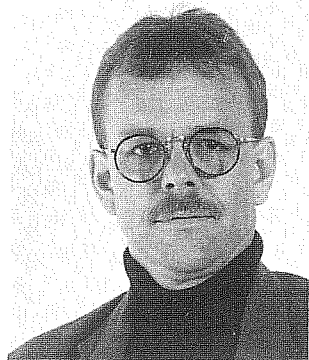


Verwerking van emailslib in baksteen

Een onderzoek naar de mogelijkheid tot hergebruik

k g k **Techniek**



E.J. Walda (redactie)
M. van Meerten
Stichting Technisch
Centrum voor de
Keramische Industrie
Hoofdstraat 4
6994 AE De Steeg

Samenvatting

In dit artikel wordt een recent afgerond onderzoeksproject naar de toepassing van emailreststof in de grofkeramische industrie beschreven. Dit restmateriaal ontstaat bij de produktie-activiteiten van de emailleerbedrijven in Nederland. Op grond van het uitgevoerde onderzoek wordt geconcludeerd dat het mogelijk is emailreststof in een toeslagpercentage van 1,5% te verwerken in grofkeramische produkten, waarbij de (fysische en chemische) kwaliteit van het eindprodukt vergelijkbaar is met produkten, vervaardigd van alleen de traditionele grondstof klei. De fluoremissie van de in het onderzoek uitgevoerde praktijkproef geeft een enigermate verhoogde waarde te zien ten opzichte van de pure klei zonder toeslag. De toptemperatuur in het stookproces in de beschouwde situatie kan met 15°C verlaagd worden. Globale calculaties geven aan dat door de lagere toptemperatuur een besparing van ca. 1,7% op het totale energieverbruik van het produktieproces haalbaar lijkt.

Summary

In this article a summary is given of a recently completed researchproject to investigate the possibility of re-using enamel waste matter in the heavy clay industry. It appears that it is possible to add the residue to a regular claybody and produce bricks, in properties (physical and chemical) comparable to regular brickproductions. The fluorine-emission is increased to some extent by the high fluorine-content of the enamelresidue. Overall calculations show that, due to the lower firing-temperature, a reduction of 1,7% on the total energyconsumption in the productionprocess is possible.

De auteurs

Tineke van Meerten (53) is sedert 1976 werkzaam op de afdeling Technologie van Stichting Technisch Centrum voor de Keramische Industrie (TCKI) te de Steeg. Na onder andere enige jaren als hoofd van het laboratorium te hebben gefunctioneerd, coördineert zij de laatste paar jaar de aanvragen van de Wet milieubeheer van de bij TCKI aangesloten fabrieken en is adviseur op diverse chemische deelreinen van de produktie en toepassing van bouwkeramiek.

Edo Walda (42) is sinds 1975 verbonden aan de afdeling Technologie van TCKI, waarvan de laatste jaren als adviseur op het gebied van ontgroningen, grond- en toeslagstoffen en milieu (bodem). Uit hoofde van zijn functie is hij betrokken

bij onderzoek naar de toepasbaarheid van reststoffen uit andere bedrijfstakken in de grofkeramische industrie. Momenteel volgt de auteur een post-HBO studie Milieumanagement bij de Rijkshogeschool IJsseland te Deventer, welke hij dit najaar hoopt af te ronden.

1. Inleiding

Bij de produktieprocessen van de Nederlandse emailleerbedrijven komt per jaar ca. 400 ton restmateriaal vrij, dat niet meer geschikt is voor emailleeringsdoeleinden en tot op heden naar stortplaatsen afgevoerd wordt. Als gevolg van de sterk oplopende storkosten en het in toenemende mate door de overheid gewenste en gestimuleerde hergebruik van reststoffen, is de verwachting dat deponie in de nabije toekomst aanzienlijke problemen zal opleveren.

Emailslib vertoont chemisch gezien grote overeenkomsten met klei, zoals deze voor baksteenfabricage wordt gebruikt. Daarnaast bevat het, keramisch beschouwd, smeltmiddelen, die een significante verlaging van de benodigde sintertemperatuur bij baksteenproduktie aannemelijk maakt. Afgezien van het energetische voordeel dat in een dergelijk geval kan optreden, is hierbij tevens een reductie van bepaalde milieubelastende rookgascomponenten te verwachten.

Op grond van bovenstaande is door het Technisch Centrum voor de Keramische Industrie (TCKI), in opdracht van de Nederlandse Maatschappij voor Energie en Milieu (NOVEM) en met een bijdrage van de branchevereniging Stichting Email, tussen november 1992 en januari 1994 een uitgebreid onderzoek verricht naar de toepassingsmogelijkheid van het restmateriaal in de baksteenindustrie. In dit artikel worden het onderzoek en de resultaten ervan gepresenteerd.

2. Uitvoering van het onderzoek

Het project is in 4 fasen uitgevoerd, te weten:

1. literatuuronderzoek;
2. beproevingen op laboratoriumschaal;
3. een praktijkproef;
4. laboratoriumonderzoek van bij fase 3 verzameld monsternormmateriaal.

2.1 Literatuuronderzoek

Uit dit onderzoek is gebleken dat op grond van een lager watergehalte bij de vormgeving en een lagere sintertemperatuur tijdens het stookproces, energetische besparingen bij toeslag van emailslib zeker aannemelijk geacht kunnen worden. De kwaliteit van het eindprodukt lijkt daarbij in vergelijking met de reguliere produktie gehandhaafd te kunnen worden. Het verminderde vormgevingswatergehalte wordt veroorzaakt door een lager aandeel kleimineralen in de kleimassa. De beïnvloeding van het sintergedrag vindt zijn oorsprong in een groter aandeel smeltmiddelen in het materiaal. Ten aanzien van milieu-aspecten kan gesteld worden dat een verhoogde emissie van lood (Pb) via de rookgassen op kan treden. De emissie van fluor (F)

lijkt als gevolg van de verlaging van de toptemperatuur tijdens het bakproces gereduceerd te kunnen worden. Op grond van een hoger initieel fluor-gehalte in het slib is daarentegen een toename van de emissie van dit element te verwachten.

Opgemerkt wordt dat in de beschikbare literatuur niet altijd aangegeven is welke emailslibs bedoeld worden of er is geen chemische samenstelling vermeld. De literatuurgegevens zijn hierdoor slechts ten dele bruikbaar gebleken voor het nu uitgevoerde onderzoek.

2.2 Beproevingen op laboratoriumschaal

De proeven in deze onderzoeksfase hadden ten doel vast te stellen welk toeslagpercentage van de reststof operationeel haalbaar zou zijn in de praktijkproef bij een steenfabriek. Daartoe is eerst een oriënterend vooronderzoek uitgevoerd waarbij op kleine schaal proefsteentjes zijn geproduceerd van 5 verschillende klei/emailslib-mengsels, samengesteld van een roodbakkerende produktieklei van de in het project aangezochte steenfabriek en oplopende percentages emailslib. Het emailslib was overigens een mengsel van afzonderlijke slibs, afkomstig van de drie (belangrijkste) emailleerbedrijven en samengesteld op basis van de jaarlijks vrijkomende hoeveelheid. De baktemperaturen van de diverse mengsels zijn vastgesteld met behulp van *Thermo-mechanische analyse* (TMA).

Op grond van de emissieproblematiek van de keramische industrie met betrekking tot met name het element fluor, is van 2 proefstenen van de mengsels met 10 en 20% toeslag en de blanco klei de maximale fluoremisatie berekend middels een balansmeting na analyse van het ongebakken en gebakken materiaal. Ten behoeve van de berekening is tevens het *gloeiverlies* bepaald. In tabel 2 zijn de analyseresultaten en de berekende emissies opgenomen.

Uit het onderzoek op laboratoriumschaal kan geconcludeerd worden dat een toenemend toeslagpercentage van de reststof een significante verlaging van de toptemperatuur mogelijk maakt bij gelijkblijvende of zelfs betere hygrische en mechanische eigenschappen van het eindproduct.

De vooronderstelling dat de fluoremisatie gereduceerd wordt door de lagere stooktemperaturen blijkt niet juist. De emailreststof bevat in verhouding met de pure klei een aanzienlijke hoeveelheid fluor, die kennelijk bij een zodanig lage temperatuur begint te ontwijken, dat een evidente verhoging van de emissie van dit element wordt geconstateerd.

De nagenoeg volledig in de stookpakketten opgesloten stenen vertonen daarbij het te verwachten beeld van een lagere emissie ten opzichte van stenen die vrijwel geheel aan de ovenatmosfeer zijn blootgesteld.

Tabel 1: >

Resultaten tweede proevenserie

	Mengselcode	A	B	D	F
Klei	% m/mn	100	97,5	90	80
Emailslibmengsel	% m/mn	0	2,5	10	20
Vocht	% m/md	25,5	27,0	25,6	30,0
Pfefferkornresthoogte	mm	21	15	18	n.d.
Droogkrimp	% l/ln	6,4	6,8	5,5	5,7
Baktemperatuur	°C	1065	1050	985	880
Bakkrimp	% l/ln	6,4	6,8	5,5	5,7
Specifieke wateropzuiging	g/dm ² /min.	32	26	n.d.	40
Wateropneming	% m/md	12,7	10,0	8,0	11,9
Wateropneming	% v/vd	22,7	18,3	15,0	20,8
Droge volumieke massa	kg/m ³	1780	1830	1870	1760
Splijttreksterkte	N/mm ²	2,2	2,8	4,4	4,5
Indicatieve druksterkte*	N/mm ²	30	38	59	60

* Berekend uit de splijttreksterkte
n.d.= niet geanalyseerd

Op grond van de resultaten van dit vooronderzoek is een vervolgonderzoek opgezet waarin mengsels met toeslagpercentages van 2½, 10 en 20 (m/mn) zijn betrokken. Van de mengsels en de blanco klei zonder toeslag zijn onder dezelfde verwerkingscondities handmatig kleine series *waalformaat* (WF: 210x100x50 mm) stenen vervaardigd. De stenen zijn met een tunnelovencurve van de proeffabriek gebakken in de met aardgas gestookte laboratoriumoven van TCKI. De gebakken proefproducten zijn onderzocht op hygrische en mechanische eigenschappen. In tabel 1 zijn de (gemiddelde) resultaten hiervan, tezamen met de droog- en bakkrimp van de mengsels, de verwerkingsvochtgehalten en de toptemperaturen van de diverse stookproeven opgenomen.

2.3 Praktijkproef

Op grond van de resultaten van fase 2.2 en praktische overwegingen ten aanzien van de uiteindelijke (toekomstige) operationele verwerking, is door de participanten aan het onderzoeksproject besloten om een praktijkproef uit te voeren met een toeslag van 1,5% (m/md) emailslib. Gedurende één werkdag zijn vervolgens natte vormelingen geproduceerd van het gekozen klei/slib-mengsel bij de in het project betrokken steenfabriek. Opgemerkt wordt dat uit hoofde van de beschikbaarheid het gebruikte slib slechts afkomstig was van de emailleerfabriek die jaarlijks voor ca. 75% aan het totale slibkwantum bijdraagt.

De proefproductie is onder reguliere droogcondi-

Tabel 2: >

Fluoremisatie tweede proevenserie
(op droge massa)

Mengsel -code*	Fluor Ongebakken ppm	Gloeiverlies %	Fluor Ongeb. corr. ppm	Fluoremisatie Gebakken ppm	Fluoremisatie berekend ppm	Baktemp. °C
A 5	490	5,8	520	300	220	1065
A20				200	320	
D 5	2440	5,8	2590	1000	1590	985
D24				600	1990	
F 2	3080	5,2	3250	2220	1030	880
F20				1670	1580	

* De getallen achter de letter van het mengsel geven het steennummer aan. Hierbij is het lage getal een ingesloten steen in de onderste laag van het ovenpakket en het hoge getal een steen bovenop het pakket.

ties uitgevoerd en vervolgens in zowel een periodiek reducerende als oxiderende atmosfeer gebakken in de tunneloven van de betreffende fabriek.

De gehanteerde ovencurve is vergelijkbaar met normale productie-omstandigheden met dien verstande dat de toptemperatuur met 15°C verlaagd is naar 1050°C.

In de voorbereidingsfase tijdens de productie bleek dat het vochtgehalte van het emailslib, dat in de drie aangeleverde *big-bags* varieerde van ca. 28 tot 32% (m/md), in hoge mate van invloed was op een probleemloze dosering. Met het oplopen van het vochtgehalte werd een gelijkmatige toevoeging sterk bemoeilijkt. Hoewel het klei/slib-mengsel gedurende de gehele proef voldoende homogeen leek, waren in de gebakken stenen smeltpunten zichtbaar van niet-ontsloten concreties van de toeslagstof. Deze uitsmeltingen waren talrijker naar mate met nattere slib was geproduceerd. Zowel gedurende de reguliere productie als tijdens de proef zijn een aantal steekproeven genomen voor onderzoek op het laboratorium en zijn metingen verricht. Met de emissiemeetwagen van TCKI zijn continu-rookgasmetingen uitgevoerd.

2.4 Laboratoriumonderzoek praktijkproef

Het bij het spoelen van de vormbakken vrijkomende spoelwater is geanalyseerd op een aantal elementen, hoofdzakelijk "zware" metalen, waarvan op grond van eerder in het onderzoek uitgevoerde analyses aangenomen mag worden dat deze in het gebruikte emailslib voorkomen. De concentraties van de elementen *zink* (Zn) en *zirkoon* (Zr) blijken aantoonbaar verhoogd te worden door de toevoeging van emailslib.

Ter plaatse van het zogenoemde "opsnij"-gedeelte, bij het afschuiven van de gedroogde vormelingen

De rookgassen zijn continu geanalyseerd op de concentratie van O₂, NO_x, CO, CO₂ en SO₂. Voor de bepaling van HF, HCl en SO₃ zijn rookgas-wassers gebruikt. In tabel 3 zijn de resultaten opgenomen van de diverse metingen en de in de Nederlandse Emissie Richtlijnen (NER) aangegeven emissiewaarden, alles omgerekend naar *standaard normaal m³* (18% O₂ v/v). Aangezien het overgrote deel van de reguliere productie van de in dit onderzoek betrokken steenfabriek reducerend worden afgestookt, is ter vergelijking gedurende de proefproductie zowel in oxiderende als in reducerende omstandigheden afgestookt. De rookgasmetingen tijdens de proefproductie zijn, afgezien van enige controlemetingen bij de reducerende stookwijze, aan de oxiderende gestookte productie uitgevoerd. De referentiemetingen zijn verricht tijdens de reducerend gestookte productie.

Teneinde inzicht te verkrijgen in de te verwachten emissies zijn het emailslib, de gedroogde en de gebakken stenen eveneens onderzocht op dezelfde elementen als waarop het spoelwater en het stof van de stofmetingen zijn geanalyseerd, aangevuld met *fluor* (F), *chlor* (Cl) en *zwavel* (S). In tabel 4 zijn de resultaten hiervan opgenomen. Opgemerkt wordt dat de percentages in het ongebakken materiaal gecorrigeerd zijn op het gloeiverlies.

Uit de resultaten kan afgeleid worden dat, als gevolg van kennelijke inhomogeniteiten van de onderzochte produkten, geen emissie vast te stellen is van vrijwel alle geanalyseerde elementen. Overeenkomstig hetgeen reeds op grond van literatuuronderzoek te verwachten was, is emissie te constateren van *lood* (Pb) in het materiaal met emailslib en *fluor* in zowel (in mindere mate) de reguliere productie als de proef met de reststof.

Tabel 3: >
Rookgasanalyses

		Fluor als HF	Chloor als HCl	NO _x als NO ₂	SO ₂	CO ₂	CO	SO ₃ (gemeten als SO ₄)
Referentie	mg/m ³ _{sn}	23	n.a.	180	50	50	200	35
Proef oxiderend	mg/m ³ _{sn}	43	n.a.	180	80	50	200	49
Proef reducerend	mg/m ³ _{sn}				60		500	
NER 1992								
Grensmassastroom	g/h	50	300	5000	5000			
Emissie-eis	mg/m ³ _{sn}	5	30	200	200*			

n.a.= niet aantoonbaar (beneden detectiegrens)
* Emissie-eis: SO₂+SO₃ (als SO₂)

van de droogplaten na de ontlading uit de drogerij, is stof bemonsterd uit de omgevingslucht en geanalyseerd op dezelfde elementen als het spoelwater. Toevoeging van emailslib blijkt geen aantoonbare wijziging in de chemische samenstelling van het stof te veroorzaken. In beide gevallen liggen de elementconcentraties ruim beneden de geldende Maximale Aanvaardbare Concentraties (MAC-waarden).

Bij milieu-eisen met betrekking tot bouwtechnische verwerking, hergebruik en deponie wordt in Nederland uitgegaan van elementconcentraties, bepaald na ontsluiting in zogenoemd *koningswater*. Een dergelijke monstervoorbereiding (conform NEN 6465) is minder destructief dan bij analyse van totaalgehalten wordt toegepast en is voor emissieberekeningen en feitelijke samenstelling niet bruikbaar. Ter vergelijking met de in tabel 4

Tabel 4: >
Chemische analyse fabrieksproef (totaalgehalten)

		Zonder emailslib		Emailslib	Berekende verhoging met 1,5% slib	Met 1,5% emailslib	
		Ongebakken	Gebakken			Ongebakken	Gebakken
Ba	ppm m/md	850	1000	7600	115	975	980
Zr		315	320	5700	85	380	400
Sr		165	180	160	2	165	170
Zn		120	130	5700	85	180	215
Pb		50	50	6700	100	110	80
Cr		90	120	1650	25	100	125
Cu		30	45	950	15	35	50
Ni		55	80	3100	45	70	110
Co		20	40	2700	40	50	65
Cd		6	7	12	<1	12	12
Sb		<5	<5	1960	30	5	<5
F		0,0496	0,036	1,080	0,016	0,064	0,030
Cl		<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01
S		0,02	0,01	<0,01	-	0,02	<0,01

vermelde totaalgehaltenes (excl. F, Cl en S), zijn twee gebakken stenen, één met en één zonder emailslib, door een milieulaboratorium onderzocht op het gehalte aan zware metalen na ontsluiting volgens NEN 6465.

In tabel 5 zijn de resultaten van deze analyses opgenomen. De maximale waarden voor bouwstoffen "die geen bodem worden" (Ontwerp Bouwstoffenbesluit 1991) zijn hierin eveneens vermeld. De zogeheten A-waarden behelzen niet-voorgegeven bouwstoffen terwijl de B-waarden betrekking hebben op vormgegeven bouwstoffen.

Tabel 5: >
Chemische analyse (NEN 6465).

	Zonder emailslib	Met 1,5% emailslib	A	B
Ba ppm m/md	130	99	7500	15000
Zr	<100	<100	..*	..*
Sr	<200	<200	..*	..*
Zn	14	26	1250	2500
Pb	<10	12	1250	2500
Cr	44	56	1250	2500
Cu	7,1	11	375	750
Ni	18	29	250	500
Co	<5,0	12	250	500
Cd	<0,1	<0,1	10	20
Sb	<0,050	1,9	50	100

* geen grenswaarde aangegeven

Uit de analyseresultaten kan geconcludeerd worden dat bij toevoeging van 1,5% emailslib nog steeds ruimschoots voldaan wordt aan de in de tabel aangegeven grenswaarden.

Aan gebakken proefstukken is een zogenaemde *beschikbaarheidstest* conform (ontwerp) NEN 7341 en een *diffusieproef* conform (ontwerp) NEN 7345 uitgevoerd. Bij de eerste proef wordt de **potentiële** beschikbaarheid voor uitloging van (onder andere) anorganische componenten onderzocht: de cumulatieve uitloging die in de praktijk op (zeer) lange termijn, onder extreme condities, op zou kunnen treden. Bij een diffusieproef wordt het uitloggedrag, in dit geval metalen, uit vormgegeven bouwmaterialen gesimuleerd. Ter vergelijking zijn bij beide proeven dezelfde spore-elementen geanalyseerd als in tabel 4. Bij de beschikbaarheidsproef lagen alle waarden beneden de detectielimiet, met uitzondering van *barium* (Ba), dat een licht verhoogde beschikbaarheid aangaf in de stenen geproduceerd met het emailslib, en *strontium* (Sr) dat in de referentiemeting zelfs hoger lag. De uitloging van *barium* in de diffusieproef blijkt ruim binnen de grenzen te liggen, gesteld in het Ontwerp Bouwstoffenbesluit (juni 1991). *Strontium* wordt hierin niet genoemd.

Het gebakken produkt met en zonder emailslib is onderzocht op de bouwtechnische kwaliteit volgens NEN 2489 en NEN 2872. De eerste beproe-

Tabel 6: >
Kwaliteit gebakken produkt.

	Zonder emailslib	Met 1,5% emailslib
Lengte mm	208	210
Breedte mm	100	100
Dikte mm	51	51
Maatklasse	1	1
Droge volumieke massa kg/m ³	1790	1780
Specifieke wateropzuiging g/dm ² /min	33	39
Vrijwillige wateropneming % v/vd	20,8	20,6
Vrijwillige wateropneming % m/md	11,6	11,6
Splijttreksterkte gem. N/mm ²	2,3	2,3
Splijttreksterkte laagste N/mm ²	1,0	2,0
Wateroplosbaar sulfaat (SO ₄) % m/md	0,03	0,02
Lipinskigetal % m/md	0,02	0,02
Toepassingsgebied	B3	B3
Watergehalte vóór de vorstbestandheidsproef % v/vd	26,0	27,0
% m/md	14,9	15,2
Gemiddelde verzadigingsgraad	0,82	0,82
Schade na 24 cycli	geen	geen

vingsnorm heeft betrekking op de maatklasse, de hygrische en fysische eigenschappen en de chemische eigenschappen ten aanzien van verwerking. De laatste norm heeft betrekking op de vorstbestandheid, die in dit geval uitgevoerd is volgens de daarin beschreven methodiek met hoge vochtbelasting (80°C). In tabel 6 zijn alle beproevingsresultaten opgenomen.

Uit de tabel blijkt dat de proefproductie met emailslib in hoge mate vergelijkbaar is met de gangbare produktiekwaliteit.

3. Energiebesparing

Vanwege de korte tijdsduur van de praktijkproef is geen meting mogelijk geweest van een eventuele energiebesparing, samenhangende met de lagere toptemperatuur tijdens het stookproces. Teneinde de te verwachten energiebesparing bij het gebruik van emailslib in de grondstoffen van keramische bouwmaterialen enigszins te kunnen kwantificeren, is een berekening gemaakt op basis van bekende verbruiksverschillen in gelijksoortige tunnelovens.

De basisgedachte achter de berekening is, dat de warmte-overdracht in de vuurzone voornamelijk wordt bepaald door straling. Daarbij is rekening gehouden worden met het feit dat warmte-overdracht naar de omgeving (wanden, dek en wagens) slechts voor een deel bepaald wordt door de stookzone van de oven. Door verlaging van de toptemperatuur zal de warmte-overdracht naar de omgeving verminderen. Hierdoor behoeven de branders minder energie te leveren aan het stookproces waardoor het gasverbruik zal dalen.

Om een goede schatting te kunnen maken van de daling van het energieverbruik, zijn de gasverbruiken van twee (min of meer) vergelijkbare tunnelovens met elkaar vergeleken. De ene oven heeft een gasverbruik van circa 130 m³/1000 *waanformaat* stenen en een toptemperatuur van 1210°C. De andere oven verbruikt circa 100 m³/1000 WF bij een toptemperatuur van circa 1075°C. In de berekening is op basis van straling het verschil in energieverbruik berekend op basis van 50% bijdrage van de vuurzone.

De vervolgberekening is gemaakt voor 15°C temperatuurdaling op toptemperatuur, waarbij weer is uitgegaan van eenzelfde stralingsbijdrage van de vuurzone als boven. Het resultaat geeft aan dat de warmteverliezen met circa 3% zullen dalen. Als gevolg hiervan zal er naar rato minder koelwarmte en, volgens aanname, minder lucht van de oven beschikbaar zijn voor het droogproces. Aangenomen wordt echter, dat de beperking van de lucht- en warmtehoeveelheid van de oven, ruim-

schoots wordt gecompenseerd door een efficiëntcyverbetering als gevolg van een lager specifiek luchtverbruik in de drogerij.

De indicatieve berekeningen geven aan dat een verlaging van 15°C naar een met de in de proefproductie vergelijkbare toptemperatuur, een besparing van circa 1,7% op het bruto gasverbruik van het bedrijf theoretisch mogelijk geacht moet worden.

4. Beschouwing

Op grond van het uitgevoerde onderzoek kan gesteld worden dat toevoeging van een gering percentage emailslib aan in de baksteenindustrie gangbare kleimassa's mogelijk lijkt. Bij een toevoeging van 1,5% restmateriaal kan met behoud van dezelfde kwaliteit van het eindproduct, een 15°C lagere toptemperatuur tijdens het bakproces aangehouden worden. De theoretisch haalbare energiebesparing hierbij bedraagt volgens indicatieve berekening ca. 1,7% op het totale bruto gasverbruik van de productieunit.

De fluoremissie van de normale productie wordt bij toeslag van emailslib in de beschouwde situatie verhoogd met ca. 20 mg/m^3 .

De uitloging van de met emailslib geproduceerde baksteen voldoet ruimschoots aan de eisen van het (ontwerp) Bouwstoffenbesluit.

In het onderzoek is door de toeslag van de reststof geen significante beïnvloeding vastgesteld van het onderzochte spoelwater en het vrijkomende stof in de fabriek.

Ter afsluiting van dit artikel wordt opgemerkt dat de doelstelling van dit onderzoek slechts technologisch van aard is geweest.

Het valt derhalve buiten het kader van dit onderzoek in te gaan op de feitelijke mogelijkheden (vergunningstechnisch, wenselijkheid, imago!) voor toepassing van dit materiaal in de keramische industrie.

5. Belangrijkste literatuur

Beerens, R., Metingen van rookgasemissies bij de fabricage van keramiek en glas. *KleiGlasKeramiek*, 1988, pag. 260.

Beerens, R., Emissies van milieubelastende componenten bij frittenproductie, emaillering en glazuren. *KleiGlasKeramiek*, 1990, pag. 128.

Bloem, P.J.C. *et al*, Metselbakstenen uit klei en vliegas (1) en (2). *KleiGlasKeramiek*, 1989, pag.97 en 1991, pag. 104.

Dijk, A.W.C.M. van, Waterhuishouding in de emailleerafdeling van Ferro Techniek B.V. *KleiGlasKeramiek*, 1990, pag. 108.

Jacobs, J.Ch.D. en A.H. de Vries, Bronnen van emissies bij de fabricage van fijnkeramische producten. TNO-TPD, rapportnr. 753.200-F, 1988.

Jonge, L.S. de, Havenslib voor de baksteenindustrie. *KleiGlasKeramiek*, 1979, pag. 205.

Nelissen, R.G.W.J., Afvalstoffenproblematiek in de keramische industrie. *KleiGlasKeramiek*, 1981, pag. 110.

NEN 2489, Metselbaksteen. Nederlands Normalisatie Instituut, oktober 1976.

NEN 2872, Beproeving van steenachtige materialen. Bepaling van vortbestandheid. Eenzijdige bevroering in zoetwatermilieu. Nederlands Normalisatie Instituut, mei 1989.

NEN 7341 (ontwerp), Uitloogkarakteristieken van bouwmaterialen en vaste afvalstoffen. Uitloogproeven. Bepaling van de beschikbaarheid voor uitloging van anorganische componenten. Nederlands Normalisatie Instituut, oktober 1992.

NEN 7345 (ontwerp), Uitloogkarakteristieken van bouwmaterialen en vaste afvalstoffen. Uitloogproeven. Bepaling van de uitloging van anorganische componenten uit vormgegeven bouwmaterialen, monolitische afvalstoffen en gestabiliseerde afvalstoffen. Nederlands Normalisatie Instituut, oktober 1992.

Rhee, A.K. van der, Emailslib - chemisch afval?. *KleiGlasKeramiek*, 1983, pag. 50.

Nationale Milieuverkenning 2 (1990-2010). RIVM, Bilthoven, 1991.

Schmidt, H. en H. Scholze, Charakterisierung der Fluoremission von feinkeramischen Massen. *Ceramic Forum International*, 1980, pag. 49.

Tünket, G. en H. Schmidt, Lösung eines betrieblichen Fluoremissionsproblem bei der Steinzeugherstellung. *Ceramic Forum International*, 1981, pag. 388.

Velden, J.H. van der en A.H. de Vries, Gebruiksmogelijkheden van afvalemail bij de steenfabricage. CTI-TNO, rapportnr. 02-4-40144, 1975.

Ontwerp Bouwstoffenbesluit Bodem- en Oppervlaktewaterbescherming. VROM, rectificatie staatscourant, 9 juli 1991.

Zwan, J. van der en A.H. de Vries, Grondstoffenonderzoek voor de Grofkeramische Industrie, deel 1 literatuuronderzoek "evaluatie kleien en toeslagstoffen". TNO-TPD, rapportnr. 953.206-a, 1989.

