

RADIOACTIVITEIT IN CONSUMENTENPRODUCTEN

Van rookmelder tot cameralens

Harry Eleveld

Laboratorium voor Stralingsonderzoek, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Postbus 1, 3720 BA, Bilthoven

Aan tal van consumentenproducten worden radioactieve stoffen toegevoegd. In sommige gevallen berust de werking van de producten op ionisatie door straling, zoals bijvoorbeeld in ionisatierookmelders. In andere gevallen zijn de radioactieve stoffen niet vanwege de straling toegevoegd; voorbeelden zijn gloeikousjes en cameralenzen. Producten die voorzien zijn van radioactiviteit kunnen in de diverse fasen van hun bestaan een stralingsdosis veroorzaken. In dit artikel worden de overwegingen bij en de resultaten van de schattingen van de dosissen gevolge van radioactiviteit in consumentenproducten toegelicht.

Recent verschenen verontrustende berichten in de krant over de radioactiviteit in ionisatierookmelders. Het gebruik van rookmelders wordt volop gepropageerd en sommige gemeenten stellen de ionisatierookmelder gratis ter beschikking. In een ionisatierookmelder is een radioactieve bron opgenomen om de lucht te ioniseren. Rookdeeltjes verstoren de ionisatiegraad en daardoor de elektrische geleiding van de ionisatiekamer. De verandering in de geleiding wordt gedetecteerd, waardoor een alarm in werking wordt gezet.

De Europese Unie heeft een richtlijn¹ opgesteld die een basis moet vormen voor de regelgeving ter zake in de verschillende lidstaten. In de richtlijn zijn grenzen voor hoeveelheden activiteit en activiteitsconcentraties in consumentenproducten gegeven. De Nederlandse overheid bezint zich op de implementatie van deze regelgeving en heeft inmiddels een Ontwerp-Besluit Stralingsbescherming gepubliceerd dat onder andere is gebaseerd op de genoemde EU-richtlijn.

Aan het RIVM is gevraagd om de activiteitsconcentratie, dan wel de totale activiteit in consumentenproducten te inventariseren, en een eerste schatting te maken van de dosisbijdrage. De resultaten van de dosisschatting dienen te worden vergeleken met een tweetal dosiswaarden, namelijk $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$ voor de individuele dosis en $1 \text{ mensSv}\cdot\text{a}^{-1}$ voor de collectieve dosis. In een RIVM-rapport² is het onderzoek in detail beschreven.

Voor de dosisschatting voor leden van de bevolking tijdens de opslag- en handelsfase, gebruiksfase en afvalfase van de consumentenproducten zijn scenario's opgesteld. Die scenario's en bijbehorende aannamen worden onder het kopje 'dosisschattingmethode' toegelicht. Met uitzondering van een brand in een opslagplaats zijn incidenten en ongevallen tijdens de verschillende levensfasen van de producten niet nader beschouwd, aangezien de bijbehorende scenario's zeer divers zijn. Bo-

vendien is het nauwelijks mogelijk om, zonder aanvullend onderzoek, aan elk scenario een kans van optreden toe te kennen.

Waarom en hoeveel radioactiviteit in consumentenproducten

In het geval van ionisatierookmelders, TL-buisstarters, antistatische middelen (bijvoorbeeld borstels waaraan radioactiviteit is toegevoegd om statische elektriciteit te verminderen), luminescerende middelen (lichtcellen gevuld met tritium), elektronica, enkele typen lasstaven (thoriumoxide onder andere ter snelle ontsteking en ter stabilisatie van de vlamboog), overslagbeveiligingen (bijvoorbeeld beveiliging tegen overslag in hoogspanningsleidingen zoals de bovenleidingen van spoorwegen) en scintillatoren in uurwerken is het duidelijk dat de radioactiviteit primair is toegevoegd om het product zijn functie te laten vervullen. Daarnaast zijn er producten, zoals keramiek (ook sieraden waarin uranium- en thoriumoxiden zijn opgenomen ter kleuring), mineralen, radioactieve gloeikousjes (bij verbranding van thoriumnitraat ontstaat thoriumoxide met afgifte van helder wit licht) en cameralenzen/oculaires (goede lichtbreking) waarin radioactieve stoffen zijn verwerkt, waarbij de straling geen functie heeft bij de werking van het product.

In Tabel 1 worden per product de activiteit, dan wel de activiteitsconcentraties vermeld. Ook geeft de tabel aan of de activiteitscriteria de EU-richtlijn worden overschreden.

Dosisschattingmethode

Uit een literatuurstudie bleek dat er zeer verschillende methoden gehanteerd worden voor het schatten van de dosis. Voor dit onderzoek is een gestandaardiseerde (conservatieve) dosisschattingmethode opgesteld voor elke levensfase van een product. Een dergelijke methode heeft als voordeel dat de dosisschattin-

Tabel 1 Indeling van de beschouwde consumentenproducten naar overschrijding van criteria voor de activiteit per product en de activiteitsconcentratie volgens de EU-richtlijn¹.

product	radionuclide	activiteits- criterium [Bq]	activiteits- criterium [Bq/g]	activiteit per product ^a [Bq]	activiteits- conc. ^a [Bq/g]
<i>Overschrijding activiteitscriteria EU-richtlijn</i>					
gloeikousjes	Th-232 ^b	10 ³	10 ⁰	1,8.10 ³	
rookmelders	Am-241	10 ⁴	10 ⁰	3,7.10 ⁴	
antistatische middelen	Am-241	10 ⁴	10 ⁰	1,0.10 ⁶	
antistatische middelen	Po-210	10 ⁴	10 ¹	1,8.10 ⁷	
TL-starters	Kr-85	10 ⁴	10 ⁵	1,9.10 ⁴	
luminescentie (GTLS)	H-3	10 ⁹	10 ⁶	1,0.10 ¹⁰	
keramische tegels ^c	Ra-226 ^b	10 ⁴	10 ¹	2,1.10 ⁵	
keramiek voor sieraden	U-238 ^b	10 ³	10 ⁰		4.10 ²
lastaven	Th-232 ^b	10 ³	10 ⁰	1,0.10 ³	7.10 ¹
cameralenzen	Th-232 ^b	10 ³	10 ⁰		2.10 ²
<i>Geen overschrijding activiteitscriteria EU-richtlijn</i>					
rookmelders	Ra-226 ^b	10 ⁴	10 ¹	3,7.10 ³	
TL-starters	H-3	10 ⁹	10 ⁶	1,1.10 ⁴	
uurwerken	H-3	10 ⁹	10 ⁶	3,7.10 ⁸	
uurwerken	Pm-147	10 ⁷	10 ⁴	8,0.10 ⁶	
elektronica	Co-60	10 ⁵	10 ¹	2,6.10 ⁴	
elektronica	H-3	10 ⁹	10 ⁶	1,5.10 ⁶	
overslagbeveiligingen	Pm-147	10 ⁷	10 ⁴	1,8.10 ⁵	

a hoogst gemelde waarde

b activiteit per product en activiteitsconcentratie gelden voor het moedernuclide; de reeks van dochternucliden is in de activiteitscriteria verdisconteerd

c toetsing uitgevoerd voor 1300 tegels, die voor het betegelen van één badkamer nodig zijn

gen voor de producten onderling goed met elkaar te vergelijken zijn.

Met 'de dosis' wordt telkens, tenzij expliciet anders vermeld, de effectieve dosis bedoeld. In het kader van 'milieu'-gerelateerde problemen wordt de individuele dosis uitgedrukt in μSv in plaats van in mSv, zoals gebruikelijk bij het beschrijven van gezondheidseffecten.

Opslag- en handelsfase

De individuele en collectieve doses in de opslag- en handelsfase zijn geschat voor personen die een winkel, bouwmarkt e.d. bezoeken waar de producten aanwezig zijn.

Voor de schatting van de dosis is een werkwijze gehanteerd die voor alle onderzochte consumentenproducten nagenoeg gelijk is. Het individu wordt gedurende 10 minuten (aarzeling bij aanschaf van een product) blootgesteld aan 1000 stuks van het betreffende product, gelegen op 1 m afstand. Daarnaast is een puntbrongeometrie aangenomen. Er is dus sprake van een conservatieve schatting. Bij het schatten van de collectieve dosis is uitgegaan van dezelfde aannamen, zij het met één uitzondering. De verblijftijd is op slechts 1 minuut gesteld, omdat de meeste mensen het product alleen passeren. De grootte van de groep men-

sen die per jaar een winkel, bouwmarkt e.d. bezoeken is geschat op 2 miljoen.

Voor een brand in een opslag is uitgegaan van een deterministische luchtverspreidingsmethode. Daarbij is ter schatting van de dosis als blootstellingsweg slechts inhalatie in rekening gebracht. Er is uitgegaan van een vast scenario voor de meteorologie en lozingsomstandigheden. Verder is aangenomen dat alle activiteit vrijkomt. Het moge duidelijk zijn dat zo'n scenario behept is met grote onzekerheden. Zo is bijvoorbeeld de veronderstelde vrijzettingsgraad van 100% zeer groot en zou een waarde van 1% in het geval van americiumhoudende producten te overwegen zijn.

Gebruiksfase

Voor de gebruiksfase zijn de individuele en collectieve doses voor leden van de bevolking bepaald. Daarbij zijn per product aannamen gedaan voor de afstand tussen het product en de persoon die dosis ontvangt en de blootstellingstijd. Voor het schatten van de collectieve dosis is de individuele dosis vermenigvuldigd met het aantal personen dat wordt blootgesteld.

Tabel 2 Schatting van de individuele en collectieve doses in de opslag- en handelsfase, de gebruiksfase en de afvalfase van consumentenproducten waarin radioactieve stoffen zijn verwerkt (n.b.= niet bekend).

<i>opslag- en handelsfase</i>		<i>per 1000 producten</i>				
product	radionuclide	individueel			collectief	
		bevolking [$\mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$]	personeel [$\mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$]	brand [μSv]	bevolking [mensSv. a^{-1}]	personeel [mensSv. a^{-1}]
gloeikousjes	Th-232	0,11	13	1,4	0,022	0,04
rookmelders	Am-241	0,10	13	28	0,021	0,04
rookmelders	Ra-226	0,16	19	0,6	0,03	0,06
antistatische middelen	Am-241	2,8	300	800	0,6	1,0
antistatische middelen	Po-210	0,004	0,5	600	<1.10-3	0,0014
TL-starters	Kr-85	0,0012	0,14	<1.10-3	<1.10-3	<1.10-3
TL-starters	H-3	0 ^a	0 ^a	<1.10-3	0 ^a	0 ^a
luminescentie (GTLS)	H-3	0 ^a	0 ^a	21	0 ^a	0 ^a
keramische tegels	Ra-226	0,007	0,8	0	0,0013	0,0024
keramiek voor sieraden	U-238	0,9	1,0	0	<1.10-3	<1.10-3
lasstaven	Th-232	0,06	7	0,8	0,012	0,022
cameralenzen	Th-232	2	1200	n.b.	2	1,2
uurwerken	Pm-147	0,014	0,8	400	0,014	<1.10-3
uurwerken	H-3	0 ^a	0 ^a	0,6	0 ^a	0 ^a
elektronica	60-Co	0,016	190	<1.10-3	0,3	0,6
elektronica	H-3	0	0	0,003	0	0
overslagbeveiligingen	Pm-147	<1.10-3	0,025	14	<1.10-3	<1.10-3

<i>gebruiksfase en afvalfase</i>		<i>gebruiksfase</i>		<i>afvalfase</i>
product	radionuclide	individueel [$\mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$]	collectief [mensSv. a^{-1}]	individueel [$\mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$]
gloeikousjes	Th-232	50	35	0,006
rookmelders	Am-241	0,9	0,7	0,004
rookmelders	Ra-226	1,4	1,1	<1.10-3
antistatische middelen	Am-241	n.b.	n.b.	0,10
antistatische middelen	Po-210	n.b.	n.b.	0,08
TL-starters	Kr-85	0,004	0,007	<1.10-3
TL-starters	H-3	0 ^a	0 ^a	<1.10-3
luminescentie (GTLS)	H-3	0 ^a	0 ^a	1,4
keramische tegels	Ra-226	4	60	0
keramiek voor sieraden	U-238	1,8	0,0018	0
lasstaven	Th-232	160	3	<1.10-3
cameralenzen	Th-232	4	13	110
uurwerken	Pm-147	3	0,15	5
uurwerken	H-3	0*	0*	0*
elektronica	Co-60	0,9	<1.10-3	<1.10-3
elektronica	H-3	0	0	0,04
overslagbeveiligingen	Pm-147	0,011	<1.10-3	0,007

a uitgaande van producten die geen tritium lekken;
voor lekkende producten zij verwezen naar de tekst

Afvalfase

Voor verbranding tijdens de afvalfase is een probabilistische benadering gevolgd, waarbij als blootstellingsweg alleen inhalatie in rekening is gebracht. Daarbij is een dispersiecoëfficiënt bepaald voor het verbrandingsscenario voor de locatie waar de jaargemiddelde con-

centratie maximaal is. De dispersiecoëfficiënt is berekend met het luchtverspreidingsmodel OPS³, uitgaande van een lozingshoogte van 30 m en een warmte-inhoud van 1 MW. Voor de vluchtige fractie van radionucliden is een waarde van 1 promille aangenomen. Voor edelgasen wordt daarentegen een vluchtige fractie van 1 verondersteld.

Tabel 3 Overzicht van de mogelijke overschrijding van de criteria voor radioactiviteit in consumentenproducten (*exemption levels* voor de activiteit per product en voor de activiteitsconcentratie) en dosiswaarden voor de individuele ($10 \mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$) en collectieve dosis ($1 \text{ mensSv}\cdot\text{a}^{-1}$) als gevolg van deze radioactiviteit.

mogelijke overschrijding van ten minste één activiteitscriterium

mogelijke overschrijding van ten minste één dosiswaarde

gloeikousjes:

opslag- en handelsfase: personeel individueel
gebruiksfase: bevolking individueel en collectief

antistatische middelen:

opslag- en handelsfase (15 st): personeel individueel
brand in opslag: bevolking individueel

gaseous tritium light sources (GTLs):

brand in opslag (500 st): bevolking individueel

keramische tegels:- gebruiksfase:

bevolking individueel en collectief

lasstaven:

gebruiksfase: bevolking individueel en collectief

cameralenzen en oculairs:

opslag- en handelsfase: personeel individueel

gebruikersfase: bevolking collectief

'afvalfase' (vitrinekast): bevolking individueel

geen overschrijding van ten minste één activiteitscriterium

rookmelders met Am-241
TL-starters met Kr-85
keramiek voor sieraden

geen overschrijding van ten minste één activiteitscriterium

mogelijke overschrijding van ten minste één dosiswaarde

rookmelders met Ra-226 (indien nog in de handel):

opslag- en handelsfase (500 st): personeel individueel

uurwerken met Pm-147:

brand in opslag (25 st): bevolking individueel

elektronica met Co-60 (indien nog in de handel):

opslag- en handelsfase (50 st.): personeel individueel

overslagbeveiligingen:

brand in opslag (1000 st): bevolking individueel

geen overschrijding van ten minste één activiteitscriterium

TL-starters met H-3:

uurwerken met H-3

elektronica met H-3

Tritiumlek

In het geval van consumentenproducten waarin tritium is verwerkt, is tevens een scenario voor lekken doorgerekend. Aangezien waterstof vluchtig is, kan het gemakkelijk lekken uit een houder zoals een horloge of een TL-starter. Een dosisschatting is gemaakt uitgaande van de totale tritiumactiviteit, het activiteitslek, het luchtverversingsvoud, de grootte van de ruimte en de verblijftijd in die ruimte.

Inhalatie, dosisconversiecoëfficiënten

De dosisconversiecoëfficiënten (DCC's) voor inhalatie door leden van de bevolking die bij het berekenen van de gevolgen van een brand in een opslag en verbranding tijdens de afvalfase zijn toegepast, zijn ontleend aan de EU-richtlijn¹. Voor de meeste radionucliden vermeldt de richtlijn drie waarden van de DCC voor inhalatie, namelijk voor de longabsorptieclassen F, M en S (*fast, medium* en *slow*). In een tabel van de

richtlijn wordt, op basis van aanbevelingen van de ICRP, per type chemische verbinding aangegeven welke klasse moet worden toegepast. Het RIVM-rapport² geeft nadere details over de berekeningswijze.

Externe straling, gammadosisconstanten

De gammadosisconstanten zijn overgenomen uit het 'Handboek radionucliden'⁴. In de berekeningen is afscherming door materialen tussen het product en de persoon die de straling ontvangt en zelfabsorptie in bijvoorbeeld een gestapelde hoeveelheid producten in opslag niet meegenomen. Dit resulteert in een conservatieve schatting. Echter, indien de dosisschatting daardoor onrealistisch hoog wordt, dan is dit expliciet bij de bespreking van de resultaten vermeld.

Resultaten en discussie

In Tabel 2 staat een overzicht van de geschatte doses voor leden van de bevolking ten gevolge van consumentenproducten in de verschillende fasen. In één oogopslag is zichtbaar dat de doses enorm variëren van product tot product en per fase. Tabel 3 geeft het resultaat van de toetsing aan de activiteitscriteria uit de EU-richtlijn en van de vergelijking met de in het onderzoek gehanteerde dosiswaarden. Een product is ingedeeld in de categorie 'overschrijding' als ten minste één van de dosiswaarden in ten minste één van de beschouwde fasen van het product wordt overschreden.

Met betrekking tot de opslag- en handelfase blijkt uit de tabel dat de dosis voor leden van de bevolking kleiner is dan 10 μSv per jaar (per 1000 opgeslagen producten). Echter, voor het personeel kan de dosis wel hoger zijn dan de genoemde waarde, met uitschieters ten aanzien van de doses door cameralenzen, elektronica en antistatische middelen. De doses ten gevolge van een brand in opslag kunnen (fors) hoger zijn dan 10 μSv . De collectieve dosis bedraagt naar schatting maximaal 2 $\text{mSv}\cdot\text{a}^{-1}$.

Voor de gebruiksfase geldt dat de individuele dosis kleiner is dan 10 μSv per jaar, met uitzondering van de doses door het gebruik van gloeikousjes en lasstaven. Hierbij dient te worden opgemerkt dat het onduidelijk is hoeveel van de bovenstaande producten nog worden verkocht. Desalniettemin is er een schatting gedaan van de collectieve dosis; gloeikousjes en keramische tegels blijken er uit te springen. Bij de keramische tegels is er onzekerheid met betrekking tot de gebruikte glazuurlaag. Afhankelijk van het type glazuur straalt de tegel meer of minder. Daarnaast is het onzeker hoeveel badkamers zijn voorzien van een bepaald type tegel.

In de afvalfase blijft de individuele dosis beperkt tot maximaal 10 $\mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$, met uitzondering van de dosis ten gevolge van, let wel,

uitstalling van cameralenzen. Net als in het geval voor uurwerken zijn cameralenzen in de afvalfase beschouwd door een opstelling van die producten in een huiskamer; dit in afwijking tot het 'standaard' scenario voor de afvalfase. Daarbij moet worden bedacht dat de hoeveelheid thorium per lens zeer verschillend is.

Conclusies

Het RIVM-rapport² geeft een overzicht van de risico's van consumentenproducten waarin radioactiviteit is verwerkt. Behalve een vergelijking met de activiteitscriteria zijn conservatieve schattingen gemaakt van de individuele dosis en collectieve dosis. De hier geschatte dosis zijn gebaseerd op de aangegeven scenario's. Het inschatten van de daadwerkelijke bijdrage aan de doses vraagt een meer specifieke inventarisatie van, onder meer, het gebruik en het marktaandeel van radioactieve consumentenproducten.

De volgende consumentenproducten waarin radioactiviteit is verwerkt overschrijden de door de EU (en de in het Ontwerp-Besluit Stralingsbescherming) aangegeven activiteitscriteria:

- gloeikousjes
- ionisatierookmelders met ^{241}Am
- antistatische middelen
- TL-starters met ^{85}Kr
- lichtcellen op basis van tritium (GTLS)
- keramische tegels
- keramiek voor sieraden
- lasstaven en
- cameralenzen en oculairs.

De bovenstaande producten, behoudens rookmelders met ^{241}Am , TL-starters met ^{85}Kr en keramiek voor sieraden, geven tevens aanleiding tot de overschrijding van ten minste één van de beide in dit onderzoek gehanteerde dosiswaarden.

Referenties

- 1 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. Publikatieblad van de Europese Gemeenschappen 29 juni 1996; L 159. ('de EU-richtlijn')
- 2 Eleveld H, Pruppers MJM. Schattingen van de individuele en collectieve dosis als gevolg van consumentenproducten waarin radioactieve stoffen zijn verwerkt. Bilthoven: RIVM, mei 2000; RIVM-rapportnr. 610310005.
- 3 Jaarsveld JA van. An Operational atmospheric transport model for Priority Substances; specification and instructions for use. Bilthoven: RIVM, 1990; RIVM rapport nr. 222501002.
- 4 Keverling Buisman AS. Handboek radionucliden. Bergen (NH): Beta text, 1996.