

CREMATORIA

Werkgroep
Emissies van
Servicebedrijven en
Produktgebruik

Samenwerkingsproject procesbeschrijvingen voor de doelgroepen consumenten, bouw, handel en dienstverlening.

RIVM (rapportnr. 772414009), RIZA notanr. 93.046/H7), DGM en CBS

Auteur : J.G. Elzenga
Basisjaar : 1991
Datum publikatie : juni 1996

INHOUDSOPGAVE

1.	Omvang van de activiteit	1
2.	Procesbeschrijving en bronnen van emissies	2
	2.1. Aard van het proces	2
	2.2. Bronnen van emissies	2
3.	Emissie- en afvalfactoren	3
	3.1. Emissies naar lucht	3
	3.1.1. Spoorelementen cadmium, arseen, lood en zink	3
	3.1.2. Emissie van kwik	4
	3.1.3. Emissie van dioxinen	5
	3.2. Emissies naar bodem en water	5
	3.3. Samenvatting emissiefactoren	6
4.	Energieverbruik en energiefactoren	7
5.	Maatregelen en kosten van maatregelen	8
6.	Onderzoek naar schone processen en produkten	8
7.	Normstelling en regelgeving	9
8.	Referenties	10

1. OMVANG VAN DE ACTIVITEIT.

Nederland kent 43 crematoria (1991). Het aantal crematies per jaar is volgens opgave van het CBS [11] als volgt:

Tabel 1.1 Jaarlijks aantal crematies in Nederland

Jaar	aantal sterfgevallen	aantal crematies	percentage crematies
1985	122.704	49.258	40
1990	128.790	57.074	44
1991	129.826	58.523	45
1992	129.874	59.819	46
1993	137.763	64.216	47

Het aantal crematies per jaar is sneller gegroeid dan in 1988 werd aangenomen. Toen werd het aantal crematies voor 1992 op 58.350 geschat, terwijl dit aantal reeds in 1991 werd bereikt. Toch stabiliseert zich het percentage crematies in het totaal aantal sterfgevallen per jaar en zal naar verwachting uiteindelijk uitkomen op 50% daarvan.[10]

Het aantal crematies per jaar in absolute zin zal daarbij wel toenemen i.v.m. het ouder worden van de bevolkingscategorie uit de geboortegolf van na de tweede wereldoorlog.

Tot het jaar 2025 zullen er naar verwachting dan ook crematoria worden bijgebouwd mede omdat veel gemeenten een crematorium tot hun voorzieningenpakket rekenen.

Dit zullen voornamelijk kleinere crematoria zijn waarin jaarlijks niet meer dan 600 crematies plaatsvinden; van dit type zijn de investeringskosten weliswaar lager maar de exploitatiekosten hoger dan van de grotere crematoria.

Pas in 2025 zal er sprake zijn van een overschot aan crematoria. (mondelijke mededeling N. Willemse [10])

Ongeveer een kwart van het aantal crematoria in Nederland werkt volgens het Amerikaanse procestype met koude invoer (zie ook 2.1). Dit zijn de kleinere crematoria waarin momenteel ca 10 à 15 % van het totaal aantal crematies plaats vindt.

2. PROCESBESCHRIJVING EN BRONNEN VAN EMISSIES.

2.1 Aard van het proces.

De beschrijving van het proces is voornamelijk gebaseerd op lit. ref. [2] en [3].

Crematoria van het Amerikaanse type werken met ovens van het "koude" type waarbij het verbrandingsproces wordt gestart bij een temperatuur van ca. 300° C, waarna de temperatuur in de oven met behulp van een hoofdbrander wordt opgevoerd tot 800 à 900° C.

De totale procesduur bedraagt 2 à 2,5 uur en in het algemeen worden geen filters toegepast. Het gaat hierbij met name om kleinere crematoria.

Ovens van het Europese type of ovens met warme invoer hebben een grotere warmteinhoud. Daarbij is de aanvangstemperatuur van het proces 800° C of hoger en is de ovenbrander verder niet meer nodig omdat het proces zichzelf onderhoudt bij een totale procesduur van ongeveer 1,2 à 1,5 uur.

In het begin van het proces wordt de meeste zuurstof verbruikt. Daartoe wordt de luchttoevoer geregeld volgens een vooraf ingesteld tijdschema. Bij modernere ovens wordt dit gedaan met behulp van zuurstofmeting in de rookgassen.

De rookgassen kunnen:

- a.: ongekoeld in de atmosfeer worden gebracht,
- b.: met de omgevingslucht via een luchtinjector worden gekoeld tot een temperatuur van 200° à 350° C alvorens te worden geëmitteerd.
- c.: met een secundaire luchtkoeler verder worden gekoeld tot een temperatuur van ca 150° C waarna de vlieg-as kan worden afgevangen met een doekfilter.

In ca 10 crematoria worden de rookgassen ongekoeld geëmitteerd. Bij de overige crematoria worden de rookgassen vóór emissie gekoeld tot 200° à 350° C, waarbij de 5 grootste crematoria tevens zijn voorzien van een doekfilter om aan de voorschriften van de wet milieubeheer te kunnen voldoen. De eerste filters zijn toegepast in Velsen waar bij uitbreiding de Amerikaanse ovens werden omgebouwd tot die van het Europese type. Doekfilters zijn brandgevoelig en daartoe moeten de rookgassen eerst worden gekoeld. In ovens van het Amerikaanse type worden de rookgassen niet gefilterd.

2.2 Bronnen van emissies.

Bij crematieprocessen spelen de volgende emissies een rol:

- a. Emissies naar lucht van metalen in dampvorm, zoals cadmium, arseen, lood, zink en kwik en organische verbindingen waaronder dioxinen.
- b. Doekfilteras.
- c. Crematie-as, indien deze wordt verstrooid boven land of water.

3. EMISSIE- EN AFVALFACTOREN.

3.1 Emissies naar lucht.

3.1.1 Sporelementen cadmium, arseen, lood en zink.

Volgens onderzoek uitgevoerd door TNO in 1986 [9] is de rookgasproductie per crematieproces geschat/gemeten op 1750 m³.

Daarnaast resteert gemiddeld 2,8 kg crematie-as en ontwijkt (naar schatting) ca 0,1 kg vliegstof cq fijn stof. Bij toepassing van een filter kan daarvan per crematie ca 75 g doekfilteras worden afgevangen (TNO 1993) [2]. Het resterende gedeelte (25 g) zal met de rookgassen ontwijken.

In tegenstelling tot de sporelementen koper, nikkel en chroom die vooral in de resterende crematie-as worden aangetroffen, zullen cadmium, arseen, lood en zink in gasvormige toestand of gebonden aan vliegstof de oven ontwijken.

Zink in grote hoeveelheden veroorzaakt een witte rook (zinkoxide) maar treedt alleen op indien een zinken binnenkist wordt toegepast hetgeen in Nederlandse crematoria niet is toegestaan, dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld Italië.

Op basis van analyseresultaten van crematie-as en rookgas kunnen per crematie en ten aanzien van de emissies van Cadmium, Arseen, Lood en Zink naar lucht de uitgangspunten worden gehanteerd zoals opgenomen in tabel 3.1. [3]

Tabel 3.1 Bepaling milieubelastingsfactoren per crematie zonder filtering van rookgassen.

	Cadmium	Arseen	Lood	Zink
Corpus.	30 mg	14 mg	77 mg	2310 mg
Crematie-as.	5 mg	0,22 mg	12,9 mg	980 mg
Rookgas.	13 mg	0,08 mg	228 mg	2141 mg
Totale inbreng	25 mg	14 mg	228 mg	2141 mg

Dit levert voor 1991 een totale emissie naar lucht volgens tabel 3.2:

Tabel 3.2 Jaarlijkse emissies in 1991 in kg

jaar	Cadmium	Arseen	Lood	Zink
1990	1,2	0,7	11,2	105,5
1991	1,4	0,8	13,0	122,2
1992	1,5	0,8	13,6	128,0
1993	1,6	0,9	14,6	137,4

3.1.2 Emissie van kwik.

Bij de omzetting van amalgaamvullingen in tanden en kiezen komt vanaf 63° C kwik vrij. Deze amalgaamvullingen bestaan voor 50% uit kwik en voor 30% uit zilver. De overige 20% bestaat in afnemende volgorde uit tin, koper en zink.

Hoewel deze vorm van kwikemissie, in verhouding met andere processen waarbij kwik wordt geëmitteerd, in omvang betrekkelijk gering is, verdient deze toch om de volgende redenen bijzondere aandacht:

- a. Toepassingen in het algemeen van kwik worden steeds meer teruggebracht (batterijen, thermometers). Hierdoor worden kwikemissies gereduceerd waarin het aandeel van de amalgaam/kwikemissie dus relatief toeneemt.
- b. Door verbeterde tandartszorg en gebitsanering wordt voor de toekomst verwacht dat mensen langer hun eigen gebit zullen houden waardoor de toepassing van proteses afneemt en bij crematieprocessen de omzetting van amalgaam zal toenemen.

Betreffende schattingen van in het lichaam aanwezig kwikamalgaam zijn in tabel 3.3 de uit literatuur samengebrachte gegevens weergegeven.

Aan de bepaling van het gemiddeld aantal vullingen per persoon en het kwikgehalte per vulling wijdt Van der Meer de meest reële en gedetailleerde benaderingsmethode, waarbij voor de emissiefactor van kwik de schatting van 1000 mg per persoon wordt gehanteerd. Ook in het werkdocument kwik [7] wordt dit getal gehanteerd.

Uitgaande van dit gegeven en de gemiddelde rookgasproductie per crematieproces zou het kwikgehalte in de geëmitteerde gassen komen op 0,57 mg/m³.

Tabel 3.3 Gegevens m.b.t. de aanwezigheid van kwikamalgaam in te cremeren corpussen.[3]

	Buskes v. Opstal	v.d. Meer	Subfac. U.v.A.	Tandheelk.	Tandarts.
Gem. aantal amalgaamvullingen pp, incl. protessedragers.	<5	1,94			. 1,5
Kwikgehalte van amalgaamvullingen.	580 mg	500 mg	1.250 mg		237 mg
Gem. hoeveelheid kwik per corpus, incl. protessedragers.	<2.900 mg	1.000 mg			350 mg
Gem. hoeveelheid kwik per corpus, excl. protessedragers.	<5.250 mg	4.000 mg			700 mg

Bij deze emissiebepaling van kwik dienen (evenals trouwens bij die van andere spoorelementen) de nodige reserves te worden gehanteerd.

Onderzoekingen betreffende kwikemissies naar lucht bij crematoria zijn voornamelijk gebaseerd op oriënterende berekeningen en reële aannamen welke nog niet voldoende zijn bevestigd door daadwerkelijke metingen dienaangaande [3].

Wel is één van de conclusies van het TNO onderzoek 'Massabalans en emissies van in Nederland toegepaste crematieprocessen' [12] dat de aanwezigheid van kwikamalgaam de belangrijkste bron van kwikemissies bij crematieprocessen is. De hoeveelheid geëmitteerd kwik was bij alle onderzochte crematieprocessen vrijwel gelijk aan de aan het lichaam als kwikamalgaam toegevoegde hoeveelheid.

3.1.3 Emissie van dioxinen.

Dioxinen worden met name in de afkoelingsfase na de vuurhaard gevormd in het temperatuurtraject tussen 500 à 200° C [2].

Ten aanzien van de dioxinenemissie bij crematoria werden in 1991 aan beide typen verbrandingsovens metingen uitgevoerd aan drie of vier processen.[2].

Uitgaande van de verkregen meetgegevens, het aantal crematoria in Nederland en het aantal crematieprocessen in 1991 komt men in het rapport Emissies van dioxinen in Nederland tot dioxine-emissies zoals vermeld in tabel 4.3.

De hoeveelheid dioxinen die achterblijft in het doekfilteras van de 5 crematoria die nu al zijn voorzien van een doekfilter geschat op minder dan 0,02 g I-TEQ per jaar.

Tabel 3.4 Gegevens dioxine-emissies van crematoria. [2]

Parameter	Eenheid	Hoeveelheid
PCDD/F emissie per corpus	[Tg I-TEQ]	4
PCDD/F emissies per jaar (1991)	[g I-TEQ/jaar]	0.2

3.2 Emissies naar bodem en water.

Dit betreft de incidentele verstrooiing van crematie-as.

Van de hoeveelheid as die na een crematie overblijft is niet duidelijk welk gedeelte hiervan afkomstig is van de kist. Ongeveer de helft van de as bestaat uit kalk. Andere elementen zijn kalium, magnesium, natrium, ijzer en stikstof (per element tussen de 11-25 g/kg).[1]

In tabel 3.5 is voor fosfor, chroom, koper, lood, nikkel en zink en voor 1991 de maximale jaarlijkse emissie naar bodem en water weergegeven gebaseerd op een tweetal analyses. Hierbij zijn steeds de maximale waarden gehanteerd, d.w.z. in het geval alle as zou worden verstrooid. [3]

Tabel 3.5 Gehalte fosfor, chroom, koper, lood, nikkel en zink in het menselijk lichaam en in crematie-as.
[1] en [3]

element	gehalte lichaam (mg/70kg)	gehalte as [3] (mg/2,8 kg)	gehalte as [1] (mg/2,8 kg)	Totaal (kg/jaar)
fosfor	700.000		27.440	1.623
chroom	6,3	226	230	13,6
koper	98	367	459	27,1
lood	77	14	12,9	0,8
nikkel	<9,8	3	3,1	0,2
zink	2.310	1.162	980	69

3.3 Samenvatting emissiefactoren:

Tabel 3.6 Emissie naar bodem per corpus:

Totale asrest	2,8 kg
Fosfor	27,44 g
Chroom	230 mg
Koper	459 mg
Lood	12,9 mg
Nikkel	3,1 mg
Zink	980 mg

Tabel 3.7 Emissie naar lucht per corpus zonder toepassing van doekfilters:

Rookgas	1750 m ³
CO ₂ (gemiddeld)	78 g/m ³
CO (gemiddeld)	75 mg/m ³
C _x H _y (gemiddeld)	1750 m ³
Cl ⁻ (gemiddeld)	45 mg/m ³
Vliegstof	0,1 kg
Cadmium	25 mg
Arseen	14 mg
Lood	228 mg
Zink	2.141 mg
Kwik	1.000 mg
PCDD/F-emissie	4 µg I-TEQ

4. ENERGIEVERBRUIK EN ENERGIEFACTOREN.

Europese ovens worden 's morgens verhit maar hoeven vervolgens nauwelijks meer te worden bijgestookt zodat de energiekosten per proces, uitgaande van 10 crematies per dag, voordeliger zijn dan die in ovens van het Amerikaanse type.

Ten aanzien van het jaarlijkse gasverbruik in de ovens kunnen schattingen worden gehanteerd zoals opgenomen in tabel 1.4.

Tabel 1.4 Jaarlijks energiegebruik van crematieprocessen in 1991.

oventype	gasverbruik per crematie	Jaarlijks gasverbruik in 1990
Amerikaanse oven	75 m ³	$0,15 * 57.074 * 75 = 642.083 \text{ m}^3$
Europese oven	15 m ³	$0,85 * 57.074 * 15 = 727.624 \text{ m}^3$

5. MAATREGELEN EN KOSTEN VAN MAATREGELEN.

Emissiereducerende maatregelen worden vermeld in de modelvoorschriften voor crematoria in het kader van de Wet Milieubeheer (specifiek voor het crematieproces) zoals het verwijderen van metalen en/of kunststof ornamenten van de kist alvorens deze in de oven wordt ingebracht, het verbod op de toepassing van zink en lood enz. [5].

Rookgasfiltratie is in eerste instantie bedoeld voor rook- en geurbestrijding indien dat wordt vereist, o.a. in verband met dichtbij gelegen bebouwing. Door het toepassen van filters kan tevens een groot deel van de rookdeeltjes en de daaraan gebonden stoffen worden opgevangen.

De elektro-mechanische investeringskosten van een oven met filter bedragen 1,5 à 2 miljoen gulden. Het aandeel van het filter hierin bedraagt ca Dfl 400.000, prijspeil 1994.[10]

De kosten van een achteraf te plaatsen filter zullen hoger uitvallen. In het milieu-kostenmodel zijn deze laatste kosten geraamd op Dfl 600.000, hetgeen, vergeleken met de nieuwwaarde een redelijke inschatting lijkt.

Betreffende de operationele kosten kan worden gerekend met het energiegebruik van de rookgaskoeling en de luchtkoeling van de koelvloeistof.

Maximaal vermogen ca 400 kW, gemiddeld vermogen ca 250 kW, gemiddeld 8 uur per dag in gebruik, kosten per kWh Dfl 0,12.

Totale jaarlijkse energiekosten kunnen aldus worden geraamd op $250 \times 6/7 \times 365 \times 8 \times \text{Dfl } 0,12 = \text{ca Dfl } 75.000$.

Overige kosten zijn de vervangingskosten van het filtermateriaal, jaarlijks Dfl 60.000 (10 % van de aanschafprijs) en Dfl 5.000 voor de afvoer van chemisch afval.

In het RIVM model voor Milieumaatregelen en bijbehorende kosten is in 1990 bij de berekeningen van Milieuverkenningen en Milieuprogramma aangenomen dat in 1997 alle crematoria van doekfilters zullen zijn voorzien (maatregel ML 4498). Velzen en Utrecht waren toen al voorzien van doekfilters.

Bij deze aannames komen de totale jaarlijkse kosten uit op 2,1 miljoen gulden in 1993 en 2,8 miljoen gulden in 1994 (MB 95).

6. ONDERZOEK NAAR SCHONE PROCESSEN EN PRODUCTEN.

In theorie zouden meer emissiebeperkende maatregelen kunnen worden genomen die echter, vooral om ethische redenen, niet aanvaardbaar worden geacht.

Betreffende de reductie van kwikemissie kan in dat verband nog het Zweedse experiment worden genoemd waarbij een seleencapsule aan het crematieproces wordt toegevoegd waarmee het kwik zou reageren tot kwikselenide (HgSe) dat neerslaat in de as.

Testen in Zweden zouden daarbij een kwikreductie van 85% hebben aangetoond.

7. NORMSTELLING EN REGELGEVING.

Sinds 1869 bestaat er in Nederland een wet op de lijkbezorging die in 1991 voor het laatst is aangepast.

Een belangrijke aanpassing was het crematiebesluit van 1968. Ook deze wet is echter niet primair als milieuwet bedoeld al onderkent zij wel een aantal milieuhygiënische en milieutechnische aspecten waarop de milieuwetgeving van toepassing is. Zo zijn crematoria vergunningplichtig in het kader van de Wet Milieubeheer..

Voor zover het de afvoer van afvalstoffen inclusief filteras betreft, zullen crematoria onder het regime van de Wet Chemische afvalstoffen kunnen vallen indien de daarin genoemde maximale concentraties worden overschreden. Ook ten aanzien van het verstrooien van crematie-as kunnen regels worden gesteld in het kader van de Wet bodembescherming.

In de Inspectie-richtlijn lijkbezorging (VROM publikatie 93-01) [5] wordt het accent met name op de milieuhygiënische aspecten gelegd. Bij vergelijking van de emissieschattingen met de Richtlijn Verbranden zoals opgesteld door het Ministerie van VROM in 1989, valt op dat de norm voor kwik ($0,05 \text{ mg/m}^3$) kan worden overschreden. Deze relatief hoge emissie-concentratie heeft echter betrekking op relatief lage debieten van crematieovens [3]. Het rookgasdebiet van AVI's en crematoria zijn onvergelijkbaar.

Het aanbrengen van filters bij crematoria-ovens is nog niet algemeen verplicht gesteld.

8. REFERENTIES.

1. Bergen G.J. van, Meijden A.M. van der,
Ministerie van Binnenlandse Zaken, Milieuaspecten bij het incidenteel verstrooien van crematieas,
DHV Milieu & Infrastructuur BV, mei 1993.
2. Bremmer H.J., Troost L.M., Kuipers G., Koning J. de, en Sein A.A.,
Emissies van dioxinen in Nederland,
RIVM/TNO rapport nr. 770501003, Bilthoven, april 1993.
3. Brinkmann F.J.J.,
Notitie betreffende oriënterende berekeningen m.b.t. de mogelijke uitstoot van kwik en enige andere spoorelementen door niet van rookgas-filters voorziene crematoria-ovens.
RIVM, augustus 1991.
4. CVN, crematoria Nederland BV
Strooivelden en het milieu, een onderzoek naar de effecten van crematie-as op de bodemkwaliteit.
Haskoning, september 1991.
5. Inspectie-richtlijn lijkbezorging 2e herziene druk, VROM, Hoofinspectie van de Volksgezondheid voor de Milieuhygiëne, Publikatie 93-01
6. Liem, A.K.D., Berg, R. v.d., Bremmer, H.J. Hesse, J.M. en Slooff, W.
Basisdocument Dioxinen
RIVM Rapportnummer 710401024, Bilthoven februari 1993.
7. Loos B., Beelen P. van, Annema J., Janus J.A.,
Werkdocument kwik,
RIVM rapport nr 710401023, Bilthoven, november 1993.
8. Meer, W.J. van der,
Kwikemissies uit crematoria & toxiciteit van kwik,
Tandheelkundige scriptie Groningen.
9. Poot F.C., Nieuwenhuis J.A. en Timmer J., Onderzoek naar de rookgas- en geuremissie van het crematorium Winschoten. TNO Apeldoorn, refnr. 86-277, 1986.
10. Willemse N., Koninklijke Vereniging voor Facultatieve Crematie. Inex.
11. Mondelinge opgave Mevr. Sjauw, Afd. Gezondheidsstatistiek CBS.
12. Smit E.R., Massabalans en emissies van in Nederland toegepaste crematieprocessen. TNO-MEP-R 96/059