

gaan moeten worden naar oppervlaktewater als grondstof voor de drinkwaterbereiding. Het moge alom bekend zijn dat vanwege allerlei kwaliteitsoverwegingen dit voor de waterleidingbedrijven en dus voor de consument geen aantrekkelijk

ke optie is. De waterleidingbedrijven zijn daarom, om het gebruik van oppervlaktewater zolang mogelijk uit te stellen, begonnen met een actie om de consument te bewegen het drinkwater niet onnodig te gebruiken.

Adres van de auteur:
N.V. Waterleiding Maatschappij
Oostelijk Gelderland
Terborgseweg 136
7000 AA Doetinchem

Klei voor de Nederlandse grofkeramische industrie

J.H. van Wijck

Onder de grofkeramische industrie, ook wel bouwkeramische industrie genoemd, wordt dat deel van de keramische industrie verstaan dat zich bezighoudt met de produktie van bakstenen (metselbakstenen en straatbakstenen), keramische dakpannen, vloertegels en plavuizen. De grondstof voor deze produkten bestaat voor het merendeel uit klei. Daarnaast worden toeslagstoffen gebruikt waarvan het aandeel in de massa kan variëren van enkele tienden tot enkele tientallen procenten. De gebruikte kleien zijn doorgaans afkomstig uit Nederland. Voor bepaalde produkten worden kleien geïmporteerd, met name uit Duitsland. Hierbij moet worden gedacht aan de produktie van tegels en lichtgekleurde metselbakstenen.

Het produktieproces in de grofkeramische industrie kent diverse stappen. Met behulp van diverse kleivoorbewerkingsmachines wordt, vaak onder toevoeging van water en/of stoom, een homogene plastische massa verkregen die op uiteenlopende wijze in een tegel-, dakpan- of baksteenvorm kan worden gebracht. Er wordt gebruik gemaakt van extrusie-persen, stempel-persen, vorm-bakpersen en handvorm-automaten. Enkele speciale produkten worden soms ook nog met de hand gevormd.

De gevormde produkten worden opgevangen op planken, latten of rekjes en worden daarna gedroogd in kamers of tunnels. De droogtijden lopen uiteen van minder dan één dag tot één week, afhankelijk van de aard van het produkt, de kleisoort en de dimensionering van de drogerij. Tijdens dit droogproces wordt veelal tussen de 20 en 35 massa % water verwijderd waarbij een krimp van het produkt optreedt die doorgaans varieert tussen 3 en 10 % lineair.

Van de gedroogde produkten worden daarna ovenpakketten geformeerd. In verschillende typen ovens worden deze afgebakken waarbij toptemperaturen worden bereikt die uiteen lopen van 1000 tot 1200 °C. Een ovencyclus varieert van minder dan een dag tot bijna een week in tunnelovens, en tot 2 weken in vlamovens en traditionele ringovens. In het eerste geval worden beladen wagens door de tunnel gescho-

ven waarbij in het midden het vuur is geïnstalleerd. Bij vlam- en ringovens staat het produkt stil in de oven en 'loopt' het vuur rond door middel van reguliere verplaatsing van de brandrinstallatie. Opwarming en koeling van het produkt worden nauwgezet gestuurd teneinde scheurvorming in het produkt te voorkomen.

Het gebakken produkt wordt soms nog uitgesorteerd of omgezet waarna het vanaf het tasveld kan worden afgevoerd naar de bouw. Een schematische weergave van één en ander is terug te vinden in figuur 1.

2. Het Technisch Centrum voor de Keramische Industrie

Het Technisch Centrum voor de Keramische Industrie (TCKI) is een organisatie in de keramische industrie met als doel de aangesloten deelnemers in de meest uitgebreide vorm voorlichting en advies te geven over alle onderdelen van het fabricageproces van keramische produkten.

Verreweg het grootste deel van de in Nederland gevestigde baksteen- en keramische dakpannen producerende bedrijven is aangesloten bij de stichting. Daarnaast kent de stichting enkele deelnemende bedrijven in Duitsland en België. Naast werkzaamheden voor deelnemers worden ook werkzaamheden verricht voor instanties, instituten en niet-keramische bedrijven die een band hebben met de keramische industrie.

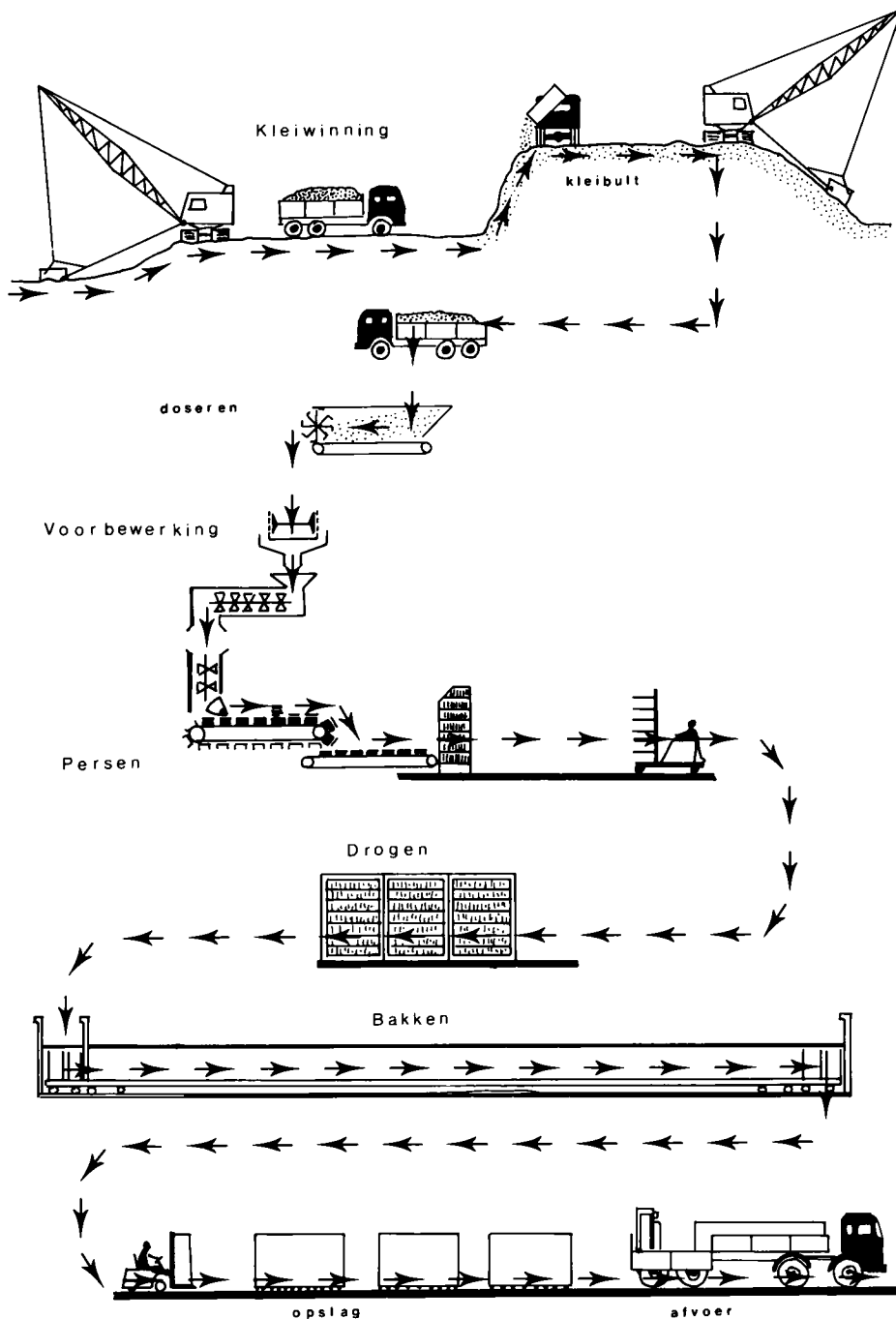
In de afdeling Techniek is de tekenkamer en een meetgroep ondergebracht. Op de tekenkamer wordt zowel bouwkundig als werktuigbouwkundig tekenwerk uitgevoerd. De meetgroep houdt zich bezig met het uitvoeren en uitwerken van proces-, energie- en milieu-metingen. De adviseurs in de afdeling Techniek adviseren in een aantal vakgebieden, waaronder machines en produktiemiddelen, in- en extern transport, gebouwen en fundaties, drogerijen, ovens, energie en automatisering.

De afdeling Technologie houdt zich bezig met het geven van adviezen op het gebied van grond- en toeslagstoffen, vormgevings-, droog- en bakprocessen, kwaliteitszorg, milieu en arbeidsomstandigheden. Het laboratorium van de stichting verzorgt de dagelijkse monsteranalyse voor vele bedrijven. Tot de analyses behoren onder andere de bepaling van de chemische en granulair samenstelling van kleimonsters. Ook is een aantal analysetechnieken voorhanden die informatie kunnen verstrekken over vormgevings-, droog- en bakgedrag van kleien.

Hiernaast is het laboratorium erkend voor het uitvoeren van kwaliteitskeuringen van gereede produkten. Dit gebeurt aan de hand van diverse normen.

3. Kleivoorkomens in Nederland

Bij kleivoorkomens kunnen we onderscheid maken tussen primaire en se-



Figuur 1: Schematische weergave van het baksteenproductieproces (vormbak).

cundaire kleien. Primaire kleivoorkomens zijn ontstaan uit vertering van het onderliggende moedergesteente en zijn daarna niet getransporteerd. In de secundaire kleivoorkomens is het materiaal elders door vertering en nieuwvorming ontstaan, getransporteerd door wind, water of landijs en daarna gesedimenteerd. Alle in Nederland voorkomende kleisoorten zijn secundair. We onderscheiden fluviatiele, mariene, eolische en glaciale sedimenten.

Naar geologische ouderdom onderscheiden we in Nederland Miocene, Pliocene, Pleistocene en Holocene kleiafzettingen (zie figuur 2).

Mioceen:

Ten oosten van de lijn Groenlo, Eibergen, Delden, in de Achterhoek en Twente, worden plaatselijk Miocene en oudere mariene kleien aan, of dicht aan het aardoppervlak gevonden. Het zijn doorgaans donker gekleurde, vettere kleien die slecht waterdoorlatend zijn. Zij worden ook gekenmerkt door de aanwezigheid van pyriet (FeS_2) in de klei. Sommige voorkomens worden gebruikt door de plaatselijke baksteenindustrie.

Pliocene:

Het Pliocene werd gekenmerkt door een tropisch warm klimaat. Slechts op een paar plaatsen komen afzettingen uit deze periode dicht aan, of aan het oppervlak. Het betreft fluviatiele zanden en kleien, ten oosten van Brunsum en enige afzettingen ten oosten van de lijn Venlo-Tegelen (kleien van Reuver). De zanden zijn mineralogisch arm. Zij bevatten weinig andere mineralen dan kwarts (zilversand). De kleien zijn kaolinitisch van karakter en bevatten meer of minder ijzer. De bakkleur kan geel, grijs of rood zijn. Soms bevat de klei veel humus (palmhout!).

Pleistocene:

Uit het Pleistoceen vinden wij zowel fluviatiele, mariene, glaciale als eolische kleien aan het aardoppervlak. De gesedimenteerde kleien zijn voornamelijk illietisch van karakter. Op diverse plaatsen wordt deze klei in de keramische industrie verwerkt. Het betreft de volgende sedimenten:

- Klei van Tegelen en klei van Belfeld; een afzetting van de Rijn uit het vroeg Pleistoceen die gebruikt wordt in de kleiverwerkende industrie in de omgeving van Tegelen (o.a. dakpannen).
- Fijnzandige magere tot vette afzettingen in het zuiden van West-Brabant; uit het Vroeg-Pleistoceen, afgedekt met een vette kleilaag uit een latere periode. Ze zijn kalkrijk of gedeeltelijk ontkalkt. Soms worden ze enige meters onder het aardoppervlak gevonden. Ze werden gebruikt in de plaatselijke baksteenindustrie.
- Kalkrijke fluviatiele sedimenten van de Rijn; met name ten oosten van Breda nabij het aardoppervlak.
- Bekkenleem (Brabantse leem). Bekkenleem komen met name in Midden- en Oost-Brabant nabij het oppervlak. Zij worden geacht afgezet te zijn in perioden met een permanent bevroren ondergrond in de laatste twee ijstijden (Saalien en Weichselien). Zij worden gezien als uitgewassen, fijne sedimentdeeltjes uit toplagen door het periodiek optreden van niet erg erosieve dooiwaterstroompjes en vervolgens sedimentatie in plassen en kleine meertjes.
- Lössleem. In Nederland vinden wij deze, door de wind getransporteerde sedimenten hoofdzakelijk in Zuid-Limburg.

Vaak zijn het dikke pakketten die in de verschillende ijstijden zijn opgebouwd. Vaak zijn de pakketten kalkrijk afgezet maar daarna ontkalkt.

- Keileem.

In de voorlaatste ijstijd (Saalien) is het hele noorden en midden van ons land bedekt geweest met landijs. Na afsmelten van dit landijs is alle materiaal dat in het ijs was opgenomen hier gesedimenteerd (grondmorene). De sedimenten vinden hun oorsprong doorgaans in Scandinavië. Naast kleimineralen vinden wij in het sediment ook fijn- en grof-zand, tot grote keien aan toe. Het is een één tot enkele meters dik pakket wat hier en daar tot aan het aardoppervlak komt.

Holoceen:

Het Holoceen wordt gekenmerkt door een klimaat dat overeenkomt met het huidige klimaat. De zeespiegel kwam hoger (transgressie van de zee) en de rivieren gingen meanderen. In de riviervlakten werden kleipakketten opgebouwd en achter de kustlijn hoopten zich mariene sedimenten op. De twee belangrijkste sediment-aanvoerende rivieren zijn de Rijn en de Maas. De Rijn voert kalkhoudende sedimenten aan. Het sediment van de Maas is kalkarm en bevat doorgaans een wat hoger percentage montmorilloniet.

Afhankelijk van het milieu van afzetting (in snelstromend of bijna niet-stromend water) vinden wij schrale en vette kleien dikwijls naast elkaar. Vette kleien zijn ver van de rivier af gesedimenteerd en na hun sedimentatie vaak direkt ontkalkt (binnendijkse kleien). Ze zijn in beperkte mate bruikbaar in de keramisch industrie. De sedimentatie hiervan stopte met het aanleggen van dijken vanaf 1200 n.Chr. Na deze periode is veel keramisch geschikte klei afgezet in uiterwaarden (buitendijkse klei). In het begin van het Holoceen zijn nog dikke pakketten klei afgezet langs de Oude Rijn en de Oude IJssel. Het zijn ontkalkte of kalkloos afgezette, vette kleien die o.a. nog in de dakpannenindustrie worden gebruikt. In het Holoceen zijn ook mariene kleien afgezet overal langs de kust.

Vaak zijn ze niet erg bruikbaar (te vet, veel schelpen, hoog percentage montmorilloniet).

In Makkum wordt aardewerk vervaardigd van een kalkrijke klei die afgezet is tijdens de mariene transgressiefase Calais IV (2700 - 1800 v.Chr.). Het is een van de weinige erosieresten die gespaard is gebleven tijdens de daarop volgende transgressieperioden van de zee (Afzettingen van Duinkerke). In



Figuur 2: Diverse keramisch bruikbare kleivoorkomens in Nederland.

Groningen en Friesland worden nog stenen gemaakt van klei aangeslibt in deze Duinkerke-transgressiefasen (vanaf 1500 v.Chr.).

Het is een grotendeels ontkalkte, vette klei waarvan strengpers-metselbakstenen worden gemaakt.

Voor de baksteenindustrie zijn de Holoceen riviersedimenten van Maas en Rijn veruit het belangrijkste.

Hierna zal worden ingegaan op de winning van deze klei ten behoeve van de industrie en op enkele karakteristieke eigenschappen.

4. Winning van rivierkleien

Voorafgaande aan de aanvoer van grondstoffen naar baksteen- en dakpan-producerende fabrieken worden de kleilocaties geïnventariseerd. De inventarisatie richt zich o.a. op het gehalte aan:

- Leem (deeltjes < 10 µm)
- Grofzand (deeltjes > 250 µm)
- Fijnzand (deeltjes 63 - 250 µm)
- Fe₂O₃
- CaO
- Humus

Een rooflaag (teelaarde) van ca. 30 cm wordt niet meebemonsterd. Na monsterneming met een gutsboor wordt het kleipakket, afhankelijk van de lithologische opbouw en de dikte (veelal één tot enkele meters) in één of in meerdere segmenten opgedeeld. Veelal wordt een bemonsterings-dichtheid aangehouden van 25 x 25 m. Bij onzekerheid worden tussenboringen verricht.

De analysesresultaten en inventarisatiebevindingen worden in kaart gebracht. Na oppervlaktebepaling wordt de winbare hoeveelheid klei vastgesteld.

Voorafgaande aan de grondaanvoer worden specificaties overeengekomen tussen bedrijf en leverancier. Specifica-

ties hebben betrekking op parameters zoals deze eerder worden genoemd. Hierbij worden ook de toegestane toleranties vastgelegd.

Aanvoer van de geschikte grondstoffen vindt in een aantal weken plaats en betreft veelal tienduizenden m³ (productie van vele maanden tot meer dan een jaar).

Teneinde aan specificaties te kunnen voldoen worden vaak verschillende kleicomponenten (tot meer dan 5) aangevoerd en verwerkt in een grondstofdepot.

De diverse componenten worden veelal in lagen van bepaalde dikte in een

ging plaatsvindt van de componenten. Bij de productie wordt het gemengde depot weer verticaal afgegraven. De afgegraven grond wordt door middel van meer of minder kleivoorbewerkingsmachines verder gehomogeniseerd. Van de gehomogeniseerde klei worden stenen of dakpannen gevormd of geperst.

Het productieproces in het tegenwoordige (grof)keramisch-bedrijf kan slechts een geringe afwijking van het voor het bedrijf optimale procesgemiddelde verdragen.

Als voorbeeld wordt genoemd dat bij

niet. De kleimineralen zijn plaatvormige aluminiumsilicaten en worden uitsluitend in de fijne leemfractie (< 10 µm) aangetroffen. De andere mineralen zijn doorgaans onregelmatig blokig van vorm en komen in alle korrelgrootteklassen voor.

De aanwezigheid van kleimineralen is bepalend voor het kenmerkende gedrag van een klei:

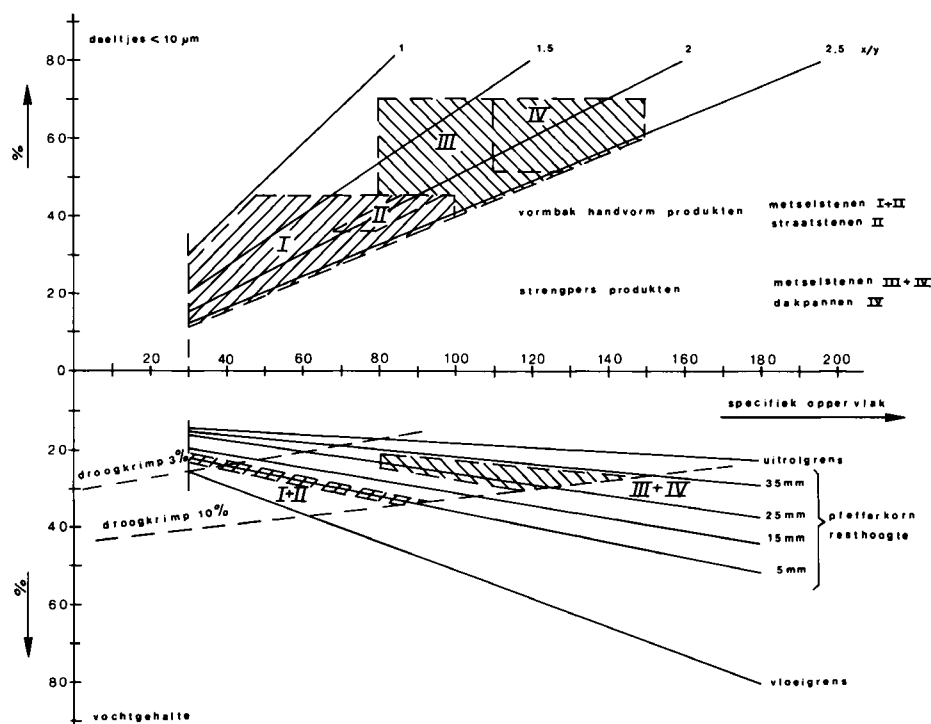
- Na toevoeging van de juiste hoeveelheid water wordt het materiaal plastisch, dat wil zeggen: het is onder invloed van een kracht in een gewenste vorm te brengen waarbij het na wegnemen van de kracht zijn vorm behoudt.
- Het materiaal is in staat niet-plastische toeslagstoffen in zich te binden.
- Na drogen verkrijgt het materiaal enige sterkte.
- Na warmtebehandeling bij voldoende hoge temperatuur verkrijgt het materiaal een blijvende sterkte.

De aanwezigheid van een grotere hoeveelheid kleimineralen maakt de klei meer plastisch. Daarnaast geeft bijvoorbeeld het kleimineraal montmorilloniet meer plasticiteit aan de klei dan het kleimineraal kaoliniet.

Het eerstgenoemde kleimineraal heeft een veel hoger genoemd specifiek oppervlak waardoor het in staat is veel meer water aan zich te binden.

Extrusieproducten vragen een veel hogere mate van plasticiteit dan vormbak- en handvormproducten. Het aandeel kleimineralen, en daarmee het leemgehalte en het specifiek oppervlak, ligt in klei voor de productie van strengpersstenen en met name voor dakpannen duidelijk hoger dan in kleien die gebruikt worden voor de productie van vormbak- en handvormstenen. Een en ander wordt weer gegeven in het in figuur 3 opgenomen vormgevingsdiagram. Elk product vraagt een eigen plasticiteitstraject. Beneden de ondergrens zal de klei onvoldoende samenhang hebben om scheurvrij gevormd te kunnen worden. Voorbij de bovengrens worden doorgaans grote problemen geconstateerd met het in een acceptabel tijdsbestek scheurvrij drogen van de gevormde producten. De verdamping van water uit het product gaat dan gepaard met een relatief grote krimp hetgeen kan leiden tot spanningen in het product met scheurvorming als gevolg.

Met betrekking tot het bakproces spelen de genoemde kleimineralen ook een belangrijke rol. Voor de meeste producten worden tijdens het bakken toptemperaturen bereikt die liggen tussen 1000 en 1200 °C. Vanaf ca. 500 °C zullen de aanwezige



Figuur 3: Vormgevingsdiagram Keramische Industrie (naar Timmers).

depot ingebracht. Een grondstofdepot wordt daarbij opgesplitst (gedacht) in vakken van bijvoorbeeld 15 x 15 m. Per vak wordt de hoogte van iedere aangebrachte laag opgemeten en over nageen de gehele bepaalde laaghoogte worden enkele monsters (2 of 3) gestoken met behulp van een gutsboor. Het mengmonster ervan wordt op het laboratorium onderzocht.

Na elke aangebrachte laag worden de op hoogte gewogen gemiddelden tot dat moment bepaald. Deze gewogen gemiddelden zijn een basis voor een doorlopende bijsturing van de opbouw.

Na beëindiging van de opbouw (veelal ca. 5 m hoog, 10 lagen van ca. 50 cm) worden de overeengekomen specificaties op papier vaak dicht benaderd. Na gereedkomen van het depot wordt gespit waardoor een verticale men-

een procesoptimum van 40 % leem ongewenste afwijkingen in het proces gaan optreden indien dit leemgehalte beneden 38 % of boven 42 % uitkomt. Dagelijks worden produktiemonsters geanalyseerd ter controle van de depotopbouw en om eventuele afwijkingen in het productieproces te kunnen voorspellen en al dan niet hierop nog maatregelen te kunnen treffen. Door middel van deze vorm van procescontrole kunnen ook eventuele onregelmatigheden in het proces worden teruggevoerd tot de veroorzaker ervan.

5. Eigenschappen van klei

Nederlandse kleien bevatten verschillende soorten mineralen. Als meest belangrijk worden genoemd kwarts, veldspaten, calciet, ijzermineralen (met name goethiet) en de eigenlijk kleimineralen kaoliniet, illiet en montmorillo-

kleimineralen uiteen gaan vallen. Het dan vrijkomende aluminium en silicium zal vanaf ca. 900 °C weer nieuwe verbindingen aangaan en bij nog hogere temperaturen in een glasfase overgaan. Deze rekristallisatie en sintering zijn verantwoordelijk voor de ontstane sterkte in het produkt.

Met betrekking tot het bakgedrag van een klei is naast de aanwezigheid van kleimineralen ook de aanwezigheid van andere mineralen en organische stof van belang. Bij de aanwezigheid van relatief veel organische stof in de klei kan het voorkomen dat op het moment dat de buitenzijde van het produkt in sintering treedt (boven 800 à 900 °C), nog niet alle organische stof uit het produkt verbrand is.

Als gevolg van het dichtsinteren van het produkt zal de toevoer van zuurstof naar de kern van het produkt voor de verbranding van het daar nog aanwezige organische materiaal te veel belemmerd worden. Bij voortgaande verbranding zal dan zuurstof worden onttrokken aan de in het produkt aanwezige ijzeroxiden die daarmee gereduceerd worden. Er vindt een kleurovergang plaats van rood naar grijs/zwart. Als gevolg van de reductie van het ijzeroxide zal ook het sintergedrag in de zwarte kern afwijken van de rood gekleurde buitenzijde van het produkt. De dan ontstane spanning kan onder andere een probleem zijn in verband met de vorstbestendigheid van het produkt.

Met betrekking tot de bakkleur van een produkt speelt de aanwezigheid van de pigmentmineralen goethiet en calciet in de klei een belangrijke rol. Bij aanwezigheid van calciet zal, afhankelijk van de toptemperatuur in de oven, het produkt oranje, rood of roodpaars van kleur worden. De aanwezigheid van calcium in de klei leidt tot de vorming van geelgekleurde calcium-aluminium-silikaten bij temperaturen boven 1050°C. Belangrijk hierin is de ijzer/calcium (als Fe_2O_3 / CaO) verhouding. Bij het verlagen van deze verhouding van 1.0 tot 0.3 zal de bakkleur geleidelijk overgaan van rood (via 'brons') naar geel. Om een Fe_2O_3 / CaO verhouding van 0.3 te bereiken wordt vaak extra kalk in fijngemalen vorm aan de klei toegevoegd.

Tenslotte wordt het belang van de aanwezigheid van kwarts (SiO_2) in de klei opgemerkt. Voor vele kleisoorten vormt kwarts het hoofdbestanddeel. Een deel van het in de klei aanwezige kwarts kan tijdens het sinterproces in de glassmelt zijn opgenomen. Voor de meeste produkten blijft echter het merendeel van het in de klei aanwezige kwarts als zodanig achter. Gedurende het koelen van de produkten in een oven zal bij 573 °C de hoogtemperatuur-kristalvorm van kwarts omgezet worden in de laagtempertuur-vorm. Deze plotselinge omzetting gaat gepaard met een volumekrimp van 2.4%. De spanning die hierbij in een koelend

produkt optreedt, kan de aanleiding zijn tot het ontstaan van koelscheuren.

Door gebruik te maken van de vele typen kleien die Nederland kent en door middel van diverse vormgevingstechnieken, oppervlakte-behandelingen (glazuren, e.d) en door de vele variaties in het stookprocédé is men in Nederland in staat een rijk assortiment dakpannen en bakstenen te produceren. Uitgebreide controle op de grondstoffen, het productieproces en het eindprodukt is de garantie op konstante kwaliteit dat voor de meeste produkten in de vorm van een KOMO-garantiecertificaat wordt vastgelegd.

Meer dan een kwart van de productie wordt naar de ons omringende landen geëxporteerd.

Vele produkten worden thans geproduceerd in moderne units met een hoge graad van mechanisering en automatisering. Juist door deze ontwikkelingen in de laatste twee decennia worden steeds hogere eisen gesteld aan de klei. Door voortdurende en uitgebreide analyse van de gebruikte grondstoffen weet men hieraan te voldoen.

Adres van de auteur:
Stichting Technisch Centrum
voor de Keramische Industrie
Hoofdstraat 4, De Steeg Postbus 40,
6994 ZG De Steeg

Bedrijfslaboratorium voor grond- en gewasonderzoek

Het Bedrijfslaboratorium voor grond- en gewasonderzoek (BLGG) is in 1928 opgericht door de drie Centrale Landbouwworganisaties KNBTB, CBTB en KNLC. Vertegenwoordigers van deze organisaties vormen het bestuur van de stichting. De stichting BLGG is dan ook een instelling van en voor boeren en tuinders en levert haar diensten tegen kostprijs. Het BLGG heeft drie vestigingen. In de hoofdvestiging in Oosterbeek worden alle vormen van onderzoek uitgevoerd. Tevens worden van hier uit de produkten in het kader van begeleidings- en managementsystemen voor de veehouderijsector ontwikkeld en gecoördineerd. In de vestiging te Naaldwijk wordt met name onderzoek verricht voor de glastuinbouw. De vestiging te Leeuwarden richt zich volledig op het onderzoek en

van de voederwaarde van veevoerders voor de provincies Groningen en Friesland.

Bedrijfsdoelstelling

De voornaamste doelstelling van het BLGG is het nemen en analyseren van monsters en het geven van adviezen zowel bij de gevonden analyseresultaten als in de vorm van begeleidings- en managementsystemen. Jaarlijks worden zo'n 450.000 monsters bij het BLGG onderzocht waar mogelijk van een advies voorzien. De activiteiten van het BLGG in begeleidings- en managementsystemen is mede tot stand gekomen door de fusie in 1990 met de Stichting Koppeling-Melkcontrole-Veevoeding. Deze begeleidingsystemen zijn nu nog gericht op de

veehouderijsector.

Dienstverlening

Het klantenbestand van ruim 100.000 klanten bestaat uit akkerbouwers, tuinders, veehouders, kwekers, leveranciers aan land en tuinbouw, controle-instituten (o.a. NAK's), veilingen, gemeenten, rijksinstellingen, advies- en ingenieursbureaus en particulieren. Voor deze klanten staat een organisatie klaar van 340 medewerkers in vaste dienst. Gedurende de seizoenen wordt dit aantal nog aangevuld met 100-150 medewerkers in tijdelijke dienst.

Buitendienst

Het BLGG beschikt over een eigen bui-