

Cursus Stralingsbeschermings- deskundige Inwendige besmetting



**Alomtegenwoordige
straling**

A.S. Keverling Buisman

Alomtegenwoordige straling

Straling die door iedereen altijd wordt ontvangen

Soms natuurlijke achtergrondstraling geheten, maar is het natuurlijk?

Bronnen: Kosmische straling

Radioactieve stoffen intern

Radioactieve stoffen extern

Kosmische straling



Meest belangrijk:

Galactisch (van melkwegstelsel)

Varieert met aantal zonnevlekken!

Soms solair: na zonneuitbarsting.

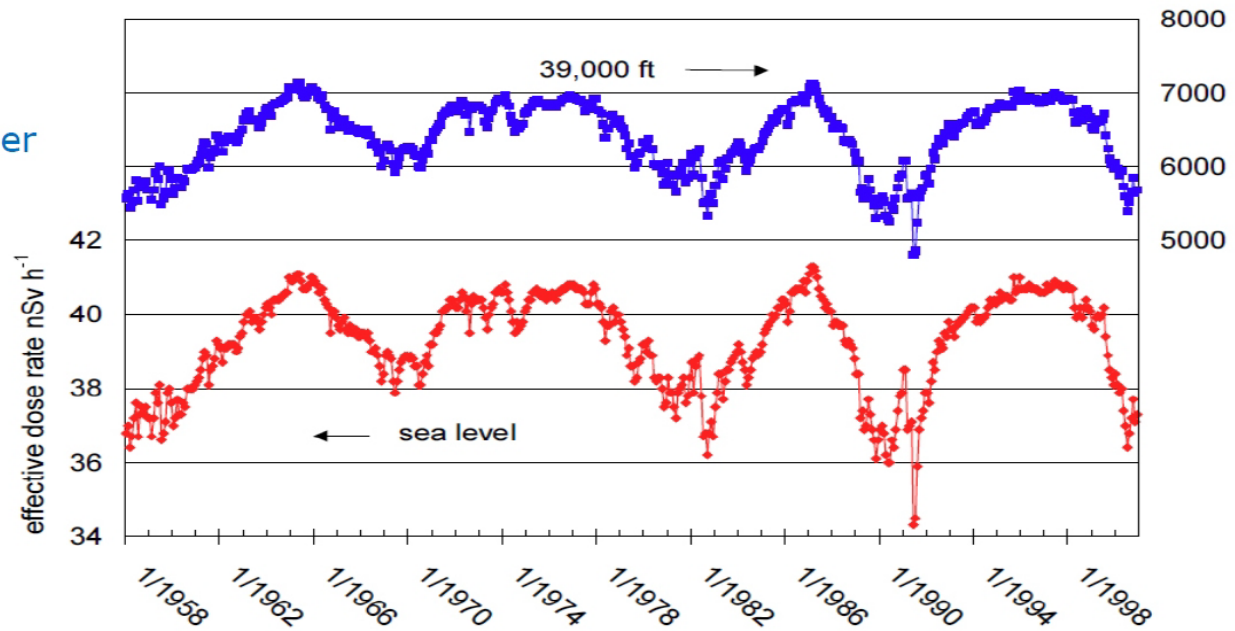
Kosmische straling



Effectief dosistempo door kosmische straling

Blauw: vliegverkeer

Rood: zeeniveau



Kosmische straling

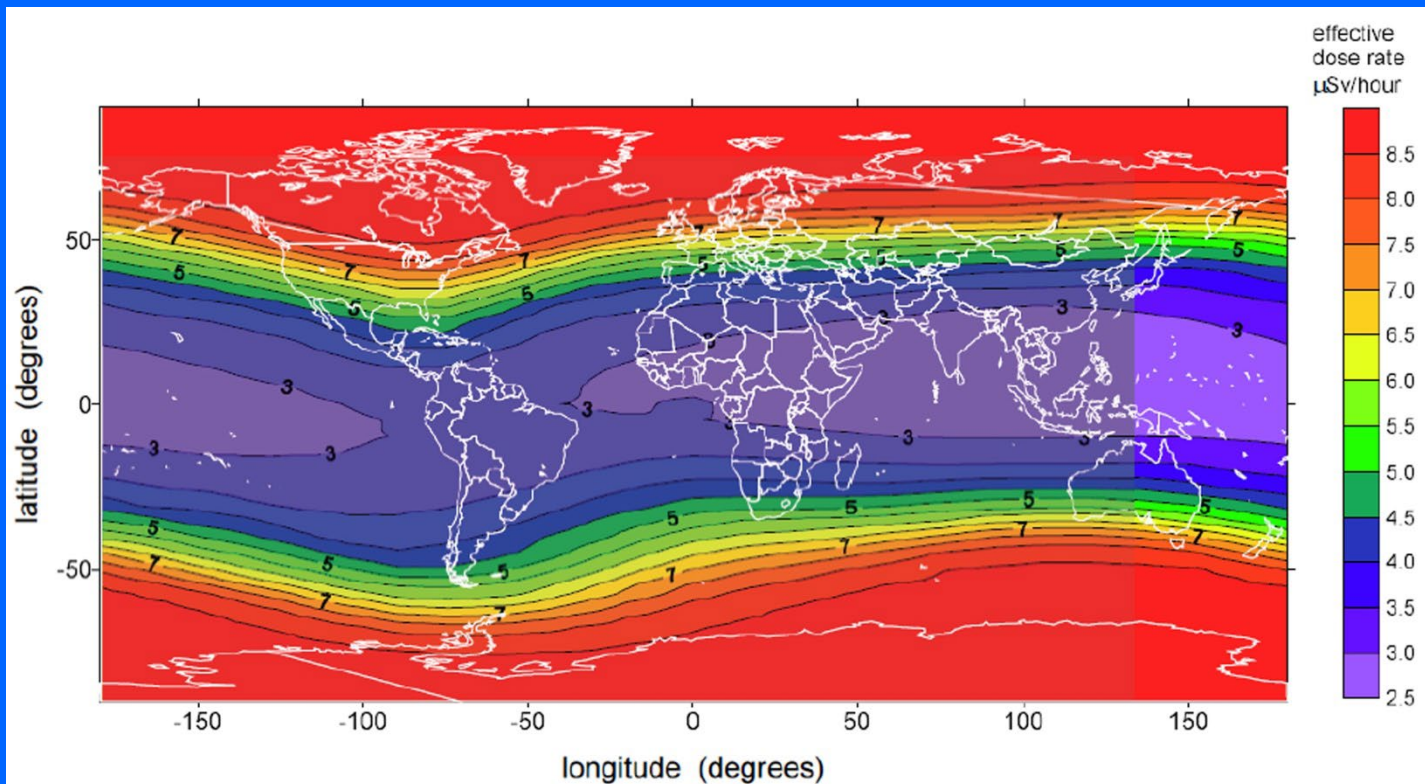


Figure 4 Effective dose rate as calculated with CARI-v6 for a typical flight altitude of 39,000 feet (about 11.9 km) in 1997 for different geographic latitudes and longitudes. By comparison, the dose rate at sea level amounts to about 40 nSv h^{-1} .

Kosmische straling

➤ Dosistempo in NL:

Buitenhuis: 10% van de tijd: 876 uur/jaar

$$E = 876 \text{ h} \times 40 \text{ nSv/h} = 0,035 \text{ mSv/j}$$

➤ Binnenshuis: 90% van de tijd = 7880 uur/j

Afscherming v/h huis: 60% gaat door

$$E = 7880 \text{ h} \times 40 \text{ nSv/h} \times 0,6 = 0,19 \text{ mSv}$$

Totaal: 0,22 mSv/j.

Radioactieve stoffen



Primordiaal: Nog niet vervallen sinds ontstaan van ons zonnestelsel

Kosmogeen: Ontstaat in atmosfeer tgv kosmische straling

Antropogeen: Door de mens in het milieu gebracht (regulier, kernbom, kernongeval)

Radioactieve stoffen

Primordiale radioactieve stoffen:

	$T_{1/2}$
Kalium-40	$1,3 \times 10^9$ j
Uranium-238-reeks	$4,5 \times 10^9$ j
Thorium-232-reeks	14×10^9 j

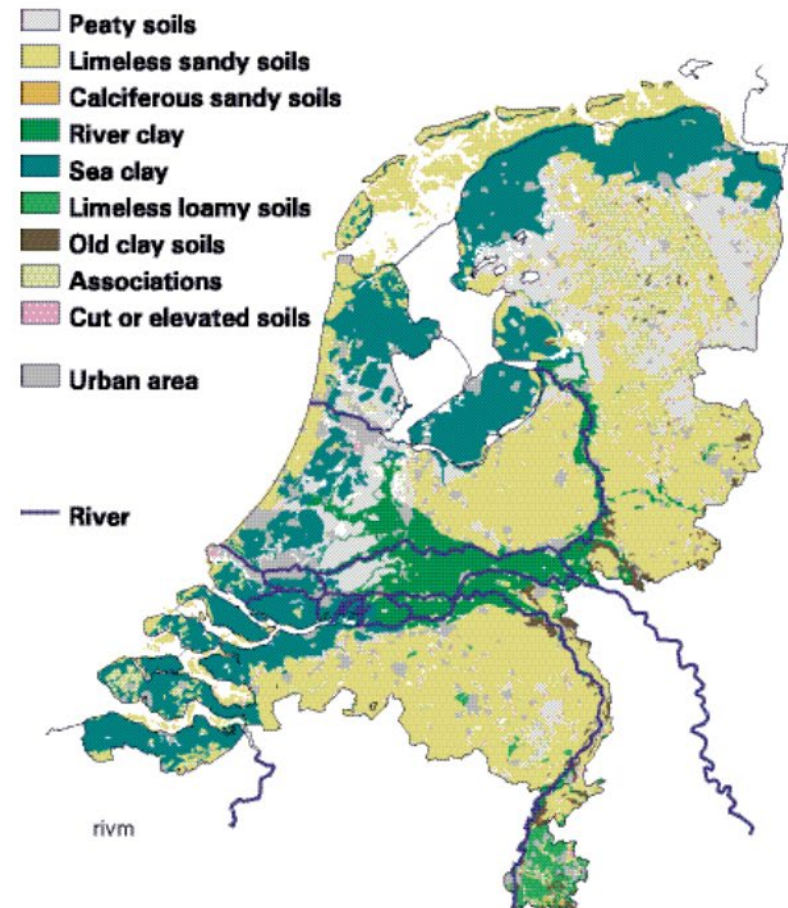
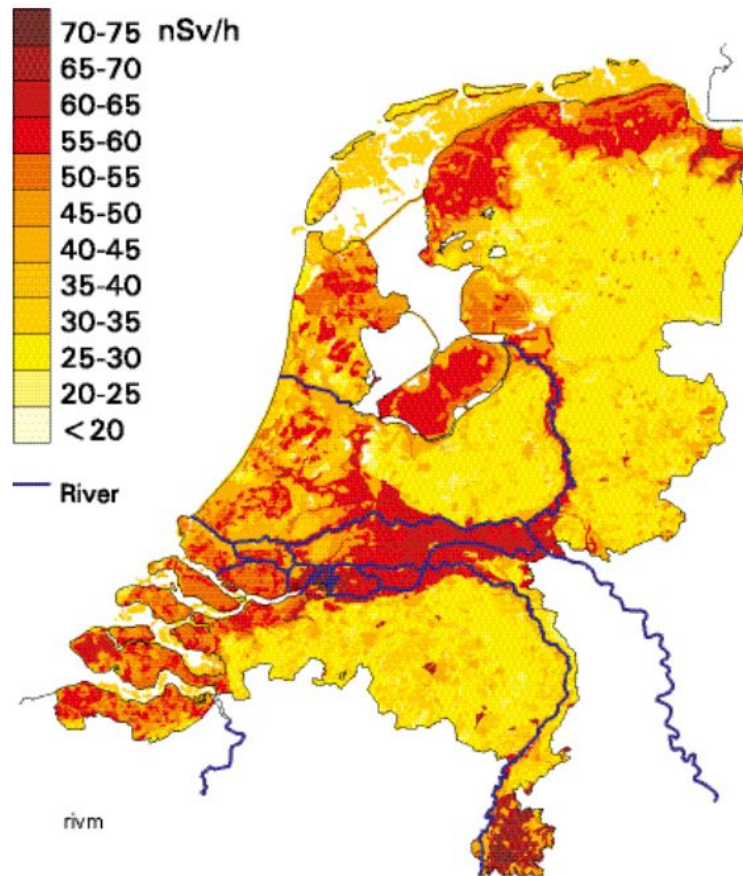
Ouderdom zonnestelsel: $4,5 \times 10^9$ j

Concentratie in Bq/kg

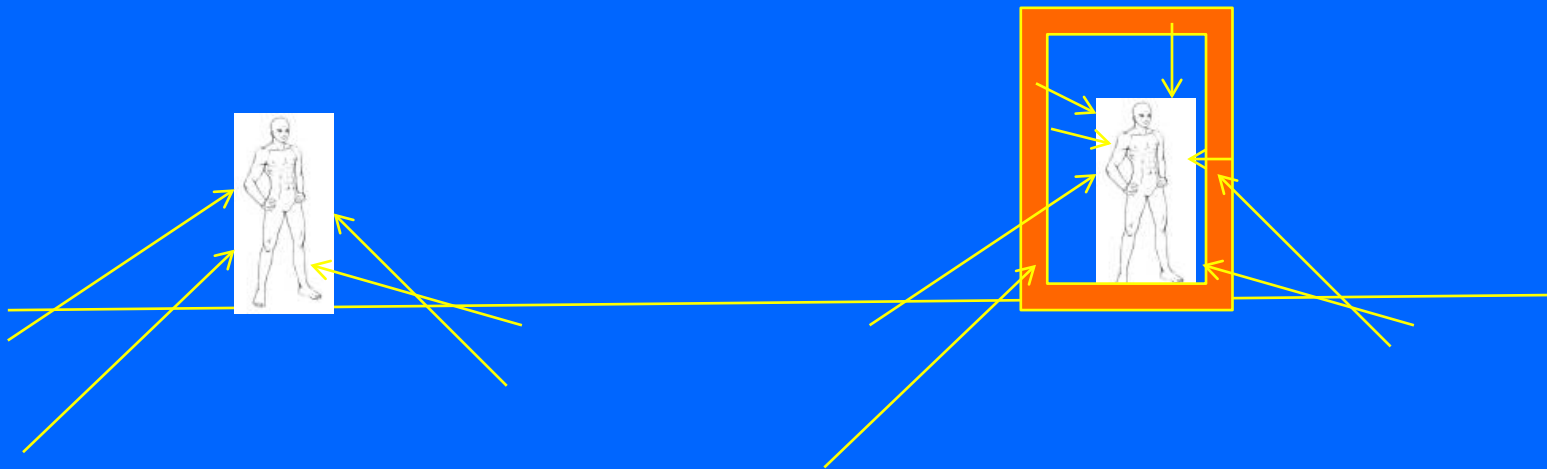
	^{40}K	^{232}Th	^{238}U (^{226}Ra)
Rivierklei	450	40	30
Löss	550	50	30
Zeeklei	500	35	25
Zand	250	15	10
Veen	200	25	10
Duinzand	180	<5	5
Zeewater	12	0,1	0,05

Straling uit de bodem

Terrestrische straling



Straling uit de bodem



Buitenshuis: 10%
van de tijd

Bouwmateriaal:
Afscherming van bodem
Eigen activiteit

Straling uit bodem en bouw materiaal

Afhankelijk van plaats en soort
bouw materiaal

Gemiddeld 40 nSv/h

Totaal: 8760 h x 40 h = 0,35 mSv/j

Extern: $E \approx 0,35$ mSv/j

^{40}K in het lichaam



Kalium zit in alle cellen

Kalium constant op 2,0 gK/kg
lichaamsgewicht (homeostase)!

Extra inname van Kalium levert niet
meer kalium in de cellen. Teveel K
wordt uitgescheiden via nier.

Dosis van ^{40}K

Verval ^{40}K : 89% β $E_{\beta} = 585 \text{ keV}$;
11% γ $E_{\gamma} = 1641 \text{ keV}$

Homogeen over alle cellen:

$$H_{\text{WB}} = U_{\text{WB}}/m_{\text{WB}} (yE_{\beta} + yE_{\gamma} \text{ AF})$$

$$\text{AF (wb} \rightarrow \text{wb)} = 0,33$$

$$2,0 \text{ gK/kg} = 60 \text{ Bq/kg}$$

Invullen geeft:

$$E(^{40}\text{K}) = 0,17 \text{ mSv}$$

Kosmogene radionucliden

Ontstaan in atmosfeer (vnl ^{14}N) door kosmische straling:

^3H via $^{14}\text{N}(n,^3\text{H})^{12}\text{C}$

^{14}C via $^{14}\text{N}(p,n)^{14}\text{C}$

^7Be via spallatie van ^{14}N .

Kosmogene radionucliden

^3H

Productie: 60 PBq/j

Inventaris: 1 EBq, meest als $^3\text{H}^1\text{HO}$

Concentratie: 0,5 Bq/liter

Mens bevat 42 l water: 20 Bq ^3H

Kosmogene radionucliden

^{14}C

Productie 1 PBq/j

Wereldinventaris 140 PBq als CO_2

Concentratie: 220 Bq/kg koolstof

Mens: 16 kg C x 220 Bq/kg = 3500 Bq

Halveringstijd: 5730 jaar

Koolstofdatering!

Kosmogene radionucliden

Effectief dosistempo

$${}^3\text{H}: H = UE_{\beta}/m$$

$$U = 20 \text{ Bq} \times 60 \times 60 \times 24 \times 365 \text{ s/j} \\ = 6,3 \times 10^8 \text{ Bq.s/j}$$

$$E_{\beta} = 5,6 \text{ keV} = 9,0 \times 10^{-16} \text{ J}$$

$$m = 70 \text{ kg}$$

$$E = 0,01 \mu\text{Sv/j}$$

Kosmogene radionucliden

Effectief dosistempo ^{14}C

16 kg C in mens \times 220 Bq/kg = 3500 Bq

$U = 3500 \text{ Bq} \times 60 \times 60 \times 24 \times 365 \text{ s}$

$= 1,1 \times 10^{11} \text{ Bq.s/j}$

$E_{\beta} = 49 \text{ keV} = 7,8 \times 10^{-15} \text{ J}$

$m = 70 \text{ kg}$

$E = 10 \mu\text{Sv/j}$

Antropogene radionucliden

Ontstaan door bovengrondse kernbomexplosies tot 1963

^3H productie: 200 EBq (nat. 1 EBq)

^{14}C productie: 220 PBq (nat. 120 PBq)

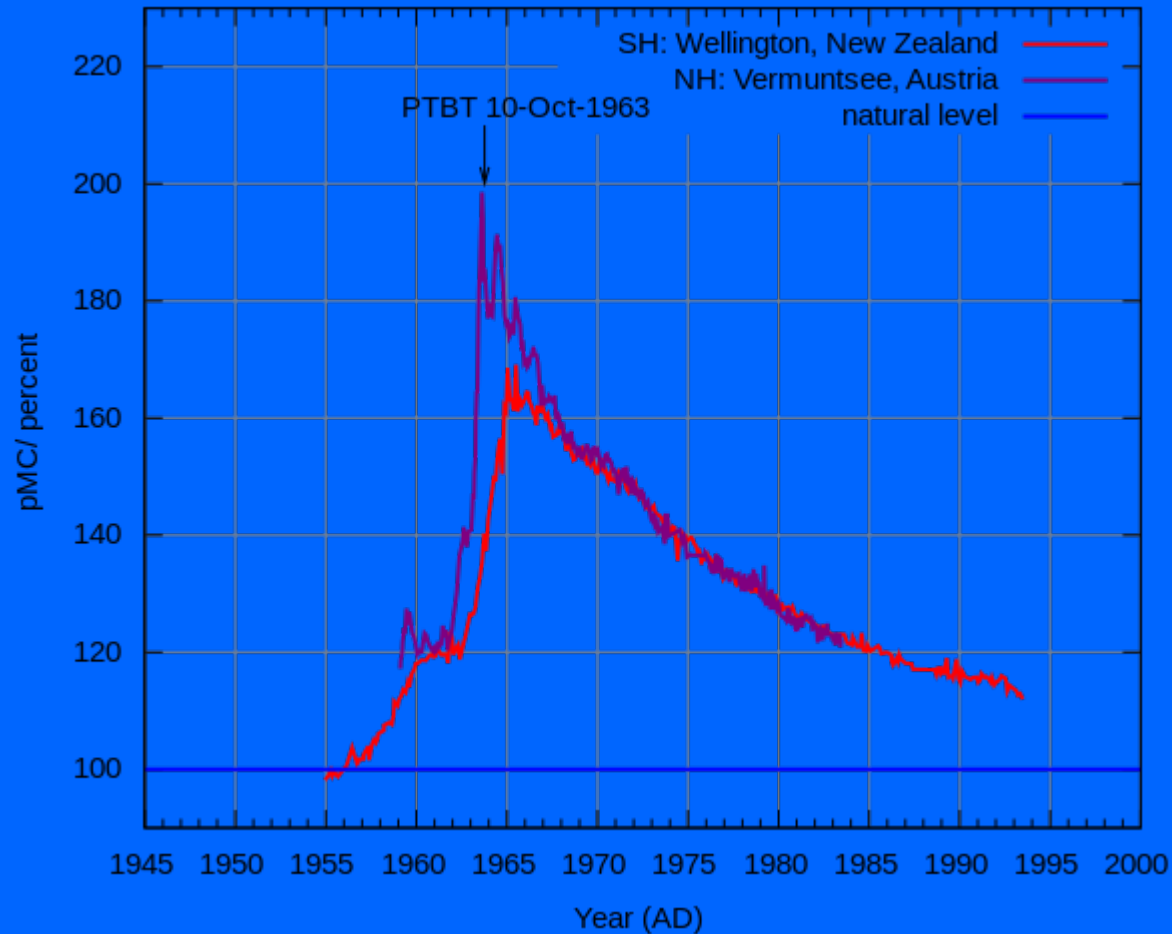
Vele andere radionucliden:

^{90}Sr , ^{137}Cs , ...

Bijna alles inmiddels vervallen of sterk verdund ($E < 3 \mu\text{Sv/j}$).

Antropogene radionucliden

^{14}C



Antropogene radionucliden

Kernongevallen

Windscale (1957) Tsjernobyl (1986)

Three Mile (1978) Fukushima (2011)

Grote lozingen (PBq-niveau)

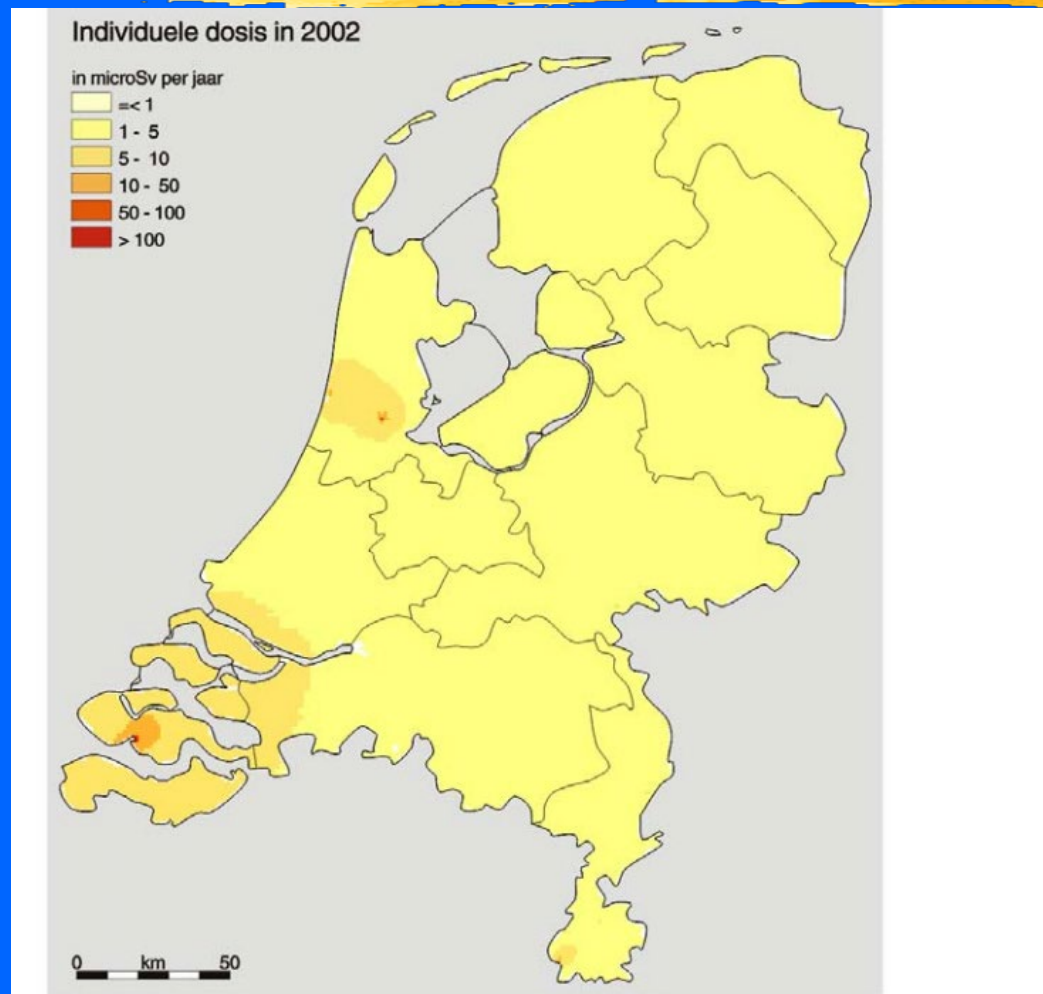
In NL nu: veel nucliden nog meetbaar,

Maar in zeer kleine concentraties

Dosistempo $< 3 \mu\text{Sv/j}$

Antropogene radionucliden

Reguliere
lozingen



Figuur 29 Stralingsbelasting door alle bronnen tezamen voor het jaar 2002.

Radioactieve stoffen in voedsel

Radioactieve stoffen via ingestie van voedsel

Tabel 23 Overzicht, totaal en per voedselcategorie, van de gemiddelde voedselconsumptie en de dosiswaarden (μSv per jaar) voor volwassen leden van de bevolking ten gevolge van de inname van de in voedsel aanwezige natuurlijke radionucliden (exclusief K-40).

Voedselcategorie	E(50) ($\mu\text{Sv}/\text{j}$)						Totaal
	Pb-210	Po-210	Ra-226	H-3	Be-7	C-14	
Granen en graanproducten	18,2	18,4	19,7	0,00	0,01	1,1	57,4
Vis	1,1	12,5	0,6	0,00	0,00	0,0	14,3
Schaal- en weekdieren	0,0	31,5	0,0	0,00	0,00	0,0	31,5
Fruit en fruitproducten	32,5	2,5	10,0	0,00	0,02	0,1	45,1
Vlees(producten) en organen	16,2	24,1	8,5	0,00	0,00	0,4	49,3
Melk en zuivelproducten	13,1	16,7	11,4	0,00	0,01	0,4	41,6
Groente ¹⁾	6,2	7,0	7,8	0,00	0,00	0,3	21,3
Drinkwater	1,4	2,5	0,1	0,09	0,00	0,0	4,1
Totaal	89	115	58	0,1	0,0	2,4	265

¹⁾ Inclusief peulvruchten en aardappelen.

Totaal: 0,265 mSv/j
Plus ⁴⁰K: 0,17 mSv/j
= 0,43 mSv/j

Speciaal: Radon

Radon (^{222}Rn) ontstaat uit ^{226}Ra ($t_{1/2} = 1600 \text{ j}$).

^{226}Ra in grond en bouw materiaal: 5-30 Bq/kg,

Dus in elke kg 5-30 Rn-atomen per seconde.

Klein deel van het edelgas ^{222}Rn ($t_{1/2} = 3,8 \text{ d}$)
ontsnapt en komt in de atmosfeer.

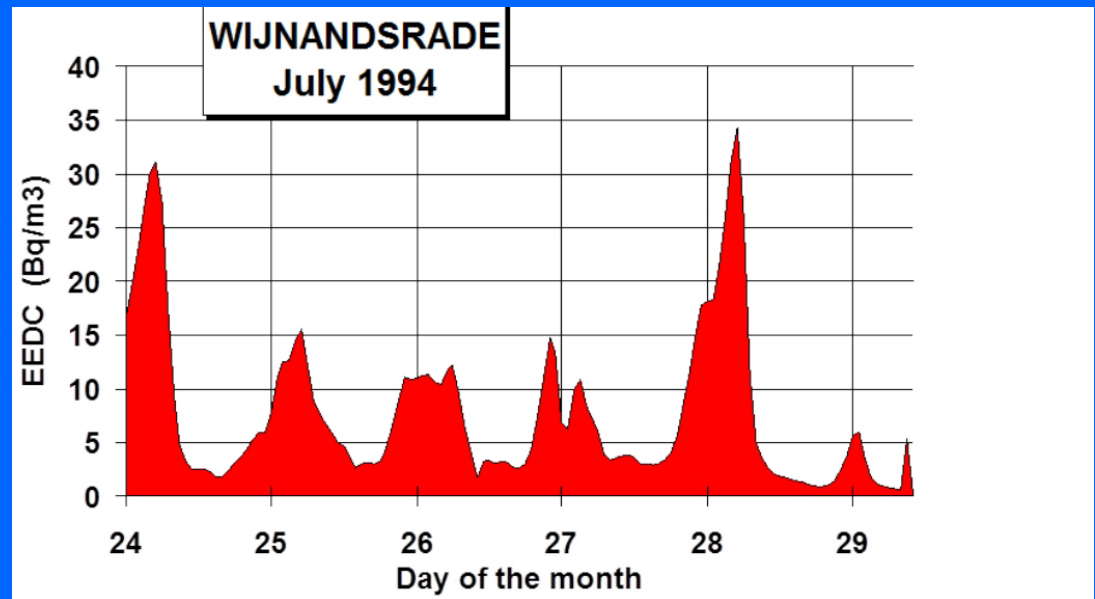
^{222}Rn -concentratie in buitenlucht: 3 Bq/m³.

Speciaal: radon

^{222}Rn -concentratie in buitenlucht

Variaties tgv weersomstandigheden

Bij rustig weer:



Radon



^{222}Rn alleen: Edelgas, dus geen depositie in long
Deze longdosis is te verwaarlozen!
Longdosis door verval van dochters!

Radondochterverval

Nuclide	T1/2	Energie	W_R	E_{eff} (MeV)
^{218}Po	3 min	$E_\alpha = 6,0 \text{ MeV}$	20	120
^{214}Pb	27 min	$E_\beta = 0,2 \text{ MeV}$	1	0,2
^{214}Bi	20 min	$E_\beta = 0,5 \text{ MeV}$	1	0,5
^{214}Po	0,2 ms	$E_\alpha = 7,7 \text{ MeV}$	20	154
^{210}Pb	22 j	$E_\beta = 4 \text{ keV}$	1	-

Alleen ^{218}Po en ^{214}Po van belang voor dosis!

Gamma-stralers zijn: ^{214}Pb en ^{214}Bi

Wat gebeurt er met ^{222}Rn ?

Korte halveringstijden (1/2 uur) : er is in principe evenwicht!

Maar Po is géén edelgas, hecht zich aan eerste oppervlak: grond, vegetatie of aan aërosolen!

Er zijn dus radioactieve aërosolen in de lucht, (maar niet in evenwicht)

Deze kunnen worden ingeademd en blijven (deels) in de long achter.

Alleen longdosis, want dochters vervallen snel!

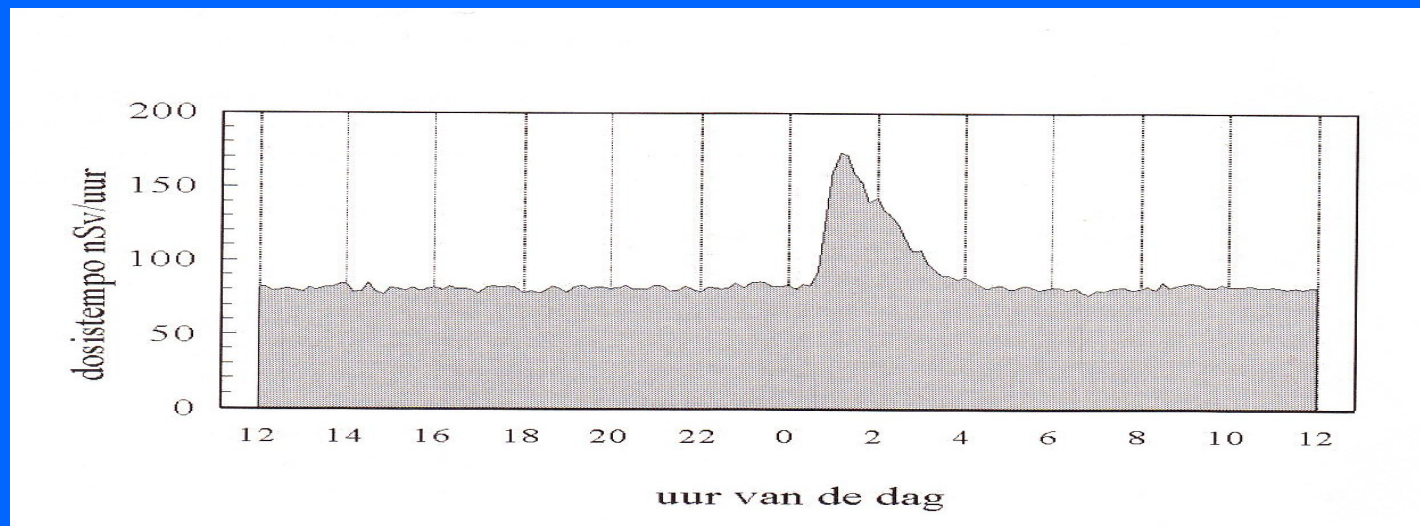
Rn + dochters in buitenlucht

Variaties tgv weersomstandigheden

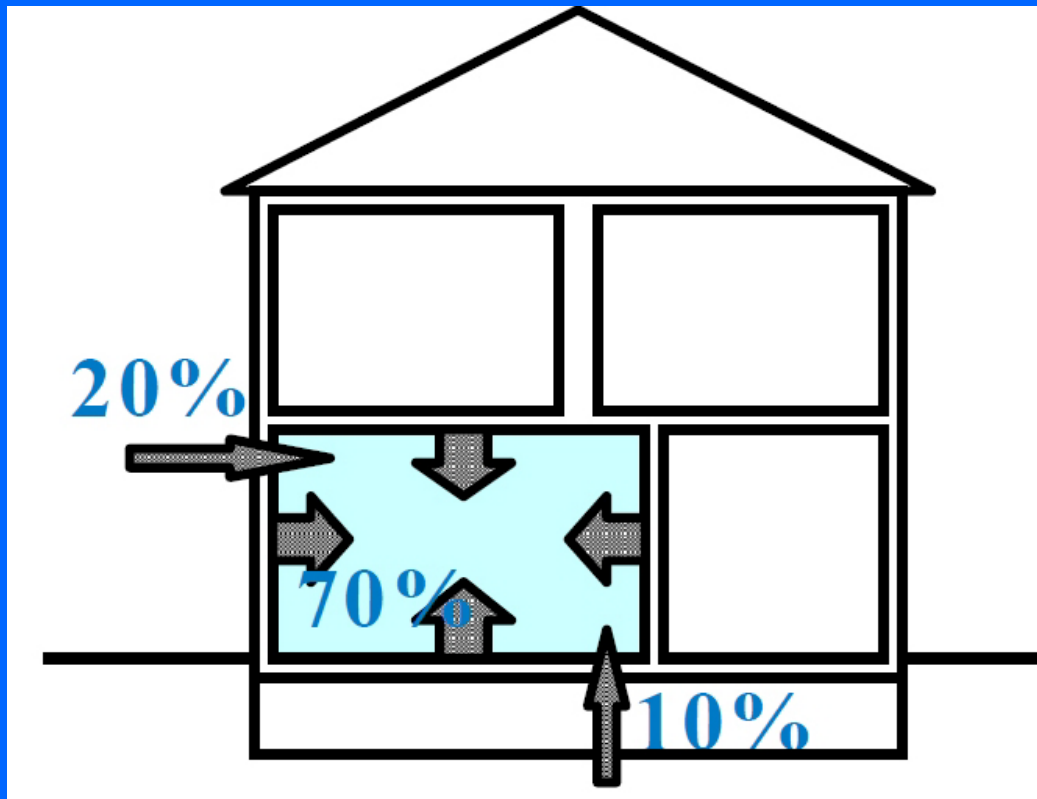
Bij wind van zee: weinig Rn

Bij rustig weer: opbouw van dochters

Bij regenval daarna: depositie op de grond



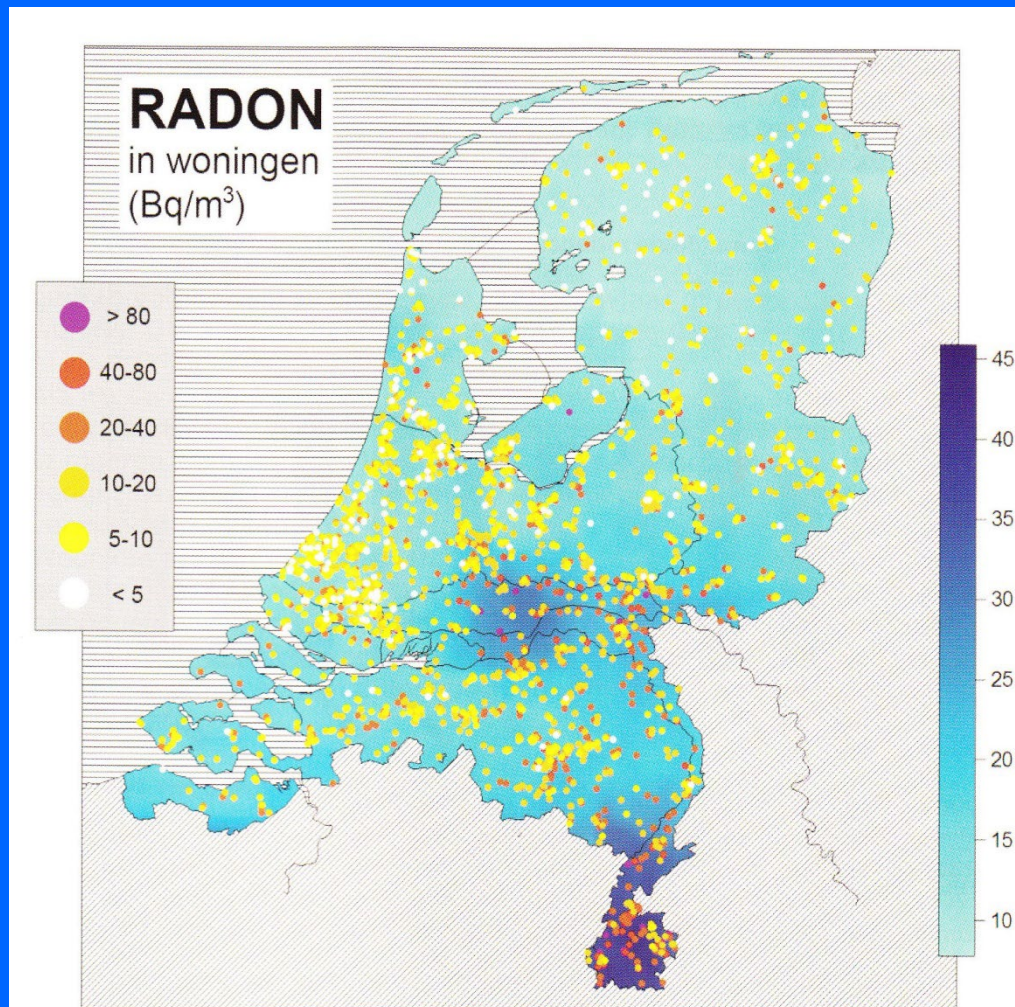
^{222}Rn in woning



Rn concentratie
in woning groter
door ^{226}Ra in
bouw materiaal

NL-gemiddelde:
 $15,6 \text{ Bq/m}^3$
(Extreem laag!)

^{222}Rn overzicht



^{222}Rn effectieve dosis

$e(50) = 5,8 \times 10^{-9} \text{ Sv/Bq}$ (ontleend aan ICRP-134)

Binnenshuis: $t = 365 \times 0,9 \text{ d/j}$

$V = 23 \text{ m}^3/\text{d}$

$C = 15,6 \text{ Bq/m}^3$

$E = 365 \times 0,9 \times 23 \times 15,6 \times 5,8 \times 10^{-9} \text{ Sv/Bq} =$
 $0,68 \text{ mSv/j}$

Binnenshuis: $t = 365 \times 0,1 \text{ d/j}$

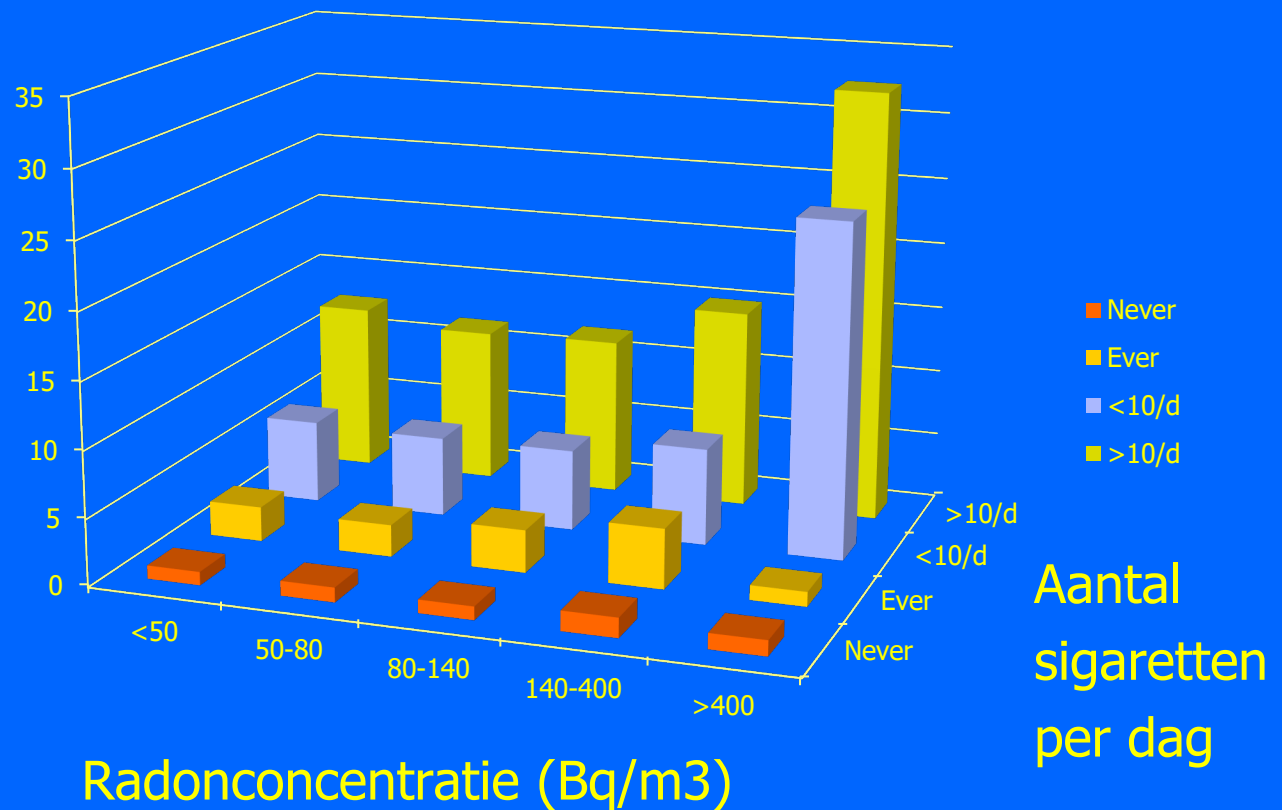
$C = 3 \text{ Bq/m}^3$

$E = 0,01 \text{ mSv/j}$

Effect ^{222}Rn

Relatief
risico
longkanker

roken +
radon-
concentratie



Effect ^{222}Rn

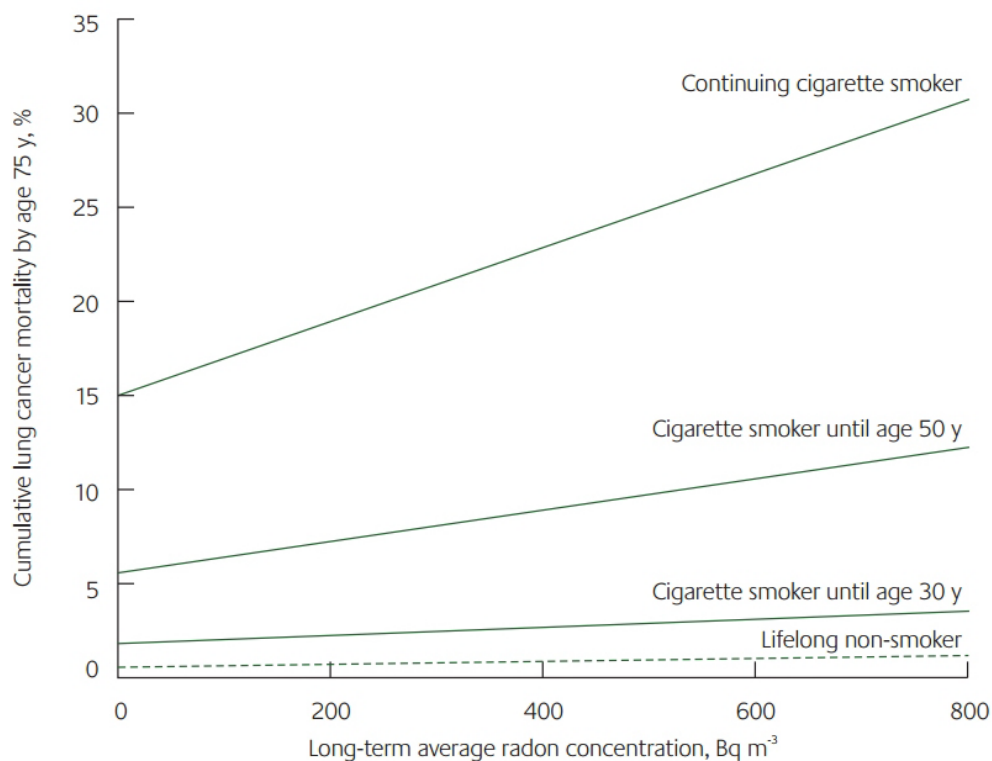
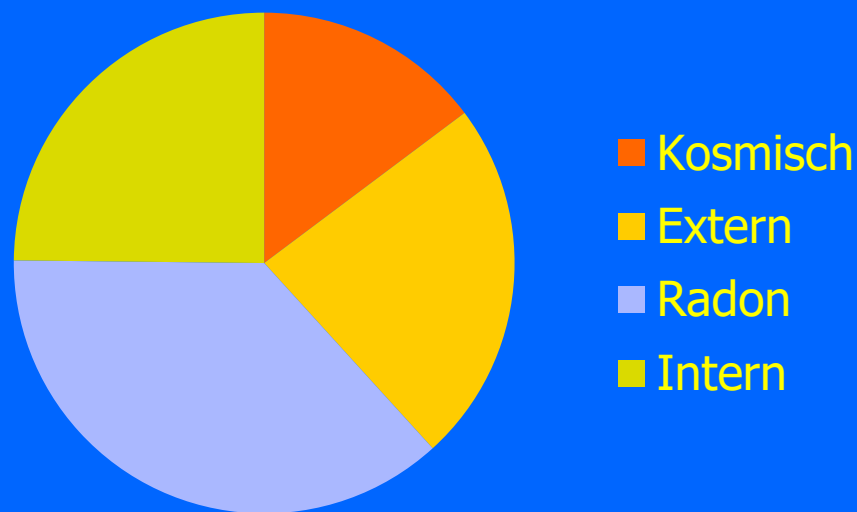


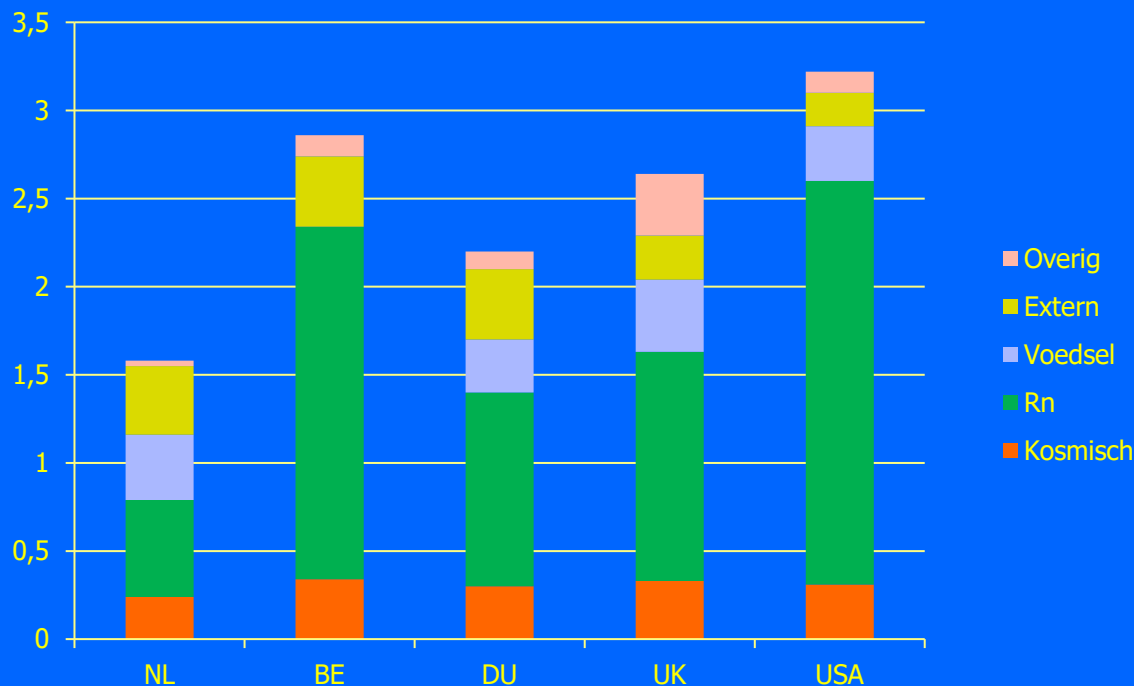
FIGURE I4 Cumulative absolute risk of death from lung cancer by age 75 years versus long-term average radon concentration at home for continuing cigarette smokers, ex-smokers and lifelong non-smokers in the UK (see Table 4.3 for sources of data and method of calculation)

Alomtegenwoordige straling

	E (mSv/j)
Kosmisch:	0,22
Extern:	0,35
Radon:	0,69
Voedsel:	0,40
Totaal	1,7 mSv/j

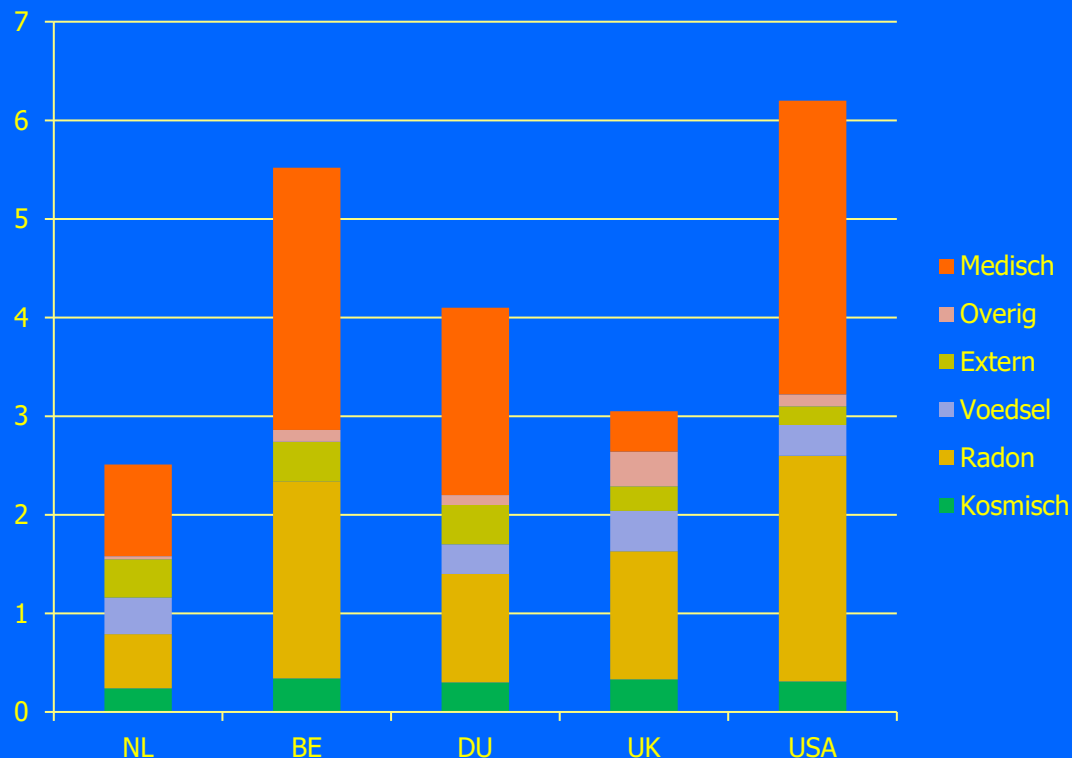


Vergelijking met buitenland



Alomtegenwoordige straling elders

Alomtegenwoordige straling



Effectieve dosis per jaar, inclusief medische straling

Samenvatting

Alomtegenwoordige straling:

In NL: 1,7 mSv/j,

Inclusief medisch: 2,4 mSv/j

Rn geeft hoogste aandeel

Laag tov buitenland.

Literatuur



Rijksinstituut voor Volksgezondheid en
Milieubeheer (RIVM)

United Nations Scientific Committee on the
Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)

International Commission on Radiological
Protection (ICRP)