keuze te worden gemaakt uit de in tabel 4.1 vermelde waarden.

*Tabel 4.1 Waarde van verspreidingsparameter p voor bepaalde handelingen binnen laboratoriumwerkruimten.*

Handeling	p
Eenvoudige handeling met gassen	-4
Hanteren van poeders in 'open' systeem bijvoorbeeld mengen of malen	
Vloeistof met temperatuur tegen kookpunt	
Sterk spattende bewerkingen	
Labeling met vluchtig nuclide (bijv. jodium)	-3
Koken van vloeistoffen in 'gesloten' systeem	
Centrifugeren en mengen op vortex	
Eenvoudige bewerking van poeders in 'gesloten' systeem	
Opslag van edelgas in toediensysteem	-2
Labeling met niet-vluchtig nuclide	
Eenvoudige chemische bepaling met tracers (bijv. RIA)	
Kortdurend zeer eenvoudig nat werk, zoals pipetteren van een klein volume van een niet-vluchtige verbinding uit een voorraad-oplossing	
Eenvoudige werkzaamheden in 'gesloten' systemen zoals:	-1
- Elutie Tc-generator	
- Optrekken van spuiten	
- Labeling in gesloten systemen	
- Calibratie I-131 capsule	
Metingen aan stoffen in moeilijk verspreidbare vorm (bijvoorbeeld in ampul)	
Opslag van radioactief afval in werkruimte	

#### Effectiviteitsparameter filtersysteem $s$

De eventuele aanwezigheid van een filter in het lozingskanaal, kan grote invloed hebben op de geloosde hoeveelheid radioactiviteit. Afhankelijk van de effectiviteit van een dergelijk filter voor het beschouwde radionuclide, dienen in formule 4.2 de in tabel 4.2 vermelde waarden te worden gebruikt. Voor de bepaling van de effectiviteit van het filter kunnen hetzij fabrieksgegevens worden gebruikt, hetzij metingen worden uitgevoerd. Indien de effectiviteit van het filter niet bekend is, dient men uit te gaan van een ineffectief filter ( $s = 0$ ).

Tabel 4.2 Waarde van de effectiviteitsparameter  $s$  van het filtersysteem voor het beschouwde radionuclide.

Effectiviteit van het filtersysteem	$s$
Effectiviteit $\geq 99,99$ %	4
Effectiviteit $\geq 99,9$ %	3
Effectiviteit $\geq 99$ %	2
Effectiviteit $\geq 90$ %	1
Effectiviteit $< 90$ % (geen filter of ineffectief filter)	0

#### Correctiefactor $CR_L$

Gezien de korte tijdsperiode tussen lozing en inhalatie, wordt bij lozingen in lucht voor het blootstellingspad inhalatie fysisch verval niet nadrukkelijk verdisconteerd. Om rekening te houden met de cumulatie in het milieu, wordt een correctiefactor ( $CR_L$ ) gebruikt afhankelijk van de fysische halveringstijd van het betrokken radionuclide. Hiermee wordt de lozing van langlevende nucliden zwaarder gerekend dan de lozing van kort levende. In tabel 4.3 worden de waarden van  $CR_L$  gegeven die in formule 4.2 gebruikt dienen te worden.

Tabel 4.3 Correctiefactor ( $CR_L$ ) voor lozingen in lucht, afhankelijk van de fysische halveringstijd ( $T_{1/2, \text{fys}}$ ) van het geloosde nuclide.

Fysische halveringstijd $T_{1/2, \text{fys}}$	Correctiefactor voor lozingen in lucht $CR_L$
$T_{1/2, \text{fys}} \leq 25$ jaar	1
$T_{1/2, \text{fys}} \leq 250$ jaar	10
$T_{1/2, \text{fys}} > 250$ jaar	100

#### 4.3.3 Berekening van de maximale jaarlijkse emissie vanuit een locatie ( $L_{\text{max}}$ )

De verhouding tussen  $A_{L,i}$  en  $Re_{\text{inh},i}$  geeft, voor iedere radionuclide, het maximale (theoretisch mogelijke) aantal radiotoxiciteitsequivalenten van dat nuclide dat in een jaar in lucht wordt geloosd.

De maximale (theoretisch mogelijke) emissie in lucht **vanuit een locatie** ( $L_{\text{max}}$ ), uitgedrukt in aantal radiotoxiciteitsequivalenten, wordt verkregen na sommatie over alle radionucliden volgens:

$$L_{\max} = \sum_{\text{nuclide } i} \frac{A_{L,i}}{RE_{\text{inh},i}}$$

4.3

waarin:

- $L_{\max}$  = maximale jaarlijkse emissie in lucht vanuit een locatie (uitgedrukt in aantal  $RE_{\text{inh}}$ ), gesommeerd over alle geloosde nucliden
- $A_{L,i}$  = maximale (theoretisch mogelijke) lozing van een bepaald radionuclide in een jaar in lucht [Bq] (zie formule 4.2)
- $RE_{\text{inh}, i}$  = radiotoxiciteitsequivalent van radionuclide i voor inhalatie [Bq]

#### 4.3.4 Afgeleid toetsingsniveau voor lozingen in lucht ( $L_{\text{SN}}$ )

De geloosde hoeveelheid radioactiviteit zal zich in de lucht verspreiden en dus in (sterk) verminderde concentratie de terreingrens bereiken. Op basis van een conservatieve benadering resulteert dit in een tenminste miljoenvoudige verdunning, afhankelijk van de afstand tussen lozingspunt en terreingrens.

Het afgeleide **toetsingsniveau** ( $L_{\text{SN}}$ ) wordt gedefinieerd als de lozing, uitgedrukt in aantal  $RE_{\text{inh}}$ , die een inhalatiedosis aan de terreingrens ter grootte van het SN (1  $\mu\text{Sv}$ ) veroorzaakt. In tabel 4.4 worden, voor verschillende afstanden van het lozingspunt tot de terreingrens, de afgeleide toetsingsniveaus gegeven.

Tabel 4.4 Toetsingsniveaus voor lozingen in lucht (uitgedrukt in aantal  $RE_{\text{inh}}$ ), waarvan wordt aangenomen dat deze overeenkomen met een dosis van maximaal het SN (1  $\mu\text{Sv}$  in een jaar) op de aangegeven afstanden van het lozingspunt.

Afstanden van de terreingrens tot lozingspunt op het gebouw [m]	Toetsingsniveau voor lozingen in LUCHT, $L_{\text{SN}}$
afstand $\leq$ 50 m	1
afstand $\leq$ 150 m	10
afstand $>$ 150 m	100

#### 4.3.5 Toetsing $L_{\max}$ aan $L_{\text{SN}}$

De met behulp van formule 4.3 verkregen waarde voor  $L_{\max}$  dient te worden getoetst aan de afgeleide toetsingsniveaus  $L_{\text{SN}}$ .

Er zijn twee situaties mogelijk. De eerste is die waarbij er sprake is van één (effectief) lozingspunt. De tweede situatie is die waarbij er sprake is van een aantal lozingspunten die op verschillende afstanden van het te beschouwen punt van de terreingrens zijn gelegen.

In deze twee situaties dient als volgt te worden gehandeld:

1) *Eén (effectief) lozingspunt*

Indien:

$$L_{\max}/L_{\text{SN}} \leq 1 \quad 4.4$$

wordt de lozing geacht een dosis kleiner dan of gelijk aan het SN te veroorzaken.

Indien dat niet het geval is, wordt verwezen naar Deel II, Nadere Analyse.

2) *Meer dan één lozingspunt*

Indien lozing in lucht kan plaatsvinden via meer dan één (effectief) lozingspunt, dient, voor ieder lozingspunt afzonderlijk de waarde van  $L_{\max}$  berekend te worden rekening houdend met het verbruik per lozingspunt, de afstand tussen lozingspunt en terreingrens en het afgeleide toetsingsniveau  $L_{\text{SN}}$ .

Toetsing geschiedt aan de hand van de volgende formule:

$$\sum_{\text{lozingspunt}} \frac{L_{\max}}{L_{\text{SN}}} \leq 1 \quad 4.5$$

Alleen waarden van  $L_{\max}$  groter dan 0,1 (dwz een tiende van het kleinste toetsingsniveau), behoeven bij deze sommatie te worden betrokken. Indien wordt voldaan aan bovenstaande vergelijking wordt de totale lozing uit de locatie geacht een dosis kleiner dan of gelijk aan het SN te veroorzaken. Indien niet wordt voldaan aan bovenstaande vergelijking wordt voor de lozing in lucht verwezen naar Deel II, Nadere Analyse.

#### 4.4 Lozing in water

Voor de bepaling en de beoordeling van lozingen in water worden de volgende stappen doorlopen:

- berekening van het radiotoxiciteitsequivalent voor ingestie van de geloosde radionucliden (onderdeel 4.4.1);
- berekening van de maximale jaarlijkse lozingen (onderdelen 4.4.2 en 4.4.3);
- vaststelling van het toetsingsniveau (onderdeel 4.4.4);
- toetsing van de lozingen daaraan (onderdeel 4.4.5).

##### 4.4.1 Berekening van het radiotoxiciteitsequivalent voor ingestie ( $Re_{\text{ing}}$ )

Eén radiotoxiciteitsequivalent voor ingestie ( $Re_{\text{ing}}$  [Bq]) is de hoeveelheid activiteit die bij ingestie een effectieve volgdosis van 1 Sv tot gevolg heeft, als gedefinieerd in onderdeel E van bijlage 2 van het besluit. Voor iedere radionuclide  $i$  kan  $Re_{\text{ing}}$  worden berekend volgens:



$$RE_{\text{ing},i} = \frac{1}{e_{\text{ing},i}}$$

4.6

waarin:

- $Re_{\text{ing},i}$  = radiotoxiciteitsequivalent voor ingestie van radionuclide i [Bq]
- $e_{\text{ing},i}$  = ingestiedosiscoëfficiënt van radionuclide i door volwassenen [Sv/Bq] zie bijlage 7 van deze verordening, onderdeel B, annex F)

#### 4.4.2 Berekening van de maximale jaarlijkse lozing van elk radionuclide ( $A_{w,i}$ )

Op basis van de hoeveelheid radioactiviteit die in één jaar wordt gebruikt, de wijze van verwerking en de mogelijkheid tot lozing in water, kan voor ieder radionuclide de maximaal theoretisch mogelijke hoeveelheid activiteit ( $A_{w,i}$  [Bq]) worden berekend die in een jaar in water kan worden geloosd. Bij de berekening van  $A_{w,i}$  wordt gesommeerd over de verschillende handelingen van het betreffende radionuclide en wordt, door middel van de correctiefactor  $CR_{w,i}$ , rekening gehouden met de mogelijke cumulatie in het milieu van langlevende radionucliden.

De volgende formule is van toepassing:

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

4.7

waarin:

- $A_{w,i}$  = maximale (theoretisch mogelijke) lozing van radionuclide i in een jaar in water, gecorrigeerd voor cumulatie in het milieu [Bq]
- $A_{\text{inkoop},i}$  = hoeveelheid van radionuclide i dat in één jaar wordt gekocht voor een bepaalde handeling [Bq]
- $Z_i$  = correctiefactor voor uitscheiding van patiënten, zie tabel 4.5
- $V_i$  = correctiefactor voor kans op lozing op het riool, zie tabel 4.6
- $W_i$  = correctiefactor voor uitscheiding van proefdieren, zie tabel 4.7
- $s_i$  = effectiviteitsparameter voor het filter- of tanksysteem voor radionuclide i, zie tabel 4.8
- $CR_{w,i}$  = correctiefactor voor lozingen in water voor de fysische halveringstijd van radionuclide i, zie tabel 4.9.

De parameterwaarden voor Z, V en W zijn afhankelijk van de chemische of metabole eigenschappen van de betrokken stoffen en van de handeling waarvoor deze worden gebruikt.

Voor de bepaling van de waarden kunnen hetzij resultaten uit (eerder uitgevoerd) onderzoek worden gebruikt, hetzij metingen worden verricht. Bij gebrek aan gegevens of indien de correctiefactor niet van toepassing is, dient te worden uitgegaan van een waarde van 1.

#### *Correctiefactor voor uitscheiding van patiënten Z*

Bij het toedienen van radiopharmaca aan patiënten vervalt een (groot) deel van de activiteit in het lichaam, maar ook zullen radionucliden na kortere of langere tijd via excreta worden uitgescheiden en geloosd op het riool. Om rekening te houden met de effectieve uitscheiding wordt een radiopharmacon- en toepassingafhankelijk correctiefactor Z (tabel 4.5) gehanteerd die aangeeft welk deel van de toegediende activiteit nog tijdens het verblijf **binnen de locatie** (meestal het ziekenhuis) wordt uitgescheiden en geloosd op het riool.

In tabel 4.5 zijn de waarden gegeven die in formule 4.7 gebruikt dienen te worden voor de verschillende soorten van uitscheidingsgedrag van de radiopharmaca.

*Tabel 4.5 Waarde van de correctiefactor Z voor de activiteit van het beschouwde radionuclide, toegediend aan patiënten, die op het riool van de locatie wordt geloosd.*

<b>Deel van de toegediende activiteit dat binnen de locatie wordt uitgescheiden en geloosd op het riool (inclusief fysisch verval)</b>	<b>Z</b>
Toediening aan patiënten is niet van toepassing	1
Lozing $\geq$ 50%	1
Lozing $\geq$ 10%	0,5
Lozing $\geq$ 1%	0,1
Lozing $\leq$ 1%	0,01
Poliklinische toediening (d.w.z. ontslag uit het ziekenhuis direct na toediening)	0

#### *Correctiefactor voor kans op lozing op het riool V*

Sommige radionucliden bevinden zich in een dusdanige vorm dat redelijkerwijs kan worden aangenomen dat deze niet via de waterafvoer in het riool zullen geraken (bijvoorbeeld vaste, niet oplosbare stoffen of gassen); andere stoffen zullen makkelijk(er) oplosbaar en dus wegspoelbaar zijn. Daarom is er ook een correctiefactor V (tabel 4.6) die in formule 4.7 gebruikt dient te worden en die de kans aangeeft op lozing van het beschouwde radionuclide op het riool.

*Tabel 4.6 Waarde van de correctiefactor V voor kans op lozing op het riool van het beschouwde radionuclide.*

<b>Kans op lozing op het riool</b>	<b>V</b>
Stoffen in niet verspreidbare vorm, gassen	0
Alle overige stoffen	0,1

#### Correctiefactor voor uitscheiding van proefdieren $W$

Bij het toedienen aan proefdieren worden de uitwerpselen deels opvangen (vast afval) en niet op het riool geloosd; deels zullen de uitwerpselen worden weggespoeld. Hiervoor geldt een correctiefactor  $W$  (tabel 4.7) die in formule 4.7 gebruikt dient te worden en die aangeeft welk deel van de toegediende activiteit op het riool van de locatie wordt geloosd

Tabel 4.7 Waarde van de correctiefactor  $W$  voor de activiteit van het beschouwde radionuclide, toegediend aan proefdieren, die op het riool van de locatie wordt geloosd.

Deel van toegediende activiteit dat op het riool van de locatie wordt geloosd			$W$
Toediening aan proefdieren is niet van toepassing			1
Lozing	$\geq$	10%	1
Lozing	$\geq$	1%	0,1
Lozing	$<$	1%	0,01

#### Effectiviteitsparameter filter- of tanksysteem $s$

De eventuele aanwezigheid van een waterzuiveringsfilter in het lozingskanaal of van een (verval)tank waarin de geloosde radionucliden enige tijd verblijven alvorens zij op het riool geloosd worden, kan grote invloed hebben op de geloosde hoeveelheid radioactiviteit. Afhankelijk van de effectiviteit van een dergelijk filter- of tanksysteem voor het beschouwde radionuclide, dienen de in tabel 4.8 vermelde waarden in formule 4.7 te worden gebruikt. Voor de bepaling van de effectiviteit van de filter- of tanksysteem kunnen hetzij fabrieksgegevens worden gebruikt, hetzij metingen worden uitgevoerd. Indien de effectiviteit van het systeem niet bekend is, dient men uit te gaan van een ineffectief systeem ( $s=0$ ).

Tabel 4.8 Waarde van de effectiviteitsparameter  $s$  van het filter- of tanksysteem voor het beschouwde radionuclide.

Effectiviteit van het waterzuiveringsfilter of tanksysteem			$s$
Effectiviteit	$\geq$	99,99 %	4
Effectiviteit	$\geq$	99,9 %	3
Effectiviteit	$\geq$	99 %	2
Effectiviteit	$\geq$	90 %	1
Effectiviteit	$<$	90 % (geen of ineffectief filter of tank)	0

#### Correctiefactor $CR_W$

Om rekening te houden met het radioactief verval en de cumulatie in het milieu wordt een correctiefactor ( $CR_W$ ) gebruikt afhankelijk van de fysische halveringstijd van het betrokken radionuclide (zie tabel 4.9). Hiermee wordt de lozing van langlevende nucliden zwaarder gerekend dan de lozing van kort levende. In tabel 4.9 worden de waarden van  $CR_{Wi}$  gegeven die gebruik dienen te worden.

Tabel 4.9 Correctiefactor ( $CR_w$ ) voor lozingen in water, afhankelijk van de fysische halveringstijd ( $T_{1/2, \text{fys}}$ ) van het geloosde nuclide.

Fysische halveringstijd $T_{1/2, \text{fys}}$	Correctiefactor voor lozingen in water $CR_w$
$T_{1/2, \text{fys}} \leq 5$ dagen	0,001
$T_{1/2, \text{fys}} \leq 7,5$ dagen	0,01
$T_{1/2, \text{fys}} \leq 15$ dagen	0,1
$T_{1/2, \text{fys}} \leq 25$ jaar	1
$T_{1/2, \text{fys}} \leq 250$ jaar	10
$T_{1/2, \text{fys}} > 250$ jaar	100

#### 4.4.3 Berekening van de maximale jaarlijkse emissie vanuit een locatie ( $W_{\text{max}}$ )

De verhouding tussen  $A_{w, i}$  en  $Re_{\text{ing}, i}$  geeft, voor ieder radionuclide, het maximale (theoretisch mogelijk) aantal radiotoxiciteitsequivalenten dat in een jaar in water wordt geloosd.

De maximale (theoretisch mogelijk) emissie in water vanuit een locatie ( $W_{\text{max}}$ ), uitgedrukt in aantal radiotoxiciteitsequivalenten wordt verkregen na sommatie over alle radionucliden volgens:

$$W_{\text{max}} = \sum_{\text{nuclide } i} \frac{A_{w, i}}{Re_{\text{ing}, i}} \quad 4.8$$

waarin:

$W_{\text{max}}$  = maximale jaarlijkse emissie in water, vanuit een locatie (uitgedrukt in aantal  $Re_{\text{ing}}$ ) gesommeerd over alle geloosde nucliden

$A_{w, i}$  = maximale (theoretisch mogelijke) lozing van radionuclide  $i$  in een jaar in water [Bq]

$Re_{\text{ing}, i}$  = radiotoxiciteitsequivalent van radionuclide  $i$  voor ingestie [Bq]

#### 4.4.4 Afgeleid toetsingsniveau voor lozingen in water ( $W_{\text{SN}}$ )

De op het riool geloosde radioactiviteit zal niet direct de bevolking bereiken, maar pas na (langdurig) verblijf en verspreiding in het milieu. Op basis van een conservatieve benadering resulteert dit in een verdunning met tenminste een factor  $10^8$ .

Het afgeleide **toetsingsniveau** ( $W_{\text{SN}}$ ) wordt gedefinieerd als de lozing, uitgedrukt in  $Re_{\text{ing}}$ , die, volgens deze benadering, een ingestiedosis ter grootte van het SN ( $1 \mu\text{Sv}$ ) veroorzaakt.

Aangezien de ingestiedosis die het gevolg is van een lozing in water homogeen verdeeld wordt verondersteld over een groot gebied, is  $W_{\text{SN}}$  niet afhankelijk van de afstand tussen lozingspunt en terreingrens (dit in tegenstelling met hetgeen van toepassing is voor lozingen in lucht en  $L_{\text{SN}}$ ).

De waarde van het afgeleide toetsingsniveau voor lozingen in water ( $W_{SN}$ ), uitgedrukt in  $Re_{ing}$ , is gelijk aan:

$$W_{SN} = 100$$

4.9

#### 4.4.5 Toetsing $W_{max}$ aan $W_{SN}$

De met behulp van formule 4.8 verkregen waarde voor  $W_{max}$  dient te worden getoetst aan het afgeleide toetsingsniveau  $W_{SN}$ .

Aangenomen wordt dat een locatie vanuit alle lozingspunten op hetzelfde riool loost, waardoor voor lozingen in water niet nodig is een deelberekening per lozingspunt uit te voeren (dit in tegenstelling met hetgeen van toepassing is voor lozingen in lucht).

Indien:

$$W_{max}/W_{SN} \leq 1$$

4.10

wordt de lozing geacht een dosis kleiner dan of gelijk aan het SN te veroorzaken.

Indien dat niet het geval is, wordt verwezen naar Deel II, Nadere Analyse.

## 5 Stroomschema en werkwijze voor Nadere Analyse

### 5.1 Stroomschema

Zoals al in onderdeel 1.2 is aangegeven, dient in die gevallen waarin de rekenregels uit Deel I niet toereikend zijn, een 'Nadere Analyse' (volgens onderdelen 5 tot en met 7 van dit document) te worden uitgevoerd. Dat is het geval indien:

- niet wordt voldaan aan de voorwaarden van onderdeel 2.1 (zie ook onderdeel 3.2),
- één of meer toetsingsniveau's worden overschreden (zie onderdelen 3.3.5, 4.3.5 en 4.4.5).

De uitvoering van deze nadere analyse vindt plaats zoals weergegeven in het stroomschema in figuur 5.1.

In het algemeen zal bij de uitvoering meer ervaring en kennis van de achterliggende modellen nodig zijn dan bij de toepassing van de rekenregels uit Deel I. De rapporten 'Dosisberekening voor de Omgeving bij Vergunningverlening Ioniserende Straling (DOVIS) deel A: Lozingen in lucht en water' DOVIS-A [DOA02] en 'Dosisberekening voor de Omgeving bij Vergunningverlening Ioniserende Straling (DOVIS) deel B: Externe straling' DOVIS-B [DOB02] dienen te worden gehanteerd voor de uitvoering van een nadere analyse.

De methodologie voor de nadere analyse gaat uit van een aantal aannames, bijvoorbeeld omtrent de deeltjesgrootte-verdeling van de geïnhaleerde radionucliden of de transferfactoren (zie daarvoor [DOA02] en [DOB02]). Indien in de beschouwde situatie afwijkende aannames worden gebruikt, dient dit bij de vergunningaanvraag gemotiveerd te worden.

### 5.2 Overzicht van de Werkwijze

#### 5.2.1 Te beschouwen emissiesoorten en vaststelling emissieomvang

Voor iedere emissiesoort waarvoor de rekenregels uit Deel I niet toepasbaar zijn, dient een 'Nadere Analyse' te worden uitgevoerd om de dosis in de omgeving te berekenen.

#### *Bepaling emissie*

De **omvang** van iedere emissiesoort (dus de omvang van de lozing of de omgevingsdosis-equivalent) waarvoor een nadere analyse wordt uitgevoerd, kan op twee manieren worden bepaald:

- de omvang wordt, indien dat niet tot een onderschatting leidt, gelijkgesteld aan de maximale lozing of (voor externe straling) de maximale omgevingsdosis-equivalent zoals in Deel I uitgerekend (zie formules 3.2, 4.2 en 4.7)

of

- er wordt een realistische berekening gemaakt volgens [DOA02] en [DOB02] van de jaarlijkse emissies voor ieder emissiepunt, gebaseerd op eigen metingen of op fabrieksgegevens. Metingen dienen zoveel mogelijk te worden uitgevoerd overeenkomstig daartoe strekkende normen of voornormen van het Nederlands Normalisatie Instituut (NEN) of, bij ontbreken daarvan, overeenkomstig DIN, ISO of CEN normen. De emissieomvang voor verschillende emissiepunten van dezelfde emissiesoort worden gesommeerd.

### Aantal radionucliden

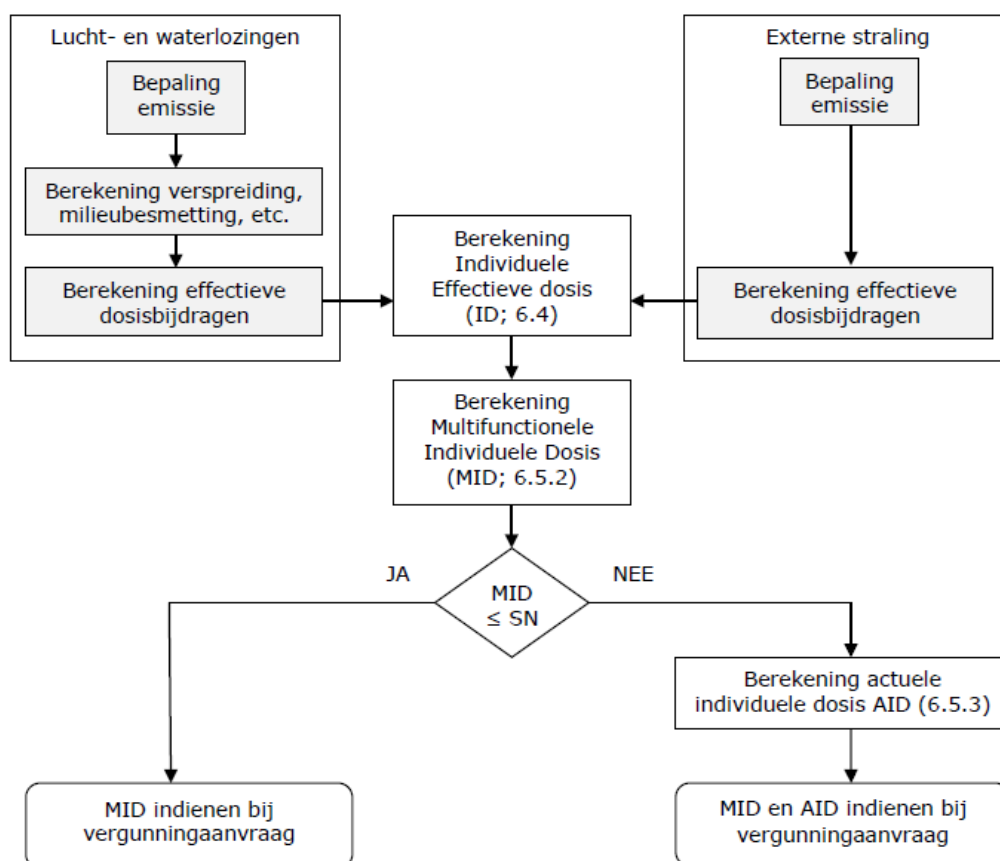
Indien het aantal radionucliden en hun eventuele dochters zeer groot is, kan de nadere analyse worden beperkt tot een representatieve selectie uit die (dochter)nucliden. De keuze daarvoor dient te zijn onderbouwd (bv. door middel van onderzoek).

### Externe straling

Alle relevante stralingssoorten en energieën dienen in de nadere analyse te worden betrokken; in de praktijk zal voor milieuaspecten voornamelijk sprake zijn van gamma- en röntgenstraling.

### Reguliere en incidentele lozingen

Bij de berekeningen worden zowel **reguliere emissies** als potentiële emissies meegenomen. Deze laatste zijn voorziene onbedoelde gebeurtenissen, welke voor aanvang van de handelingen zijn bepaald in het kader van de risico-inventarisatie en –evaluatie en waarmee bij de vergunningverlening dan ook rekening wordt gehouden.



Figuur 5.1 Stroomschema voor de berekeningsmethodiek bij 'Nadere Analyses'

### Continue vs gepulste lozing

Indien sprake is van een gepulste of anderszins niet-continue emissie (bijvoorbeeld lozingen in water na tijdelijke opslag in tanks ter controle van de geloosde activiteit) moet, indien **niet** aannemelijk kan worden gemaakt dat de gevolgen significant zullen afwijken van een continue emissie, van een

continue emissie worden uitgegaan<sup>12</sup>. Als jaarlijkse emissie wordt de som genomen van alle pulslozingen in een jaar.

#### *Filterinstallaties en verval tanks*

Voor de bepaling van de lozingsomvang mag rekening worden gehouden met in gebruik zijnde installaties die gericht zijn op zuivering van emissies, bijvoorbeeld met filtersystemen in een riolering of schoorsteen of met verval tanks.

#### *Zuiveringslib, baggerspecie*

Indien een materiaal (zoals bijvoorbeeld zuiveringslib of baggerspecie) ten gevolge van lozingen al dan niet onbedoeld een verhoogde radioactiviteit krijgt, worden de doses die daar het gevolg van zijn, toegerekend aan de lozende bron.

### **5.2.2 Verspreiding en besmetting in het milieu**

Uitgaande van de hiervoor berekende emissies wordt de besmetting van alle relevante milieucompartimenten en van daarin voorkomende voedselproducten (vis, vee, landbouw) bepaald, alsmede de daardoor in het milieu veroorzaakte stralingsniveaus.

Voor de berekeningen ten behoeve van **luchtlozingen en waterlozingen** wordt verwezen naar DOVIS-A [DOA02]. Hierin wordt de berekening van verspreiding en depositie van radioactieve stoffen in het milieu besproken alsmede de berekening van de doses die het gevolg daarvan zijn.

Voor de berekeningen ten behoeve van **externe straling** wordt verwezen naar DOVIS-B [DOB02]. Hierin wordt de berekening van de externe stralingsdosis besproken van een (afgeschermd) bron besproken.

### **5.2.3 Belastingpaden**

Bij een 'Nadere Analyse' van een bepaalde emissiesoort dienen in principe alle mogelijke belastingpaden te worden beschouwd. Echter, afhankelijk van de omstandigheden, zullen sommige belastingpaden een belangrijkere rol spelen dan andere en zal het dus meestal mogelijk zijn een aantal belastingpaden te verwaarlozen.

DOVIS-A geeft voor lucht- en waterlozingen aan welke paden wel en niet relevant zijn en welke modellen, parameters en parameterwaarden bij de nadere analyse gebruikt moeten worden. Vergelijkbare gegevens met betrekking tot externe straling zijn te vinden in DOVIS-B [DOB02].

### **5.2.4 Cumulatie in de tijd en te beschouwen tijdshorizon**

Bij jarenlang lozen zal de besmetting in het milieu, onder andere door verspreiding, afzetting, cumulatie, verval en ingroei van dochternucliden, veranderen in de tijd.

De besmetting in het milieu dient steeds te worden berekend voor de situatie die na **25 jaar** continu lozen wordt bereikt, ook indien er dan nog geen evenwicht is bereikt. Indien van tevoren vaststaat dat een bron een **kortere tijd** aanwezig is, mag die kortere periode worden gehanteerd.

---

<sup>12</sup> Dit kan van belang zijn bijvoorbeeld voor lozingen in lucht die alleen onder bepaalde weersomstandigheden plaatsvinden, waarvoor de doorgaans gebruikte weerstatistieken (op jaarbasis) niet toepasbaar zijn in de verspreidingsberekening.



## 6 Bepaling van de effectieve dosis

### 6.1 Algemeen

Uitgaande van de berekende besmetting van milieu en voedselproducten, wordt de effectieve dosis berekend voor de personen uit een aandachtsgroep.

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de berekeningswijze van deze dosis en op een aantal begrippen die daarbij een rol spelen. In onderdeel 6.2 wordt ingegaan op de vraag welke blootstellingswegen bij de berekening in beschouwing genomen dienen te worden; in onderdeel 6.3 wordt de aandachtsgroep gedefinieerd, d.w.z. het gedrag wordt gedefinieerd van de personen voor wie de dosis dient te worden berekend; in onderdeel 6.4 worden de dosismodellen besproken en tenslotte in onderdeel 6.5 wordt aangegeven hoe de multifunctionele individuele dosis (MID) en de actuele individuele dosis (AID) berekend moeten worden.

De te gebruiken parameterwaarden (zoals de dosiscoëfficiënten) worden gegeven in bijlage 7 van deze verordening.

### 6.2 Blootstelling

De belangrijkste manieren waarop blootstelling van de mens kan plaatsvinden zijn: via externe blootstelling, inhalatie, submersie en ingestie. Een verdere onderverdeling is mogelijk naar belastingpad zoals hieronder aangegeven.

#### *Externe blootstelling*

Bij het berekenen van de externe blootstellingdosis dient, voor zover relevant, rekening te worden gehouden met de volgende belastingpaden:

- straling vanuit een puntbron,
- straling vanuit een groot oppervlak,
- straling vanaf besmette bodem (groundshine),
- aan de lucht weerkaatste straling vanuit een stralingsbron (skyshine),
- straling vanuit een besmette wolk (cloudshine).

#### *Inhalatie*

Bij het berekenen van de inhalatiedosis die het gevolg is van het inademen van radioactieve stoffen in lucht, dient rekening te worden gehouden met:

- verspreiding, verval en ingroei van dochtersnucliden van in lucht geloosde radioactieve deeltjes,

én, voor zover een relevante dosisbijdrage verwacht mag worden, met:

- resuspensie,
- 'coastal spraying' (dwz fijne waternevel afkomstig van zee).

### *Submersie*

Bij verblijf in besmette lucht dient, voor zover relevant, ook rekening te worden gehouden met de mogelijkheid van opname van radioactieve stoffen via de huid en door submersie. Submersie is in het bijzonder relevant indien de in lucht aanwezige radionucliden edelgassen zijn.

### *Ingestie*

Bij het berekenen van de ingestiedosis die het gevolg is van de opname in het lichaam van radionucliden via drank en voedsel, dient rekening te worden gehouden met de besmetting van:

- landbouwproducten
- veeteeltproducten
- visproducten
- drinkwater (inclusief leidingwater)

Rekening dient te worden gehouden met besmetting van gewassen als gevolg van:

- directe depositie van radioactiviteit vanuit de lucht (interceptie), en
- opname via de wortels van in de bodem aanwezige radionucliden

## **6.3 Aandachtsgroep, selectiegroep en representatief persoon**

De **aandachtsgroep** is de (hypothetische) groep waarvoor de dosis voor een bepaalde emissiesoort en belastingpad wordt berekend. Deze groep krijgt aandacht in verband met een mogelijke dosis ten gevolge van blootstelling aan ioniserende straling. Voor deze groep worden aannames gemaakt met betrekking tot gedrag en fysiologische parameters. Het betreft in dit geval gedrag dat, gegeven een bepaalde besmetting in het milieu, tot de blootstelling van de aandachtsgroep leidt. Het begrip gedrag houdt alle levensgewoontes in: wonen, werken, eten, etc. Bij de bepaling van het gedrag worden conservatieve, doch realistische, aannames gedaan en wordt 'extreem' gedrag of gedrag van een enkeling niet wordt beschouwd. Voor verschillende emissiesoorten en belastingpaden zullen doorgaans verschillende aandachtsgroepen worden beschouwd.

Een **selectiegroep** behoort altijd bij een bepaalde bron of locatie. Een selectiegroep is de aandachtsgroep die de hoogste individuele dosis ontvangt ten gevolge van één emissiesoort.

De **representatieve persoon** is de persoon die blootstaat aan een dosis die representatief is voor die van de meest aan ioniserende straling blootgestelde personen van de bevolking, met uitsluiting van personen met extreme of zeldzamen gewoonten. In de nadere analyse is dit een gemiddeld lid van die aandachtsgroep die de hoogste individuele dosis ontvangt als gevolg van alle beschouwde emissiesoorten tezamen.

### *Externe blootstelling*

Voor de berekening van de externe blootstellingsdosis op een bepaalde locatie, wordt uitgegaan van personen in een aandachtsgroep die op de betreffende locatie wonen en die zich 24 uur per dag gedurende hun hele leven in of nabij de woning bevinden en waarbij die woning een zekere mate van afscherming biedt.

**De aandachtsgroep met de hoogste externe stralingsblootstelling zal bestaan uit personen die wonen op de plaats waar het omgevingsdosistempo ten gevolge van de beschouwde bron of locatie het hoogste is. Deze personen zullen in het algemeen aan de terreingrens wonen.**

**Indien een emissie alleen externe straling als relevante blootstelling heeft, is deze groep tevens de selectiegroep behorende bij deze emissie. Bovendien, als deze emissie de enige emissie is die een relevante dosisbijdrage heeft, kan het gemiddelde lid van deze groep gedefinieerd worden als representatief persoon.**

#### *Inhalatie*

Voor de berekening van de inhalatiedosis op een bepaalde locatie, wordt uitgegaan van personen in een aandachtsgroep die op de betreffende locatie wonen en die zich 24 uur per dag gedurende hun hele leven in of nabij de woning bevinden. De luchtconcentratie binnenshuis wordt verondersteld dezelfde te zijn als de berekende luchtconcentratie buiten de woning.

Voorts wordt uitgegaan van een jaarlijkse inhalatie van 8300 m<sup>3</sup> lucht, overeenkomend met het ademdebiet van een volwassen man die rustige werkzaamheden verricht.

**De aandachtsgroep met de hoogste inhalatieblootstelling zal bestaan uit personen die wonen op de plaats waar de luchtconcentratie ten gevolge van de beschouwde bron of locatie het hoogste is. Deze personen zullen in het algemeen aan of vlakbij de terreingrens wonen.**

**Indien een emissie alleen inhalatie als relevante blootstelling heeft, is deze groep tevens de selectiegroep behorende bij deze emissie. Bovendien, als deze emissie de enige emissie is die een relevante dosisbijdrage heeft, kan het gemiddelde lid van deze groep gedefinieerd worden als representatief persoon.**

#### *Submersie*

Voor de berekening van de submersiedosis op een bepaalde locatie, wordt, net als bij inhalatie, uitgegaan van personen in een aandachtsgroep die op de betreffende locatie wonen en die zich 24 uur per dag gedurende hun hele leven in of nabij de woning bevinden. De luchtconcentratie binnenshuis wordt verondersteld dezelfde te zijn als de berekende luchtconcentratie buiten de woning.

**De aandachtsgroep met de hoogste submersieblootstelling zal bestaan uit personen die wonen op de plaats waar de luchtconcentratie ten gevolge van de beschouwde bron of locatie het hoogste is. Deze groep zal dezelfde zijn als voor inhalatie en de personen uit deze groep zullen in het algemeen aan of vlakbij de terreingrens wonen.**

**Indien een emissie alleen submersie als relevante blootstelling heeft, is deze groep tevens de selectiegroep behorende bij deze emissie. Bovendien, als deze emissie de enige emissie is die een relevante dosisbijdrage heeft, kan het gemiddelde lid van deze groep gedefinieerd worden als representatief persoon.**

#### *Ingestie*

Voor de berekening van de ingestiedosis op een bepaalde locatie, wordt uitgegaan van personen in een aandachtsgroep die een deel van hun voedsel uit eigen volks- of moestuin eten, welke gelegen is op de betreffende locatie, en de rest van hun voedsel elders inkopen.

Voor de voedingsmiddelen die gekocht worden, wordt een zekere mate van menging van meer of minder besmette producten aangenomen. Hiervan uitgaande wordt voor de betreffende voedselproducten de gemiddelde radioactiviteitsconcentratie berekend in een gebied van 30 km rond de bron (voedselgebied). Voor de herkomst van het voedselpakket zijn de volgende aannames van toepassing:

- bladgroenten
  - de helft uit eigen moestuin
  - de helft uit het betreffende voedselgebied
- veeteelt en akkerbouwproducten
  - uit het betreffende voedselgebied
- visproducten
  - uit betreffende visbekken (hierin wordt volledige menging aangenomen)

Voorts wordt uitgegaan van de gemiddelde jaarlijkse consumptie van voedingsmiddelen van een volwassen man (zie tabel 6.1).

**Omdat de ingestiedosis slechts ten dele plaatsgebonden is, kan in het algemeen niet met zekerheid gezegd worden welke aandachtsgroep de hoogste blootstelling met betrekking tot ingestie heeft. Veelal zal deze echter bestaan uit die personen die een moestuin hebben dáár, waar de depositie radioactieve stoffen op planten (interceptie) het hoogste is, of waar de concentratie radioactieve stoffen in de bodem het hoogste is. Met betrekking tot ingestie van vis zal echter de gemiddelde Nederlandse bevolking zijn.**

*Tabel 6.1 Gemiddelde jaarconsumptie (voor gemiddelde Nederlandse volwassen man) die voor reguliere lozingen gehanteerd dient te worden (TN94).*

Voedingsproducten		Gemiddelde jaarconsumptie kg/a of l/a
Granen	brood, koek etc	71
Aardappelen		43
Rijst		6
Knolgewassen	gekookt	7
	rauw	1
Bladgroenten	gekookt	4
	rauw	3
Groenten	gekookt	24
excl. Knollen en bladgroenten	rauw	8
Peulvruchten		3
Vers fruit	inheems	19
	uitheems	17
Vruchtenconserven		8
Melk(producten)	vers	114

Voedingsproducten	Gemiddelde jaarconsumptie kg/a of l/a
houdbaar	23
Kaas	10
Eieren	5
Rundvlees	10
Varkensvlees	23
Kip ed	6
Kalfsvlees	0,5
Overig/gemengd vlees	5
Zeevis	3
Zoetwatervis	0,5
Schaal- en schelpdieren	0,5
Soepen	26
Olien, vetten en hartige sauzen	16
Koffie en thee	264
Vruchten- en groentensappen	20
Frisdranken, bier	169
Alcoholische dranken, excl. Bier	12
Diversen	39

## 6.4 Individuele effectieve dosis (ID)

### 6.4.1 Algemeen

Voor iedere blootstellingsweg wordt, uitgaande van de radioactiviteit en/of de straling aanwezig in het milieu, de bijdrage berekend aan de jaarlijkse individuele effectieve dosis (ID). Deze is de dosis die een individu kan ontvangen door onbeschermd 24 uur per dag aan de bron te worden blootgesteld. In de volgende onderdelen (6.4.2. t/m 6.4.5) wordt kort aangegeven hoe de externe blootstellingdosis  $ID_{ext}$ , de inhalatiedosis  $ID_{inh}$ , de submersiedosis  $ID_{sub}$  en de ingestiedosis  $ID_{ing}$  dienen te worden berekend. Deze dienen vervolgens als basis voor de berekening van MID en AID (zie onderdelen 6.5.2 en 6.5.3.).

### 6.4.2 Externe blootstelling

Voor een uitgebreide beschrijving van de berekeningsmethodiek voor de externe blootstellingdosis wordt verwezen naar DOVIS-B [DOB02].

De externe blootstellingdosis  $ID_{\text{ext}}$  wordt berekend uitgaande van het dosistempo  $\dot{E}_{\text{ext}}$ . In het algemeen geldt:

$$ID_{\text{ext}} = \dot{E}_{\text{ext}} \cdot t_{\text{ext}} \quad 6.1$$

waarin:

$ID_{\text{ext}}$  = externe blootstellingdosis in een jaar [Sv/a]

$\dot{E}_{\text{ext}}$  = effectief dosistempo [Sv/h]

$t_{\text{ext}}$  = duur van de blootstelling in een jaar [h/a]

Voor de berekening van  $ID_{\text{ext}}$  wordt uitgegaan van onafgebroken verblijf ter plaatse en geen bescherming door kleren, woning etc. (zie hiervoor de berekening van de  $MID_{\text{ext}}$ , onderdeel 6.5.2). De duur van de blootstelling  $t_{\text{ext}}$  is gelijk aan het aantal uren per jaar dat de bron aanwezig is en het effectieve dosistempo  $\dot{E}_{\text{ext}}$  veroorzaakt.

Het effectieve dosistempo is afhankelijk van de uitgezonden energie en, o.a., van de brongeometrie, de afstand van de bron en eventueel aanwezige afscherming. Voor de berekening van het dosistempo zijn, voor de verschillende belastingspaden (puntbron, bodembesmetting, etc.), conversiecoëfficiënten berekend en getabelleerd (zie [DOB02]).

### 6.4.3 Inhalatie

Voor een uitgebreide beschrijving van de berekeningsmethodiek voor de inhalatiedosis wordt verwezen naar DOVIS-A [DOA02].

Uitgaande van de berekende concentratie van radionucliden in de lucht (volgens DOVIS-A) kan de jaarlijkse effectieve inhalatiedosis  $ID_{\text{inh}}$  ten gevolge van een continue lozing worden berekend volgens onderstaande formule:

6.2

$$ID_{\text{inh}} = \sum_{\text{radionuclide}} C_L \cdot I_{\text{inh}} \cdot e_{\text{inh}}$$

waarin:

$ID_{\text{inh}}$  = effectieve inhalatiedosis in een jaar [Sv/a]

$C_L$  = concentratie in lucht [Bq/m<sup>3</sup>], van het beschouwde radionuclide berekend volgens DOVIS-A

$I_{\text{inh}}$  = jaarlijks ademdebiet van een volwassen man die lichte arbeid verricht [m<sup>3</sup>/a]

$e_{\text{inh}}$  = inhalatiedosiscoëfficiënt [Sv/Bq] van het beschouwde radionuclide door volwassenen (zie bijlage 7 van deze verordening, onderdeel B, annex G en H)

In het geval dat de getabelleerde  $e_{inh}$  niet toegepast kunnen worden, dient de dosisberekening te worden uitgevoerd overeenkomstig de aanbevelingen zoals aangegeven in Aanhangsel A.

#### *Resuspensie en coastal spraying*

Voor de blootstelling ten gevolge van resuspensie en coastal spraying, voor zover relevant, wordt verwezen naar DOVIS-A .

#### **6.4.4 Submersie**

De aanwezigheid van radionucliden in de lucht kan ook een submersiedosis tot gevolg hebben, in het bijzonder in het geval dat er sprake is van edelgassen. Uitgaande van de berekende concentratie van radionucliden in de lucht (volgens DOVIS-A ) kan de jaarlijkse effectieve submersiedosis  $ID_{sub}$  ten gevolge van een continue lozing worden berekend volgens onderstaande formule:

$$ID_{sub} = \sum_{\text{radionuclide}} C_L \cdot t_{sub} \cdot e_{sub}$$

6.3

waarin:

$ID_{sub}$	=	effectieve submersiedosis in een jaar [Sv/a]
$C_L$	=	concentratie in lucht [Bq/m <sup>3</sup> ] van het beschouwde radionuclide berekend volgens DOVIS-A [DOA02]
$t_{sub}$	=	duur van de blootstelling in een jaar [h/a]
$e_{sub}$	=	effectieve dosis per eenheid van geïntegreerde luchtconcentratie [(Sv/h)/(Bq/m <sup>3</sup> )] van het beschouwde radionuclide (zie bijlage 7 van deze verordening, onderdeel B, annex C)

Voor de berekening van  $E_{sub}$  wordt uitgegaan van onafgebroken verblijf ter plaatse ( $t_{sub}$  = 8760 uren in een jaar).

#### **6.4.5 Ingestie**

Voor een uitgebreide beschrijving van de berekeningsmethodiek voor de ingestiedosis wordt verwezen naar DOVIS-A [DOA02].

Uitgaande van de berekende concentratie van radionucliden in de verschillende voedselproducten (volgens DOVIS-A ) kan de jaarlijkse effectieve ingestiedosis  $ID_{ing}$  ten gevolge van consumptie van voedsel worden berekend aan de hand van de volgende formule:

$$ID_{ing} = \sum_{\substack{\text{radionuclide} \\ \text{voedselproduct}}} C_v \cdot l_{ing} \cdot e_{ing}$$

6.4

waarin:

$ID_{ing}$	=	effectieve ingestiedosis in een jaar ten gevolgen van consumptie van voedsel [Sv/a]
$C_v$	=	concentratie van het beschouwde radionuclide in het beschouwde voedselproduct [Bq/kg] of [Bq/L] berekend volgens DOVIS-A [DOA02]
$I_{ing}$	=	jaarlijkse consumptie van het beschouwde voedselproduct (tabel 6.1) [kg/a] of [l/a]
$e_{ingi}$	=	ingestiedosiscoëfficiënt [Sv/Bq] van het beschouwde radionuclide door volwassenen (zie bijlage 7 van deze verordening, onderdeel B, annex F)

In het geval dat de getabelleerde  $e_{ing}$  niet toegepast kunnen worden, dient de dosisberekening te worden uitgevoerd overeenkomstig de aanbevelingen zoals aangegeven in Aanhangsel A.

## 6.5 Berekening van MID (multifunctionele individuele dosis) en AID (actuele individuele dosis)

### 6.5.1 Algemeen

Onder **multifunctionele individuele dosis** (MID) wordt de dosis verstaan die het gevolg is van het gebruik van een gebied buiten de locatie op zodanige wijze dat dit tot de hoogst mogelijke dosis aanleiding geeft. De MID staat los van het feitelijk gebruik van dat gebied op enig moment en houdt rekening met het mogelijke (toekomstige) gebruik. Het gaat dus om de dosis voor een selectiegroep of de representatieve persoon die weliswaar momenteel mogelijk zelfs niet bestaat, maar waarvan het bestaan in de toekomst niet uitgesloten geacht kan worden. In het algemeen leidt het gebruik van een gebied voor normale bewoning tot die hoogst mogelijke dosis. MID wordt dan ook op basis daarvan berekend (zie onderdeel 6.5.2).

Voor de berekening van de **actuele individuele dosis** (AID) wordt voor sommige dosisbijdragen het huidige feitelijk gebruik van het gebied wel beschouwd (zie onderdeel 6.5.3). Uitgangspunt daarbij blijft dat alle functies van het milieu voor de toekomst mogelijk dienen te blijven en dus dat er geen te hoge (langdurige) besmetting in het milieu plaatsvindt. Met andere woorden, het feitelijke gebruik van de omgeving (het feitelijk bestaan van de selectiegroep of de representatieve persoon) speelt alleen voor die belastingpaden een rol, die geen blootstelling meer geven zodra de bron geen emissies meer veroorzaakt.

Voor de berekening van MID en AID wordt uitgegaan van de berekende individuele dosisbijdragen (ID) voor de verschillende blootstellingwegen en belastingpaden (zie onderdeel 6.4). Voor zowel MID als AID bestaat de berekening uit een som van (gecorrigeerde) individuele dosisbijdragen. Voor AID worden echter andere of additionele correctiefactoren toegepast dan voor MID.



Zoals in onderdeel 7 nader is uitgewerkt, voor de toetsing aan het Secundair Niveau wordt MID berekend voor iedere emissiesoort afzonderlijk. Voor de toetsing aan de locatielimiet wordt de totale AID beschouwd.

### 6.5.2 Berekening van de multifunctionele dosis MID

MID geeft de dosis weer voor de (potentiële) bewoners van de omgeving van een bron en is **samengesteld uit bijdragen van de verschillende blootstellingwegen** waarvan doorgaans de belangrijkste zijn: externe blootstellingdosis ( $MID_{ext}$ ), inhalatiedosis ( $MID_{inh}$ ), ingestiedosis ( $MID_{ing}$ ). In het geval van edelgassen kan ook de submersiedosis ( $MID_{sub}$ ) een rol spelen.

#### *Multifunctionele externe blootstellingdosis en afschermingfactoren*

Bij de berekening van de externe blootstellingdosis voor potentiële bewoners van een gebied wordt continue blootstelling verondersteld en afscherming door de woning zelf (zie onderdeel 6.3).

De waarde die voor onafgeschermd verblijf in de buitenlucht geldt ( $ID_{ext}$ , zie onderdeel 6.4.2), wordt vermenigvuldigd met een factor die rekening houdt met de afscherming die door de woning zelf wordt geboden. Op basis van een globale schatting van de afscherming door een standaardwoning voor gammastraling van verschillende energieën en van verschillende soorten bronnen is de waarde van de afschermingfactor gesteld op 0,25:

$$MID_{ext} = ID_{ext} \cdot 0,25 \quad 6.5$$

waarin:

$MID_{ext}$	=	jaarlijkse externe blootstellingdosis bij bewoning, of multifunctionele externe blootstellingdosis [Sv/a]
$ID_{ext}$	=	jaarlijkse externe blootstellingdosis voor onafgeschermd verblijf [Sv/a] (zie formule 6.1)

De groep die de hoogste  $MID_{ext}$  zal hebben, is de groep die woont op de locatie waar het effectieve dosistempo het hoogst is.

#### *Multifunctionele inhalatiedosis*

Zoals aangegeven in onderdeel 6.3, wordt, bij de berekening van de inhalatiedosis voor de aandachtsgroep continue verblijf verondersteld, en wordt geen rekening gehouden met extra afscherming door de woning (de concentratie binnenshuis is gelijk aan die buitenshuis). De multifunctionele inhalatiedosis is gelijk aan de inhalatiedosis  $ID_{inh}$  (zie onderdeel 6.4.3, formule 6.2):

$$MID_{inh} = ID_{inh} \quad [Sv/a] \quad 6.6$$

De groep die de hoogste  $MID_{inh}$  zal hebben, is de groep die woont op de locatie waar de luchtconcentratie het hoogst is.

### *Multifunctionele submersiedosis*

Op vergelijkbare manier wordt de multifunctionele submersiedosis  $MID_{sub}$  gelijkgesteld aan de submersiedosis  $ID_{sub}$  (zie onderdeel 6.4.4, formule 6.3):

$$MID_{sub} = ID_{sub} \quad [Sv/a] \quad 6.7$$

De groep die de hoogste  $MID_{sub}$  zal hebben, is de groep die woont op de locatie waar de luchtconcentratie het hoogst is.

### *Multifunctionele ingestiedosis*

Bij de berekening van de multifunctionele ingestiedosis wordt het eetgedrag van de aandachtsgroep zoals aangegeven in onderdeel 6.3 aangenomen. In het bijzonder geldt het volgende:

- consumptie van de helft van de bladgroenten uit eigen moestuin
- consumptie visproducten gemengd uit relevante visbekken
- consumptie drinkwater, indien een feitelijk bestaande drinkwater-inlaat zich in het betreffende voedselgebied bevindt.
- consumptie overige voedingsmiddelen gemengd uit voedselgebied

Bij de berekening van de concentratie radionucliden in de verschillende producten ( $C_v$ ) en dus ook de betreffende dosisbijdragen  $MID_{ing}$  (zie onderdeel 6.4.5, formule 6.4) wordt rekening gehouden met de hierboven aangegeven middeling over zogenaamde voedselgebieden:

$$MID_{ing} = ID_{ing} \quad [Sv/a] \quad 6.8$$

De groep die de hoogste  $MID_{ing}$  zal hebben, is de groep die een moestuin heeft op de locatie waar de depositie radioactieve stoffen op planten (interceptie) het hoogste is, of waar de concentratie radioactieve stoffen in de bodem het hoogst is. In het geval van besmetting van vis door lozingen in water kan deze groep de Nederlandse bevolking zijn.

### *Optelling doses van verschillende belastingpaden*

Voor de berekening van de MID voor de representatieve persoon behorende bij de beschouwde bron of locatie moeten de individuele dosisbijdragen verbonden aan de verschillende emissiesoorten, de verschillende belastingpaden en verschillende blootstellingwegen worden opgeteld indien zij dezelfde personen (kunnen) treffen. Het gemiddelde lid van de groep waarvoor de aldus berekende totale dosis het hoogste is, is de representatieve persoon. Bij de optelling mogen de bijdragen die ruw geschat minder dan 0,1  $\mu Sv$  in een jaar bedragen, worden weggelaten.

De selectiegroep voor de berekening van MID voor één emissiesoort (de groep waarvoor de berekende MID het hoogste is) kan niet bij voorbaat gedefinieerd worden. Voor lozingen in lucht, zal de selectiegroep veelal bestaan uit personen die wonen op de locatie waar de luchtconcentratie het hoogst is en die tevens gebruik maken van een moestuin vlakbij de woning. Dit gebruik dient te allen tijde mogelijk te zijn.

### Samenvattend:

Voor iedere emissiesoort waarvoor een 'Nadere Analyse' wordt uitgevoerd, vindt de berekening van de **multifunctionele individuele dosis (MID)** plaats via de volgende stappen:

- 1 berekening van de individuele dosisbijdragen per belastingpad (onderdeel 6.4);
- 2 berekening van  $ID_{ext}$ ,  $ID_{inh}$ ,  $ID_{sub}$ ,  $ID_{ing}$  (onderdeel 6.4) voor zover van toepassing;
- 3 berekening van  $MID_{ext}$ ,  $MID_{inh}$ ,  $MID_{sub}$ ,  $MID_{ing}$ , (onderdeel 6.5.2) voor zover van toepassing;
- 4 berekening van MID volgens:

$$MID = MID_{ext} + MID_{inh} + MID_{sub} + MID_{ing} \quad [Sv/a] \quad \mathbf{6.9}$$

Voor toetsing aan het SN wordt voor iedere emissiesoort afzonderlijk de maximale waarde van MID vastgesteld (de dosis voor de selectiegroep).

### 6.5.3 Berekening van de actuele dosis AID

**De berekening van de actuele dosis AID is alleen nodig voor de emissiesoorten waarvoor MID het Secundair Niveau overschrijdt.**

Indien er sprake is van bewoning of, gezien het bestemmingsplan, bewoning mogelijk is, is AID gelijk aan MID. Indien er geen sprake is van bewoning (en deze volgens het bestemmingsplan ook niet mogelijk is), dan worden bij de berekening van AID andere of additionele correctiefactoren toegepast ten opzichte van MID. AID zal in dit geval kleiner zijn dan MID.

De berekening van AID geschiedt analoog aan die van MID, waarbij echter voor die individuele dosisbijdragen die niet het gevolg zijn van blijvende besmetting van het milieu, rekening wordt gehouden met het feitelijke huidige gebruik van de omgeving. Hiervoor komen de dosisbijdragen in aanmerking die het gevolg zijn van besmetting in de lucht (zoals inhalatie) of van de aanwezigheid van een stralende vaste bron. Voor deze bijdragen wordt verondersteld dat zij niet meer bestaan indien de bron geen emissies meer veroorzaakt.

Voor de dosisbijdragen die wel het gevolg zijn van een blijvende besmetting van het milieu (bijvoorbeeld van besmetting van de grond) wordt de berekening uitgevoerd zoals voor de multifunctionele dosis MID. Deze bijdragen blijven immers bestaan ook nadat de bron geen emissies meer veroorzaakt.

In de praktijk kunnen alleen de volgende locatiegebonden dosisbijdragen worden gecorrigeerd om rekening te houden met het feitelijke huidige gebruik van de locatie:

- 1 externe blootstellingdosis vanuit een vaste bron (niet die vanaf de grond),
- 2 externe blootstellingdosis vanuit de lucht,
- 3 inhalatiedosis,
- 4 submersiedosis.

### *Actuele Blootstelling Correctiefactoren (ABC-factoren)*

De hiervoor genoemde doses zijn direct evenredig aan de blootstellingduur. Als er ter plaatse niet gewoond wordt, zal de feitelijke blootstellingduur korter zijn dan bij bewoning. Om daarmee rekening te houden wordt een correctiefactor toegepast, de Actuele Blootstelling Correctiefactor (ABC factor) genoemd.

In tabel 6.2 worden de ABC factoren gegeven voor verschillende bestemmingen. Voor iedere beschouwde situatie dient de aangegeven waarde te worden gebruikt. Indien het feitelijk gebruik niet onder de in tabel 6.2 genoemde categorieën valt, dient een toepasselijke keuze te worden gemaakt uit de in de tabel vermelde waarden.

### *Optelling dosisbijdragen van verschillende belastingspaden*

Voor de berekening van AID voor één emissiesoort moeten de relevante gecorrigeerde en ongecorrigeerde individuele dosisbijdragen verbonden aan de verschillende belastingspaden en blootstellingwegen worden opgeteld indien zij dezelfde personen (kunnen) treffen.

Bij de optelling mogen de bijdragen die ruw geschat minder dan 0,1  $\mu\text{Sv}$  ten gevolge van lozingen en 1  $\mu\text{Sv}$  ten gevolge van externe straling in een jaar bedragen, worden weggelaten. In tabel 6.3 wordt voor iedere dosisbijdrage aangegeven welke correctie toegepast moet worden om de actuele dosis AID te berekenen.

### **Samenvattend:**

De berekening van de **actuele individuele dosis (AID)** voor één emissiesoort vindt plaats via de volgende stappen:

- 1 berekening van de individuele dosisbijdragen per belastingpad (onderdeel 6.4);
- 2 vaststelling (mede aan de hand van de in tabel 6.2 genoemde bestemmingen) van het feitelijke gebruik van de locatie waarvoor de dosis wordt berekend;
- 3 vermenigvuldiging van de berekende waarden met de erbij behorende correctiefactor (zie tabel 6.3);
- 4 optelling van de gecorrigeerde en ongecorrigeerde dosisbijdragen.

Voor de onderbouwing van het redelijkerwijs criterium voor de beschouwde emissiesoort (zie onderdeel 7.1) wordt de maximale berekende waarde van AID vastgesteld. Voor toetsing aan de locatielimiet wordt vervolgens de totale AID berekend (zie onderdeel 7.2).

Opgemerkt wordt dat bij optelling van gecorrigeerde en ongecorrigeerde dosisbijdragen de berekende AID geen werkelijke ontvangen dosis is. De berekende waarde geeft een overschatting van de thans ontvangen dosis (indien geen sprake is van bewoning), en tevens geeft ze een conservatieve indicatie van de toekomstige 'onvermijdelijke' dosis als gevolg van blijvende besmetting van radionucliden in het milieu.

Tabel 6.2 Actuele Blootstelling Correctiefactoren (ABC-factoren) voor verschillende omgevingsbestemmingen, t.b.v. de berekening van de AID bijdrage voor: externe blootstelling vanuit een vaste bron en vanuit de lucht, inhalatie en submersie (zie tekst).

Omgevingsbestemming – categorie	ABC factoren <sup>*)</sup>
Vervoer over de weg	0,001 <sup>0)</sup>
Watergebied bestemd voor (doorgaande) beroepsscheepvaart	0,01 <sup>1)</sup>
Aanleghavens voor passanten	0,03 <sup>2)</sup>
Jachthavens en vaste ligplaatsen voor beroepsvaart en volkstuinen	0,1 <sup>3)</sup>
Kampeerterreinen	0,2 <sup>4)</sup>
Dagrecreatiegebied (park, bos, duin, water, strand), dus geen kampeerterreinen	0,03 <sup>5)</sup>
Parkeerterrein	0,01 <sup>6)</sup>
Snelweg, andere doorgaande (stads)wegen, niet doorgaande wegen niet direct grenzend aan woongebied en wegen binnen industrieterreinen	0,01 <sup>7)</sup>
Niet doorgaande weg langs de bron, direct grenzend aan woongebied (spelende kinderen), Taxistandplaats	0,1 <sup>8)</sup>
Weiland of akkerbouw	0,01 <sup>9)</sup>
Belendende industrieën, instellingen, kantoorgebouwen etc, zonder bewoning	0,2 <sup>10) 11)</sup>

\*) Indien de bron in het algemeen niet gedurende 24 uur per dag in bedrijf is, moet daarvoor eventueel gecorrigeerd worden; indien de bron een bepaalde blootstelling per jaar geeft, maar alleen gedurende werktijden, kan geen correctie voor (werk)verblijftijd worden gehanteerd.

0) Onder aanname dat de normaal geldende vervoersbepalingen blijven gelden.

1) Een bemanning van een boot zal bij *langs varen* nooit langer dan in totaal 3,6 dagen per jaar ter hoogte van een bron verblijven.

Bij *aanleggen* bij een terrein geldt het schip als onderdeel van het terrein en gelden dus de arbeidsnormen voor dat terrein, behalve indien het een woonboot betreft.

2) De verblijftijden bij één bron zullen doorgaans niet meer dan 12 dagen per jaar zijn (1/30<sup>e</sup> jaar).

- 3) In jachthavens etc vertoeft men in het algemeen niet meer dan in totaal ca 1 maand per jaar. In volkstuinen verblijft men in het algemeen alleen overdag.
- 4) Op kampeerterreinen verblijven velen gedurende de gehele zomerperiode.
- 5) Zeilen, zwemmen, vissen en zonnen zal bij dagrecreatie niet langer dan 8 uur per dag gedurende 30 dagen per jaar plaatsvinden precies bij een bepaalde bron of inrichting.
- 6) Een persoon zal bij normaal gebruik niet langer dan in totaal ca 15 min per dag op een parkeerterrein vertoeven.
- 7) Zelfs op een snelweg waar regelmatig files staan - bijvoorbeeld voor de Coentunnel - zal een passant gemiddeld over een jaar nooit meer dan 15 min per dag precies voor die ene bron of inrichting staan. Dit geldt ook voor doorgaande (stads)wegen.
- 8) Op een stoep bij een woongebied kan iemand zich theoretisch gedurende enige tijd per dag bevinden - spelende kinderen bijvoorbeeld. Deze kunnen in principe het hele jaar door buiten spelen, niet alleen op dagen met aangenaam weer, wat in het algemeen wel geldt voor recreatiegebieden.
- 9) Een boer zal zich nooit de gehele werktijd vlak bij de terreingrens bevinden, maar zich ophouden in het gehele gebied. Bovendien werkt hij gemiddeld maar 8 uur per dag buiten.
- 10) De huidige werktijd is nog maar ca 1800 uur, dat wil zeggen 1/5 van een jaar.
- 11) Indien het werk doorgaans binnen plaatsvindt, moeten in dit geval zowel de ABC-factor als de afschermingfactor (zie onderdeel 6.5.2) gehanteerd worden

Tabel 6.3 Type correctiefactoren waarmee de berekende individuele dosisbijdragen voor de verschillende belastingspaden worden vermenigvuldigd om de actuele dosis AID te bepalen.

Dosisbijdrage	correctie		geen corr.  c)
	ABC factor <sup>a)</sup>	afsch. factor <sup>b)</sup>	
<i>lokaal gebonden:</i>  <div> <div>externe blootstellingdosis vanuit een vaste bron</div> <div>externe blootstellingdosis vanuit de lucht</div> <div>externe blootstellingdosis vanaf de grond</div> <div>inhalatiedosis</div> <div>submersiedosis</div> <div>ingestiedosis producten uit eigen moestuin</div> </div> <i>niet lokaal gebonden:</i>  <div> <div>ingestiedosis voedingsmiddelen uit voedselgebieden</div> <div>ingestiedosis visproducten</div> <div>ingestiedosis drinkwater</div> </div>	<div>•</div> <div>•</div> <div>•</div> <div>•</div> <div>•</div> <div>•</div>	<div>•<sup>d)</sup></div> <div></div> <div>•</div> <div></div> <div></div> <div></div>	<div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div>•</div> <div></div> <div></div> <div>•</div> <div>•</div> <div>•</div>

a) zie tab 6.2.

b) factor (=0,25) om rekening te houden met de afscherming geboden door een standaard woning tegen gammastraling (zie ook formule 6.6).

c) voor deze paden is de bijdrage aan AID gelijk aan de individuele dosisbijdrage (zie onderdeel 6.4).

d) bij werk binnenshuis wordt zowel de ABC factor als de afschermingfactor door het gebouw toegepast.

## 7 Toetsing van de uitkomsten aan de dosisniveaus

### 7.1 Toetsing aan het Secundair Niveau

De toetsing aan het Secundair Niveau wordt gedaan per **iedere emissiesoort afzonderlijk**. Hiervoor wordt de berekende multifunctionele individuele dosis (MID) vergeleken met de bij de betreffende emissiesoort horende SN.

Als voor een emissiesoort de volgens Deel II berekende **MID lager ligt dan SN**, dus als:

- voor externe straling      MID(externe straling)     $\leq$     10  $\mu$ Sv
- voor luchtlozingen        MID(luchtlozing)         $\leq$     1  $\mu$ Sv
- voor waterlozingen        MID(waterlozing)        $\leq$     1  $\mu$ Sv

dan is er sprake van een emissiesoort die geringe risico's voor de omgeving met zich meebrengt.

Voor de betreffende emissiesoort zal in de vergunningaanvraag de berekende waarde van MID worden opgenomen.

Als voor een emissiesoort de volgens Deel II berekende **MID hoger ligt dan SN**, dus als:

- voor externe straling      MID(externe straling)     $>$     10  $\mu$ Sv
- voor luchtlozingen        MID(luchtlozing)         $>$     1  $\mu$ Sv
- voor waterlozingen        MID(waterlozing)        $>$     1  $\mu$ Sv

dan is er sprake van een emissiesoort die zodanige gevolgen voor de omgeving met zich meebrengt dat van de zijde van de overheid nadere gegevens worden gevraagd. Naast MID dient voor de betreffende emissiesoort ook AID te worden berekend.

Voor de betreffende emissiesoort zullen in de vergunningaanvraag zowel de berekende MID als de berekende AID worden opgenomen.

### 7.2 Toetsing aan de locatielimiet

De toetsing aan de locatielimiet wordt gedaan voor alle emissiesoorten tezamen. Hiervoor wordt de **totale AID** berekend, dat wil zeggen de actuele dosis van **alle relevante emissiesoorten samen**. Voor de berekening van de totale AID worden de verschillende dosisbijdragen opgeteld die dezelfde groep mensen (kunnen) treffen.

De berekende waarde van de totale AID wordt vergeleken met de locatielimiet van 100  $\mu$ Sv.



## Aanhangsel A bij bijlage 1.5

### A.1 Dosiscoëfficiënten, bronconstanten en radiotoxiciteitsequivalenten

Voor de berekening van de radiotoxiciteitsequivalenten (zie onderdelen 4.3.1 en 4.4.1) en van de effectieve dosis (zie onderdeel 6.4) worden de radionuclidespecifieke dosiscoëfficiënten c.q. bronconstanten gebruikt uit de volgende referenties:

voor de **externe blootstellingdosis** t.g.v. **puntbron**:

bronconstante  $h$  uit [Kev96]

voor de **inhalatiedosis**:

dosiscoëfficiënten  $e_{inh}$  uit bijlage 7 bij deze verordening, onderdeel B, annex G en H

voor de **submersiedosis**:

dosiscoëfficiënten  $e_{sub}$  uit bijlage 7 bij deze verordening, onderdeel B, annex C

voor de **ingestiedosis**:

dosiscoëfficiënten  $e_{ing}$  uit bijlage 7 bij deze verordening, onderdeel B, annex F

### A.2 Afwijkende parameterwaarden

Indien om een of andere, te onderbouwen, reden de waarden waarnaar in onderdeel A.1 wordt verwezen niet gebruikt kunnen worden, dient men een berekening uit te voeren uitgaande van de in genoemde referenties aangegeven methodiek. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn in situaties waarin de modelaannames waaronder de dosiscoëfficiënten zijn afgeleid niet representatief zijn. Daarbij dient in het bijzonder rekening te worden gehouden met het volgende:

#### I Fysiologische gegevens

Voor fysiologische gegevens dienen ICRP-23 [IC75] en ICRP-89 [IC102] te worden gebruikt, behalve voor het long- en botmodel, waarvoor ICRP-66 [IC93] en ICRP-70 [IC95] moeten worden gebruikt.

#### II Metabole modellen

- Voor het longmodel moet ICRP-66 [IC93] worden gebruikt
- Voor botdoses dient voor zover mogelijk ICRP-70 [IC95] te worden gebruikt en waar gegevens ontbreken ICRP-30 [IC79]
- Voor het maagdarm-kanaal dient ICRP-30 [IC79] te worden gebruikt, aangevuld met de 'gut-factoren' uit [NEA88]

## Referenties

- COM98 Mededeling van de Commissie betreffende de toepassing van Richtlijn 96/29/Euratom van de Raad van 13 mei 1996 tot vaststelling van de basisnormen voor de bescherming van de gezondheid der bevolking en der werkers tegen de aan ioniserende straling verbonden gevaren; ISBN 92 78 31166 9
- DOA02 RO Blaauboer; Dosisberekening voor de Omgeving bij Vergunningverlening Ioniserende Straling (DOVIS), Deel A - Lozingen in lucht en water; RIVM rapport 610310006/2002, (2002)
- DOB02 JFA v Hienen, EIM Meijne, NB Verhoef; Dosisberekening voor de Omgeving bij Vergunningverlening Ioniserende Straling (DOVIS), Deel B - Externe Straling; NRG rapport 20733/02.45655/C, (2002)
- IAE96 IAEA Safety Series nr. 115; International Basis Safety Standards for protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources; ISBN 92 0 104295 7 (1996)
- IC75 ICRP publicatie 23 (Annals of the ICRP Vol 24 No. 1-3); Reference Man: Anatomical, Physiological and Metabolic Characteristics; ISBN 0 08 017024 2 (1975)
- IC79 ICRP publicaties 30 (Annals of the ICRP Vol 24 No. 1-3); Limits or Intakes of Radionuclides by Workers; ISBN 0 08 037364 (1979)
- IC89 ICRP Publicatie 56 (Annals of the ICRP Vol 24 No. 1-3); Age dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part I; ISBN 0 08 040763 3 (1989)
- IC90 ICRP publicatie 60 (Annals of the ICRP Vol 24 No. 1-3); 1990 Recommendations of the Internal Commission on Radiological Protection; ISBN nr 0 08 041144 4 (1990)
- IC91 ICRP publicatie 61 (Annals of the ICRP Vol 24 No. 1-3); Annual Limits on Intake of Radionuclides by Workers Based on the 1990 Recommendations; ISBN nr 0 08 041145 2 (1991)
- IC93 ICRP publicatie 66 (Annals of the ICRP Vol 24 No. 1-3); Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection; ISBN 0 08 041154 1 (1993)

IC95	ICRP publicatie 70 (Annals of the ICRP Vol 25 No.2); Basic Anatomical and Physiological Data for use in Radiological Protection: The Skeleton; ISBN 0 08 042665 4 (1995)
IC96	ICRP publicatie 72 (Annals of the ICRP Vol 26 No.1); Age-dependent Doses to the members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Dose Coefficients ; ISBN 0 08 042737 5 (1996)
IC02	ICRP publication 89 (Annals of the IRCP Vol 32 No. 3-4); Basic anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection Reference Values; ISBN 0 08 044266 8 (2002)
Kev96	AS Keverling Buisman; Handboek Radionucliden; ISBN 90 75541 02 3
Koc83	Kocher, DC. Dose rate conversion factors for external exposure to photons and electrons. Health Physics, 45, 665-686 (1983)
NEA88	NEA, Gastrointestinal absorption of selected radionuclides: A report by an NEA expert group, Paris, OECD/NEA (1988)
PSA93	PM Roelofsen en J van der Steen; Richtlijn niveau-3 PSA, ECN-C-93-057 (1993)
TNO94	KFAM Hulshof en C Kistemaker; Consumptie van produktgroepen, relevant voor de stralingsbelasting, door de Nederlandse bevolking; TNO rapport nr. V 94.078 (1994)

## Bijlage 9, behorend bij artikel 6.1

*Rekenmethodes voor toetsing van de door bouwmaterialen uitgezonden gammastraling aan het referentieniveau*

### a. Index-methode

De richtlijn geeft in annex VIII de volgende bepaling van de activiteitsconcentratie-index I voor door bouwmaterialen uitgezonden gammastraling:

$$I = a_1/300 \text{ Bq/g} + a_2/200 \text{ Bq/g} + a_3/3000 \text{ Bq/g}$$

Met  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  als activiteitsconcentraties van de respectievelijke primordiale radionucliden  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  en  $^{40}\text{K}$  uitgedrukt in Bq/kg.

De activiteitsconcentratie-indexwaarde van 1 kan gebruikt worden als een conservatieve benadering om aan te tonen dat het referentieniveau als bedoeld in artikel 9.10, achtste lid, ten gevolge van de door bouwmaterialen uitgezonden gammastraling niet wordt overschreden.

### b. CEN methode

CEN (Comité Européen de Normalisation) technical body CEN/TC-351 heeft een methode uitgewerkt voor de berekening van de dosis ten gevolge van de door bouwmaterialen uitgezonden gammastraling<sup>13</sup>. In deze methode wordt de dosis, ten gevolge van externe stralingsbelasting, geschat door naast rekening te houden met de activiteitsconcentraties van de aanwezige primordiale radionucliden, eveneens rekening te houden met de dichtheid en dikte van de bouwmaterialen bij hun beoogd gebruik.

Dosis D, uitgedrukt in mSv per kalenderjaar, wordt als volgt geschat

$$D = + [281 + 16,3pd - 0,0161(pd)]^2 \times a_1 \\ + [319 + 18,5pd - 0,0178(pd)]^2 \times a_2 \times 10^{-6} - 0,29 \text{ mSv / jaar} \\ + [22,3 + 1,28pd - 0,00114(pd)]^2 \times a_3$$

Met  $p$  = dichtheid [ $\text{kg/m}^3$ ] en  $d$  = dikte [m] van de bouwmaterialen bij hun beoogd gebruik en met  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  als activiteitsconcentraties van de respectievelijke primordiale radionucliden  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  en  $^{40}\text{K}$  uitgedrukt in Bq/kg. De correctiefactor (- 0,29 mSv/jaar) dient om te corrigeren voor de afscherming door de bouwmaterialen van de gemiddelde terrestrische en kosmische dosis in de EU.

### c. Bepaling van het percentage grondstoffen dat maximaal aan bouwmaterialen mag worden toegevoegd.

Methode voor bepaling het percentage grondstoffen, genoemd zijn in bijlage 6.1 van de regeling, dat afhankelijk van de oppervlakedichtheid van het bouw materiaal, mag worden toegevoegd aan dit product. Deze methode mag alleen worden toegepast bij grondstoffen waarvan de gewogen sommatie van de aanwezige primordiale radionucliden  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  en  $^{40}\text{K}$ , als bedoeld in artikel 6.2, tweede lid, niet hoger is dan 1. Bouwmaterialen, waarvan het relatieve grondstoffengehalte en de oppervlakedichtheid overeenkomen met het gebied beneden de doorgetrokken lijn van de onderstaande grafiek, blijven beneden het gestelde referentieniveau als bedoeld in artikel 9.10,

---

<sup>13</sup> <https://www.nen.nl/Normontwikkeling/Doe-mee/Normcommissies-en-nieuwe-trajecten/Normcommissies-Bouw/CENTC-351.htm>

achtste lid. Bouwmaterialen die overeenkomen met het gebied boven de doorgetrokken lijn, moeten worden getoetst aan het referentieniveau conform de voorschriften van artikel 6.1, eerste lid.

De verticale (Y)-as van de grafiek geeft het gehalte van de grondstoffen, genoemd in bijlage 6.1 van de regeling, weer; de gewogen sommatie van de aanwezige radionucliden is niet hoger dan 1. De horizontale (X)-as geeft de oppervlakedichtheid van het bouwproduct, waarin de grondstof is verwerkt, weer.

