

Maximale individuele dosis voor een lid van de bevolking bij verbranding van het tritium en koolstof-14 afval van de Vlaamse universiteiten

**Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse
Interuniversitaire Raad**

H. Vanmarcke, A. Sohier en Th. Zeevaert

**SCK·CEN,
Departement stralingsbeschermingsonderzoek**

BLG 937

Mol, Februari 2003

**Maximale individuele dosis
voor een lid van de bevolking
bij verbranding van het tritium
en koolstof-14 afval van de
Vlaamse universiteiten**

**Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse
Interuniversitaire Raad**

H. Vanmarcke, A. Sohier en Th. Zeevaert

**SCK•CEN,
Departement stralingsbeschermingsonderzoek**

BLG 937

Mol, Februari 2003

Inhoudstafel

1. Vergunde verbrandingsovens voor risicohoudend medisch afval	3
2. Voorwaardelijke vrijgave voor verbranding.....	4
3. Scenario voor een conservatieve impactberekening.....	5
4. Berekening in de veronderstelling dat de schouwvlucht onverdund ingeademd wordt	6
5. Conservatieve impactberekening voor een lid van de bevolking	8
6. Besluit.....	10

1. Vergunde verbrandingsovens voor risicohoudend medisch afval

Er zijn in Vlaanderen maar twee ovens vergund voor het verbranden van risicohoudend medisch afval: INDAVER en Machiels, met volgende karakteristieken:

	INDAVER	Machiels
Rookgasdebiet	60 000 m ³ /h	18 000 m ³ /h
Schouwhoogte	60 m	30 m
Schouwdiameter	1,5 m	1,2 m
Rookgastemperatuur	65 °C	80 °C
CO ₂ gehalte	ong. 11%	-
CO gehalte	12 mg/Nm ³	enkele mg/Nm ³
TOC (C _x H _y) gehalte	1,5 mg/Nm ³	enkele mg/Nm ³
Vast brandbaar afval	10 à 20 vaten van 10 kg per uur	1000 kg/h
Vloeibaar afval	10 à 20 vaten van 30 l per uur	1000 l/h

Contactpersoon bij INDAVER: Alain Konings, Afdelingshoofd Labo

Contactpersoon bij Machiels: Frank Steenhoudt, Technisch Adviseur

2. Voorwaardelijke vrijgave voor verbranding

INDAVER en Machiels zijn akkoord om het tritium en koolstof-14 afval te verbranden als het afval op dezelfde manier kan verbrand worden als het risicohoudend medisch afval zonder dat er extra voorwaarden zijn of bijkomende maatregelen moeten getroffen worden. Er moet dus aangetoond worden dat aan de criteria voor voorwaardelijke vrijgave voldaan is, zodat het FANC in het kader van artikel 18.2 van het ARBIS een vergunning kan verlenen voor het verbranden van het vaste afval. De twee criteria zijn:

- maximale individuele dosis voor een lid van de bevolking lager dan de triviale dosis van 10 μ Sv/jaar;
- collectieve dosis beperkt tot 1 manSv/jaar.

Door de beperkte omvang van de problematiek is hier enkel het individuele dosiscriterium van belang.

Om de vrijgave van vloeibaar afval mogelijk te maken werkt het FANC aan een aanpassing van het ARBIS. De dosisberekeningen voor verbranding van het vast en voor verbranding van het vloeibaar tritium en koolstof-14 afval van de Vlaamse universiteiten zijn vrij gelijklopend en om te anticiperen op de aanpassing van het ARBIS is de impactberekening in dit rapport meteen voor de hele jaarinventaris aan vast brandbaar, organisch vloeibaar en waterig vloeibaar afval van de Vlaamse universiteiten uitgevoerd.

3. Scenario voor een conservatieve impactberekening

We kunnen de impactberekening beperkt houden als we kunnen aantonen dat de triviale dosis niet overschreden wordt met volgend conservatief scenario (zie punt 5 voor de berekening):

- de gehele jaarinventaris aan vast brandbaar, organisch vloeibaar en waterig vloeibaar tritium en koolstof-14 afval wordt in één keer verbrand bij INDAVER of bij Machiels;
- de meest penalisierende meteorologische omstandigheden worden verondersteld;
- berekening voor inhalatie. Inhalatie is in dit geval de belangrijkste blootstellingsweg;
- berekening voor een lid van de bevolking dat zich continu in open lucht bevindt op de plaats waar de hoogste dosissen worden opgelopen;
- berekening voor de leeftijdsklasse die de hoogste dosissen oploopt (tabel F van het ARBIS van 20 juli 2001 voor getritieerd water en koolstof-14-dioxide en ICRP 66 voor het gemiddelde ademhalingsdebiet over 24 uur (tabel B.16A en B op blz. 196 en 197)):

leeftijdsklasse	tritium Sv/Bq	koolstof-14 Sv/Bq	debiet m ³ /h	tritium (Sv/h)/(Bq/m ³)	koolstof-14 (Sv/h)/(Bq/m ³)
3 maanden	6,4 10 ⁻¹¹	1,9 10 ⁻¹¹	0,12	7,7 10 ⁻¹²	2,3 10 ⁻¹²
1 jaar	4,8 10 ⁻¹¹	1,9 10 ⁻¹¹	0,22	1,1 10 ⁻¹¹	4,2 10 ⁻¹²
5 jaar	3,1 10 ⁻¹¹	1,1 10 ⁻¹¹	0,37	1,1 10 ⁻¹¹	4,1 10 ⁻¹²
10 jaar	2,3 10 ⁻¹¹	8,9 10 ⁻¹²	0,64	1,5 10 ⁻¹¹	5,7 10 ⁻¹²
15 jaar (jongen)	1,8 10 ⁻¹¹	6,3 10 ⁻¹²	0,84	1,5 10 ⁻¹¹	5,3 10 ⁻¹²
open lucht werker	1,8 10 ⁻¹¹	6,2 10 ⁻¹²	1,05	1,9 10 ⁻¹¹	6,5 10 ⁻¹²

De hoogste tritium en koolstof-14 dosissen worden opgelopen door een volwassen lid van de bevolking die veel zwaar werk in open lucht verricht (bv. in de tuin).

Waarom de berekening alleen voor gasvormig getritieerd water en koolstof-14-dioxide uitvoeren?

Uit de karakteristieken van de verbrandingsovens in punt 1 blijkt dat de CO en TOC gehalten verwaarloosbaar zijn ten opzichte van de CO₂ en H₂O uitstoot.

Inderdaad, een CO₂ gehalte van 11% komt overeen met 216 000 mg/Nm³ wat 4 à 5 grootteordes groter is van de CO en TOC gehalten van de uitstoot. De grootste inhalatiedosiscoëfficiënt voor koolstof-14 voor een volwassene in tabel F (gassen) bedraagt 5,8 10⁻¹⁰ Sv/Bq voor koolstof-14 damp en in tabel B (aërosol) 5,8 10⁻⁹ Sv/Bq voor longabsorbtietype S(low). Deze laatste waarde is 3 grootteordes groter dan de bovenvermelde inhalatiedosiscoëfficiënt voor koolstof-14-dioxide (6,2 10⁻¹² Sv/Bq), maar dit is onvoldoende om de op zijn minst 4 à 5 grootteordes verschil in uitstoot te compenseren.

Hetzelfde geldt voor water. Het gewicht aan waterdamp van gesatureerde lucht bij 30 °C bedraagt 30 000 mg/m³. De grootste inhalatiedosiscoëfficiënt voor tritium voor een volwassene in tabel F (gassen) bedraagt 4,1 10⁻¹¹ Sv/Bq voor organisch gebonden tritium en in tabel B (aërosol) 2,6 10⁻¹⁰ Sv/Bq voor longabsorbtietype S(low). Deze laatste waarde is 1 grootteorde groter dan de bovenvermelde inhalatiedosiscoëfficiënt voor getritieerd water (1,8 10⁻¹¹ Sv/Bq), maar dit is onvoldoende om de 3 à 4 grootteordes verschil in uitstoot te compenseren.

4. Berekening in de veronderstelling dat de schouwvlucht onverdund ingeademd wordt

Vooraleer we in punt 5 de dosis berekenen van wat een persoon op grondniveau maximaal kan oplopen, zullen we eerst een conservatieve berekening maken wat de dosis zou zijn indien deze persoon de rookgassen onverdund zou inademen; dus zonder rekening te houden met verdunningseffecten van de uitstoot. Niemand wordt evenwel geacht rookgassen te inhaleren aan het einde van een schouw.

Jaarinventaris:

- 4500 kg vast brandbaar afval met $3 \cdot 10^6$ Bq/kg tritium en $3 \cdot 10^5$ Bq/kg koolstof-14
- 1600 l organisch vloeibaar afval met $2 \cdot 10^6$ Bq/l tritium en $2 \cdot 10^5$ Bq/l koolstof-14
- 1600 l waterig vloeibaar afval met $2 \cdot 10^6$ Bq/l tritium en $2 \cdot 10^5$ Bq/l koolstof-14

Verbrandingstempo:

INDAVER: 200 kg vast afval per uur (20 vaten van 10 kg) en 600 l vloeibaar afval per uur (20 vaten van 30 l)

Machiels: 1000 kg vast afval per uur en 1000 l vloeibaar afval per uur

Duur voor het verbranden van de jaarinventaris:

INDAVER: 27,84 uur ($22,5 + 2,67 + 2,67$):

- vast brandbaar afval: $4500/200 = 22,5$ uur
- organisch vloeibaar afval: $1600/600 = 2,67$ uur
- waterig vloeibaar afval: $1600/600 = 2,67$ uur

Machiels: 7,7 uur ($4,5 + 1,6 + 1,6$):

- vast brandbaar afval: $4500/1000 = 4,5$ uur
- organisch vloeibaar afval: $1600/1000 = 1,6$ uur
- waterig vloeibaar afval: $1600/1000 = 1,6$ uur

Schouwconcentraties:

INDAVER:

- vast brandbaar afval (22,5 uur):
 - tritium: $200 \times 3 \cdot 10^6 / 60\ 000 = 10\ 000$ Bq/m³
 - koolstof-14: $200 \times 3 \cdot 10^5 / 60\ 000 = 1\ 000$ Bq/m³
- organisch vloeibaar afval (2,67 uur):
 - tritium: $600 \times 2 \cdot 10^6 / 60\ 000 = 20\ 000$ Bq/m³
 - koolstof-14: $600 \times 2 \cdot 10^5 / 60\ 000 = 2\ 000$ Bq/m³
- waterig vloeibaar afval (2,67 uur):
 - tritium: $600 \times 2 \cdot 10^6 / 60\ 000 = 20\ 000$ Bq/m³
 - koolstof-14: $600 \times 2 \cdot 10^5 / 60\ 000 = 2\ 000$ Bq/m³

Machiels:

- vast brandbaar afval (4,5 uur):
 - tritium: $1000 \times 3 \cdot 10^6 / 18\ 000 = 167\ 000$ Bq/m³
 - koolstof-14: $1000 \times 3 \cdot 10^5 / 18\ 000 = 16\ 700$ Bq/m³
- organisch vloeibaar afval (1,6 uur):
 - tritium: $1000 \times 2 \cdot 10^6 / 18\ 000 = 111\ 000$ Bq/m³

- koolstof-14: $1000 \times 2 \cdot 10^5 / 18\ 000 = 11\ 100\ \text{Bq/m}^3$
- waterig vloeibaar afval (1,6 uur):
 - tritium: $1000 \times 2 \cdot 10^6 / 18\ 000 = 111\ 000\ \text{Bq/m}^3$
 - koolstof-14: $1000 \times 2 \cdot 10^5 / 18\ 000 = 11\ 100\ \text{Bq/m}^3$

Dosis in de veronderstelling dat de schouwvlucht onverdund ingeademd wordt:

INDAVER:

$22,5 (10\ 000 \times 1,9 \cdot 10^{-11} + 1\ 000 \times 6,5 \cdot 10^{-12}) + (2,67 + 2,67) (20\ 000 \times 1,9 \cdot 10^{-11} + 2\ 000 \times 6,5 \cdot 10^{-12}) = 6,5 \cdot 10^{-6}\ \text{Sv} = 6,5\ \mu\text{Sv}$; en aangezien het de jaarinventaris betreft **6,5 μSv /jaar**.

Machiels:

$4,5 (167\ 000 \times 1,9 \cdot 10^{-11} + 16\ 700 \times 6,5 \cdot 10^{-12}) + (1,6 + 1,6) (111\ 000 \times 1,9 \cdot 10^{-11} + 11\ 100 \times 6,5 \cdot 10^{-12}) = 22 \cdot 10^{-6}\ \text{Sv} = 22\ \mu\text{Sv}$; en aangezien het de jaarinventaris betreft **22 μSv /jaar**.

Zoals verwacht is de verhouding van de resultaten omgekeerd evenredig met de verhouding van de schouwdebieten ($22/6,5 = 60000/18000$).

5. Conservatieve impactberekening voor een lid van de bevolking

We berekenen nu de maximale individuele dosis voor een lid van de bevolking voor het conservatief scenario beschreven in punt 3. We gebruiken daarvoor het klassiek bigaussiaans model met de dispersieparameters van Bultynck/Malet. Deze zijn opgesteld door het SCK om de gevolgen van de verspreiding van radioactieve lozingen te kunnen inschatten (Bultynck et al., Atmospheric dilution factors and calculations of doses in the environment of SCK•CEN Mol for short and long duration stack discharges, Vol II (Figures), Mol, BLG 446).

Bij vergunningverlening in Vlaanderen, volgens het Besluit van de Vlaamse Regering van 1 juni 1995 houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne (VLAREM II) wordt het gebruik van dit model aangeraden. Het veelgebruikte IFDM (Immissie Frequentie Distributie Model), ontwikkeld door VITO is gebaseerd op dit model.

Als we de laagste schouw nemen, dit is de schouw van Machiels met een hoogte van 30 m, dan is de maximale dilutiefactor (plaats op grondniveau met de hoogste concentraties) $2 \cdot 10^{-4}$ s/m³ bij een windsnelheid van 1 m/s. Hogere windsnelheden of een hogere lozingshoogte geven lagere maximale concentraties. De maximale dilutiefactor is nagenoeg onafhankelijk van de stabiliteitsklasse zodat enkel de plaats van het punt met de maximale dilutiefactor verandert:

- E1 (zeer stabiel weer): 450 m
- E2 (stabiel weer): 250 m
- E3 (neutraal weer): 200 m
- E4 (licht onstabiel weer): 125 m
- E5 (onstabiel weer) en E6 (zeer onstabiel weer): beide onder de 100 m

Het Bultynck/Malet model voert geen berekeningen uit onder de 100 m. De maximale dilutiefactor kan dus enkel bij onstabiele omstandigheden nog ietwat toenemen, maar de stabiliteitsklassen E5 en E6 komen zelden voor (nooit in de winter).

Er kunnen ook complexere berekeningen gebeuren, die bijvoorbeeld rekening houden met de invloed van gebouwen op korte afstanden, maar gezien de triviaal lage waarden voor de dosisschattingen loont het niet de moeite om de exacte waarde van de maximale dilutiefactor onder de 100 m te bepalen.

Berekening van de maximale individuele dosis:

$$T1 \times T2 \times T3 \times T4$$

met T1: dilutiefactor ($2 \cdot 10^{-4}$ s/m³)

T2: bronterm (Bq)

T3: inhalatiedosisconversiecoëfficiënt, inclusief het ademhalingsdebiet
((Sv/h)/(Bq/m³))

T4: tijdsconversiefactor (1/3600 h/s)

Tritium:

$$2 \cdot 10^{-4} \times (4500 \times 3 \cdot 10^6 + 1600 \times 2 \cdot 10^6 + 1600 \times 2 \cdot 10^6) \times 1,9 \cdot 10^{-11} / 3600 = 0,021 \cdot 10^{-6} \text{ Sv} = 0,021 \mu\text{Sv}$$

Koolstof-14:

$$2 \cdot 10^{-4} \times (4500 \times 3 \cdot 10^5 + 1600 \times 2 \cdot 10^5 + 1600 \times 2 \cdot 10^5) \times 6,5 \cdot 10^{-12} / 3600 = 0,00072 \cdot 10^{-6} \text{ Sv} = 0,00072 \mu\text{Sv}$$

De maximale individuele dosis voor een lid van de bevolking bedraagt afgerond:

0,021 + 0,00072 = 0,022 μSv; en aangezien het de jaarinventaris betreft 0,022 μSv/jaar.

Deze dosis is veel lager dan de triviale dosis van 10 μSv/jaar.

Voor de hogere schouw van INDAVER is de dosisimpact nog kleiner.

6. Besluit

We hebben de maximale individuele dosis voor een lid van de bevolking berekend bij verbranding van het tritium en koolstof-14 afval van de Vlaamse universiteiten voor de twee ovens in Vlaanderen die vergund zijn voor het verbranden van risicohoudend medisch afval met volgend conservatief scenario:

- de gehele jaarinventaris aan vast brandbaar, organisch vloeibaar en waterig vloeibaar tritium en koolstof-14 afval in één keer verbranden;
- de meest penaliserende meteorologische omstandigheden;
- inhalatiedosissen voor een lid van de bevolking dat zich continu op de plaats met de hoogste concentraties bevindt;
- leeftijdsklasse die de hoogste dosissen oploopt.

De maximale individuele dosis voor een lid van de bevolking werd bepaald met het Bultynck/Malet model en bedraagt 0,022 $\mu\text{Sv}/\text{jaar}$ voor de oven van Machiels. Voor de hogere schouw van INDAVER is de dosisimpact nog kleiner. Deze dosis is 2 à 3 grootteordes lager dan de triviale dosis van 10 $\mu\text{Sv}/\text{jaar}$. Ter illustratie, 0,022 μSv komt overeen met 40 minuten blootstelling aan kosmische straling (in open lucht op zeeniveau).

Het verbranden van het tritium en koolstof-14 afval van de Vlaamse universiteiten voldoet dus aan de criteria voor voorwaardelijke vrijgave, zodat het FANC in het kader van artikel 18.2 van het ARBIS een vergunning kan verlenen voor het verbranden van het vaste afval. Om de vrijgave van vloeibaar afval mogelijk te maken werkt het FANC aan een aanpassing van het ARBIS.

Er is geen transportvergunning van het FANC nodig indien de concentraties of de totale hoeveelheden van het tritium en koolstof-14 afval voldoen aan de vrijstellingsniveaus vastgelegd in bijlage IA van het ARBIS en indien de afgevoerde hoeveelheid van de orde van maximaal één ton is. In de praktijk moet er dus voldaan worden aan een van de twee sommatieregels:

- met betrekking tot de totale activiteit:
 $\text{tritium activiteit (Bq)} / 10^9 + \text{koolstof-14 activiteit (Bq)} / 10^7 < 1$
- met betrekking tot de activiteitsconcentraties:
 $\text{tritium concentratie (Bq/kg)} / 10^9 + \text{koolstof-14 concentratie (Bq/kg)} / 10^7 < 1$