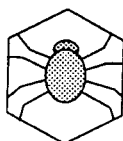


# GROFKERAMISCHE INDUSTRIE



Samenwerkingsproject  
Procesbeschrijvingen  
Industrie  
Nederland

RIVM (rapportnr.736301112), RIZA (notanr. 92.003/12) en DGM

Auteurs : K. Huizinga, J.J. Verburgh (Haskoning) A.J.C.M. Matthijsen  
(RIVM/LAE, tevens actualisatie) en P.H.W.G. Coenen (Tauw  
Milieu; actualisatie)

Basisjaar : 1992

Datum publikatie : februari 1995 (actualisatie van de versie van januari 1992)

## INHOUD

1. beschrijving bedrijfstak	1
2. Procesbeschrijving en bronnen van emissies	2
3. Emissie- en afvalfactoren	7
4. Energieverbruik	9
5. Maatregelen voor emissiereductie en energiebesparing	10
6. Onderzoek schone processen	12
7. Normstelling en regelgeving	12
8. Referenties	13

---

Dit is een actualisatie van de SPIN-procesbeschrijving "Grofkeramische industrie", versie januari 1992, met als basisjaar 1989.

In deze actualisatie, versie februari 1995, zijn de meest recente gegevens verwerkt, met name van een uitgebreid meetprogramma in de grofkeramische industrie in 1992/1993. Daarnaast is een uitgebreid commentaar van de branche op een concept van deze actualisatie verwerkt, zodat vrijwel alle hoofdstukken flinke wijzigingen hebben ondergaan.

## 1. BESCHRIJVING BEDRIJFSTAK

### Baksteen

Per januari 1993 waren er 52 productiebedrijven in tien concerns, waarvan vijf internationaal, plus 14 zelfstandige productiebedrijven. De internationale concerns beheersen ca. 65% van de productie. In de loop van 1992 zijn acht bedrijven gesloten met een gezamenlijke productiecapaciteit van 200-220 miljoen Waalformaat (WF: gewone metselsteen). In de loop van 1993 zijn de twee grootste internationale concerns een joint-venture aangegaan met betrekking tot de Nederlandse baksteenbelangen. Dit brengt het aantal concerns terug tot negen, overigens zonder effect op het aantal fabrieken of de productie.

De productie van de grofkeramische industrie voor 1992 is weergegeven in tabel 1.1. De productie van bakstenen wordt gewoonlijk uitgedrukt in aantallen, Waalformaat (WF) genoemd. In onderstaande tabel is de productie echter uitgedrukt in gewicht.

### Dakpannen

Per januari 1993 waren er tien productiebedrijven in twee concerns, plus twee kleine zelfstandigen. De concerns beheersen meer dan 95% van de productie en waren beide internationaal verbonden met de twee grootste baksteenconcerns en sinds 1994 met alleen het grootste baksteenconcern. Per september 1994 is het totaal aantal fabrieken, door relocatie van de productie binnen een van de dakpanconcerns, teruggebracht tot negen.

### Plavuizen/splijttegels

Per januari 1993 waren er drie productiebedrijven.

Het genoemde totaal van 2.770.000 ton/jaar wordt gebruikt voor de berekening van de emissiefactoren in hoofdstuk 3.

Tabel 1.1. Productiegegevens voor 1992 van de grofkeramische industrie

Produkt	SBI-code (SBI '93)	(oud)	Productie (kton/jaar)
Baksteen (exclusief poreuze steen)	2640	32.11	2.560 <sup>1)</sup>
Poreuze baksteen	2640	32.11	65 <sup>2)</sup>
Dakpannen	2640	32.12	130 <sup>3)</sup>
Plavuizen + splijttegels	2630	32.22	15 <sup>4)</sup>
Totaal		circa	2.770

1) Waarvan 1.370 miljoen WF (Waalformaat) gewone metselsteen à 1,73 kg en 102 miljoen WF straatstenen à 1,9 kg

2) 48 miljoen WF à 1,35 kg

3) circa 50 miljoen dakpannen en bijbehorende hulpstukken. Door zeer variabel gewicht per pan/hulpstuk is de omrekening naar een totaalgewicht moeilijk. De branche schat het totaalgewicht op 130 kton.

4) dit cijfer is onzeker. Het is gebruikelijk om de productie uit te drukken in m<sup>2</sup> en tegels variëren erg in dikte.

Bronnen: KNB (1994); CBS (1993)

In tabel 1.2 is het productievolume in de jaren 1990 tot en met 1992 inclusief de productie-index (1990 = 100%) weergegeven volgens de "Produktiestatistieken industrie" van het CBS. Het jaarverslag van de KNB (1993) geeft productievolumina die hier enigszins van afwijken.

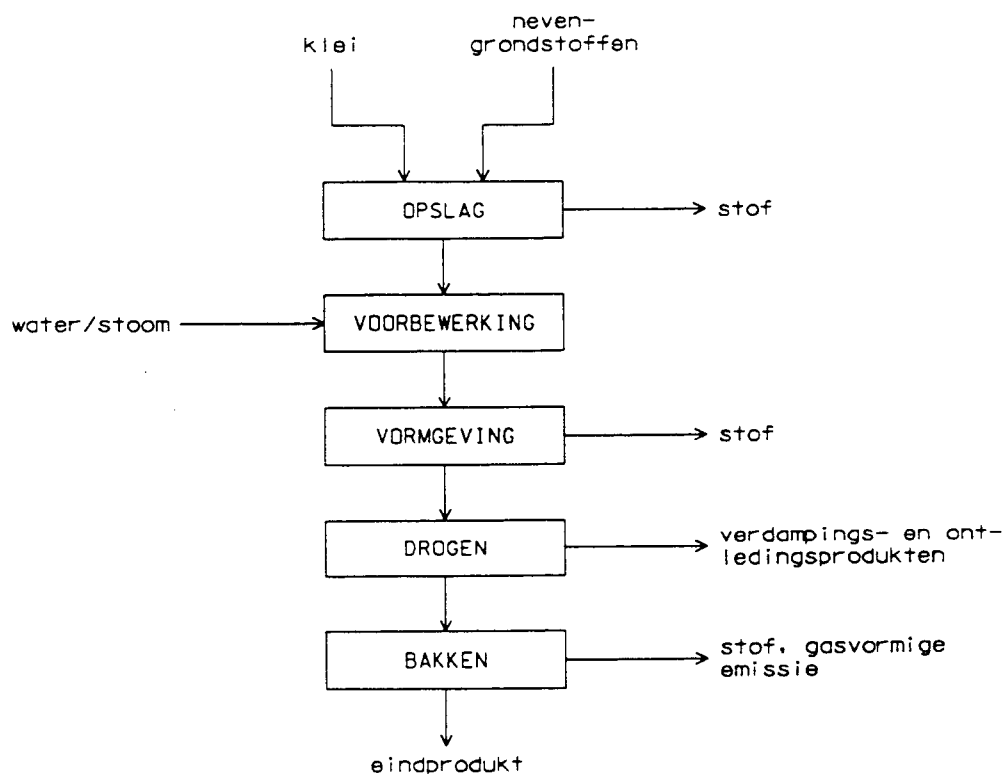
Tabel 1.2. Productievolume grofkeramische industrie

Produkt	Dimensie	1990	1991	1992
Straatstenen	(mln stuks)	110	104,1	94,8
Metselstenen	(mln stuks)	1446,1	1365,1	1386
Dakpannen en hulpstukken	(mln stuks)	52,1	51	51
Grof aardewerk <sup>1)</sup>	(mln m <sup>2</sup> )	13,5	14,2	14,7
Productie-index	(%)	100	98	97

1) Tot grof aardewerk wordt gerekend wand- en vloertegels, plavuizen en overige keramische producten. Volgens de branche is de trend in de productie van grofkeramische tegels juist dalend (KNB, 1994)

## 2. PROCESBESCHRIJVING EN BRONNEN VAN EMISSIES

De fabricage van grofkeramische producten is schematisch in figuur 2.1. weergegeven. De verschillende processtappen worden hierna besproken (Anonymus, 1985; Haskoning, 1986; schriftelijke mededeling KNB/NEDACO).



Figuur 2.1. Processchema grofkeramisch productieproces

### Vorbewerking

Het doel van de kleivorbewerking is het verkrijgen van een homogeen mengsel dat de juiste eigenschappen bezit voor de vormgevingsfase en het uiteindelijke produkt. De kleivorbewerking omvat de volgende stappen:

- verwijderen van stenen en onzuiverheden;
- het verkleinen van de stukgrootte van de hoofdgrondstof, de klei;
- het bijmengen van vaste nevengrondstoffen en water.

Water wordt toegevoegd om de gewenste plasticiteit voor het vormproces te verkrijgen. In vergelijking met de fijnkeramische industrie worden in de grofkeramische industrie, uitgezonderd de produktie van poreuze steen, relatief weinig nevengrondstoffen toegevoegd. Sommige nevengrondstoffen dienen ter vermindering van droog- en bakrimp, vooral zand. Als kleurstoffen worden kalk en mangaanverbindingen gebruikt. Speciaal voor de produktie van poreuze steen worden grote hoeveelheden hulpgrondstoffen ingezet. Bij twee van de drie producenten van poreuze steen wordt (naast klei) leisteen, vliegashoutmeel en houtmeel ingezet. Bij de derde wordt als hulpgrondstof uitsluitend houtmeel gebruikt. De leisteen kan een zeer variabele herkomst hebben. Mijnesteen is een van de mogelijke bronnen.

Tijdens de vorbewerking ontstaan slechts zeer geringe stofvormige emissies, aangezien meestal met vochtig materiaal gewerkt wordt. De hulpstoffen (in de regel krijt of bruinsteen) worden toegevoegd met behulp van gesloten automatische doseerapparaten met veelal natte dosering. Stofemissies kunnen vooral in droge perioden optreden tijdens de opslag van de klei en het transport van de opslag naar de fabriek. Het stof bestaat uit klei en zand.

### Vormgeving

Handmatig vormen komt nog voor in een viertal bedrijven met zeer specifieke en kleine produkties en incidenteel ook in grotere bedrijven voor speciale opdrachten. Voor het overgrote deel van de produktie is het vormgevingsproces echter geheel geautomatiseerd. In de Nederlandse grofkeramische industrie zijn in hoofdzaak drie vormgevingstechnieken in gebruik: machinaal handvormen, vormbakpersen en strengpersen. Bij de eerste twee technieken worden stalen of kunststof vormen nat gemaakt, met zand bestrooid en vervolgens gevuld met de kleimassa. Bij het vormbakpersen wordt de klei in de vorm geperst terwijl bij het machinaal handvormen de kleimassa in de vorm niet wordt aangedrukt. De vormen worden vervolgens geleegd, gereinigd en opnieuw toegepast. Bij het zanden (het met zand bestrooien) van de vormen kan stofontwikkeling optreden. In de praktijk wordt dit stof meestal afgezogen en in een stoffilter afgescheiden. In tegenstelling tot het buitenland is in Nederland het zogenaamde strengpersen de minst toegepaste methode bij het produceren van baksteen. De oorzaak hiervoor is het feit dat de meeste Nederlandse kleien te nat en/of te schraal zijn. Bij deze strengperstechniek wordt klei door middel van een extruder door een vormmond geperst waarna met snijdraden de streng op lengte wordt gesneden, waarna het halfprodukt (vormling of groenling genaamd) gereed is.

Voor het vormen van dakpannen wordt in Nederland uitsluitend de strengpersmethode toegepast. De extruder produceert een perskoek met circa 20% water, die vervolgens in een stempelpers met gips- of kunststofmallen tot de juiste vorm wordt geperst.

### **Drogen**

Alvorens de vormlingen te bakken wordt het vochtgehalte teruggebracht van circa 28-33% (machinale handvorm- en vormbakstenen) of circa 20% (strengpersen) tot een restvochtgehalte van 2-6% in het droogproces. Om scheuren en kromtrekken te voorkomen als gevolg van een te snelle droging, is de zogenaamde luchtconditionering (regeling van temperatuur, luchtsnelheid en -vochtigheid) zeer belangrijk. De droogtemperatuur varieert van 30-35 °C aan het begin tot circa 90 °C (soms zelfs 110 °C) aan het eind van de droogperiode. Veel toegepast worden tunneldrogers (continue werking) en kamerdrogers (batchgewijs).

De temperatuurverhoging vindt veelal plaats met lucht die in de oven na de vuurzone gebruikt is om het produkt te koelen. In bepaalde gevallen wordt ook koellucht van de oven (gebruikt voor het koelen van ovenwanden en wielstellen van ovenwagens) ingezet bij het droogproces. Hierbij zullen geen fluoriden en chloriden worden uitgestoten, gezien de relatief lage temperatuur (<200 °C).

### **Glazuren/engoberen**

Ter verfraaiing van het eindprodukt ondergaan dakpannen en plavuizen soms een oppervlaktebehandeling, hetzij glazuren, hetzij engoberen, voorafgaande aan het bakken. Engoberen betreft een behandeling met een speciale kleisuspensie. In het verleden werden glazuren volledig zelf gemengd. Deze glazuren kunnen tal van anorganische verbindingen bevatten. Siliciumoxide vormt in de glazuur echter altijd het hoofdbestanddeel (30-50%). Glasvormende componenten zijn in te delen in zure oxiden (van Si, B, P, Sn, Ti, Sb), basische oxiden (van Pb, Ba, Li, Zn, Na, K, Mg, Ca) en amfotere oxiden (Al, B). De zelf gemengde glazuren worden nog slechts incidenteel gebruikt. In de grotere produkties zijn zij om redenen van meer constante kwaliteit vervangen door gefritte glazuren. Hierin is door een warmtebehandeling het oorspronkelijke oxidenmengsel omgezet in een silicatenmengsel (deels glas, deels kristallijn) met een aanmerkelijk lagere oplosbaarheid. Dit wordt vermalen tot poeder en als suspensie in water opgebracht. Fritteglazuur wordt als poeder ingekocht van gespecialiseerde toeleveranciers.

Het opbrengen van glazuur of engobe vindt in de grofkeramische industrie plaats in een geautomatiseerde en meestal als tunnel uitgevoerde inrichting. De suspensie die niet op het produkt terecht komt, wordt opgevangen en teruggevoerd naar de voorraad.

### **Bakken**

Het bakproces is te verdelen in drie fasen, te weten:

- opwarmen;
- rijpen;
- koelen.

Gedurende het bakproces treden de volgende fysische en chemische veranderingen op, welke leiden tot de gewenste eigenschappen (sterkte, uitzettingscoëfficiënt, geluidsisolatie):

- dehydratie (tijdens opwarmen);
- verbranding organische bestanddelen en verdamping vluchtige bestanddelen (opwarmen en rijpen);
- rekristallisatie (rijpen);
- sinteren (rijpen);
- korrelgroei (rijpen).

De temperatuur waarbij het rijpingsproces optreedt (het eigenlijke bakken) is afhankelijk

van het produkt en wel:

metselbaksteen	: 1000 - 1250 °C;
straatsteen	: 1050 - 1200 °C;
poreuze steen	: 900 - 1000 °C;
dakpannen	: 950 - 1100 °C.

De eerste emissies vinden pas plaats in de oven bij temperaturen boven 400 °C (CO<sub>2</sub> door het uitbranden van humus). Volgens een rapportage van Tebodin (1994) blijft de CO<sub>2</sub>, die gevormd wordt ten gevolge van de verbranding van toegevoegde leisteel, vlieg-as of houtmeel bij de fabricage van poreuze baksteen, in de steen. Dit proces is ongeveer voltooid rond 650 °C. In het traject 750-900 °C treden emissies op door ontleding van anorganisch materiaal, zoals CO<sub>2</sub> uit carbonaten, SO<sub>2</sub> uit pyriet en HCl en HF uit kleimineralen. De verblijftijd in de oven is sterk afhankelijk van de aard van het produkt en het gebruikte oventype. In de praktijk liggen de verblijftijden tussen een dag en twee weken.

Het bakken in periodieke ovens is de laatste 10-20 jaar sterk afgenomen ten gunste van continue ovens. Een groot nadeel van periodieke ovens ten opzichte van continue ovens is het hoge energieverbruik. Het voordeel is echter de flexibiliteit en de betere beheersbaarheid van de ovenatmosfeer. De wisselingen in de bakcurve (dit is het verloop van de oventemperatuur met de tijd) kunnen namelijk sneller en met minder effect op de produkten worden gerealiseerd. Tevens zijn wisselingen tussen oxiderende en reducerende omstandigheden in periodieke ovens beter te reproduceren dan bij continue ovens. Bepaalde produkten kunnen uitsluitend in periodieke ovens worden gemaakt, omdat alleen daarin de noodzakelijke ovenatmosfeer te realiseren is. Periodieke ovens worden in Nederland met name gebruikt bij de produktie van dakpannen.

De meest toegepaste types continue ovens zijn de vlamoven en de wagentunneloven. Bij de eerste blijft het produkt staan en komt het achtereenvolgens in een opwarmzone, een vuurzone en een koelzone te liggen. De procesvoering bij vlamovens geschiedt volgens het tegenstroomprincipe. De opwarming vindt plaats met rookgas; de afkoeling met (verse) verbrandingslucht. Bij de wagentunneloven wordt het produkt op hydraulische railwagens voortbewogen en in tegenstroom met de verbrandingslucht en -gassen door de tunneloven gevoerd. In Nederland wordt de vlamoven in snel tempo vervangen door de tunneloven. De redenen hiervoor zijn het grotere warmteverlies als gevolg van de ovenconstructie (accumulatie, straling, transmissie en schoorsteenverlies), de ongelijkmatigheid in het produkt en de grotere hoeveelheid arbeid, die nodig is voor de vlamoven, in vergelijking met de tunneloven.

Het verschil tussen het bakken van poreuze steen en normale steen is dat bij de eerste de benodigde brandstof vooraf aan het grondstofmengsel wordt toegevoegd. In de praktijk is deze toegevoegde brandstof een relatief laagwaardig materiaal (zaagsel, koolhoudende vlieg-as of leisteel/mijnsteen met kolenresten) en dus goedkoop. Als uitsluitend zaagmeel wordt gebruikt, moet er worden bijgestookt met gas.

Bij het bakken treden stof- en gasvormige emissies op. Deze zijn vooral afkomstig van de grond- en hulpstoffen, en maar weinig van de toegepaste brandstoffen, aangezien vrijwel alle bedrijven aardgas gebruiken (KNB, 1990). De belangrijkste gasvormige emissies zijn:

- fluoriden en chloriden;
- zwaveloxiden;
- stikstofoxiden;
- koolstofverbindingen.

Fluor zit hoofdzakelijk als vervanger van OH-groepen in de aluminiumsilicaatstructuur van de kleimineralen. Bij de verhitting boven 800 °C en aanwezigheid van water zijn de Al-F- en Si-F-bindingen niet stabiel en reageren tot Al-OH, SiOH en HF, waardoor de emissies veroorzaakt worden. In de klei is fluor voorts als vloeispaat ( $\text{CaF}_2$ ) aanwezig. Daarnaast komen aluminiumfluoride ( $\text{AlF}_3$ ), natriumfluoride ( $\text{NaF}$ ), kryoliet ( $3\text{NaF}\cdot\text{AlF}_3$ ) en fluorapatiet ( $\text{CaF}_2\cdot 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) voor. Het voorkomen van  $\text{AlF}_3$  en  $\text{NaF}$  in klei wordt overigens door KNB/NEDACO betwijfeld gezien de goede oplosbaarheid en de mogelijke hydrolysisatie van deze verbindingen. Het fluorgehalte van de door de grofkeramische industrie gebruikte (Nederlandse) klei varieert van 330-900 mg/kg met een gemiddelde van circa 500 mg/kg. Door ontleding van deze verbindingen ontstaan fluoriden. Tijdens het bakken verdwijnt 10-70% uit de klei. Van de ontsnapte fluorverbindingen is het grootste deel (circa 99,5%) gasvormig. Het overige deel (circa 0,5%) wordt in de vorm van vaste fluorverbindingen uitgestoten, waaronder vloeispaat ( $\text{CaF}_2$ ), kaliumfluoraluminaat ( $\text{KAlF}_4$ ,  $\text{K}_3\text{AlF}_6$ ) en verbindingen die in de grondstof voorkomen (RIVM, 1988).

In mindere mate dan fluoriden worden chloriden uitgestoten die eveneens afkomstig zijn van de kleimineralen. Chloride-emissie vindt ook plaats door thermische ontleding van  $\text{NaCl}$  in de klei. Dit speelt vooral bij zeeklei met een relatief hoog  $\text{NaCl}$ -gehalte.

Zwavelverbindingen, hoofdzakelijk  $\text{SO}_2$  en  $\text{SO}_3$ , worden geëmitteerd door oxidatie en ontleding van zwavelverbindingen, met name pyriet ( $\text{FeS}_2$ ) en de daarvan afgeleide oxidatieproducten. Een klein aantal ovens worden gestookt op zwavelhoudende brandstoffen (olie, steenkool), derhalve is het zwavelgehalte van de brandstof slechts van geringe invloed op de totale  $\text{SO}_2$ -emissie van de branche. Bij de productie van poreuze steen kan de emissie van zwaveloxiden hoog zijn, als kolenresten en andere zwavelhoudende grondstoffen worden toegepast.

Stikstofoxiden ontstaan hoofdzakelijk door verbranding van aardgas. De hoeveelheid stikstofoxiden afkomstig van oxidatie en ontleding van stikstofverbindingen in de klei is waarschijnlijk zeer gering. De koolstofverbindingen tenslotte ontstaan door ontleding van organische componenten in de klei. Bij de productie van poreuze steen moet naast de bovengenoemde verbindingen rekening worden gehouden met de emissie van roet en mogelijk een verhoogde concentratie van CO en PAK's als gevolg van onvolledige verbranding van de (organische componenten van de) hulpgrondstoffen leisteen, koolhoudende vliegashout en houtmeel. De gevormde  $\text{CO}_2$  blijft in de steen en zorgt ervoor dat de steen poreus is. Bij de productie van poreuze steen kunnen PCDD's/PCDF's ontstaan (Bremmer et al., 1993).



### 3. EMISSIE- EN AFVALFACTOREN

#### 3.1 Lucht

In tabel 3.1. zijn de emissies van de grofkeramische industrie naar lucht voor 1992 weergegeven. Met betrekking tot emissies van zware metalen zijn zeer weinig gegevens beschikbaar. Op basis van een beperkt aantal meetresultaten, in gevallen waar de kans op emissie van zware metalen bovengemiddeld is, blijkt dat deze emissie binnen de algemene eisen van de NER valt.

Gezien het ontbreken van informatie omtrent de specifieke emissies bij de productie van dakpannen en overige grofkeramiek (bijvoorbeeld plavuizen) is er van uitgegaan dat deze per ton produkt ruwweg dezelfde zijn als voor baksteen. Hieruit volgt dat circa 93% van de emissies wordt veroorzaakt door de baksteenproductie, 5% door de dakpanproductie en 2% door de productie van overig grofkeramiek. Uit de spreiding in de concentraties in tabel 3.1. blijkt, dat er grote onderlinge verschillen bestaan tussen de emissies in de (56 gemeten) bedrijven.

De cijfers in tabel 3.1. zijn gebaseerd op het in 1991 tot 1993 door het KNB/NEDACO uitgevoerde onderzoek naar de emissies van de grofkeramische industrie.

Tabel 3.1. Emissies naar lucht van de grof keramische industrie in 1992, gebaseerd op metingen van KNB bij 56 bedrijven, 48 baksteenfabrieken en 8 dakpannenfabrieken (65ovens bemeten)

Component	Concentratie (mg/m <sup>3</sup> )		Emissie (ton/jaar)	Emissiefactor (kg/ton)
	spreiding	gemiddeld		
Stof <sup>1)</sup> (silicaten)	1,4-135	13,5	159	0,057
F totaal	0,4-150	40,7	428	0,15
F gasvormig			426	0,15
F vaste stof			2	0,00072
Cl	1,0-80	10,3	139	0,050
SO <sub>2</sub> +SO <sub>3</sub> (als SO <sub>2</sub> )	4,9-1.047	80,2		
SO <sub>2</sub>			845	0,31
SO <sub>3</sub>			85-159 <sup>2)</sup>	0,031-0,057

1) de fractie fijn stof is niet bekend

2) op basis van metingen, laagste waarde is berekend met uitsluiting van meetwaarden beneden de detectiegrens

Bron: KNB/NEDACO (1993).

In tabel 3.2. zijn de emissies van Po-210 naar de atmosfeer weergegeven. De emissies zijn gebaseerd op een beperkt onderzoek, waarbij grote verschillen tussen de bedrijven werden gevonden. Andere radionucliden (Pb-210, K-40) worden slechts in zeer geringe hoeveelheden geëmitteerd.

Tabel 3.2. Emissies van radionucliden naar lucht door de grofkeramische industrie

Bedrijfsgroep	Po-210 (GBq/jaar)
Baksteenfabrieken	56
Aardewerkindustrie <sup>1)</sup>	7,2
Dakpannenfabrieken	2,7

1) De KNB (1994) vindt de omvang van deze emissie twijfelachtig.

Bron: Van Tuinen et al. (1995)

Tebodin (1994) komt op basis van een ECN-rapportage (Van Weers et al., 1993) op aanzienlijk lagere Po-210 emissies uit.

Gezien het grote aantal grofkeramische bedrijven zijn de risico's ten gevolge van de emissies van de afzonderlijke bedrijven gering, zodat per bedrijf het hoogste risiconiveau ( $10^{-6}$ /jaar) voor mensen die op minder dan 1 km van de schoorsteen wonen niet wordt overschreden.

### 3.2. Water

Er zijn onvoldoende betrouwbare gegevens verkregen omtrent de emissies naar water in de grofkeramische industrie. Ook de ER (1990) vermeldt geen cijfers. Waarschijnlijk zijn de emissies van geringe betekenis. Om deze reden is een verdere getalsmatige uitwerking achterwege gelaten.

### 3.3. Afval

Verreweg het grootste deel van de produktie-uitval (afvalklei van vormproces, droogbreuk, bakbreuk) wordt na een eventuele verwerking (vermalen) weer ingezet als grondstof. Bakbreuk wordt ook extern hergebruikt, bijvoorbeeld na vermaling als gravel op tennisbanen. De informatie in tabel 3.3. behoort als indicatief te worden beschouwd.

Tabel 3.3. Afvalhoeveelheden en afvalfactoren

SBI-code	Naam	Belangrijkste afvalstroom	Hoeveelheid (ton/jaar)	Afvalfactor (ton/kton)	Bestemming
32.1	baksteen- en dakpannenfabrieken	breukafval	36.700	14	25% terreinverharding/75% storten
		zand en klei	9.300	3,5	10% terreinverharding/90% storten

Bron: RIVM (1994)

### 3.4. Emissies ten gevolge van eigen energie-opwekking

In tabel 3.4. zijn de emissies ten gevolge van het gebruik van primaire energie weergegeven. Het brandstofpakket bestaat voor ruim 94% uit aardgas en voorts uit elektriciteit, kolen en olie voor kleivoorbewerking, vormen, drogen, bakken en intern transport (exclusief mobiele transportmiddelen).

Tabel 3.4. Emissies ten gevolge van het gebruik van primaire energie (1992)

	Vracht (ton/jaar)	Emissiefactor <sup>1)</sup> (kg/GJ)
NO <sub>x</sub> (als NO <sub>2</sub> )	1.055	0,12
CO	2.048	0,24
CO <sub>2</sub>	519.000	61

1) berekend op een energiegebruik van de branche van 8,5 PJ per jaar

Bron: KNB (1994)

#### 4. ENERGIEVERBRUIK

Het energieverbruik in de grofkeramische industrie in 1989 en 1992 is weergegeven in tabel 4.1.

Tabel 4.1. Energieverbruik in de grofkeramische industrie

Energiedrager	1989	1992	1993
Aardgas (PJ)	8,23	7,33	
Elektriciteit (PJ)	1,14	1,10	
Kolen en olie (PJ)	0,1	0,1	
Energie-efficiency index (%)	100	ca. 96	ca. 92

Bron : KNB (1994)

Een beperkt aantal ovens gebruikt aardolie of steenkool als brandstof. Een groot deel (circa 60%) van het elektriciteitsverbruik in de grofkeramische industrie komt voor rekening van de ventilatoren bij het drogen van de vormelingen.

Het energieverbruik per ton gebakken produkt is sterk afhankelijk van het gebruikte type oven en kan variëren van 2,4 tot 9,8 GJ/ton bij een branchegemiddelde van 3,1 voor het gehele productieproces, dus niet alleen de ovens. Het energieverbruik van de oven als zodanig varieert van 40 tot 60% van de totale energiebehoefte. Het is gebruikelijk de restwarmte van de oven te gebruiken in het droogproces. Daardoor is een exacte toerekening van het energiegebruik aan de oven respectievelijk het drogen vaak niet mogelijk. Deze restwarmtestroom wordt meestal niet apart gemeten. Verder is het energiegebruik behalve van het oventype ook sterk afhankelijk van de aard van het produkt en de grondstofsamenstelling. Meer dan 75% van de jaarproductie van de grofkeramische industrie komt voor rekening van continu bedreven tunnelovens met een gemiddeld energieverbruik van tussen 2,4 en 2,8 GJ/ton (voor het hele proces). In het voorgaande zijn de poreuze stenen met uitbrandstoffen buiten beschouwing gelaten.

In het kader van de meerjarenaafpraak energiebesparing wordt jaarlijks de energie-efficiency-index voor de grofkeramische industrie berekend. Deze is eveneens in tabel 4.1. opgenomen.

## 5. MAATREGELEN VOOR EMISSIEREDUCTIE EN ENERGIEBESPARING

### 5.1. Lucht

De fluoride-emissies van de grofkeramische industrie kunnen zowel door procesgeïntegreerde als end-of-pipe maatregelen worden gereduceerd. Bij Nederlandse steenfabrieken worden de volgende procesgeïntegreerde maatregelen reeds ten dele toegepast (Haskoning, 1986; RIVM, 1988, schriftelijke mededeling NKB/NEDACO):

- toevoeging van kalk aan de klei. Hierdoor vermindert, als gevolg van de vorming van het stabiele  $\text{CaF}_2$ , de fluoride-uitstoot. Bij de produktie van gele steen wordt op grote schaal kalk toegepast. Dit gebeurt primair voor de gewenste bakkleur, maar de F-emissies zijn in deze produktgroep als neveneffect beduidend lager dan bij rode steen. Bij rode steen is toevoeging van kalk vanwege het kleureffect niet toepasbaar; bij andere stenen slechts voorzover de kleur niet te veel verandert;
- verlaging van de luchtafvoer (hoeveelheid lucht per produkt). Dit wordt in de gehele grofkeramische industrie nagestreefd uit oogpunt van energiebesparing (het beperkt de schoorsteenverliezen). Voor een voldoende mate van warmte-overdracht is echter een minimaal debiet nodig. Voor een verdergaande verlaging moet de oven (indien mogelijk) omgebouwd worden, hetgeen aanzienlijke investeringskosten betekent;
- direct gebruik van rookgassen in het droogproces. Dit vindt bij verschillende fabrieken plaats. Het nadeel is echter, dat een aanslag op het ongebakken produkt ontstaat, die tijdens het bakken niet meer verdwijnt. Aangezien de Nederlandse steen veelal voor schoon metselwerk wordt gebruikt, wordt deze procesvoering beperkt toegepast.

Sinds 1994 is in de NER een herziene bijzondere regeling voor de grofkeramische industrie opgenomen. Voor bepaalde bedrijven zal het noodzakelijk zijn emissiebeperkende maatregelen te treffen ter beperking van de fluoride-emissie. Uit onderzoek is gebleken dat in principe twee technieken voor toepassing in aanmerking komen:

- kalksplitfilter;
- condenserende warmtewisselaar.

Bij de eerst genoemde techniek worden de afgassen uit de oven door een bed van kalksteenkorrels ( $\text{CaCO}_3$ ) geleid. HF zal reageren met de buitenkant van de kalkkorrels tot calciumfluoride, dat in een peltrommel van de kalksplit kan worden verwijderd. Hierbij wordt ook kalksteen verwijderd. De zo opgewerkte korrels worden aan de reactor teruggevoerd. Het verwijderde kalksteen en calciumfluoride (ca. 10%) kan worden gebruikt in de produktie van gele stenen of worden gestort.

De condenserende warmtewisselaar bestaat uit een corrosiebestendige warmtewisselaar die in de afgassen wordt geplaatst. Het vochtige afgas uit de oven condenseert op de warmtewisselaar waarbij HF in het condensaat wordt afgevangen. Het fluoridehoudende condensaat verlaat via een leiding het rookgaskaanal. Deze verontreinigde waterstroom heeft een dure nazuivering, waardoor de eerstgenoemde techniek de meeste perspectieven biedt.

De kosteneffectiviteit van de kalksplitfilter varieert sterk per bedrijf.

In tabel 5.1. is een indicatie gegeven van de kosten van de kalksplitfilter, afhankelijk van de ongereinigde fluoridevracht.

Tabel 5.1. Kosten van kalksplitfilters afhankelijk van de ongereinigde fluoridevracht

Fluoride-emissie (ton/jaar)	Operationele <sup>1)</sup> kosten (Fl./jaar)	Jaarkosten <sup>2)</sup> (Fl.)	Kosten effectiviteit (Fl./ton F)
8	59.000	129.000	18.000
10	77.000	147.000	16.000
15	11.500	185.000	13.000
20	15.500	226.000	12.000

Bron : NER stafbureau (1994)

1) Op basis van elektriciteits- en kalkverbruik en storkosten

2) Op basis van Fl. 500.000,= investeringskosten, rente 8 % en afschrijvingstermijn van 10 jaar

De implementatie van de bijzondere regeling voor de grofkeramische industrie moet uiterlijk in 2000 zijn afgerond. De jaarlijkse fluoride-emissie zal dan bij circa 23 bedrijven, met een jaaremisse van meer dan 8,4 ton, en bij nog ca. drie te moderniseren bedrijven gereduceerd zijn met in totaal circa 260 ton. De totale fluoride-emissie in het jaar 2000 wordt dan geraamd op circa 160 ton per jaar.

De investeringskosten worden geraamd op 11,5 Mfl, de totale jaarkosten op circa 3,7 Mfl en de operationele jaarkosten op 2 Mfl.

Tabel 5.2. Fluoride-emissie in 2000

Fluoride-emissie	(ton/j)	160
Reductie t.o.v. 1985	(%)	>80
Reductie t.o.v. 1993	(%)	62
Investeringskosten na 1994	(Mfl.)	11,5
Operationele jaarkosten	(Mfl.)	2
Totale jaarkosten	(Mfl.)	3,7

Een nadeel van het kalksplitfilter is het geringe verwijderingspercentage voor SO<sub>2</sub>. Een aanzienlijk deel (40%) van de huidige emissie van SO<sub>2</sub> door de grofkeramische industrie is echter afkomstig van één bedrijf waar poreuze steen wordt geproduceerd. Met het oog op een effectieve reductie van zowel fluoriden als SO<sub>2</sub> lijkt een natte rookgasreiniging de meest aangewezen techniek voor dit bedrijf.

## 5.2. Water

De emissies als gevolg van de lozing van spoelwater zijn gering. De lozing vindt vrijwel altijd plaats via bezinkputten, -vijvers, of -sloten. De hoeveelheid spoelwater (doorgaans grondwater) die geloosd wordt, is sterk teruggedrongen doordat vele bedrijven ertoe zijn overgegaan spoelwater in een interne kringloop te hergebruiken (Tebodin, 1994).

### **5.3. Energiebesparing**

Om een energiebesparing van 20% te bereiken (zie hoofdstuk 7) gaat de grofkeramische industrie onder meer de bestaande ovens vervangen of moderniseren, bestaande droogprocessen optimaliseren en warmtewisselaars op ovens en drogers plaatsen, waarmee een relatief groot besparingspotentieel gemoeid is.

Uit praktijkonderzoek blijkt dat het elektriciteitsverbruik van de droogkamers (circa 60% van het totale verbruik) met circa 15% kan worden verminderd door warmte/krachtkoppeling, het verlagen van de luchtsnelheid in het laatste stadium van het droogproces en door een aantal droogkamers later te laten starten in het weekeinde (Spruit, 1991).

De besparingsactiviteiten van de industrietak worden door de NOVEM begeleid.

## **6. ONDERZOEK SCHONE PROCESSEN**

In de jaren tachtig is onderzoek uitgevoerd naar de toepasbaarheid van verschillende alternatieven voor klei in de grofkeramische industrie (euroklei, havenslib, industriële afvalstoffen en vliegas). In het algemeen kan worden geconcludeerd dat alternatieve grondstoffen slechts voor een zeer beperkt deel klei kunnen vervangen. De technische mogelijkheden blijken in de praktijk aan een behoorlijk aantal beperkingen onderhevig. Daarbij zijn de bedrijfseconomische voordelen vrij gering en is de marktacceptatie van de produkten slecht (schriftelijke mededeling NKB/NEDACO).

Naast deze ervaring heeft een uitgebreid verkennend onderzoek van TNO-TPD in 1989/1990 naar de mogelijkheden voor energiebesparing plaatsgevonden. Geconcludeerd werd echter dat het gebruik van energierijke toeslagstoffen geen reële mogelijkheid vormt voor energiebesparing bij de productie van gevel- en straatbakstenen.

## **7. NORMSTELLING EN REGELGEVING**

De emissie-eisen zijn opgenomen in de bijzondere, in 1994 herziene, regeling voor de grofkeramische industrie van de NER (1994)

In 1993 hebben de twee branche-organisaties NKB en NEDACO een meerjarenafpraak gemaakt met het Ministerie van Economische zaken inzake energiebesparing in de grofkeramische industrie. De afspraak geldt voor de periode 1989-2000. Hierin wordt uitgegaan van een verbetering van de energie-efficiency van 20%.

## 8. REFERENTIES

- Anderson, M. en G. Jackson (1987)  
 Flugasche in der Ziegelherstellung. Vergangenheit Gegenwart und Zukunft  
 Ziegelindustrie International, 10, pp. 496-501
- Anonymus (1985)  
 Handboek Modelvoorschriften Luchtverontreiniging Staatsuitgeverij, Den Haag
- Austin, G.T. (1986)  
 Shreve's Chemical process industries, New York
- Bremmer, H.J., L.M. Troost, G. Kuipers, J. de Koning en A.A. Sein (1993)  
 Emissies van dioxinen in Nederland  
 RIVM-rapportnummer 770501003, april 1993
- CBS (1993)  
 Productie-statistieken industrie
- Haskoning (1986)  
 Fluor- en stofuitwerp van de grofkeramische industrie. Bestrijdingsmaatregelen en de  
 toepassingsmogelijkheden ervan in de Nederlandse grofkeramische industrie, Nijmegen
- Haskoning (1987)  
 Uitwerp van stikstofoxiden door de grofkeramische industrie, Nijmegen
- Inspectie van de volksgezondheid voor de hygiëne van het milieu voor Gelderland (1990)  
 Rapportage steenfabrieken, Arnhem
- Jonge de, L.S. (1986)  
 Luftverunreinigung durch die Ziegelindustrie  
 Ziegelindustrie International, 10 pp. 531-534
- Jonge de, L.S. (1989)  
 Marketing en milieu  
 Klei, glas, keramiek, 10, pp. 222-223
- KNB (1990)  
 Jaarverslag 1989  
 Koninklijk Verbond van Nederlandse Baksteenfabrikanten, De Steeg
- KNB (1993)  
 Jaarverslag 1993  
 Koninklijk Verbond van Nederlandse Baksteenfabrikanten, De Steeg
- KNB (1994)  
 Commentaar van de branche op de concept-procesbeschrijving van 28 september 1994,  
 d.d 31 oktober 1994
- Köhler (1988)  
 Einsatz industriellen Abfallstoffe mit brennbaren Bestandteilen in der Ziegelindustrie.  
 Ziegelindustrie International, 9, pp. 441-445
- Mesaros, R. (1989)  
 Verwendung von schlämmen aus kommunalen Abwässern bei der Ziegelherstellung.  
 Wieder belebung einer veralteten Ziegelei  
 Ziegelindustrie International, 5, pp. 251-254
- Mondelinge mededelingen:  
 TNO-TPD, afdeling keramiek

- NER (1994)  
Nederlandse Emissie Richtlijnen Lucht, Bilthoven
- Nohlmans, Th.T.G.F. en A.H. de Vries (1990)  
Milieu, Energie en Onderzoek, nu en in de toekomst  
Klei, glas, keramiek, 2, pp. 13-14
- RIVM (1988)  
Basisdocument fluoriden, RIVM-rapportnr. 758474005, Bilthoven
- RIVM (1994)  
Preventie van industrieel afval  
RIVM-rapportnr. 776202001, Bilthoven
- Schriftelijke mededelingen :  
- KNB (Koninklijk Verbond van Nederlandse baksteenfabrikanten)  
- NEDACO (Nederlandse Dakpannenfabrikanten Corporatie)
- Spruit, F.P.M. (1991)  
Elektriciteitsverbruik van drogerij verlagen met beperkte investeringen  
Energie & Technologie, december, pp 21-23
- Stefanov (1986)  
Einsatz industrieller Abfallstoffe in der Ziegelindustrie  
Ziegelindustrie International, 3, pp. 137-141
- Tebodin (1994)  
Deskstudie naar emissieaspecten voor vijf bedrijfstakken  
Project Afvalwateraspecten bedrijfstakken, RIZA Lelystad.
- Tuinen, S.T. van et al. (1995)  
Emissions and radiological risks of non nuclear-industries  
RIVM-rapportnummer 610053001, conceptversie maart 1995
- Uittenbosch, M. (1990)  
Milieu-investeringen  
Klei, glas, keramiek, 11, pp. 7
- Vries, A.H. de (1988)  
Rookgasreinigingsinstallaties in Duitsland  
Klei, glas, keramiek, 6, pp. 150-151
- Vries, A.H. de (1990)  
Keramiek Milieu en Toekomst  
Klei, glas, keramiek, 8, pp. 191-194
- Weers, A.W., P.J. Voors en R.E.J. Groothuis  
Radioactiviteitsonderzoek bij baksteen- en dakpanfabrieken  
ECN, augustus 1993
- West, H.W.H. (1986)  
Energieverbrauch in der Ziegelindustrie der EG  
Ziegelindustrie International, 1, pp. 4-7
- Zani, A., A. Tenaglia en A. Panigada (1990)  
Wiederverwertung von Schlämmen der Papierindustrie bei der Ziegelherstellung.  
Ziegelindustrie International, 12, pp. 682-687 (1990)
- Zani, A., A. Tenaglia en A. Panigada (1991)  
Wiederverwertung von Schlämmen der Papierindustrie bei der Ziegelherstellung II  
Ziegelindustrie International, 1, pp. 13-16