

grondstoffen voor grofkeramische industrie en dijkverzwaring

een studieopdracht bij adviesbureau arnhem over:
de eisen aan, het mengen en homogeniseren van
en alternatieven voor de grondstoffen voor de grof-
keramische industrie en de eisen aan grondstof voor
dijkverzwaring in het rivierengebied

velp, mei 1979

harry boerboom
martin noome

VOORWOORD

Ter afsluiting van de studie aan de Hogere Bosbouw en Cultuurtechnische School te Velp, hebben wij een studieopdracht verricht bij het 'Adviesbureau Arnhem b.v.'. Deze studie opdracht handelt over de eisen die gesteld worden aan grondstoffen voor de grofkeramische industrie en voor dijkverzwaring in het rivierengebied; het ontgrondenbeleid ten aanzien van deze grondstoffen; alternatieve grondstoffen voor de grofkeramische industrie en het mengen en homogeniseren van de grondstoffen.

Voor de tot standkoming van dit rapport danken wij:

- de heer Borggreve van de Steenfabriek 'IJsseloord'
- de heer Dorsemagen, adviseur van de Heidemij
- de heer Jander van het Technisch Bureau Hazewinkel b.v.
- de heren Kamphuis en Marks van de Stichting Technisch Centrum voor de Grofkeramische Industrie.
- de heer Schoof van het Adviesbureau Arnhem b.v.
- de heer Verhoef van het Aannemersbedrijf Komen b.v.
- de heer de Vries van de Werkgroep Grofkeramiek van de Hoofdafdeling Maatschappelijke Technologie T.N.O. in Apeldoorn

Verder danken wij de heren Hornstra en Willet van het Adviesbureau Arnhem b.v. voor de uitstekende begeleiding. Ook danken wij het Adviesbureau Arnhem b.v. voor het typen en drukken van dit rapport. Tenslotte willen wij onze begeleidende docenten, de heren Harmsen en van Meines bedanken voor hun hulp. Zonder de welwillende medewerking van bovengenoemde personen en instanties was het voor ons niet mogelijk geweest om dit rapport te vervaardigen.

Velp, mei 1979

Harry Boerboom

Martin Noome

I N H O U D S O P G A V E

Blz.

INLEIDING

1

1.	<u>EISEN AAN GRONDSTOFFEN VOOR DE GROFKERAMISCHE INDUSTRIE EN EISEN AAN GRONDSTOFFEN VOOR DIJKVERZWARING IN HET RIVIERENGEBIED.</u>	3
1.1.	<u>GRANULOMETRISCHE SAMENSTELLING</u>	3
1.1.1	Het leemgehalte	3
1.1.2	Het grofzandgehalte	5
1.1.3	De andere fracties	6
1.2	HET ORGANISCH STOFGEHALTE	7
1.3.	DE PLASTICITEIT VAN DE KLEI	8
1.4.	TOESLAGSTOFFEN IN VERBAND MET DE KLEUR VAN DE GEBAKKEN PRODUCTEN	8
1.5.	EISEN AAN GRONDSTOFFEN VOOR DIJKVERZWARING IN HET RIVIERENGEBIED	10
1.6.	NOG ENKELE SLOTOPMERKINGEN	12
2.	<u>KLEI ALS GRONDSTOF VOOR DE GROFKERAMISCHE INDUSTRIE, HET ONTGRONDINGENBELEID EN ALTERNATIEVE GRONDSTOFFEN</u>	15
3.	<u>KLEIWINNING EN KLEIOPSLAG</u>	21
3.1.	Kleiwinning	21
3.2.	Kleiopslag	23
3.2.1	De kleibult	24
3.2.2	Grondgebouw (kleiloods - kleikelder)	27
3.3.	Globale kosten van kleiwinning en kleiopslag.	29
4.	<u>KLEIVOORBEWERKING</u>	32
4.1.	<u>VERSCHILLENDE VOORBEWERKINGSMETHODEN</u>	33
4.1.1	De Kastenbeschicker	34
4.1.2	De Walzenbrecher	35
4.1.3	De Steinaussonderungswalzwerk	35
4.1.4	De Kollergang	36
4.1.5	De Feinwalzwerk	37
4.1.6	De Siebrundbeschicker of Tonraspler (Kleirasp)	37
4.1.7	De Siebbrechmischer	38
4.1.8	De Knetraspler	38
4.1.9	De Doppelwellenmischer	38
4.1.10	Kostenaspecten van voorberekingsmachines	41
4.2.	KLEISILO'S	47
4.3.	WARME VOORBEWERKING	48
5.	<u>DE FLUID-BED METHODE</u>	49
	<u>SAMENVATTING</u>	52

LITERATUURLIJST

- BIJLAGE 1 Schematisch overzicht van het productieproces in de
grofkeramische industrie.
- 2 Enkele schema's van vormgevingsprocedé's.
- 3 Globale kostenberekeningen van kleiwinning en klei-
opslag.
- 4 Schetsen van enkele voorbewerkingsmachines.
- 5 Globale kosten van enkele voorbewerkingsmachines.
- 6 Schetsen van kleisilo's.

INLEIDING

Dit rapport behandelt enkele facetten van de grondstoffen voor de grofkeramische industrie en voor dijkverzwaring in het rivierengebied.

Onder grofkeramische industrie verstaan we de tak van nijverheid die klei of leem via een sinterproces bij een hoge temperatuur verwerkt tot produkten als metselbakstenen, dakpannen, straatstenen, holle vloerelementen enz. Het produktieproces in deze bedrijfstak kent verschillende stadia. Het begint met de kleiwinning. Vervolgens komen de kleiopslag en de kleivoorbewerking. Daarna komen de vormgeving en het drogen. En het bakken, sorteren, de opslag en de afvoer sluiten de rij (bijlage 1 geeft hiérvan een schematisch overzicht). Dit rapport gaat vooral in op de eerste drie stadia, namelijk de kleiwinning, de kleiopslag en de kleivoorbewerking.

In het eerste hoofdstuk komen zowel de eisen, die gesteld worden aan de grondstoffen voor de grofkeramische industrie, als de eisen aan grondstoffen voor dijkverzwaringen in het rivierengebied, aan de orde. Door deze beide te noemen is het mogelijk om te bekijken of een bepaalde kleiafgraving zowel geschikt is voor de grofkeramische industrie, als voor dijkverzwaring. Bij de grofkeramische industrie is onderscheid gemaakt naar een aantal produkten. Zo noemen we de eisen aan de grondstof voor straatstenen, metselstenen, dakpannen en holle vloerelementen. De eisen die gesteld worden aan de grondstof voor poreuze stenen komen niet aan de orde. Dit heeft twee oorzaken; het is een vrij ingewikkelde en veel omvattende materie en de gegevens die we kregen waren te sumier om daarvan een gefundeerd overzicht te geven.

Het tweede hoofdstuk gaat in op klei als grondstof voor de grofkeramische industrie, het ontgrondingenbeleid, het mengen van verschillende kleien (zware en lichte klei) en alternatieve grondstoffen. In hoofdstuk drie komen de kleiwinning en de kleiopslag ter sprake. Dit hoofdstuk gaat vooral over de verschillende methoden en machines die er zijn om klei tijdens de winning en de opslag te mengen. Het volgende hoofdstuk behandelt de voorbewerking van klei.

Alvorens klei namelijk in de gewenste vorm geperst kan worden moet deze eerst fijn gemalen, gekneet en gehomogeniseerd zijn. Hiervoor bestaan verschillende machines.

Het laatste hoofdstuk gaat over het fluïd-bed principe en de vraag of dit principe gebruikt kan worden om klei te homogeniseren. Een fluïd-bed is een bed dat bestaat uit vaste deeltjes die zwevende gehouden worden door een draaglucht.

Het geheel besluiten we met een samenvatting, waarin de belangrijkste dingen nog even genoemd worden.

1. EISEN AAN GRONDSTOFFEN VOOR DE GROFKERAMISCHE INDUSTRIE EN EISEN
AAN GRONDSTOFFEN VOOR DIJKVERZWARING IN HET RIVIERENGEBIED

Aan de klei als grondstof voor de grofkeramische industrie worden specifieke eisen gesteld in verband met de kwaliteit, die aan het eindprodukt worden gesteld en in verband met de verwerkbaarheid van de grondstof.

Specifieke eisen stelt deze industrie aan de granulometrische samenstelling, het organisch stofgehalte, de plasticiteit van de klei en de toeslagstoffen in verband met de kleur van de gebakken produkten. Voor de metselsteen, de straatsteen, de dakpan en de holle bouwsteen behandelen wij de eisen voor de grondstof, waarbij wij onderscheid maken naar de volgende vormingsprocédé's: handvorm, vormbak-, vormbandpers en strengpers (zie voor een schema van de procédé's bijlage 2)

In de laatste paragraaf zullen wij kort ingaan op de eisen, die gesteld worden aan de grondstoffen voor dijkverzwaring in het rivierengebied.

1.1 GRANULOMETRISCHE SAMENSTELLING

Een goede granulometrische samenstelling of korrelopbouw is een belangrijke eis van de grofkeramische industrie. De afmetingen van de deeltjes en de gehalten daarvan in de grondstof bepalen heel sterk de eigenschappen van de gebakken produkten. Hierbij spelen vooral het leemgehalte en het gehalte aan grof zand een belangrijke rol. Elk soort produkte en methode van vormgeving stelt weer andere eisen aan de korrelopbouw.

1.1.1 Het leemgehalte

De grofkeramische industrie in Nederland gebruikt voor het bepalen van de fijne fractie van de grondstof het gehalte aan deeltjes kleiner dan (<) 10 μ m. Zij noemt dit het zogenaamde leemgehalte van de klei. De bepaling van het leemgehalte is voor deze industrie

aantrekkelijk, omdat zij snel en op een eenvoudige wijze kan geschieden (1). Een grote leemfractie ($< 10 \mu\text{m}$) kenmerkt een vette klei. Magere of schrale klei bevat weinig leem. Een vette klei heeft, onder dezelfde omstandigheden, een hoger vochtgehalte dan een magere klei. Bij het drogen en bakken van produkten, moet dit water verdwijnen, zodat een vette klei een langere droogtijd en een sterkere krimp heeft. Een langere droogtijd kost meer energie, terwijl bij een sterkere krimp meer grondstoffen nodig zijn om bepaalde afmetingen te behalen. Bovendien krijgen we door de sterke krimp een glashard produkt, dat snel versplintert.

Produkten van magere klei hebben een kortere droogtijd en kleinere krimp, maar de gebakken produkten zijn onvoldoende hard.

In verband met de kwaliteit van het eindprodukt en de verwerkbaarheid van de grondstof mag de klei niet te vet en niet te mager zijn. Dit heeft geleid tot de onderstaande normen.

Produkten	methode van vormgeving	leemgehalte %
metselsteen	handvorm	30 - 35
	vormbak-, vormbandpers	35 - 45
	strengpers	50 - 55
straatsteen	vormbak-, vormbandpers	40 - 45
dakpan	strengpers	55 - 60
holle bouwsteen	strengpers	50 - 55

Tabel 1: Grofkeramische produkten, hun methode van vormgeving en hun leemgehalte.

Voor het strengpers procédé, voor het vervaardigen van metselstenen, dakpannen, holle bouwstenen is een vrij hoog leempercentage nodig. De klei moet bij het verlaten van de persmond een zodanige samenhang bezitten, dat de uitgedreven kleistreng, met behoud van de verkregen vorm, op maat kan worden afgesneden. De vormelingen moeten stevig genoeg zijn, om naar de drooginrichting vervoerd te kunnen worden.

De vormbak, vormbandpers en handvorm stellen lagere percentages aan het leemgehalte.

Hoe vetter de klei hoe moeilijker het te verwerken is. Bovendien komt een te vette klei (de vormeling) niet of moeilijk en vervormd uit de vormbak.

Voor de straatstenen staan andere eisen op de voorgrond, dan voor de metselstenen. De straatstenen verlangen een grotere dichtheid en hardheid. Dit wordt verkregen door af te stoken bij een hogere baktemperatuur dan bij de metselstenen en door een hoog leemgehalte. Van kleisoorten, die wel geschikte zijn om tot straatsteen te worden gebakken, kunnen echter altijd ook metselstenen worden gemaakt, door af te stoken bij een lagere baktemperatuur.

1.1.2 Het grofzandgehalte :

Naast het leemgehalte speelt ook het gehalte aan grofzand een belangrijke rol in de sterkte van het gebakken produkt.

De grofzandfractie is dat deel van de grondstoffen, dat groter is dan (>) 250 μm .

Deze fractie bestaat grotendeels uit kwarts. Dit mineraal is vooral van belang bij het bakproces. Het mineraal kwarts is stabiel tot een temperatuur van 600-800° C. Daarna zetten de deeltjes kwarts zich uit. De uitzettingscoëfficiënt van kwarts is groter dan van de andere mineralen. Hierdoor ontstaan bij veel kwarts en een te snelle temperatuurstijging, bakscheuren en bij het afkoelen koelscheuren. Het eindmateriaal vertoont barsten of is stukgesprongen. Soms heeft het gebakken materiaal verborgen scheuren, die vooral bij straatstenen funest zijn. Heeft men te veel kwarts of grofzand, dan kan men dit ten dele opvangen door geleidelijke temperatuurstijgen en door de temperatuur enige tijd op 600-700° C. te houden. Evenzo bij het afkoelen. Geleidelijk afkoelen en de temperatuur enige tijd handhaven op 800° C.

De volgende eisen zijn idealen, die men probeert na te streven. Grotere fracties komen voor. Men probeert dat te ondervangen door het bakproces aan te passen. Globaal komt in de praktijk de marge tussen 0 en 20% voor.

Produkten	methode van vormgeving	grofzand %
metselsteen	handvorm	< 10%
	vormbak-, vormbandpers	< 10%
	strengpers	< 5%
straatsteen	vormbak-, vormbandpers	< 5%
dakpan	strengpers	< 5%
holle bouwsteen	strengpers	< 5%

Tabel 2: Eisen aan grofzand voor produkten en hun vormgeving.

De handvorm, vormbak- en vormbandpers hebben een soepeler norm, omdat bijna nooit te voldoen is aan de eis < 5%. Een vettere klei heeft van nature al een lager percentage grofzand.

De klei voor straatstenen moet wel aan een laag percentage voldoen in verband met de zware kwaliteitseisen aan de straatstenen.

1.1.3 De andere fracties

Het Technisch Centrum voor Grofkeramische Industrie maakt gebruik van de onderstaande indeling van korrelgroottes. Deze indeling wijkt enige mate af van de indeling van de Stichting voor Bodemkartering (Stiboka).

Technisch Centrum	← leem →				← fijnzand →		← grofz. →		
korrelgroottes	0	2	10	20	45	63	125	250	2000 μm
korrelgroottes	0	2			50		210		2000 μm
Stiboka	← lutum →		← silt →		← fijn zand →		← grofzand →		
	← leem →				← zand →				

Tabel 3: Overzicht van korrelgrootte-fracties en de benaming.

Van bovenstaande tabel hebben we de fijnzandfractie (63-250μm) en de fractie 10 tot 63 μm nog niet besproken.

De fijnzandfractie mag, vanwege het grote gehalte aan kwarts, niet te groot zijn. In een normale granulometrische opbouw geeft deze fractie echter geen problemen, zodat hiervoor geen normen bekend zijn.

De fractie 10 tot 63 μm mag niet te groot zijn, omdat dan in natuurlijke omstandigheden, de leemfractie te klein is.

Tenslotten nog enkele voorbeelden van korrelverdelingen, die een algemene indruk geven van de granulometrische samenstelling van de grondstof voor het strengpersprocédé voor dakpannen en het vormbakpersprocédé voor metselstenen.

	fractie	percentage %		fractie	%
streng pers- procédé voor dakpannen	<2 μm	34,5%	vormbakpers voor metsel- stenen	< 2 μm	24
	<10 μm	54,5%		<10 μm	42
	<20 μm	61 %		<20 μm	62
	<45 μm	65 %		<45 μm	83
	<63 μm	70 %		<63 μm	86
	<125 μm	77 %		<125 μm	92
	<250 μm	96 %		<250 μm	98
4% grofzand			2% grofzand		

Tabel 4: Granulometrische samenstellen van twee voorbeeld grondstoffen.

1.2. HET ORGANISCH STOFGEHALTE

Het organisch stofgehalte of humusgehalte in de grondstof mag niet te groot zijn, omdat te veel humus de steen kan vervormen.

Tijdens het opwarmen van de bakoven, verbrandt de humus en er ontstaat koolzuurgas en water die uit de steen willen ontsnappen.

Bij $\pm 800^{\circ}\text{C}$. echter begint het sinteringsproces. Bij de sintering treedt gedeeltelijk versmelting van de klei op, waarbij de poriën ten dele worden opgevuld en afgesloten door het ontstane glas, dat bij afkoeling stolt en de deeltjes aaneen kit (16).

Bij een vormeling, die aan de buitenkant begint te sinteren, voordat de humus verbrand is, blaast de steen zich op en krijgt bij afkoeling een sponsachtig uiterlijk.

In de grondstof mag daarom niet meer dan 1,5% humus zitten. Zit er meer in, dan kan men dit opvangen door de oven langer op 600°C . te houden, zodat alle humus verbrandt. Nadeel van deze methode is

de verhoging van de stookkosten.

1.3. DE PLASTICITEIT VAN DE KLEI

De klei, die men gebruikt voor het vervaardigen van vormelingen moet goed verwerkbaar zijn.

De klei moet de juiste plasticiteit hebben. In de grofkeramische industrie gebruikt men, als maatstaf voor de kleiconsistentie, de Pfefferkornresthoogte. Bij de bepaling van de Pfefferkornresthoogte laat men op een uit klei gevormde cylinder een gewicht vallen. De resterende hoogte van de proefcylinder, nadat het gewicht op de klei is gevallen, wordt de Pfefferkornresthoogte genoemd (1).

Klei, die verwerkt wordt in een vormbak-, vormbandpers of handvorm-procédé moet een Pfefferkornresthoogte hebben van 5 mm. Bij de strengpersprocédé worden de kleien verwerkt met een plasticiteit overeenkomende met een Pfefferkornresthoogte tussen 20 en 30 mm (1). Een vervorming van de klei bij een resthoogte groter dan 35 mm veroorzaakt een te hoog krachtgebruik en een te grote slijtage van de kneedinrichtingen en vormgevingsmachines. De Nederlandse kleien zijn in natuurlijke toestand bovendien meestal reeds minder stijf (14). Bij resthoogten kleiner dan 4 mm nadert het watergehalte de vloeigrens. De klei is dan te slap en meestal ook te kleverig om te worden verwerkt (14).

In het Technisch Centrum voor de Grofkeramische Industrie bedient men zich van een andere stuikproef, die door een andere keuze van vervormingsarbeid, hogere resthoogten oplevert dan de stuikproef volgens Pfefferkorn.

In de praktijk gebruikt men veelal een van de twee stuikproeven om de kleiconsistentie te bepalen. Daarnaast "voelt" men de klei met de vingers of men ziet uit ervaring of de klei de juiste plasticiteit heeft.

1.4. TOESLAGSTOFFEN IN VERBAND MET DE KLEUR VAN DE GEBAKKEN PRODUCTEN

De kleur van het gebakken produkt wordt beïnvloed door bepaalde bestanddelen, die in de klei aanwezig zijn.

Zijn met de klei afgezette voldoende fijn verdeelde ijzerverbindingen aanwezig, dan verlenen deze bij oxiderend stoken aan het gebakken materiaal een rode kleur; bij reducerend stoken wordt de kleur blauwgrijs tot zwart.

Kalk komt hoofdzakelijk voor als calciumcarbonaat en soms als organische resten van schelpdieren. Bij toenemende kalkgehalte gaan ijzerhoudende kleisoorten van roodbakkend via bruine en grijze tussentinten, over naar geelbakkend.

Mangaanverbindingen geven bij het bakken een donkere, grijsbruine tot zwarte kleur (16).

Voor een produkt van de grofkeramische industrie is het van economisch belang om de kleur zolang mogelijk hetzelfde te houden.

De kleur van de gebakken produkten kan men beïnvloeden door het toevoegen van bepaalde stoffen: de zogenaamde toeslagstoffen.

Grote hoeveelheden toeslagstof zijn echter niet wenselijk in verband met de hoge kosten.

In de praktijk wordt daarom eigenlijk alleen maar kalk en mangaan gebruikt om de kleur te beïnvloeden.

Het mengen van ijzer als toeslagstof is niet moeilijk maar wel duur en gebeurt daarom bijna nooit.

Het mengen met kalk levert soms moeilijkheden op. Kalk voegt men toe in de vorm van gemalen krijt en mergel. Deze toeslagstoffen zijn echter in water oplosbaar. Tijdens het drogen van de vormeling, droogt de buitenkant het eerst op. Het water met opgeloste kalk verplaatst zich daarna van binnen naar buiten. De meeste kalk vinden we dan aan de buitenkant, wat zich na het bakken uit, door een witte aanslag op de oppervlakte van het produkt.

Teveel kalk is bovendien slecht in verband met scheurvorming. Kalk heeft evenals grofzand een andere uitzettingscoëfficiënt.

De grondstof mag men daarom maar met maximaal 15% kalk mengen. Bovendien mag in de grondstof niet te veel en niet te grote resten van schelpdieren zitten.

1.5. EISEN AAN GRONDSTOFFEN VOOR DIJKVERZWARING IN HET RIVIERENGEBIED

Voor de eisen aan grondstoffen voor dijkverzwaring in het rivierengebied hebben wij grotendeels gebruik gemaakt van het bodemkundig bulletin Grond en Water no. 179 van januari 1978, welk uitgegeven is door het Adviesbureau Arnhem b.v. (15).

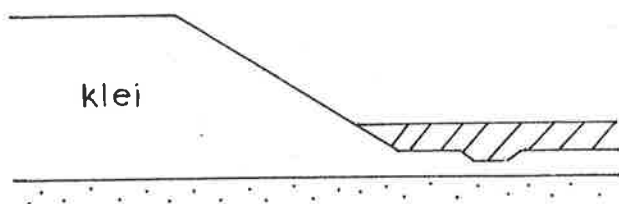
Voor dijkverzwaring zijn de volgende twee aspecten ten aanzien van de grondstof van belang; n.l. het lutumgehalte en het humusgehalte. Een hoog lutumgehalte is niet wenselijk, omdat sterke scheurvorming ontstaat bij droogte. De verdedigende laag van de dijk wordt daardoor waterdoorlatend. Bij een te laag lutumgehalte wordt de klei los en zanderig. De laag wordt doorlatend en bovendien heeft een grasmat onvoldoende stevigheid in natte omstandigheden.

De klei mag echter niet te sterk humeus zijn. Plantenresten rotten weg en er treedt holtevorming op, die de doorlatendheid vergroot. Steriele klei is echter ook niet geschikt voor dijkverzwaring. Deze klei, die afkomstig is uit dieper gelegen lagen, bevat niet voldoende bacteriën en humus om een stevige grasmat te laten groeien.

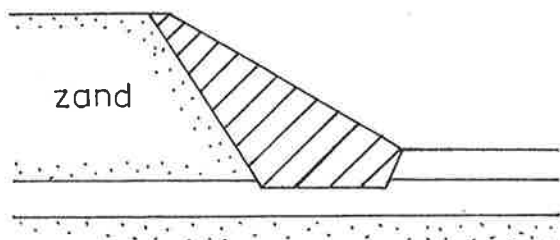
De aanvullingen langs de dijk kunnen we onderverdelen in binnen- en buitendijkse aanvullingen met klei.

In het algemeen wordt binnendijks het maaiveld opgehoogd met kleigrond of ook wel met streekeigen grond (mits geen veen). De aanvullingen worden dan afgedekt door een humeuze bovengrond, waaraan in het algemeen ten aanzien van het humusgehalte meer eisen worden gesteld dan aan het lutumgehalte. Deze bovengrond mag gemengd zijn. De enige aan de binnendijkse grondaanvullingen te stellen eisen zijn, dat de grond goed verwerkbaar moet zijn (het lutumgehalte niet hoger dan 30 à 35%), dat het humusgehalte lager is dan 5% en dat de grond wordt afgedekt door tenminste één laag van 0.40m. humeuze grond. Daar de ecologische aspecten een steeds grotere rol spelen bij de dijkverbeterings projecten is het van belang de humeuze bovenlaag van ongeveer gelijke samenstelling te kiezen als de oorspronkelijke.

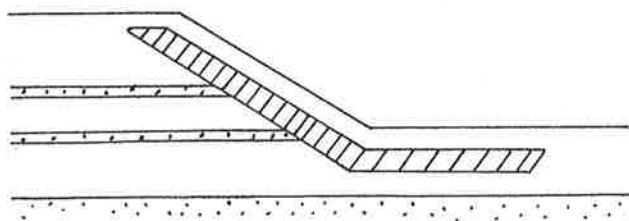
De belangrijkste toepassingen van klei buitendijks staan schetsmatig hieronder weergegeven.



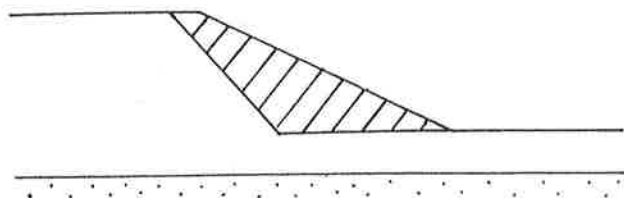
a. ophogen maaiveld ter verkrijging van voorland;



b. afscherming zandkern;



c. begraven kleilaag om horizontale laagtheid in dijk te onderbreken en ter verkrijging van voorland;



d. verbetering buitentalud, klei op klei.

Figuur 1

Bij de toepassing onder a. kan de bovenlaag uit min of meer streekeigen klei bestaan (veelal de oorspronkelijke bovengrond) maar zou de daaronder aan te brengen klei desnoods uit gemengde kleigrond kunnen bestaan, waaraan geen hoge eisen gesteld behoeven te worden. Het lutumgehalte van deze gemengde kleigrond kan uitlopen van 15% tot 40%. De belangrijkste taak van deze aangebrachte kleilaag t.w. de dikte van de afdekkende laag op het zand te vergroten en daarmee de instroming van water te verkleinen, zal daarmee voldoende bereikt worden.

De toepassing onder b. stelt meer eisen aan de klei tenminste zeker aan de dicht onder de oppervlakte liggende kleilagen. De hoogste prioriteit gaat uit naar erosiebestendigheid, grote onderlinge samenhang (cohesie) en een kleine doorlatendheid. Tevens moet op de klei een stevige grasmat kunnen ontstaan. De voorkeur gaat dan ook uit naar een humusarme klei met een lutumgehalte tussen 25% en 40%; voor de afdeklaag naar een klei met een lutumgehalte van ca. 25% met een humusgehalte niet hoger dan 8%.

Voor de klei, die bij de toepassing c. wordt voorgeschreven, is de kwaliteit of zwaarte afhankelijk van de mogelijkheden binnendijks. Hier geldt voornamelijk het afwegen van belangen. Kan binnendijks een eventuele berm ruim worden ontworpen, dan behoeft de begraven klei buitendijks niet aan al te hoge eisen te voldoen, of kan mogelijk zelfs geheel worden weggelaten.

Kan binnendijks slechts weinig worden verzwaard, dan zal de buitendijks aan te brengen klei beter van kwaliteit moeten zijn.

Voor het eerste geval kan gedacht worden aan kleigrond met een lutumgehalte van minimaal 18%. Voor het tweede geval zou enigszins afhankelijk van de streek een hoger lutumgehalte gewenst zijn.

Zeker bij deze toepassing c. moet er voor gezorgd worden, dat de klei niet te glad wordt afgewerkt en dat een goed contact wordt gemaakt tussen de oorspronkelijk aanwezige en nieuw aan te brengen klei.

Bij de taludverzwaring onder punt d. (klei op klei) moet de nieuw aan te brengen klei uit stabiliteitsoverwegingen een gelijke of kleinere doorlatendheid hebben dan de klei in de bestaande dijk. Dit zou kunnen worden gerealiseerd door klei met een naar verhouding gelijk of hoger lutumgehalte aan te brengen en deze goed te verdichten. Deze klei kan dan met een humeuze bovenlaag (zie onder b.) worden afgedekt.

1.6. NOG ENKELE SLOTOPMERKINGEN

Het is niet altijd mogelijk te voldoen aan de eisen, die gesteld worden aan de grondstof. Maar men kan ook kwaliteitsprodukten maken

van grondstoffen, die niet aan de eisen voldoen. Een paar voorbeelden: een klei met een te hoog humusgehalte kan men toch gebruiken, door de bakprocedure aan te passen.

Voor de dakpannen is de norm voor het gehalte aan grofzand maximaal 5%. Maar het komt in de praktijk voor, dat men een goede dakpan maakt van klei met een grofzandgehalte van 20%.

Een ander voorbeeld, waaruit blijkt dat de normen eigenlijk geen eisen zijn, maar "wensen", levert een steenfabriek in de buurt van Wageningen. Daar gebruikt men namelijk een strengpers om vorm te geven aan lichte klei.

De in dit hoofdstuk genoemde normen voor de grofkeramische industrie, zijn daarom eigenlijk geen eisen, maar meer ideale grondstoffen. Een grondstof die van deze ideale omstandigheden afwijkt kan wel gebruikt worden, maar de voorbereidings- en bakprocedure moeten dan aangepast worden. Dit werkt kostenverhogend, zodat het minder wenselijk is.

Tenslotte nog een opmerking over de toeslagstoffen om de kleur van de gebakken klei te veranderen. Het toedienen van toeslagstoffen gebeurt in de praktijk zo min mogelijk. Het is duur en de kleuren, die de klei na het bakken krijgt is het mooist en best houdbaar zonder toeslagstoffen (18).

De in dit hoofdstuk genoemde eisen kunnen we kort samenvatten in onderstaand schema.

Hierbij hebben we bij de steen- en dakpannen zowel het leem- als het lutumgehalte ingevuld. Voor het verband tussen het leemgehalte en het lutumgehalte maakten we gebruik van het rapport "De lutum-subfracties verhouding bij rivierkleigronden van Dhr. Schoof" (13). Dhr. Schoof onderzoekt hierin een drietal rivierkleigebieden; in het westelijk gedeelte van het centrale rivierengebied de Tielerwaard en het lek- en Lingegebied, in het oostelijke gedeelte de Betuwe, en als derde gebied het IJsseldal.

Uit dit rapport blijkt dat in deze gebieden de relatie tussen de lutumfractie en de subfracties (o.a. de leemfractie) niet overal hetzelfde is.

Produkt	methode van vormgeving	leem %	lutum % Tielerswaard	lutum % Betuwe	lutum % IJsseldal	grofzand %	humus %	Pfefferkornrest-hoogte (mm)
metseelsteen	handvorm	30-35	21-24	21-23	20-24	< 10	< 1½	5
	vormbakpers	35-45	24-30	23-28	24-31	< 10	< 1½	5
	strengpers	50-55	33-36	31-34	34-36	< 5	< 1½	20-30
	vormbakpers	40-45	27-30	26-28	27-31	< 5	< 1½	5
dakpan	strengpers	55-60	36-39	34-38	36-40	< 5	< 1½	20-30
	strengpers	50-55	33-36	31-34	34-36	< 5	< 1½	5

Dijkverzwaring

Toepassing	lutum %	humus %	Opmerkingen
------------	---------	---------	-------------

Binnedijs: één laag van 0.4 m. ter

aanvulling	< 30-35	< 5	Streekeigen (geen veen)
afdekking	-	humeus	streekeigen -

Buitendijks: ophogen maaiveld ter verkrijgen van voorland:

aanvulling	15 - 40	-	gemengde kleigrond
afdekking	-	-	streekeigen
aanvulling	25 - 40	humusarm	
afdekking	ca. 25	< 8	humeuze bovenlaag
	> 18		lutum afh. van binnendijkse mogelijkheden en afh. van de streek
			hoger of gelijke lutumgehalte dan onderliggende laag.
afdekking	ca. 25	8	humeuze bovenlaag

Tabel 5: Overzichtsschema van de eisen.

2. KLEI ALS GRONDSTOF VOOR DE GROFKERAMISCHE INDUSTRIE, HET ONT-
GRONDINGENBELEID EN ALTERNATIEVE GRONDSTOFFEN

Zoals in het vorige hoofdstuk beschreven is worden aan klei als grondstof voor de grofkeramische industrie specifieke eisen gesteld in verband met de kwaliteitseisen die aan het eindprodukt worden gesteld en in verband met de verwerking van de grondstof.

De hoedanigheid van de grondstof is namelijk niet alleen van invloed op de kleur en de hardheid van de gebakken steen, maar ook op de vereiste kleivoorbereiding, op de methode van vormgeving en op het bakproces.

Dit in samenhang met de eisen die voor uiteenlopende toepassingsgebieden worden gesteld aan het eindprodukt.

Tot voor enkele jaren was het mogelijk de grondstof met de vereiste samenstelling in de buurt van de fabrieken te winnen. Tegenwoordig echter moet in veel gevallen de grondstof over enige afstand aangevoerd worden. In veel gevallen moet zelfs tot menging van verschillende soorten klei worden overgegaan om een grondstof te verkrijgen met de gewenste kwaliteit.

Hoeveel klei er in de toekomst nodig is voor de grofkeramische industrie is moeilijk exact aan te geven. Maar door het Nederlands Economisch Instituut (N.E.I.) is een prognose opgesteld, waarin het totale kleiverbruik voor de grofkeramische industrie uitkomt in de orde van grootte van 5 miljoen ton per jaar, dat is bijna 3,5 miljoen kubieke meter (20).

Dit is een behoorlijke hoeveelheid en men mag alleen oppervlaktedelfstoffen afgraven mits men daarvoor een vergunning heeft. De bevoegdheid tot het verlenen van vergunningen ligt, sinds de ontgrondingenwet op 1 september 1971 van kracht geworden is, bij:

- de minister van Verkeer en Waterstaat, daar waar het rijkswateren dan wel niet-provinciaal ingedeelde gebieden betreft.
- de Colleges van Gedeputeerde Staten van de provincies, waarin het betrokken perceel ligt, in alle andere gevallen.

Met betrekking tot de vergunning verlening schrijft de wet voor, dat alle belangen die bij een bepaalde ontgronding spelen, moeten worden afgewogen. Doordat de laatste jaren grote waarde wordt toegekend aan de belangen van natuur en milieu, doen zich steeds meer situaties voor waarin de belangen van natuur en milieu prevaleren boven de andere belangen, zoals de economische. Hierdoor is een situatie ontstaan die zich kenmerkt door een terughoudend vergunningenbeleid.

Voortzetting van het terughoudende beleid zonder dat voldoende inzicht bestaat in de ontwikkeling van de vraag naar bodemmaterialen en in de mogelijkheden om in die vraag te voorzien, brengt het risico met zich mee, dat een zekere schaarste zal ontstaan voor de verschillende oppervlaktedelfstoffen. Deze schaarste zou stagnatie kunnen veroorzaken in sectoren die afhankelijk zijn van de verschillende oppervlaktedelfstoffen.

Om aan dit probleem tegemoet te komen heeft de Landelijke Commissie voor de Coördinatie van het Ontgrondingenbeleid (L.C.C.O.) een interimadvies uitgebracht, waarin de hoofdlijnen van een gecoördineerd en planmatig ontgrondingenbeleid staan vermeld. Deze hoofdlijnen voor een ontgrondingenbeleid moeten een eind maken aan de terughoudendheid van de laatste jaren (19).

Voor wat betreft de voorziening met klei ten behoeve van de grofkeramische industrie is de commissie tot de conclusie gekomen, dat nauwelijks op andere wijze in de binnenlandse vraag kan worden voorzien dan door middel van winning in Nederland. Wel is de commissie, met name voor klei, van mening, dat experimenten die zijn gericht op het terugdringen van de vraag, moeten worden gestimuleerd.

De klei voor de grofkeramische industrie zal hoofdzakelijk uit het binnenland moeten komen. De mogelijkheid om klei in te voeren, bijvoorbeeld uit Duitsland, is niet zo groot. Er kleven namelijk een aantal bezwaren aan. Een van de bezwaren is de prijs. Het is een relatief kostbare geschiedenis, vanwege de transportkosten, om klei vanuit het buitenland te importeren.

Bovendien bestaat de indruk dat men in het buitenland liever geen oppervlaktedelfstoffen gaat uitvoeren, want ook daar hecht men steeds meer waarde aan landschap, natuur en milieu. En het is de vraag of Nederland er verstandig aan doet om klei te importeren; er ontstaat dan een stukje economische afhankelijkheid dat wellicht niet gewenst is.

De andere mogelijkheid die door de L.C.C.O. genoemd wordt, namelijk de vraag naar klei verminderen, biedt meer perspectieven.

Het is namelijk mogelijk om zware komklei, die eigenlijk veel te vet is, te verschralen en zodoende geschikt te maken voor de steenindustrie. En het afgraven van zware komklei stuit, uit het oogpunt van natuur en milieu, op minder bezwaren dan het afgraven van klei uit de uiterwaarden.

Experimenten om zware klei te verschralen zijn gaande. Men experimenteert onder andere met glasscherven, bepaalde delen van huisvuil (het residu van scheidingsinstallaties) en vliegias (een verbrandingsprodukt van electriciteitscentrales). Ook de mogelijkheden die havenslib biedt, staan in de belangstelling.

De mogelijkheid om klei te verschralen met zand is bekend. Maar hoewel er niet direct een tekort aan zand dreigt (19), is het misschien toch beter om in plaats van zand andere grondstoffen te gebruiken. Er zijn namelijk een aantal 'grondstoffen' die eigenlijk afvalmaterialen zijn. Voorbeelden hiervan zijn het huisvuil, glasscherven, vliegias en havenslib. Ook zijn er talloze chemische industrieën die hun afvalprodukten aanbieden.

Het verwerken van afvalmaterialen in plaats van zand in de grofkeramische industrie kent een aantal voordelen. Het belangrijkste voordeel is wel dat we teveel afval hebben. En dat geldt niet voor zand. Omdat we teveel afval hebben wordt er naarstig gezocht naar wegen om dit afval weer te gebruiken. Wellicht is de grofkeramische industrie een goede mogelijkheid. Gebruik van afvalmaterialen in de grofkeramische industrie biedt bovendien het voordeel dat we dan minder klei nodig hebben.

De werkgroep Grofkeramiek van de Hoofdafdeling Maatschappelijke Technologie T.N.O. in Apeldoorn voert veel experimenten uit in deze richting. Men heeft daar onderzocht of klei gemengd kan worden met glasherpen, met delen van huisvuil, met vlieg-as en met andere afvalmaterialen.

Het is technisch wel mogelijk om van deze mengsels een redelijke steen te bakken. Van een mengsel met een hoog afvalpercentage kan men een goede binnenmuursteen bakken. Voor een goede buitenmuursteen mag het percentage afvalmateriaal in het klei-afval-mengsel niet hoger dan 10% zijn.

Maar er zijn ook nadelen verbonden aan het gebruik van afvalmaterialen. Een belangrijk probleem is het uiterlijk van de steen. Veelal krijgt de steen namelijk een onaantrekkelijk uiterlijk door de vorming van uitslag.

Een ander belangrijk nadeel van deze mengsels is de kostprijs. Om tot een kwalitatief goed produkt te komen moet de voorbereidingsprocedure (het mengen, kneden en homogeniseren) uitgebreid worden en veelal vergt het bakken ook meer tijd en energie. Beide aspecten werken kostenverhogend.

Omdat de experimenten in opdracht uitgevoerd worden mag T.N.O. geen gegevens vrijgeven, zodat we helaas niet verder in kunnen gaan op het gebruik van afvalmaterialen in de grofkeramiek.

Over experimenten met havenslib is meer bekend. Het is mogelijk om klei te mengen met havenslib en daarvan een kwalitatief goede steen te bakken.

In 1978 heeft men in de steenfabriek 'De Wolfswaard' een proef gedaan met havenslib. Bij deze proef heeft men 10% havenslib en 90% klei met elkaar gemengd, om zodoende een humusgehalte van circa 2% te bereiken. De resultaten van deze proef zijn neergelegd in een rapport betreffende "Onderzoek havenslib als (hulp)grondstof voor de baksteen industrie" van de Stichting Technisch Centrum voor de Grofkeramische Industrie (7).

In dit rapport komt men tot de conclusie dat de emissie van metaalverbindingen zeer gering is en in ieder geval beneden de toegestane grenswaarde zal blijven. De uitworp van fluor en zwavel ligt op een verhoogd, maar voor de baksteenindustrie niet abnormaal, niveau. De uitworp van chloorverbindingen (zoals HCL en FeCL₃) is echter dusdanig hoog dat het voor een wat grotere steenfabriek de vraag is of dat mag, nog afgezien van corrosieproblemen.

De kwaliteit van de stenen met havenslib is iets minder dan van stenen zonder havenslib. Maar dat kan gecorrigeerd worden door een iets hogere afstooktemperatuur te kiezen. Dat zal echter een verhoging van de emissie van zwavelverbindingen tot gevolg hebben.

Een veel groter probleem is de verkleuring. Stenen die gebakken zijn van een klei-havenslib-mengsel vertonen een geel-witte verkleuring op het rode oppervlak van rood-bakkende klei. Dit is wellicht geen probleem voor bedrijven die gele of genuanceerde (mengkleur tussen geel en rood, ook meerkleurige) stenen maken. De verkleuring vormt ook geen probleem als het klei-havenslib-mengsel wordt verwerkt tot straatstenen. Dan verdwijnt de verkleuring door de agressieve bakbehandeling (hogere toptemperatuur), hetgeen overigens weer een hogere emissie van zwavelverbindingen veroorzaakt.

De verkleuring kan ook voorkomen worden door bariumcarbonaat, dat met sulfaat het onoplosbare bariumsulfaat vormt, toe te voegen. Maar dat werkt kostenverhogend.

Overigens vergt het mengen van klei en havenslib extra voorbereiding, welke ook de kosten doet stijgen. Daar staan weer enkele kostenbesparingen tegenover. Zo kunnen de kosten voor de grondstof lager liggen als er gemengd wordt met havenslib. En bovendien liggen de kosten voor brandstof iets lager, omdat havenslib zelf brandbare delen bevat.

Alles bij elkaar zijn er een aantal belangrijke voordelen, maar kleven er ook bewaren aan het gebruik van een klei-havenslib-mengsel voor de grofkeramische industrie.

Omdat er zoveel havenslib is en omdat de baksteen industrie met een dreigend grondstoffentekort kampt, heeft men ook onderzocht of het mogelijk is om van puur havenslib stenen te bakken. De resultaten van dit onderzoek zijn beschreven in "Van Bagger tot Baksteen", een rapport van de Heidemij (17)

Helaas zijn de gegevens vrij sumier. Wel wordt vermeld dat de sterkte eigenschappen van deze stenen redelijk zijn. Maar de maatverschillen zijn vrij groot. Verder worden er in dit rapport geen cijfers genoemd met betrekking tot de zware metalen en de fluor-, zwavel- en chloorverbindingen.

Het is waarschijnlijk wel mogelijk om met enigzins aangepaste voorbereidings- en baktechnieken goede stenen te bakken van havenslib. Maar de aanwezigheid van zware metalen en oplosbare zouten in het havenslib vergt nader onderzoek.

De voordelen (vermindering van de vraag naar klei en gedeeltelijke oplossing van het bergingsprobleem van havenslib) zijn echter van dien aard dat verder onderzoek naar de mogelijkheden van havenslib, zowel wat betreft technische, economische, als milieuhygiënische aspecten, naar onze mening zeker de moeite waard is.

Voorlopig zal men in de grofkeramische industrie echter hoofdzakelijk met klei bakken. En omdat de gewenste klei niet overal meer voor handen is moet men een mengsel gebruiken van kleien die wel verkrijgbaar zijn. Het grote probleem daarbij is het mengen. Het is namelijk niet zo eenvoudig om van twee of meer kleien een homogeen mengsel te maken. Over de mogelijkheden en moeilijkheden die er op dit gebied zijn handelen de volgende hoofdstukken.

3. KLEIWINNING EN KLEIOPSLAG

De grondstof, die gedolven wordt heeft meestal geen homogene samenstelling of voldoet niet aan de normen, die gesteld worden om een kwaliteitsproduct te vervaardigen.

Om een goed grondstof te verkrijgen moet men de grond mengen met andere kleisoorten en dit mengsel goed homogeniseren.

Onder het begrip "mengen" wordt verstaan het samenbrengen van de verschillende componenten in de juiste verhouding (3).

"Homogeniseren is het bewerken van het mengsel in kleivoorbewerkingsmachines, zodat een homogene massa ontstaat (3).

Het mengen wordt vooral in dit hoofdstuk behandeld, terwijl het homogeniseren behandeld wordt in het volgende hoofdstuk.

Het mengen in dit hoofdstuk zal behandeld worden door het beschrijven van de kleiwinning en de kleiopslag.

Om een globale indruk te geven van de kosten van de kleiwinning en kleiopslag geven wij enkele voorbeelden.

3.1. KLEIWINNING

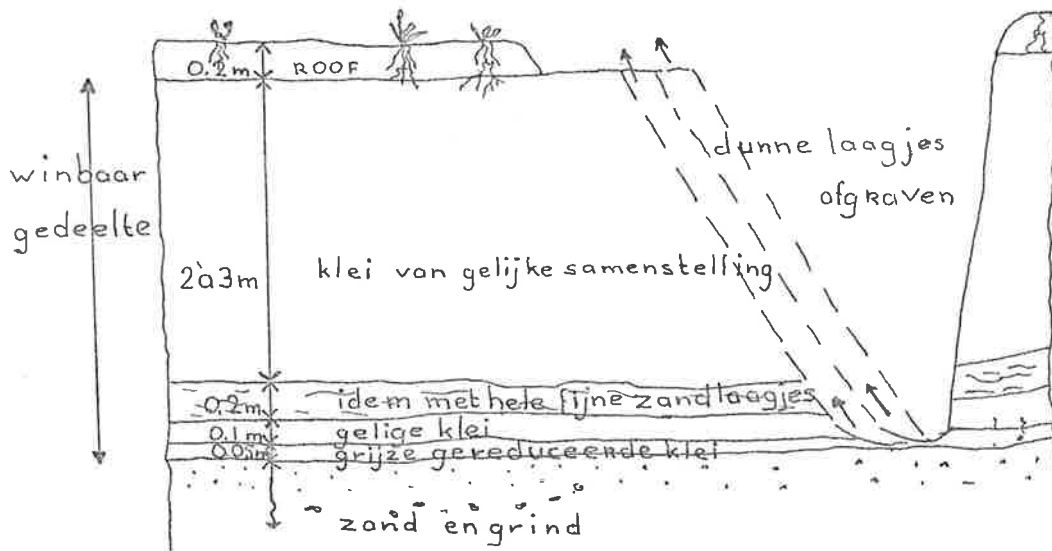
Alvorens met de kleiwinning te beginnen, vindt er een bodemkundig onderzoek plaats. Men doet boringen in het kleiland, om de kleidikte vast te stellen en de grondmonsters te analyseren. Men boort in een ruitennet van 25 bij 25 meter. Men boort zo diep tot men de zand- of grondlaag bereikt.

Zijn de resultaten gunstig en heeft men de nodige ontgrondingsvergunningen, dan kan men bij goede weersomstandigheden, meestal in de zomermaanden, met afgraven beginnen.

Om de klei voldoende droog te kunnen winnen, kan een bemaling van de kleiput een uitkomst bieden (3).

De bovenste 20 à 25 cm, afhankelijk van het terrein haalt men zo goed mogelijk weg en zet men opzij. om bij het afwerken weer te gebruiken. Deze laag, de zogenaamde rooflaag is niet geschikt voor gebruik, omdat deze een veel te hoog humusgehalte heeft.

Nadat de geschikte lagen te zijn blootgelegd worden deze kleilagen ontgraven. De te ontgraven lagen zijn bijna nooit homogeen opgebouwd. Zie hiervoor onderstaande figuur, waar een veel voorkomend profiel in het rivierengebied wordt afgegraven.



Figuur 2: Afgraven van een veel voorkomend profiel

De inhomogeniteit van het kleiland kan bestaan uit:

- de horizontale en verticale verschillen in de korrelverdeling.
- de meestal verticale, maar ook horizontale verschillen in het kalk-, ijzer- en humusgehalte. (kalk en ijzer wordt uitgespoeld naar dieper gelegen lagen; het humusgehalte is meestal aan de oppervlakte hoger, dan in diepere lagen).

Om echter een goede menging van de lagen te verkrijgen en om een homogene samenstelling te verkrijgen, graaft de machine de grond langs het gehele profiel van beneden naar boven dunnetjes af.

Voor de ontgraving kan men zich van een excavateur, dragline of hydraulische graafmachine (hgm) bedienen.

De excavateur, die vroeger vaak gebruikt werd, is duur in exploitatie en hij kan afschuiven in drassig land, doordat hij vrij zwaar is. De excavateur is echter wat betreft de menging van de grond de meest ideale machine.

Tegenwoordig gebeurt de winning met een dragline of een hydraulische graafmachine. De winning met een hgm geniet echter de voorkeur.

De hgm werkt, ten opzichte van de dragline nauwkeuriger en heeft geen dieplader voor het transport nodig. Bovendien heeft de hgm een gro-

tere productie, bij eenzelfde bakinhoud. Daarentegen heeft een hgm een beperkte reikwijdte bij het graven.

Het transport van de kleiwinning naar de kleiopslag geschiedt tegenwoordig met vrachtwagens.

Vroeger, toen de winning meestal nabij de fabrieken lag gebeurde het transport ook via rails, hetzij met loco's en kipwagens of met zogenaamde automatische kipwagens.

De winning van de klei en het transport hiervan wordt meestal uitbesteed, omdat dit werk maar enkele maanden per jaar duurt (4 tot 6 maanden). Bovendien kunnen vele moeilijkheden met weg beheerders voorkomen worden; in verband met bevuilding en beschadiging van wegen.

3.2 KLEIOPSLAG

De kleiopslag dient niet alleen als buffervoorraad, om door te kunnen werken in de perioden, dat de klei moeilijk af te graven of te voeren is, maar is ook een belangrijk onderdeel van de kleimenging, waarmee de gewenste samenstelling van de grond wordt behaald.

De redenen voor het mengen van de klei zijn onder andere:

- bij de verplaatsing van de stenen na droging naar de ovens wordt gebruik gemaakt van een grijparm, die een serie stenen in één keer opneemt. Als de stenen verschillende leemgehalte hebben, is de krimp bij het drogen ook verschillend en krijgen de stenen verschillende formaten. Moeten deze stenen door de grijparm worden opgenomen, dan zal deze alleen de grootste meenemen, dus die met de minste krimp. Hierdoor zal er stagnatie in de aanvoer naar de ovens optreden (3).
- bij bijvoorbeeld straatstenen is het noodzakelijk dat de verschillende stenen van gelijke hoogte zijn en dat de vorm van één steen rechthoekig is (het leemgehalte in één steen moet constant zijn).
- indien de te bewerken klei te vet is, dat wil zeggen, als het leemgehalte te hoog is, moet het gemengd worden met schrale klei. Is de klei te schraal, dat wil zeggen, als het een te laag leemgehalte heeft, dan moet hij gemengd worden met vette klei.

Het mengen (samenvoegen van de verschillende componenten in de juiste hoeveelheid) dient te geschieden met zo weinig mogelijk energie, dus bij voorkeur niet in kleibewerkingsmachines. De kleibewerkingsmachines moeten een goed gemengde klei ontvangen. De verschillende

componenten, waaruit de vereiste klei bestaat, moet te voren in de juiste verhouding samengebracht worden, zonder dat hier veel energie voor wordt gebruikt (6).

De kleiopslag is dan ook, naast de menging tijdens de winning, en laden en lossen van transportmiddelen een belangrijk onderdeel van de kleimenging.

De kleiopslag kan buiten plaatsvinden, in de vorm van een kleibult of binnen in de gestalte van een grondgebouw (kleiloods of kleikelder), of in combinatie van binnen- en buitenopslag.

3.2.1 DE KLEIBULT

De grootte van de kleibult is afhankelijk van diverse factoren onder andere (6):

- in korte tijd aanvoeren, in verband met uitbesteden.
- het zogenaamde sterven van de klei (ook wel in de rot liggen). Tijdens het opslaan oxideren humus en ferroverbindingen. Bovendien krijgt men een betere vochtverdeling in de klei. Dit sterven heeft echter pas effect, bij lange duur (minimaal 3 maanden (3)) en bij kleine kleibulten (in verband met inwerking van lucht, vocht en temperatuur).
- overbruggen van natte- en/of winterperioden.
- behoud van dezelfde kleur en kwaliteit van de gebakken producten over een lange periode. Hoe kleiner de opslag, hoe meer kans op verschillen in samenstelling en kleur.

De grootte van een hoeveelheid klei is maatgevend voor een hoeveelheid product, dat hier uit kan worden gefabriceerd en moet voldoen aan bepaalde kwaliteitseisen. In het algemeen volgt hieruit, dat een kleibult wenselijk is ter grootte van de jaarbehoefte aan klei; de zogenaamde jaar-depot (6).

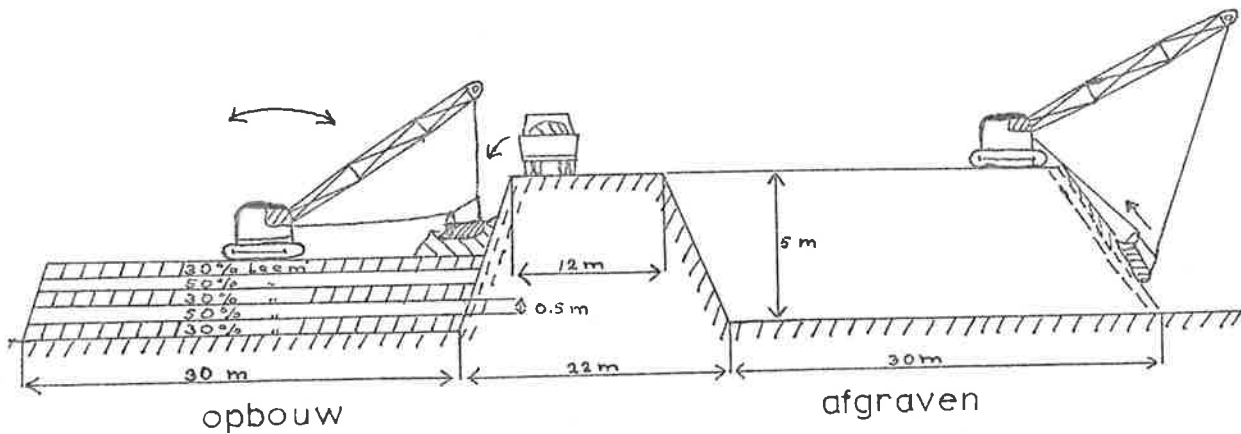
Hoe groter echter de opslag, hoe secuurder de opbouw en het afgraven gebeuren moet, omdat de eerste en laatste hoeveelheid grond van de bult, hetzelfde moet zijn.

Voor de opbouw van de kleibult kan men kleigrond gebruiken van diverse weilanden, als het gemiddelde, maar overeenkomt met de norm voor een kwaliteitsprodukt.

Stel men heeft voor het maken van metselstenen, volgens het vormbakpers procédé een klei nodig met een leem gehalte van 40% (= gewicht %), dan kan men bijvoorbeeld, hiervoor twee weilanden gebruiken van respectievelijk 30 en 50% leem. Gebruikt de fabrikant voor de opbouw van de kleibult, van elk de helft, dan krijgt men een gemiddelde van 40% leem.

Het mengen van deze twee grondstoffen gebeurt tegenwoordig veelal volgens het hierna beschreven procédé, dat vooral in de zomermaanden plaats vindt.

Vanaf een blijvende dijk met een geasfalteerd wegdek, lossen de vrachtwagens hun lading.



Figuur 3: Opbouw en afgraven van een kleibult

Na het lossen verspreid een dragline met een bekwame machinist de kleigrond over een breedte van 25 à 30 meter in lagen van een halve meter. Dit verspreiden moet goed gebeuren, om overal een even dik pakket grond te krijgen. Het spreiden kan ook door een bulldozer gebeuren. De lengte van de dijk is afhankelijk van de capaciteit van de fabriek. Voor een doorsnee jaar-depot van 50.000 m^3 , is een bult nodig met een lengte van ongeveer 170 m (lengte = $\frac{50.000}{2 \times 30 \times 5} = 166 \approx 170$)

meter).

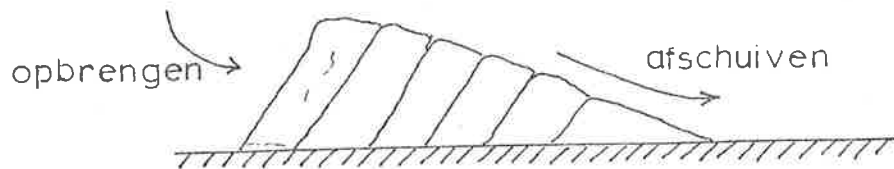
Tijdens en na het gereed komen van de kleibult worden de opgebrachte lagen geboord en worden de grondmonsters onderzocht. Iedere laag van een halve meter dikte wordt na het opbrengen geboord. Men boort in een ruitennet van 15 x 15 meter. De boringen worden in duplo verricht (dat wil zeggen; twee boringen die enkele meters van elkaar liggen). De beide boorresultaten middelt men. Afhankelijk van die resultaten kan men onder andere de dikte, bij gegeven leemgehalte, van de volgende laag berekenen.

Na het beeindigen van het grondtransport, moet de kleibult onder afschot geëgaliseerd worden om te voorkomen, dat er te veel regen naar binnendringt (6). Het frezen na deze werkzaamheid verdient aanbeveling om het invriezen gedurende de wintermaande tegen te gaan. 's Winters kan ook invriezen tegen gegaan worden door het afdekken met rietmaten of plastic (6). Het invriezen kan bovendien verminderd worden door een juiste situering van de kleibult. De ligging van de bult moet zodanig zijn, dat men in de wintermaanden van west naar oost kan afgraven.

De oostzijde is in de winter veel kouder dan de westzijde.

Het afgraven van de kleibult gebeurt meestal met een dragline. Deze schraapt steeds een hoeveelheid grond van het talud, zodat er van elke opbouwlaag een evenredige hoeveelheid in de bak komt. Hierdoor wordt de grond gemengd. De hoeveelheid grond van enkele bakken zet de dragline machinist voor zich uit op het maaiveld en zet deze enkele malen om. Vervolgens laadt hij de grond in een vrachtwagen, die de grond in de fabriek in de zogenaamde stortbak deponeert. Behalve met een vrachtwagen kan het transport ook met bandtransporteurs of via rails met kipkarren en locomotief geschieden.

Na het afgraven met de dragline kan echter de grond ook anders behandeld worden. De dragline deponeert de grond op een bult en wel zodanig, dat er een schuin gelaagde opbouw wordt verkregen.



Figuur 4

Daarna schuift een laadschop de grond af, in de richting loodrecht op de gelaagdheid. De afgeschoven grond wordt nu met de laadschop naar de stortbak gebracht (3).

Het afgraven van de kleibult kan behalve met de dragline ook geschieden met een excavateur. Het voordeel van deze afgraving is, dat men een zeer goede menging krijgt. De excavateur heeft als nadelen: het schiften van het spoor en zijn onbruikbaarheid bij vorst en nat weer. Het schiften kan echter vervallen, indien men gebruik maakt van een excavateur op rupsen.

Het transport vanaf de excavateur naar de fabriek gebeurt meestal met bandtransporteurs.

3.2.2. GRONDGEBOUW (KLEILOODS-KLEIKELDER)

De kleiopslag in gebouwen voor bijvoorbeeld 6 weken, zoals die veel voorkomt bij kleiloodsen, kan nooit een waarborg zijn voor een jaarproductie met geringe kwaliteits en kleurafwijkingen, behalve indien een dergelijke kleiloods wordt gevuld vanaf een grote goed gemengde kleibult (6).

Bij de bouw van overdekte kleiopslag kunnen we dan van twee principes uitgaan:

- grondgebouw, waarin alle klei benodigd voor de productie over een bepaald tijdvak, ligt opgeslagen. Het regelen van het vochtgehalte speelt hierbij een grote rol.

- grondgebouwen voor het overbruggen van perioden van slecht weer. Hierbij kan een gedeelte vanuit de overdekte opslag gemengd worden met de te natte klei van buiten. De kleibult buiten blijft in dit geval bestaan.

In het algemeen kan men zeggen, dat een vormbakbedrijf geen grondgebouw nodig heeft uit vrees voor te natte klei. Wel kunnen andere omstandigheden een rol spelen, zoals het onafhankelijk willen zijn van weersomstandigheden.

Voor het strengpersbedrijf, waar doorgaans de klei minder nat moet zijn, levert een hoogwatergehalte zeer veel moeilijkheden op. Voor dit soort bedrijven is van groot belang voldoende droge grond in voorraad te hebben (6).

De beste opbouw van een overdekte kleibult kan geschieden met een strooi-band via transportbanden. Deze verdeelband met afwerkinrichting kan zorgen voor een goede menging en constante kleisamenstelling.

De opbouw met een kleiwerper kan ontraden worden, omdat hierbij ontmenging optreedt.

De afgraving kan geschieden met een excavateur, een grijper of laadschop.

Door de hoge arbeidskosten zal echter het gewenst zijn de arbeidsprocessen in de grondgebouwen zoveel mogelijk te automatiseren.

3.3 GLOBALE KOSTEN VAN DE KLEIWINNINGEN EN KLEIOPSLAG

Om een globale indruk te geven van de kosten van de kleiwinning en kleiopslag, geven we enkele kosten van enkele mogelijkheden, die men in de praktijk zou kunnen aantreffen.

De kleiwinning en de opbouw van een kleibult wordt in de praktijk meestal uitbesteed aan gespecialiseerde aannemers. Om toch een globale indruk te geven, hebben wij, met behulp van het Calculatie Vademecum volgens het systeem R.B.B. (= Raadgevend Bureau Ir. B.W. Berenschot), welk is uitgegeven in september 1972 door de Koninklijke Nederlandse Heidemaatschappij, een voorbeeld uitgerekend.

Voor ons voorbeeld gebruiken we een hydraulische graafmachine, welke een bakinhoud van 900 liter heeft en welke zonder schotten kan werken. Van een terrein ter grootte van 6 ha graaft de hgm een 25 cm dikke rooflaag af. Deze humeuze laag zet de machinist na het afgraven van de te winnen klei meteen weer terug.

De te winnen kleigrond ter dikte van 88 cm wordt mengend afgegraven. Hierdoor zal de productie van de hgm met een kwart verminderen.

De grond wordt gelost op 4 vrachtwagens, die de grond over een afstand van 5250 meter (gemiddeld 250 meter over het terrein en 5000 meter over de verharde weg) naar de kleiopslag brengen.

Voor de winning en tijdens de opbouw van de kleibult vindt er een grondonderzoek plaats. Voor de kosten van de blijvende dam en kosten van het grondonderzoek, hebben wij gegevens verkregen van het Technisch Centrum voor de Grofkeramische Industrie.

Omschrijving + materieel	Prijs per 1.000 W.F.	prijs per m ³	jaarlijkse kosten voor 50.000 m ³
Afgraven met hydraulische graafmachine	f 2,16	f 1,65	f 81.000,--
Transport met 4 vrachtwagens	f 3,09	f 2,32	f 116.000,--
Dam opbouw	f 0,67	f 0,50	f 25.000,--
Grondonderzoek	f 0,20	f 0,15	f 7.400,--

Tabel 6a Globale kosten van de winning en opbouw van de kleiopslag voor een jaarlijks verbruik van 50.000 m³.

Voor een gedetailleerde berekening van bovenstaande kosten, verwijzen wij u echter naar bijlage 3.

Bovenstaande tabel is echter niet volledig. Zo ontbreken de aankoopkosten en de kosten om de afgetichelde grond weer in cultuur te brengen.

De variatie in aankoopkosten van grond is bijzonder groot. Ze kan variëren tussen f 40.000 en f 100.000 per ha.

Van het weer in cultuur brengen valt te zeggen, dat de Provinciale Waterstaat o.a. die van Gelderland, hiervoor strenge normen heeft.

Voor de berekening van de kosten van het afgraven van de kleibult en grondtransport van kleiopslag naar de voorbereidings machines hebben wij gebruik gemaakt van het "Informatiebulletin van de EVO-Branchcommissie voor de Baksteenindustrie (16. b). Dit bulletin dateert uit november 1973, zodat we de kosten moesten herzien. Zo hebben we de personeelskosten met 100% verhoogd en de materieelkosten met 10%. Daarnaast gelden de berekende kosten voor een jaarlijkse productie van 20.000.000 Waal Formaten (= 27.000 m³ grond)*.

Mogelijkheden	prijs per 1.000 W.F.	prijs per m ³	jaarlijkse kosten voor 27.000 m ³
dragline in combinatie met kipauto	f 5,--	f 3,75	f 100.050
dragline in combinatie met bandtransporteurs	f 5,75	f 4,30	f 115.250
dragline in combinatie met kipkaren en locomotief	f 7,15	f 5,35	f 142.550
Excavateur op rupsen in combinatie met bandtransporteurs	f 8,95	f 6,70	f 178.700

Tabel 6 b. Globale kosten van afgraven en transport

De keuze is afhankelijk van vele factoren, onder andere:

- benodigde transportcapaciteit in verband met de productiecapaciteit
- de samenstelling van het grond mengsel;
- de transportafstand;
- de stortplaats bij de voorbereidingsmachines;
- de traditie.

* Waalformaat (W.F.) is een steen ter grootte van 210x103x55 mm.
750 W.F. = 1 m³ ongeroerde grond.

Naast het door ons berekende voorbeeld, hebben we een praktijkvoorbeeld. Dit voorbeeld hebben we gekregen van het aannemersbedrijf Koomen b.v.. Dit bedrijf voert, met de Grontmij b.v. als directie, onder andere de kleiwinning, het transport en de opbouw van een kleivoorraad, uit.

In dit praktijkvoorbeeld wordt, voor de opbouw van de kleibult ter grootte van 30.000 m^3 , uit twee putten kleigrond afgegraven. Deze twee putten, die we put A en put B noemen, liggen op verschillende afstanden van de kleibult; put A 22 km en put B 7 km.

De winning gebeurt met een dragline met een bakinhoud van 1500 liter. Om de grond voldoende droog te krijgen, gebruikt men een pomp. Deze bemaling geschiedt via de zogenaamde openbemalings-methode.

Voor het transport van de grond naar de kleivoorraad gebruikt men 12 tons(=8 m^3) vrachtwagens. Voor put A zet men 20 vrachtwagens in en voor put B 9 vrachtwagens. Om voor de auto's in het terrein een goede, maar vooral snelle rijbaan, te verschaffen, legt men een dubbele platenbaan aan.

Nadat de grond gestort is vanaf een dam, zorgt een bulldozer (D-6) voor de verspreiding van de grond.

Tellen we bovenstaande kosten, betreffende de bewerking voor het tot stand komen van de kleibult, op, dan krijgen we als gemiddelde $\text{f } 9.--$ per m^3 ofwel $\text{f } 12.--$ per 1.000 W.F.. Deze prijs, de zogenaamde aanneemsom, is echter exclusief directiekosten van de Grontmij en omzetbelasting. Voor een gedetailleerde berekening van de aanneemsom, verwijzen wij U naar bijlage 3.

4. KLEIVOORBEWERKING

In het vorige hoofdstuk staat beschreven dat de kleiwinning en de kleiopslag zeer belangrijke onderdelen zijn van de kleimenging. Om de gewenste samenstelling van de grondstof te verkrijgen moet men daarom zeer veel aandacht besteden aan deze onderdelen.

Als de hoeveelheid klei die in de fabriek aankomt niet de juiste samenstelling (de juiste verhouding tussen de verschillende componenten) heeft, met andere woorden niet goed gemengd is, is het nauwelijks mogelijk om door de voorbereiding in de fabriek de gewenste grondstof te krijgen. In de fabriek vindt namelijk in het algemeen geen menging plaats, maar homogenisering.

Een uitzondering hierop is mogelijk als men in de fabriek door middel van een doseerinrichting de kleien in de juiste verhouding bij elkaar brengt. Maar dat is voor grote hoeveelheden niet gebruikelijk.

Om misverstanden te voorkomen verdient de term 'kleivoorbewerking' enige uitleg. Onder kleivoorbewerking verstaat men de machinale bewerking om de grondstof fijn te malen, te kneden en te homogeniseren, zodat het zonder moeilijkheden in de gewenste vorm gebracht en gehouden kan worden en dat het eindprodukt een maximum aan kwaliteit bezit (9;15). Tijdens dit proces wordt meestal water en/of stoom toegevoegd om de juiste plasticiteit te verkrijgen.

Er zijn veel verschillende voorbereidingsmachines. De ene machine is geschikt om de grondstof fijn te malen, de andere machine kan men goed gebruiken om te homogeniseren (het kneden van een mengsel om een homogene massa te verkrijgen) en een derde machine bezit beide eigenschappen.

Omdat er zoveel verschillende machines zijn, zijn er ook verschillende combinaties van voorbereidingsmachines mogelijk. Deze verschillende combinaties worden enerzijds bepaald door de hoedanigheid van de beschikbare grondstof en anderzijds door de eisen, die de gevolgde methode van steenvormen aan de klei stelt.

In dit hoofdstuk zullen we zonder volledig te zijn een aantal van deze voorbereidingsmachines behandelen. We hebben getracht zoveel mogelijk naar de werking van de machines te kijken en niet naar de technische uitvoering.

Aan het einde van dit hoofdstuk worden nog enkele voorbeelden gegeven van combinaties van machines met de globale kostprijzen ervan.

4.1 VERSCHILLENDE VOORBEWERKINGSMETHODEN

In de keramische industrie onderscheidt men drie principes om de grondstof voor te bewerken (9). Deze principes zijn:

- de droge voorbewerking
- de natte voorbewerking
- de half-natte voorbewerking

De droge voorbewerking is een methode waarbij de klei eerst gedroogd wordt. Daarna wordt de klei gemalen en gezeefd en vervolgens vindt de homogenisering plaats. Als de grondstof dan de juiste, homogene, samenstelling heeft wordt er water toegevoegd om vorm te kunnen geven aan het materiaal.

Bij deze methode moet de grondstof dus eerst drogen en later wordt het weer bevochtigd. Dat kost relatief veel energie. Vandaar dat deze methode niet zo goed geschikt is voor de grofkeramische industrie, behalve wanneer de grondstof bij aankomst al zeer droog is (minder dan 15% vocht). Voor de fijnkeramische industrie, waar veel hogere eisen gesteld worden aan de samenstelling van de grondstof (dus ook aan de menging, de fijnheid van het materiaal en de homogenisering), is de droge methode wel goed bruikbaar.

Maakt men bij de droge methode de klei eerst droog, bij de natte voorbewerkingsmethode wordt de klei juist eerst nat gemaakt. Door aan de klei water toe te voegen maakt men modder met ongeveer 40 volume % vocht. Deze modder wordt gezeefd en vervolgens gedroogd tot poeder. Deze poeder gaat men mengen tot een homogene massa (eventueel voegt men hier toeslagstoffen toe). Voordat de grondstof naar de vormgeving gaat voegt men weer water toe om de juiste plasticiteit (hoofdstuk 1, § 3) te verkrijgen.

Deze methode wordt vrijwel uitsluitend toegepast in de fijnkeramische industrie. Vooral wanneer zich veel stenen in de grondstof bevinden is dit een goede methode, omdat de stenen makkelijk uit de modder gezeefd kunnen worden. Voor de grofkeramische industrie is deze methode echter te duur door het nat maken, drogen en weer bevochtigen.

De methode die het meest gebruikt wordt in de grofkeramische industrie is de half-natte voorbewerking. Bij deze methode wordt meestal een beetje stoom of water aan de grondstof toegevoegd om de juiste plasticiteit te krijgen. Verder wordt de grondstof gemalen, gezeefd en gehomogeniseerd, zodanig dat het vormgeven, het drogen en het bakken zo weinig mogelijk problemen geeft. Bij de half-natte voorbewerking kan men verschillende machines gebruiken. Een aantal van deze machines worden besproken in de volgende paragrafen. Omdat in de praktijk de machines veelal genoemd worden bij hun duitse namen hebben wij die ook gebruikt.

4.1.1 De Kastenbeschicker

De Kastenbeschicker is een bunker met een doseerinrichting. De bodem van de bunker is een transportband (Bijlage 4, fig. 1). En aan het einde van de transportband bevindt zich een haspel. Zowel de snelheid van de transportband als de snelheid van de ronddraaiende haspel is traploos regelbaar. Deze machine zorgt voor een continue, gelijkmatige en instelbare toevoer van materiaal naar andere machines. Bovendien dient de Kastenbeschicker als buffer tussen de kleiaanvoer en de voorbewerking, hetgeen in de grofkeramische industrie, met een relatief hoog storingspercentage, zeer belangrijk is.

Verder vindt er in de Kastenbeschicker een 'voorverkleining' plaats, dat wil zeggen: het materiaal wordt door de haspel iets fijner gemaakt; de haspel slaat grote brokken stuk tot kleinere.

Een andere functie van de Kastenbeschicker is het mengen. Doordat de transportband over de hele lengte van de bunker een klein beetje materiaal meeneemt vindt er menging plaats. Het is zelfs mogelijk om de bunker onder te verdelen met schotten en in ieder ruimte een ander materiaal te doen. Door middel van verstelbare schuiven kan dan van ieder materiaal de hoeveelheid geregeld worden en zo kunnen de grondstoffen in de juiste verhouding bij elkaar gebracht worden. Dit gebeurt in de praktijk echter niet vaak. Als men meerdere materialen bij elkaar wil brengen kan men beter voor iedere grondstof een eigen Kastenbeschicker gebruiken. De dosering kan dan namelijk veel nauwkeuriger geregeld worden. Ook voor toeslagstoffen gebruikt men vaak een (kleine) Kastenbeschicker.

De Kastenbeschicker doseert het materiaal op een transportband die de grondstof naar de volgende machine brengt. Meestal bevindt zich bij deze transportband een metaaldetector die de band automatisch tot stilstand brengt bij het passeren van railbouten hoefijzers etc; dit om beschadiging van de overige apparatuur te voorkomen. De Kostenbeschicker is geschikt voor zowel nat als droog materiaal en voor fijn- en grofkorrelig materiaal.

4.1.2 De Walzenbrecher

De Walzenbrecher is een trogvormige bak met daarin twee walsen, met korte, brede tanden, die in tegengestelde richting ronddraaien. (Bijlage 4, fig. 2). De afstand tussen de walsen is instelbaar tussen 5 en 100 mm.

De klei komt in de bak en moet dan tussen de twee walsen door. Doordat de opening vrij nauw is wordt de klei gemalen. De grondstof die door deze machine bewerkt is bevat geen grote brokken meer, maar het is nog niet fijn genoeg om zonder meer verder bewerkt te worden, zodat men hier spreekt van een 'voorverkleining'.

De Walzenbrecher is geschikt voor zacht tot middelhard materiaal en voor vochtige tot droge grondstof.

4.1.3 De Steinaussonderungswalzwerk

De Steinaussonderungswalzwerk is ook een machine met twee walsen. Deze walsen zijn echter niet voorzien van tanden, maar één van de walsen heeft een spiraalvormig rondlopende groef en de andere wals is glad (Bijlage 4, fig. 3). De bedoeling van de groef is om de grove stenen, die zich eventueel in de klei bevinden, zijdelings af te voeren. Grote stenen zijn namelijk ongewenst omdat ze schade aan kunnen richten aan andere apparatuur en omdat ze de homogeniteit van de kleisamenstelling nadelig beïnvloeden.

De Steinaussonderungswalzwerk is geschikt om brokken kleiner te maken, maar vooral om stenen uit de klei te selecteren. Stenen kleiner dan 20 mm kunnen er niet uit gehaald worden. Ook harde kluiten geven problemen, want deze worden er ook uitgeselecteerd, terwijl het eigenlijk de grondstof is.

4.1.4 De Kollergang

Een Kollergang is een ronde 'ton', met een gedeeltelijk geperforeerde stalen bodem. In deze ton lopen twee zware metalen wielen rond. Het buitenste wiel loopt over een dichte maalbaan en het binnenste wiel loopt over een geperforeerde maalbaan (Bijlage 4, fig. 4). Om een rustige loop te bewerkstelligen is het binnenste loopwiel zwaarder dan het buitenste wiel.

Het te bewerken materiaal valt in de Kollergang en komt door middel van schrapers eerst op de buitenste maalbaan. Door de druk en de wrijving wordt de klei fijn gewreven en uiteen getrokken. Vervolgens zorgen schrapers ervoor dat de klei voor het binnenste wiel komt. Deze perst het dan door de bodem. Na het binnenste wiel komen weer schrapers die het overgebleven materiaal naar de buitenkant schuiven. Zo wordt het materiaal, dat niet door de geperforeerde bodem geperst is, gemengd met nieuw aangevoerde grondstof en dan begint de cyclus opnieuw. De kleiworstjes, die door de bodem geperst worden, vallen op een ronddraaiende schaal die zich onder de Kollergang bevindt. Vroeger draaide deze schaal in dezelfde richting als de loopwielen. En dan werd door middel van geleiders (Sammelteller) of een wormwiel (Maukmischer) de klei van de schaal afgeschoven (Bijlage 4, fig 4 a,b).

Tegenwoordig gebruikt men, vanwege de grotere capaciteit, meestal de zogenaamde Verteilerteller. Dat is een schaal die ongeveer anderhalf maal zo snel draait als de loopwielen en bovendien in tegengestelde richting. Hierdoor verkrijgt men een betere homogenisatie van het materiaal. De klei valt van de schaal op twee verschillende transportbanden, die het dan naar de volgende machine brengen.

De Kollergang heeft tot taak kleine steentjes en harde deeltjes in de klei fijn te malen. De Kollergang is vooral geschikt voor plastisch materiaal waarin harde deeltjes voorkomen.

4.1.5 De Feinwalzwerk

De Feinwalzwerk of differentieelwals is een trogvormige bak met daar onder twee elkaar bijna rakende gladde walsrollen met horizontale assen (Bijlage 4, fig. 5). Deze cilinders draaien tegengesteld en de klei moet door de vrij nauwe opening (variërend tussen 0,5 en 2,0 mm). De walsen kunnen dezelfde omtreksnelheid hebben, maar ook verschillende omtreksnelheden bezitten. De van bovenaf toegevoerde klei wordt door de walsen sterk verkneed en fijngewreven.

De Feinwalzwerk is geschikt voor het verkneeden en uiterst fijn malen van weke en middelharde, droge en natte grondstoffen; vooral wanneer zich in de klei pyriet- of kalkconcentraties bevinden. Over het algemeen vindt in deze machine de laatste verkleining van het materiaal plaats.

4.1.6 De Siebrundbeschicker of Tonraspler (Kleirasp)

De Siebrundbeschicker of Tonraspler is een grote cilinder met een gedeeltelijk geperforeerde wand. In het bovenste gedeelte wordt de klei gemengd door een roerarm. Daaronder wordt de klei door middel van 'uitstrijkers' door de geperforeerde wand geperst (Bijlage 4, fig. 6). De kleiworstjes vallen op een grote schaal die in tegengestelde richting ten opzichte van de uitstrijkarmen draait. Dat verbetert de homogenisatie. De kleirasp is uitermate geschikt voor de voorbereiding van steen- en wortelvrije, enigzins plastische, grondstoffen. Vooral materialen met verschillend vochtgehalte komen goed gemengd uit de kleirasp.

Doordat de kleirasp een vrij grote inhoud heeft (tot 8 m^3) fungeert deze machine ook min of meer als buffer. De capaciteit van de kleirasp is regelbaar door de draaisnelheid van de uitstrijkers en de grootte van de gaatjes te veranderen. In enkele gevallen is het mogelijk om de voorbereiding van klei te beperken tot een bewerking in de kleirasp. Want deze machine kneedt, mengt, homogeniseert en verkleint de klei en is daarmee een van de meest universele voorbereidingsmachines in de grofkeramische industrie.

4.1.7 De Siebbrechmischer

Een Siebbrechmischer lijkt wel wat op de kleirasp, maar is iets zwaarder uitgevoerd (Bijlage 4, fig. 7). Deze machine is dan ook meer bedoeld om droge klei, met harde kluiten fijn te malen en te homogeniseren, terwijl de kleirasp juist geschikt is om vochtige klei te bewerken.

4.1.8 De Knetraspler

De Knetraspler is een voorraadbak met een bodem die bestaat uit halfcirkelvormige stalen, geperforeerde bodemplaten. De Knetraspler is zodanig geconstrueerd, dat de bodem de vorm heeft van twee halve cilinders (bijlage 4, fig. 8). In deze halve cilinders bevinden zich horizontale assen met daaraan 'schoenen'. Deze schoenen schrapen precies langs de gebogen bodemplaten.

Het te bewerken materiaal komt in de dubbel-trogvormige bak. Doordat de schoenen ook gedeeltelijk door de bak draaien wordt er in de bak gehomogeniseerd en gekneed. Daarna wordt de grondstof middels de schoenen door de bodemplaten geperst.

De Knetraspler is vooral geschikt voor het verkleinen en homogeniseren van relatief droog (minder dan 20% vocht) en hard materiaal.

Door verschillende rotors (schoenen) en verschillende bodemplaten kan de Knetraspler in beperkte mate aangepast worden aan de grondstof.

4.1.9 De Doppelwellenmischer

De Doppelwellenmischer is een machine met twee tegengesteld draaiende assen, die bestaan uit een gedeelte met 'meenemers' (tanden) en een gedeelte met wormwielen (bijlage 4, fig. 9a). De klei komt er aan de kant van de meenemers in en wordt door de ronddraaiende assen naar de andere kant verplaatst. Hierbij dienen de korte tanden om de klei te kneden en steeds iets te verplaatsen. Bij de wormwielen aangekomen wordt de klei onder vrij grote druk verder geperst en komt tenslotte door een zeefplaat. Daarachter snijden ronddraaiende messen de klei-streng af, zodat er allemaal kleiworstjes ontstaan.

De Doppelwellenmischer is bij uitstek geschikt om plastisch materiaal te kneden en te homogeniseren. Meestal is de Doppelwellenmischer daarom

de laatste in de rij van voorberekingsmachines. De klei die hieruit komt is geschikt voor de vormgeving. (Overigens vindt bij de vormgeving, zowel bij de streppers als bij de vormbak- en vormbandpers, nog vrij veel kneden en daarmee homogeniseren plaats). De Doppelwellenmischer kent tegenwoordig ook een uitvoering die geschikt is om wortels en stenen uit de klei te zeven. Dat is de Doppelwellen-Sieb-mischer. Deze machine heeft aan het eind geen zeefplaat met mesjes, maar een rooster (Bijlage 4, fig. 9b). Dit rooster kan verschoven en gereinigd worden zonder de machine stil te zetten.

Deze Doppelwellen-Sieb-mischer is geschikt om plastische klei te kneden en te homogeniseren en tegelijkertijd wortels en stenen eruit te zeven.

Tenslotte nog een overzicht van de mogelijkheden van de genoemde machines. Dit overzicht is niet absoluut, maar dient om aan te geven waarvoor de verschillende machines ingezet kunnen worden.

machine	buffer	mengen	doseren	voorverkleinen
Kastenbeschicker	x	x	x	x
Walzenbrecher				x
Steinaussonderungswalzwerk				x
Kollergang				
Feinwalzwerk				
Kleiraspl	x	x		
Siebbrechmischer	x	x		
Knetraspler		x		
Doppelwellenmischer				
Doppelwellen-Siebmischer				

machine	fijnmalen	kneden	homogeniseren	verwijdert
Kastenbeschicker				
Walzenbrecher				
Steinaussonderungswalzwerk				stenen
Kollergang	x	x	x	
Feinwalzwerk	x	x		
Kleiraspl	x	x	x	
Siebbrechmischer	x		x	
Knetraspler	x	x	x	
Doppelwellenmischer		x	x	
Doppelwellen-Siebmischer		x	x	stenen en wortels

Tabel 7: Overzicht van enkele machines en hun werking.

4.1.10 Kostenaspecten van voorberekingsmachines

De voorberekingsmachines zijn niet in alle bedrijven dezelfde. De keuze van de voorberekingsmachines hangt af van de grondstof en het eindprodukt, maar ook van de methode van vormgeving.

Als men een strengpers gebruikt voor de vormgeving dan stelt men strengere eisen aan de homogeniteit en de plasticiteit van het materiaal dan wanneer men bijvoorbeeld handvormstenen maakt.

In het algemeen kan men stellen, dat naarmate de verschillen tussen de te mengen materialen groter zijn, het meer moeite kost om een homogeen mengsel te krijgen. Maar er zijn geen vaste regels. Het is niet mogelijk om zonder meer te zeggen dat men voor deze grondstoffen machine A en voor andere grondstoffen machine B moet gebruiken.

Om toch een indruk te krijgen van de kosten die verbonden zijn aan de voorbereking dienen de volgende voorbeelden. In deze voorbeelden zijn getallen gebruikt die vermeld staan in bijlage 5. Deze getallen geven een indicatie van de orde van grootte en niet meer dan dat.

Het eerste voorbeeld is een 'mengstraat' die bestaat uit twee Kostenbeschickers, een transportband, een Kollergang, twee transportbanden en twee Feinwalzwerken.

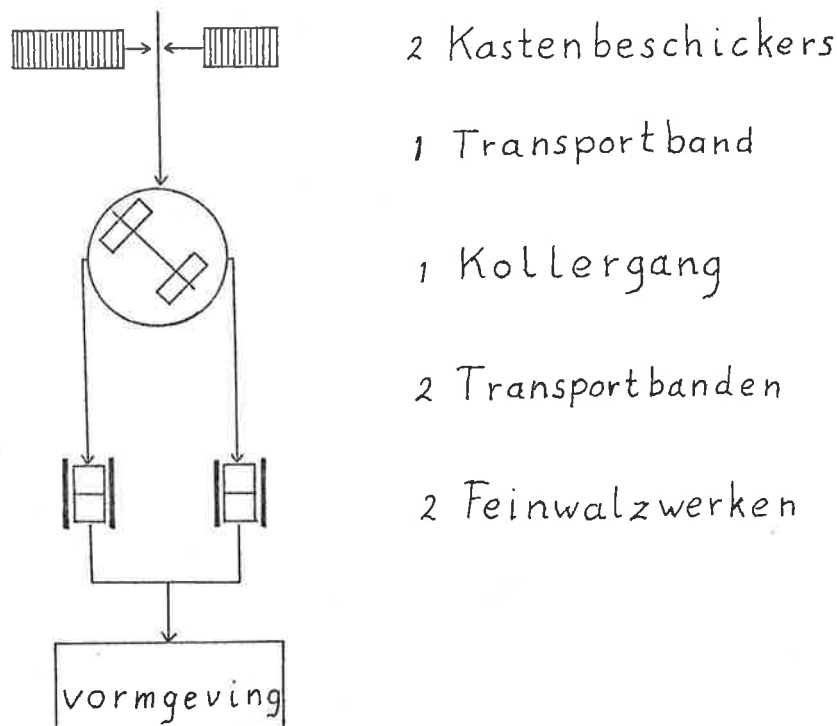


Fig. 5. Schema van een eenvoudige "mengstraat".

Deze mengstraat is geschikt voor relatief eenvoudige voorbereiding van klei die gemengd wordt met een beetje zand of een toeslagstof. (Een grote en een kleine Kastenbeschicker). In plaats van twee Feinwalzwerken kan men ook gebruik maken van één grotere. Het voordeel van twee is echter dat men bij storing van een van beide machines toch door kan werken. Bovendien is de voorbereiding in het algemeen beter naarmate de te verwerken hoeveelheid kleiner is, zodat twee machines met ieder een kleine capaciteit de voorkeur verdienen boven één machine met dezelfde totale capaciteit. (Hier zijn wel economische grenzen aan verbonden).

De globale kosten van bovenstaand voorbeeld, bij een productie van 60.000 kubieke meter per jaar, zijn:

machine	investeringskosten	jaarlijkse kosten
Kastenbeschicker (groot)	f 80.000,--	f 25.000,--
Kastenbeschicker (klein)	f 45.000,--	f 15.000,--
Transportband (staal)	f 20.000,--	f 6.500,--
Kollergang	f 150.000,--	f 50.000,--
2 Transportbanden (staal)	f 40.000,--	f 13.000,--
2 Feinwalzwerken	f 240.000,--	f 100.000,--
Totaal	f 575.000,--	f 209.500,--
	= f 9,58 per m ³	= f 3,49 per m ³
	(f12,78 per 1.000 W.F.)	(f 4,65 per 1.000 W.F.)

W.F. = Waalformaat = 21x10,3x5,5 cm.

Tabel 8. Globaal kostenoverzicht van de mengstraat uit fig. 5 (gegevens: bijlage 5)

Het volgende voorbeeld is een mengstraat die bestaat uit twee Kastenbeschickers, een transportband, een Knetraspler, een transportband, een Feinwalzwerk, een transportband en een Doppelwellenmischer.

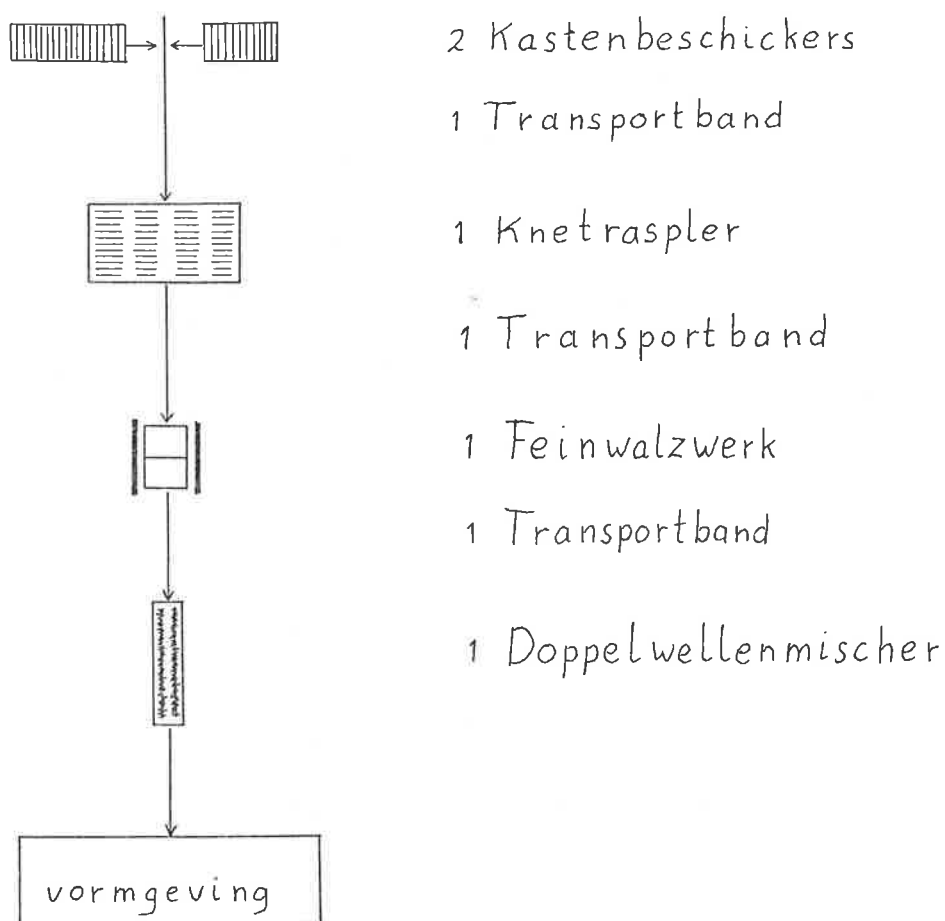


Fig. 6. Schema van een mengstraat.

Deze mengstraat is geschikt voor de voorbereiding van vrij droge grondstof (minder dan 20% vocht). De Knetraspler maalt en homogeniseert de grondstof. Vervolgens doet de Feinwalzwerk zijn knedende en verkleinende werk. In de Doppelwellenmischer wordt er water of stoom toegevoegd om de gewenste plasticiteit te verkrijgen. Tevens kneedt en homogeniseert de Doppelwellenmischer het materiaal.

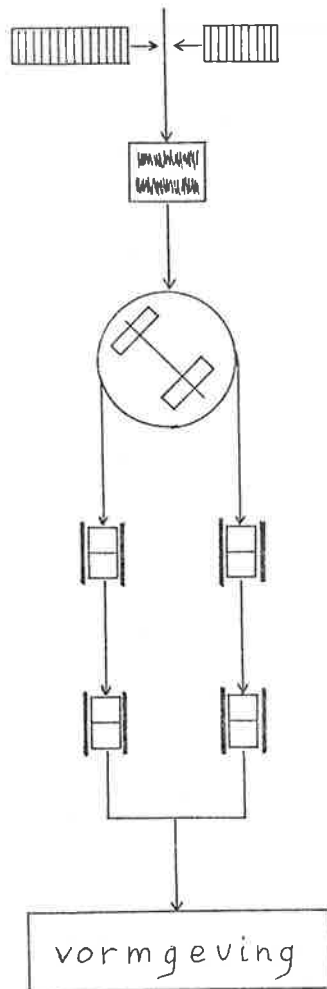
De globale kosten, verbonden aan deze mengstraat, bij een jaarlijkse produktie van 60.000 kubieke meter, zijn:

machine	investeringskosten	jaarlijkse kosten
Kastenbeschicker (groot)	f 80.000,--	f 25.000,--
Kastenbeschicker (klein)	f 45.000,--	f 14.000,--
Transportband (staal)	f 20.000,--	f 6.500,--
Knetraspler	f 150.000,--	f 90.000,--
Transportband (staal)	f 20.000,--	f 6,500,--
Feinwalzwerk	f 120.000,--	f 50.000,--
Transportband (staal)	f 20.000,--	f 6.500,--
Doppelwellenmischer	f 70.000,--	f 40.000,--
Totaal	f 525.000,-- = f 8,75 per m ³	f 238.500,-- = f 3,98 per m ³
	(f11,67 per 1.000 W.F.)	(f 5,31 per 1.000 W.F.)

W.F.= Waalformaat= 21x10,3x5,5 cm.

Tabel 9. Globaal kostenoverzicht van de mengstraat uit fig. 6 (gegevens: Bijlage 5)

Het laatste voorbeeld betreft een vrij uitgebreide mengstraat. Deze bestaat uit twee Kastenbeschickers, een transportband, een Walzenbrecher, een transportband, een Kollergang, twee transportbanden, twee Feinwalzwerken, twee transportbanden en nogmaals twee Feinwalzwerken.



- 2 Kastenbeschickers
- 1 Transportband
- 1 Walzenbrecher
- 1 Transportband
- 1 Kollergang
- 2 Transportbanden
- 2 Feinwalzwerken
- 2 Transportbanden
- 2 Feinwalzwerken

Fig. 7. Schema van een vrij uitgebreide mengstraat.

Deze mengstraat is geschikt voor vrij uitgebreide voorbewerking. De Walzenbrecher dient ervoor om de wat hardere kluiten in de klei te verbrossen. Vervolgens komt het materiaal in de Kollergang, die het maalt en kneedt. De serie Feinwalzwerken zorgt voor een vergaande verkleining en verkneding van het materiaal.

De globale kosten van dit voorbeeld, bij een jaarlijks te verwerken hoeveelheid van 60.000 kubieke meter, zijn:

machine	investeringskosten	jaarlijkse kosten
Kastenbeschicker (groot)	f 80.000,--	f 25.000,--
Kastenbeschicker (klein)	f 45.000,--	f 15.000,--
Transportband (staal)	f 20.000,--	f 6.500,--
Walzenbrecher	f 70.000,--	f 25.000,--
Transportband (staal)	f 20.000,--	f 6.500,--
Kollergang	f 150.000,--	f 50.000,--
2 Transportbanden (staal)	f 40.000,--	f 13.000,--
2 Feinwalzwerken	f 240.000,--	f 100.000,--
2 Transportbanden (staal)	f 40.000,--	f 13.000,--
2 Feinwalzwerken	f 240.000,--	f 100.000,--
Totaal	f 945.000,--	f 354.000,--
	= f 15,75 per m ³	= f 5,90 per m ³
	(f 21,00 per 1.000 W.F.)	(f 7,87 per 1.000 W.F.)

W.F. = Waalformaat = 21x10,3x5,5 cm.

Tabel 10. Globaal kostenoverzicht van fig. 7. (gegevens: Bijlage 5)

Dit zijn slecht drie voorbeelden van de vele mogelijkheden die er zijn. Er zijn nog talloze andere mengstraten denkbaar. Waar het hier echter om gaat zijn niet de vele mogelijkheden, maar de kosten ervan. Uit deze drie voorbeelden blijkt duidelijk dat de voorbereidingskosten sterk toenemen bij een uitbreiding van de mengstraat.

Wil men de kosten van de voorbereiding zo laag mogelijk houden dan moet de mengstraat zo eenvoudig mogelijk zijn. Om dit te bewerkstelligen moet men daarom veel aandacht besteden aan de kleiwinnning en de kleiopslag. Menging tijdens de winning en de opslag is namelijk veel goedkoper dan menging in voorbereidingsmachines.

Een belangrijke oorzaak van het verschil in de kosten is het verschil in energieverbruik. De voorbereidingsmachines vragen namelijk per kubieke meter te verwerken grondstof vrij veel energie, terwijl het betrekkelijk weinig extra energie kost om de klei goed te winnen (in scheve laagjes afgraven) en in een goede bult (horizontale laagjes) op te slaan.

Menging op de bult verdient daarom de voorkeur boven menging in voorbereidingsmachines; het gebruik van voorbereidingmachines moet men

zoveel mogelijk beperken tot een beetje kneden en fijnmalen. Dit laatste mag echter niet ten koste gaan van de kwaliteit.

4.2. KLEISILO'S

Als de klei de voorberekingsprocedure heeft ondergaan is het mogelijk om deze voorbereikte klei tijdelijk op te slaan in een kleisilo. Dat heeft het grote voordeel dat er een buffer is tussen de voorbereking en de vormgeving. Zo'n silo kan een ronde silo (Tonsilo) zijn, maar ook een langwerpige (Längssilo).

De Tonsilo is een ronde toren met onderin de toren een wormwiel om de klei uit de silo te kunnen halen. Dit wormwiel draait om zijn eigen as, maar ook om de as van de Tonsilo (Bijlage 6, fig. 1). Op deze manier is het mogelijk om de klei nog een extra te homogeniseren. En de klei die er het eerste ingaat komt er ook weer het eerste uit. Bovendien heeft de kleisilo een gunstige invloed op de vochtverdeling. Een nadeel is echter, dat wanneer men de klei voorverwarmd heeft, deze weer afgekoeld is voordat de klei bij de vormgeving aankomt. De Längssilo is een langwerpige silo. Aan de onderkant van de silo bevindt zich het 'losapparaat' (bijlage 6, fig. 2). Dat is een machine die zich voortbeweegt op rails en door middel van een wormwiel de klei uit de silo haalt. Om naar beide kanten eenzelfde opbrengst te hebben, heeft deze machine twee wormwielen (een wormwiel links en een wormwiel rechts).

Deze kleisilo heeft dezelfde voor- en nadelen als de Tonsilo, maar een voordeel van de Längssilo boven de Tonsilo is de capaciteit. Kan men de Tonsilo leveren tot een inhoud van 350 m³, de Längssilo is er zelfs met een inhoud van 3.000 m³.

Het belangrijkste nadeel voor beide silo's is echter de prijs. De investeringskosten zijn namelijk nogal hoog, in ieder geval zo hoog dat deze silo's nog niet veel gebruikt worden in de grofkeramische industrie. In de fijnkeramische industrie, waar men over het algemeen werkt met kleinere hoeveelheden en waar men hogere eisen stelt aan de grondstof, worden kleisilo's wel gebruikt.

4.3 WARME VOORBEWERKING

De warme voorbereiding is een manier van half-natte voorbereiding waarbij de grondstof voorverwarmd wordt. Door de klei te verwarmen neemt de plasticiteit toe, waardoor de voorbereiding effectiever wordt. Meestal gebruikt men stoom of heet water om de grondstof te verwarmen tot een temperatuur tussen 40 en 60 graden Celsius. Met uitzondering van zeer vochtige grondstoffen lenen praktisch alle grondstoffen zich voor voorverwarming.

De warme voorbereiding kent een aantal belangrijke voordelen. Deze zijn:

- men verkrijgt een betere homogenisering van de keramische massa.
- ook minder goede grondstoffen kunnen verwerkt worden.
- er is minder aanmaakwater nodig.
- de droogtijd is korter, want de vormelingen bevatten minder vocht en zijn iets warmer.
- de productiviteit van de voorbereidingsmachines ligt hoger.
- het eindproduct heeft een hogere kwaliteit.

Apparatuur om het materiaal voor te verwarmen kan in verschillende voorbereidingsmachines ingebouwd worden. Bijvoorbeeld in de Kastenbeschicker, de Kollergang en de Doppelwellenmischer.

Omdat de warme voorbereiding zowel technische als economische voordelen biedt wordt deze methode in de grofkeramische industrie veelvuldig toegepast.

5. DE FLUID-BED METHODE

Een onderdeel van deze studieopdracht betreft de fluïd-bed methode. We hebben uitgezocht of deze methode geschikt is om grondstoffen voor de grofkeramische industrie te mengen. Het fluïd-bed principe is gebaseerd op een draaglucht, waarop een bed van vaste deeltjes zweeft. Het gefluïdiseerde bed bestaat uit grofkorrelig droog materiaal (meestal zand), dat door een opwaartse luchtstroom continu gemengd wordt.

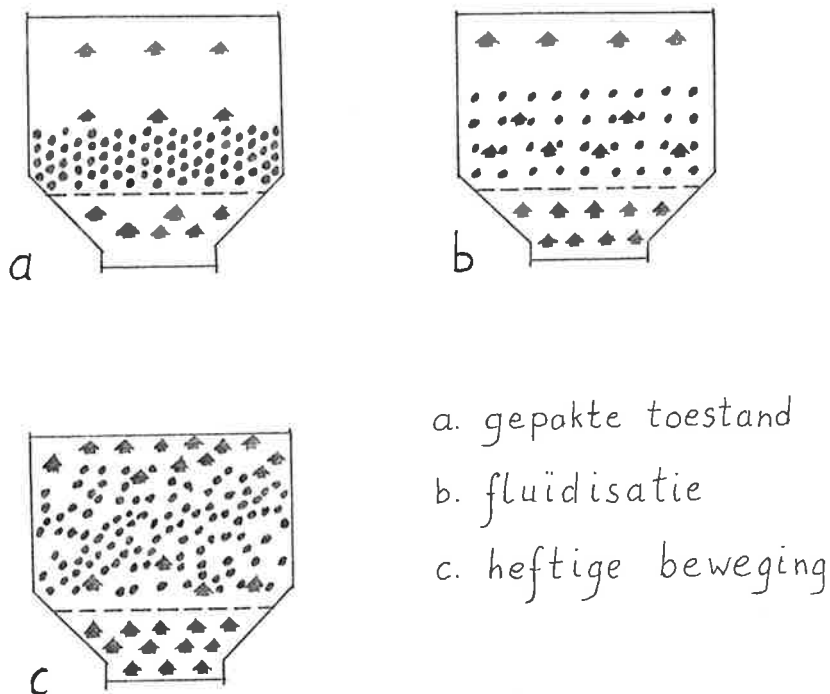


Fig. 8. Schema van het fluïd-bed principe

Bij een geringe luchtsnelheid is het bed gepakt en rust het op een roosterplaat. Deze roosterplaat is voorzien van een groot aantal gaatjes waar de lucht doorheen geperst wordt. Bij een toenemende luchtsnelheid worden in het bed luchtbelllen gevormd. Het aanvankelijk gepakte bed expandeert, waardoor de zogenaamde fluïdisatie optreedt. Bij nog verder toenemen van de luchtsnelheid wordt, door de belvor-

ming het fluïd-bed steeds onrustiger, waardoor een heftige beweging van de vaste deeltjes in de stromende lucht wordt verkregen. Ten gevolge van deze heftige beweging ontstaat een zeer goede menging van de vaste deeltjes in het bed. De luchtsnelheid in het bed moet tussen twee grenzen worden gehouden, waarbij de laagste luchtsnelheid zodanig is dat juist geen vaste deeltjes bezinken en de hoogste luchtsnelheid zodanig dat geen ongewenste hoeveelheden vaste deeltjes door de luchtstroom meegevoerd worden. Tussen deze grenzen verkeren de vaste deeltjes in gefluïdiseerde toestand. De grenzen waarbinnen fluïdisatie optreedt worden onder andere beïnvloed door de deeltjesgrootte en de dichtheid van de deeltjes.

Met het fluïd-bed principe is het goed mogelijk om continu grofkorrelig droog materiaal te mengen. Maar deze methode is ongeschikt voor het mengen van keramisch materiaal. Het zou namelijk zeer veel energie kosten om eerst het materiaal te drogen en fijn te malen, dan te mengen met behulp van de fluïd-bed methode en vervolgens weer te bevochtigen om de juiste plasticiteit te verkrijgen. Bovendien is het nog maar de vraag of het mogelijk is om keramisch materiaal dat een zeer grote spreiding in korrelgrootte heeft, zwevende te krijgen zonder dat de kleinste deeltjes weggeblazen worden. Deskundigen van de Hoofdafdeling Maatschappelijke Technologie T.N.O. in Apeldoorn verzekerden ons in ieder geval dat het fluïd-bed principe niet geschikt is om grofkeramisch materiaal te mengen. Het fluïd-bed principe kan eventueel wel gebruikt worden om keramisch materiaal te bakken.

In een gefluïdiseerd bed kan men namelijk tot een zeer goede verbranding komen. Voordat echter de verbranding in het bed kan plaatsvinden moet het bed eerst worden opgewarmd tot boven de ontstekings temperatuur van de brandstof. Is deze temperatuur bereikt dan kan de brandstof of een brandbare afvalstof direct in het bed gedoseerd worden. Het bed fungeert dan als een thermisch vliegwiel. Een fluïd-bed vuurhaard heeft een zeer homogene temperatuur en een snelle warmte-overdracht, zodat het mogelijk is om relatief dun keramisch materiaal (zoals dakpannen) in korte tijd te bakken. Het produkt moet vrij dun zijn omdat er anders te grote temperatuurverschillen optreden tussen de binnenkant en de buitenkant van het produkt. In de Verenigde Staten van Amerika heeft men proeven gedaan met dakpannen, die aan een soort

lopende band door de fluïd-bed vuurhaard werden gevoerd. Bij deze proeven heeft men reeds baktijden gerealiseerd van enkele minuten. Of het ook mogelijk is om bakstenen op deze manier te bakken is nog niet bekend. Wat de voor- en nadelen van grote hoeveelheden zijn is evenmin bekend; dat moet men nog onderzoeken.

Het fluïd-bed principe is weliswaar niet geschikt om grondstoffen voor de grofkeramische industrie te mengen, maar daarmee is dit principe voor de grofkeramische industrie nog niet afgedaan.

SAMENVATTING

Aan de grondstof voor de grofkeramische industrie worden een aantal eisen gesteld in verband met de verwerkbaarheid van de grondstof en in verband met de kwaliteitseisen, die aan het eindproduct gesteld worden.

Men stelt eisen aan de granulometrische samenstelling, het organische stofgehalte, het gehalte aan kalk- en ijzerdelen, de plasticiteit van de klei en aan de toeslagstoffen.

Het is niet altijd mogelijk om een grondstof te krijgen die aan alle eisen voldoet. Maar men kan toch kwaliteitsprodukten maken door de voorbereiding en het droog- en bakproces aan te passen. Dit werkt echter kostenverhogend.

De klei, die men gebruikt voor dijkverzwaring in het rivierengebied, moet voldoen aan eisen betreffende het lutum- en humusgehalte; afhankelijk van diverse methoden van dijkverzwaring.

In het verleden was het niet zo moeilijk om voldoende klei van de gewenste samenstelling te winnen. Maar doordat men steeds meer waarde hecht aan natuur en milieu wordt het steeds moeilijker om in de vraag naar klei te voorzien. Hierdoor is men genoodzaakt om kleien die niet aan de gewenste samenstelling voldoen met elkaar te mengen om zodoende een goede grondstof te krijgen.

Ook zoekt men naar andere materialen. Vooral afvalmaterialen, zoals havenslib, vliegas en delen van huisvuil, staan hiervoor in de belangstelling. Men heeft onder andere proeven gedaan met een mengsel van klei en havenslib, waarvan de resultaten positief genoemd kunnen worden. Een probleem hierbij vormt echter de uitstoot van enkele, als milieubelastend beschouwde, stoffen (metaalverbindingen en fluor-, zwavel-, en chloorverbindingen). Maar het moet niet onmogelijk geacht worden deze stoffen door middel van speciale filters of op enigerlei andere wijze op te vangen. Verder onderzoek hiernaar lijkt ons zeer zinvol.

Vooralsnog zal men echter in de grofkeramische industrie hoofdzakelijk klei gebruiken. En omdat de gewenste klei niet overal meer te verkrijgen is moet men gebruik maken van mengsels van verschillende kleien

(bijvoorbeeld vette en magere klei). Dat houdt in dat er gemengd moet worden. Het beste moment om te mengen is tijdens de kleiwinning en de kleiopslag. Door veel aandacht te besteden aan het afgraven van het weiland en de opbouw van de kleibult is het mogelijk om een goed kleimengsel te krijgen voordat de klei in de fabriek komt. Het is ook mogelijk om door middel van voorberekingsmachines de klei in de fabriek te mengen, maar dat kost veel meer energie en is daardoor veel kostbaarder. Het is beter om het gebruik van voorberekingsmachines te beperken tot het fijn malen, kneden en homogeniseren van de klei, voorzover dit noodzakelijk is.

Het fluid-bed principe, dat gebaseerd is op een bed van vaste deeltjes, die zwevende gehouden worden door een draaglucht, is niet geschikt voor het mengen en homogeniseren van grofkeramisch materiaal. Het kan misschien wel gebruikt worden om grofkeramische produkten te bakken. Maar dat moet nog verder onderzocht worden.

LITERATUURLIJST

1. Amerongen, H. van en J.H. van der Velden
Samenstelling en eigenschappen van 31
kleisoorten
Nijverheidsorganisatie T.N.O. 1971
2. Bender, W. en F. Händle Die Rohmateriallagerung in der Grobkeramik
Sonderdruck aus: Keramische Zeitschrift
(27) Nr. 5/6/1975
3. Bois, G. du Homogene menging van grond (literatuur-
onderzoek)
Adviesbureau Arnhem b.v. 1978
4. Händle, F Neue Wege in der Aufbereitungstechnologie keramischer Massen
Probleme - Methoden - Perspektiven
Sonderdruck aus: Keramischer Zeitschrift
(26) Nr. 4/1974
5. Händle, F, G. Wacker en H. Weiss
Erfahrungen mit dem Knetraspeler
Sonderdruck aus: Sprechsaal Nr. 1/2, 1975
6. Heitink, G.H., F. Luiten, G.S.J. Peters en A.G.Th. Lutterman
Kleiopslag, transport en homogenisering
en menging
Medio 1967.
7. Jonge, L.S. de Rapport betreffende: „Onderzoek havenslib
als (hulp) grondstof voor de baksteenindustrie". Arnhem 1978 (Technisch Centrum
voor de Grofkeramische Industrie).

8. Kiers, A 'Fluid-bed verbranding' van afval of steenkool heeft voordelen.
T.N.O. Project, tijdschrift voor toegepaste wetenschappen 7e jaargang, nr 1 (januari 1979)
9. Kucher, E. Die Aufbereitung grobkeramischer Massen Bedeutung für die Qualität - Verfahren und Maschinen unter besonderer Berücksichtigung der Walzwerke.
Sonderdruck aus: Silikat-Journal 10 (1971) Heft 1
10. Kucher, E. Zusatzeinrichtungen an Kollergängen und Walzwerken
Ratschläge für die Praxis
Sonderdruck aus: Keramische Zeitschrift (24), Nr. 1/1972
11. Kucher, E Die Kollergang im Wandel der Zeit
Sonderdruck aus: Keramische Zeitschrift (26), Nr. 8/1974
12. Pfefferkorn, K Ein Beitrag zur Bestimmung der Plastizität in Tonen und Kaolinen
Sprechsaal 57 (1924)
13. Schoof, W De Lutum-subfractie verhouding bij rivierkleigronden
Arnhem 1967
14. Velden, J.H. van der Een empirisch model van Nederlandse klei
Hoofdafdeling Maatschappelijke Technologie
Nijverheidsorganisatie T.N.O. 1977

15. Adviesbureau Arnhem b.v.

Samenstelling, eigenschappen en toepassing van klei bij dijkverzwaringen in het rivierengebied

Bulletin Grond en Water no. 179

Arnhem 1978

16 a. De Nederlandse Baksteenindustrie

Baksteengids IV

Moderne baksteen fabricage in woord en beeld

De Nederlandse Baksteenindustrie 1974

16 b. EVO-Branchecommissie voor de Baksteenindustrie

Grondtransport van bedrijfsvoorraad naar voorbereidingsmachines

Informatiebulletin, november 1973

17. Heidemij

Van Bagger tot Baksteen

Arnhem 1976

18. Koninklijke P.B.N.A.

Cursus 'Makelaar o.g.'

Bouwmaterialen

Algemene inleiding keramische Materialen, grondstoffen, fabricage, keuring en eigenschappen van metselbaksteen en straatsteen formaten, bijzondere baksteenprodukten.

19. Landelijke Commissie voor de Coördinatie van het Ontgrondingenbeleid

Interim- advies van de L.C.C.O.

Den Haag 1978

20. Nederlands Economisch Instituut

Het toekomstig verbruik van oppervlakte-
delfstoffen in Nederland

Nederlands Economisch Instituut 1976

21. Technisch Bureau Hazewinkel b.v.

Informatie materiaal over verschillende
machines en installaties

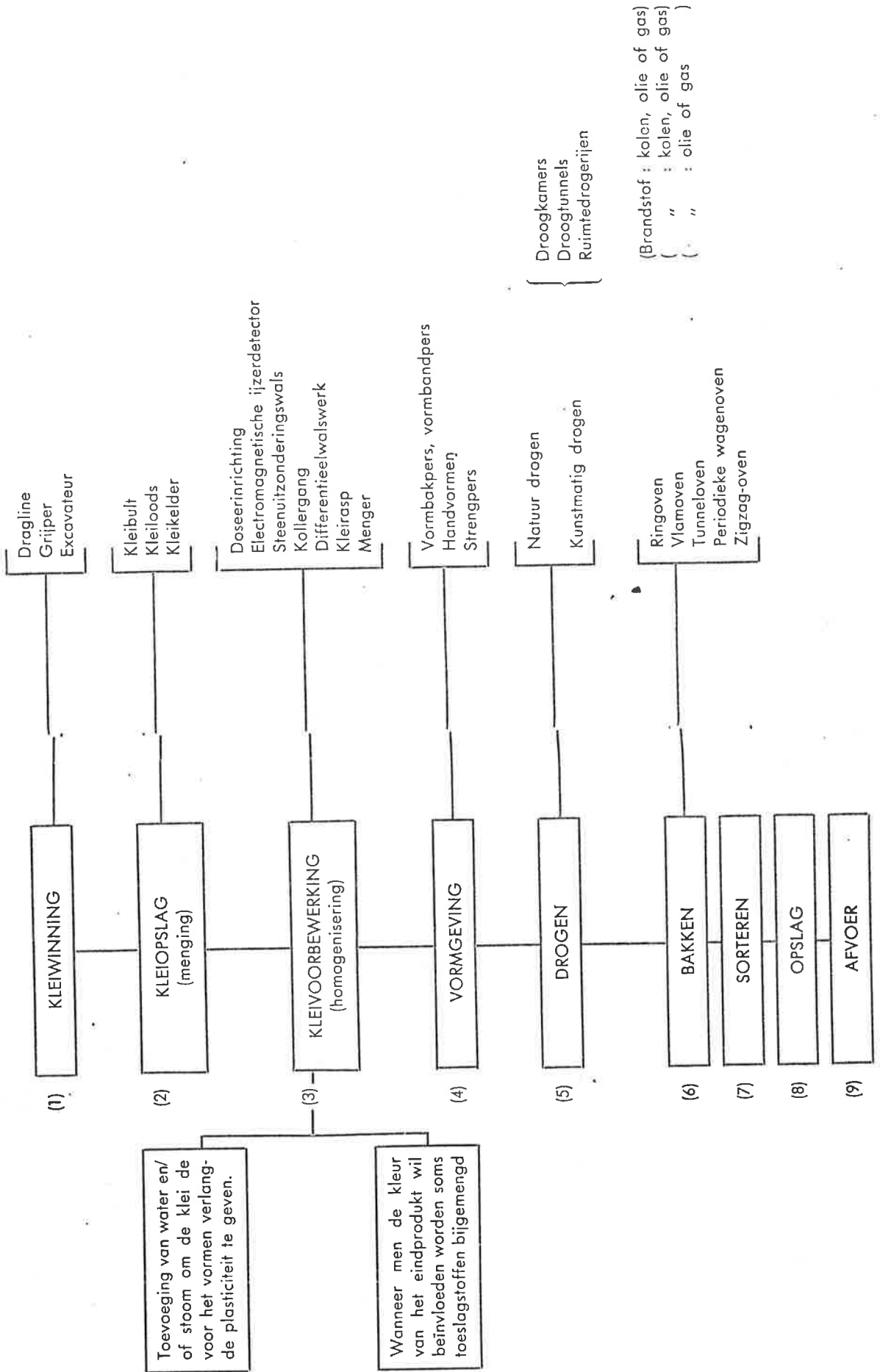
Den Dolder 1979

Bijlage 1. Schematisch overzicht van het productieproces in de grofkeramische industrie

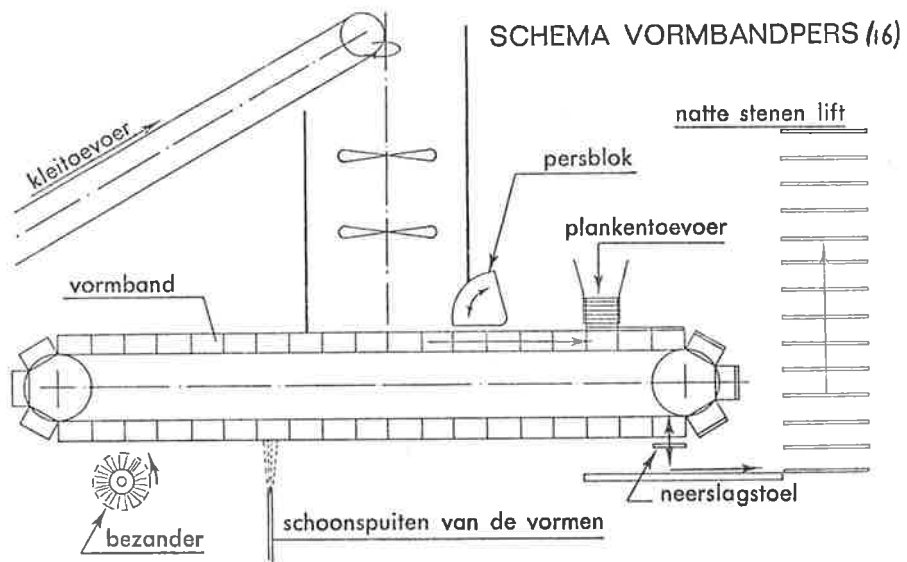
De gevolgde methoden kunnen verschillen en o.a. afhangen van de eigenschappen van het beschikbare kleitype en van de aan het eindproduct gestelde eisen.

MOGELIJKHEDEN

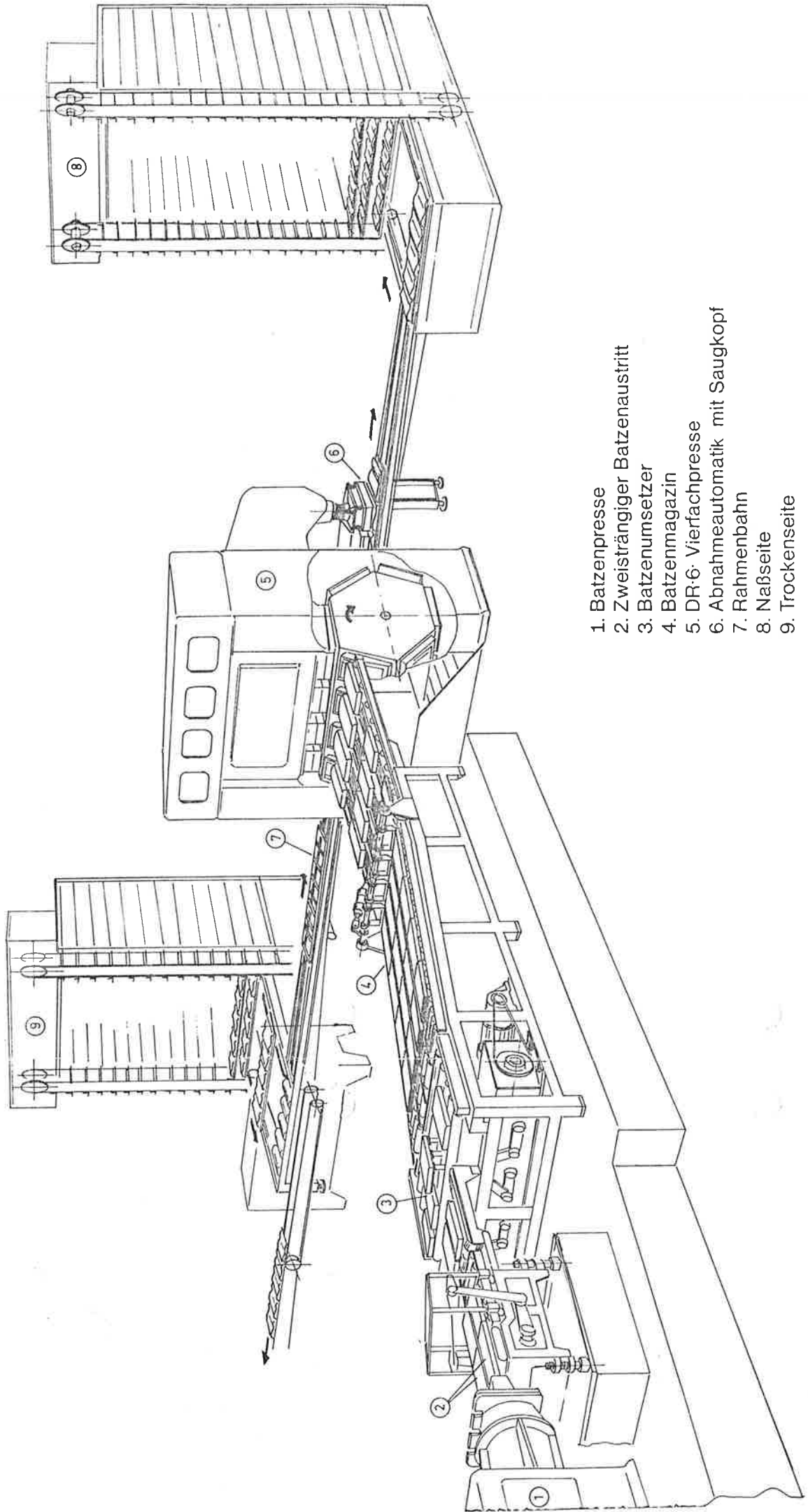
Het productieproces verloopt in elke steenfabriek volgens het onderstaande schema:



Bijlage 2a: Enkele schema's van vormgevingsprocédé's



Bijlage 2b: Strengers voor het maken van dakpannen



1. Batzenpresse
2. Zweisträngiger Batzenaustritt
3. Batzenumsetzer
4. Batzenmagazin
5. DR-6- Vierfachpresse
6. Abnahmeautomatik mit Saugkopf
7. Rahmenbahn
8. Naßseite
9. Trockenseite

Bijlage3: Globale kostenberekening van kleiwinning en kleiopslag

De winning met een 900 liter hydraulische graafmachine

Kosten: 900 liter x f 0,02 (=rente, afschrijving en verzekering)=	f 18,--
brandstof: 108 pk x 0,160 kg x f 0,50/kg	= f 9,--
loon machinist	= f 32,--
	<hr/>
uurkosten	f 59,--
per dag	f 472,--

Rooflaag afgraven en weer terug storten. Capaciteit $60 \text{ m}^3/\text{uur} = 480 \text{ m}^3/\text{dag}$
hoeveelheid: $0,25 \text{ m} \times 6 \text{ ha} = 15.000 \text{ m}^3$
Aantal werkdagen: $15.000 \text{ m}^3 : 480 \text{ m}^3/\text{dag} = 32 \text{ dagen}$

Klei afgraven en op vrachtauto's laden.

Capaciteit $95 \text{ m}^3/\text{uur} \times \frac{3}{4}$ (i.v.m. mengen) = $71 \text{ m}^3/\text{uur} = 568 \text{ m}^3/\text{dag}$
hoeveelheid $0,88 \text{ m} \times 6 \text{ ha} = 50.000 \text{ m}^3$
Aantal werkdagen: $50.000 \text{ m}^3 : 568 = 88 \text{ dagen}$.

Totaal aantal dagen: $32 + 88 = 120 \text{ dagen} \text{ à } f 472,-- = f 56640,--$

Bij uitbesteding: 20% (winst, risico, uitvoeringskosten
administratiekosten etc.) f 12004,--
f 68644,--
18% B.T.W. f 12356,--

jaarlijkse kosten f 81000,--
per 1000 WF f 2,16
per m^3 f 1,65

Het transport van winning naar opslag met vrachtwagens $12 \text{ tons}/8\text{m}^3$

250 meter terrein goed bereikbaar	tijd per rit	5.32 min.
5000 met harde weg (o.a. 350 m bij fabriek)	tijd per rit	15.1 min.
laden en lossen	tijd per rit	5.3 min.
	<hr/>	
	totale tijd per rit	25.75 min.

Hoeveelheid per uur: $\frac{60 \text{ min.}}{25.75 \text{ min.}} \times 8 \text{ m}^3 = 18.64 \text{ m}^3/\text{uur}$

Aantal wagens: hgm capaciteit $71 \text{ m}^3/\text{uur} = 3.8 = \underline{4 \text{ vrachtauto's}}$
4 vrachtauto's gedurende 120 dagen.

Kosten: $50.000 \text{ m}^3 : 8 \text{ m}^3 = 6250 \text{ vrachten}$

Afstand; $2 \times 5,25 \text{ km} = 10,5 \text{ km} \hat{=} f 1.25$

$6250 \times 10,5 \times f 1.25 =$	<i>f</i>	82.000,--
20%	<i>f</i>	<u>16.400,--</u>
	<i>f</i>	98.400,--
18% B.T.W.	<i>f</i>	<u>17.600,--</u>
jaarlijkse kosten	<i>f</i>	116.000,--
per 1000 W.F.	<i>f</i>	3,09
per m^3	<i>f</i>	2,32

Dam opbouw voor een kleiopslag van 50.000 m^3

kosten van de dam

daminhoud: $16.000 \text{ m}^3 \hat{=} f 4,--$	<i>f</i>	64.000,--
opsluitingsbalken van de verharding	<i>f</i>	22.100,--
puin	<i>f</i>	9.900,--
verharding	<i>f</i>	<u>39.600,--</u>
	<i>f</i>	125.000,--

Jaarlijkse kosten: afschrijving 10 jaar *f* 12.500,--

renteverlies *f* 6.500,--

onderhoud *f* 6.000,--

f 25.000,--

f 25.000,-- voor een dam grootte van 50.000 m^3

1000 W.F. = *f* 0,67

$1 \text{ m}^3 = f 0,50$

Grondonderzoek (terrein onderzoek voor de winning en grondonderzoek bij de opbouw van de kleibult)

6 ha. in een ruitennet $25 \times 25 = 32$ boringen

Bultoppervlakte: $170 \times (2 \times 30) = 10.200 \text{ m}^2$

boren in een ruitennet van $15 \times 15 \text{ m}$

46 boringen per laag-10lagen

460 boringen

492 boringen

Globale kosten per boring f 15,--
 totale kosten 15 x 492 = f 7.400,--
 per 1.000 W.F. f 0,20
 per m³ f 0,15

Grondtransport van kleiopslag naar de voorbereidingsmachines voor een jaarlijkse productie van 20.000.000 W.F. (=27.000m³ grond)

Dragline in combinatie met kipauto.

Materieel	omschrijving	investering	onderhoud energie personeel	afschrijving	
				jaren	rente verzekering
dragline	800 liter gereviseerd	66.000	10.000	5	16.000
schotten	5 stuks	2.750		5	550
kipauto	10 ton gereviseerd	38.500	12.000	4	11.500
personeel	1 man		50.000		
		107.250	72.000		28.050

Jaarlijkse kosten voor productie van 20.000.000 W.F. f 100.050,--
 per 1.000 W.F. f 5,--
 per m³ f 3,75

Dragline in combinatie met bandtransporteurs

materieel	omschrijving	investering	onderhoud energie personeel	afschrijving	
				jaren	rente verzekering
dragline	800 liter gereviseerd	66.000	10.000	5	16.000
verdeler	nieuw	16.500	2.750	5	4.500
bandtransporteurs	200 m lang 0.80 m breed	110.000	16.500	10	15.500
personeel	1 man		50.000		
		192.500	79.250		36.000

Jaarlijkse kosten voor een productie van 20.000.000 W.F. f 115.250,--
 per 1.000 W.F. f 5.76
 per m³ f 4.30

Dragline in combinatie met kipkarren en locomotief

materieel	omschrijving	investering	onderhoud energie personeel	afschrijving	
				jaren	rente verzekering
dragline	800 liter gereviseerd	f 66.000	f 10.000	5	f 16.000
kipkarren	5 stuks à 1m ³ gereviseerd	1.750	1.100	10	350
locomotief	gereviseerd	11.000	2.200	10	2.200
spoor + ondergrond	300 m lengte	16.500	2.200	10	3.000
spoorverleggen			5.500		
personeel	2 man		100.000		
		f 95.280	f 121.000		f 21.550

Jaarlijkse kosten voor een productie van 20.000.000 W.F. = f 142.550

per 1.000 W.F.

f 7.15

per m³

f 5.35

Excavateur op rupsen in combinatie met bandtransporteurs

materieel	omschrijving	investering	onderhoud energie personeel	afschrijving	
				jaren	rente verzekering
excavateur	nieuw	f 132.000	f 13.500	5	f 27.500
hoofdband	200 m lang gereviseerd	110.000	16.500	10	15.500
verplaatsbare band	25 m lang gereviseerd	16.500	2.200	10	3.500
personeel	2 man		100.000		
		f 258.500	f 132.200		f 46.500

Jaarlijkse kosten voor een productie van 20.000.000 W.F. f 178.700

per 1.000 W.F.

f 8.95

per m³

f 6.70

Berekening van de aanneemsom per m³ en per 1.000 W.F.

Omschrijving + materieel	Put A	Put B
Laden met dragline (1500 l.)	ƒ 3.500	ƒ 3.500
Transport 12 tons/8 m ³ vrachtwagens	43.350 [*]	21.950 [*]
Verwerken met bulldozer (D-6)	3.100	3.100
Pomp	600	600
Platen + onderhoud	400	400
Uitvoeringskosten	1.600	1.600
Algemene kosten	3.950	2.350
Wekelijkse kosten voor een productie van 5.000 m ³ ***	ƒ 56.500	ƒ 33.500
Aanneemsom per m ³	ƒ 11.30	ƒ 6.70
Gemiddelde prijs per m ³	ƒ $\frac{11.30 + 6.70}{2}$ = ƒ 9.--	
Gemiddelde prijs per 1.000 W.F.		ƒ 12.--

* Het transport gebeurt voor put A met 20 vrachtwagens en voor put B met 9 vrachtwagens.

*** Het uitgangspunt bij het opstellen van de aanneemsom per m³ was, dat men per week gemiddeld 5000 m³ kleigrond verwerkt.

Bijlage 4. Schetsen van enkele voorbereidingsmachines

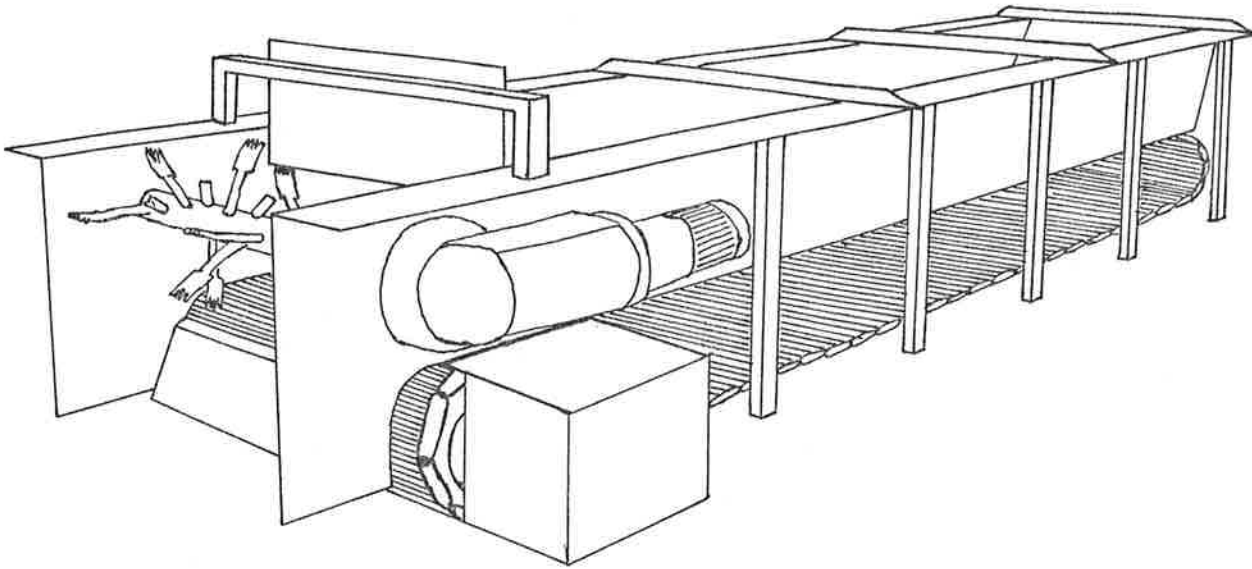


fig.1. Kastenbeschicker (inhoud tot 50 m^3 ; capaciteit tot $50\text{ m}^3/\text{uur}$)

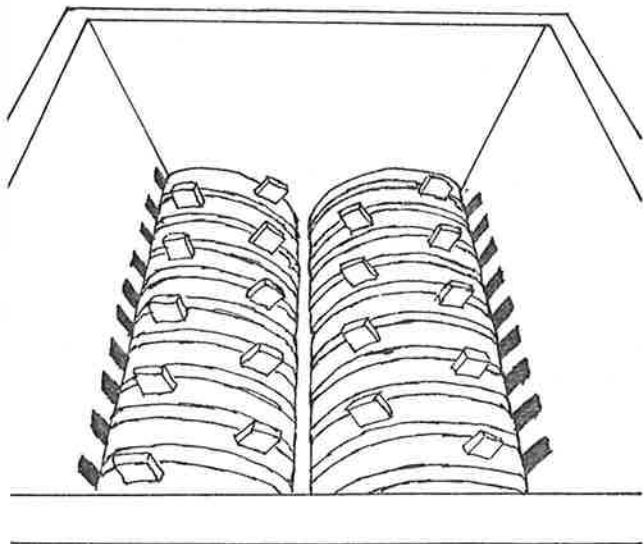


fig.2. Walzenbrecher
(capaciteit tot $120\text{ m}^3/\text{uur}$)

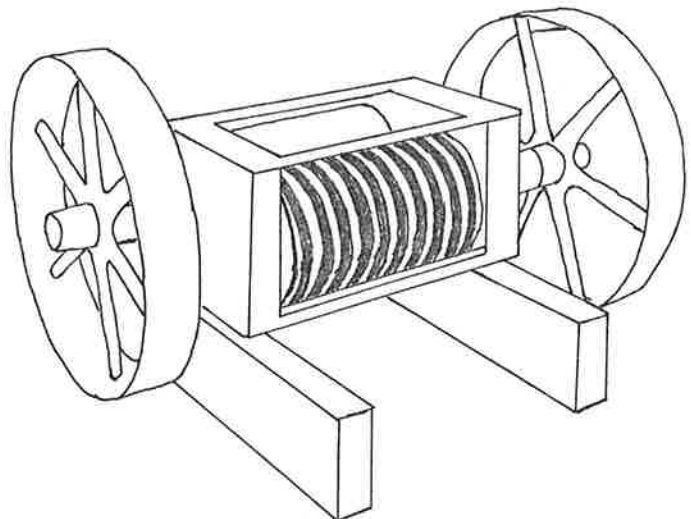


fig.3. Steinaussonderungswalzwerk

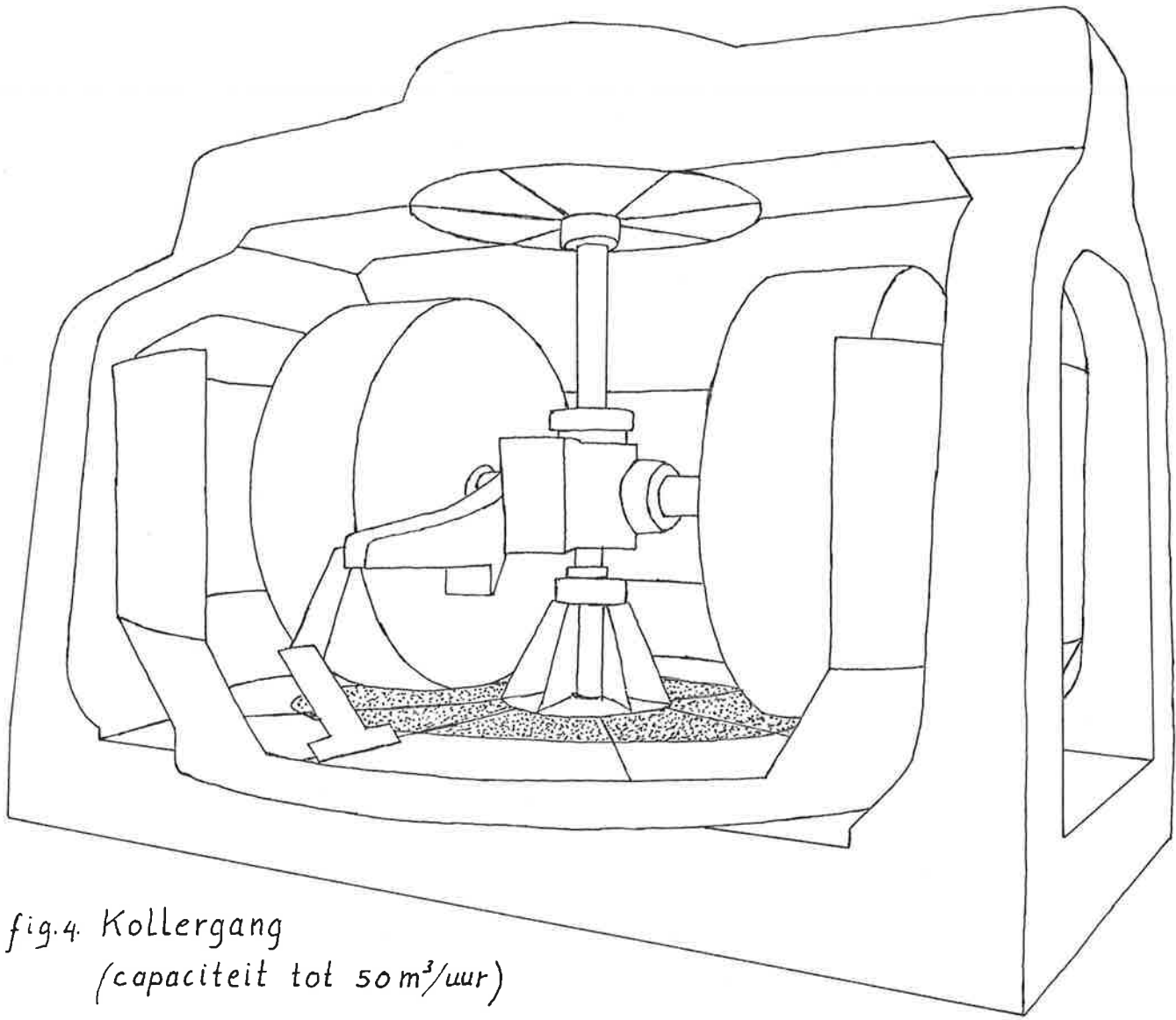


fig.4. Kollergang
(capaciteit tot 50 m³/uur)

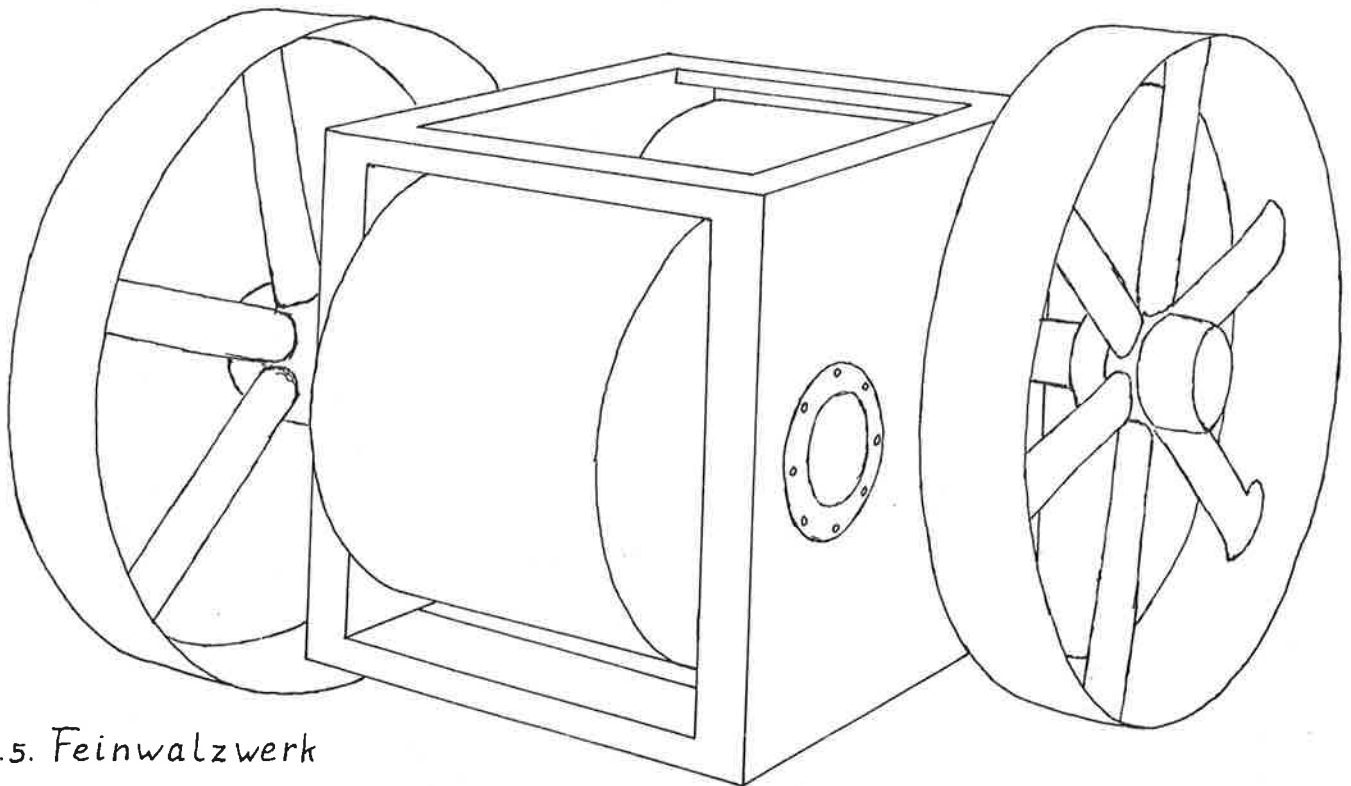


fig.5. Feinwalzwerk
(capaciteit tot 30 m³/uur)

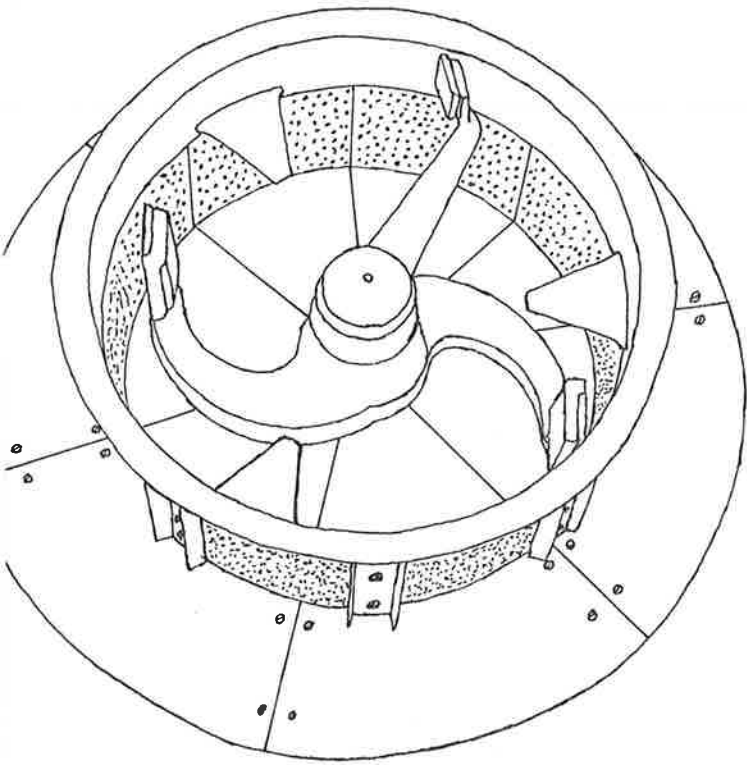


fig. 6. Siebrundbeschicker of Tonraspler
(capaciteit tot $30\text{ m}^3/\text{uur}$)

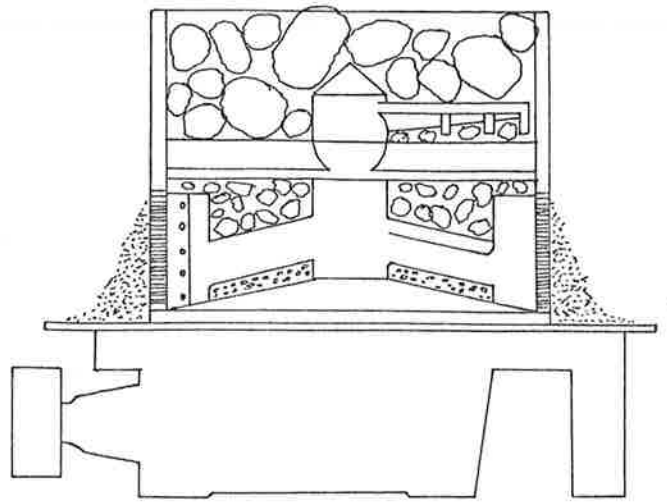


fig. 7. Siebbrechmischer

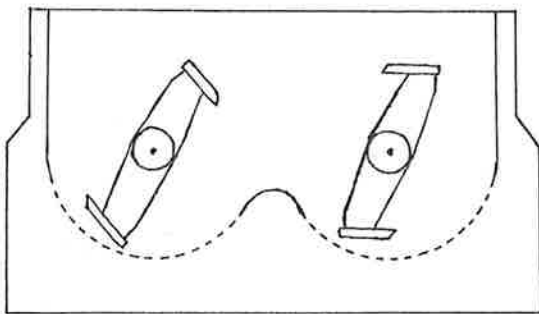


fig. 8. Knetraspler met verschillende rotors (capaciteit tot $70\text{ m}^3/\text{uur}$)

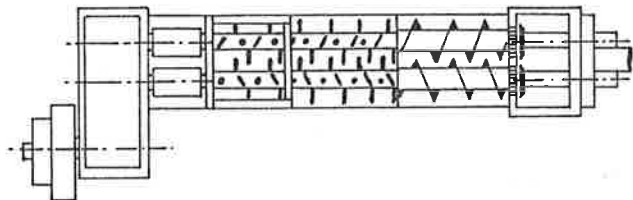
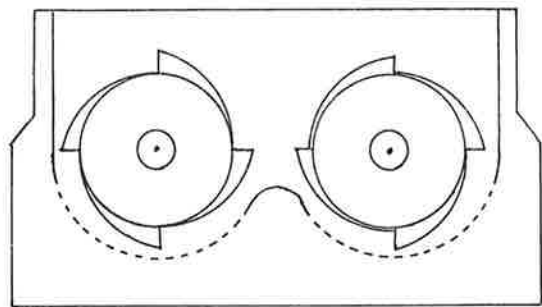


fig. 9.a. Doppelwellenmischer
(capaciteit tot $35\text{ m}^3/\text{uur}$)

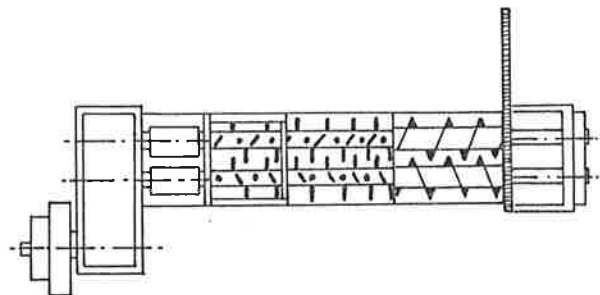


fig. 9.b. Doppelwellen-Siebmischer
(capaciteit tot $35\text{ m}^3/\text{uur}$)

Bijlage 5. Globale kosten van enkele voorbereidingsmachines¹⁾

machine	investeringskosten ²⁾	jaarlijkse kosten ³⁾
Kastenbeschicker (groot)	f 80.000,--	f 25.000,--
Kastenbeschicker (middel)	60.000,--	20.000,--
Kastenbeschicker (klein)	45.000,--	15.000,--
Walzenbrecher	70.000,--	25.000,--
Kollergang	150.000,--	50.000,--
Feinwalzwerk	120.000,--	50.000,--
Knetraspeler	150.000,--	90.000,--
Doppelwellenmischer	70.000,--	40.000,--
Transportband (rubber)	12.000,--	4.000,--
Transportband (staal)	20.000,--	6.500,--

1) De getallen zijn globale cijfers die gebaseerd zijn op mondelinge en schriftelijke gegevens van Technisch Bureau Hazewinkel en Stichting Technisch Centrum voor de Grofkeramische Industrie en dienen uitsluitend om een indruk van de orde van grootte te geven.

2) De investeringskosten zijn inclusief montage, fundaties en elektrische aansluiting.

3) De jaarlijkse kosten omvatten: onderhoud, energiekosten, rente en afschrijving. Dit alles gebaseerd op een jaarlijkse productie van 60.000 m³ klei. (30 m³ per uur, 8 uur per dag en 250 dagen per jaar: 30 x 8 x 250 = 60.000 m³ per jaar)

Bijlage 6. Schetsen van kleisilo's

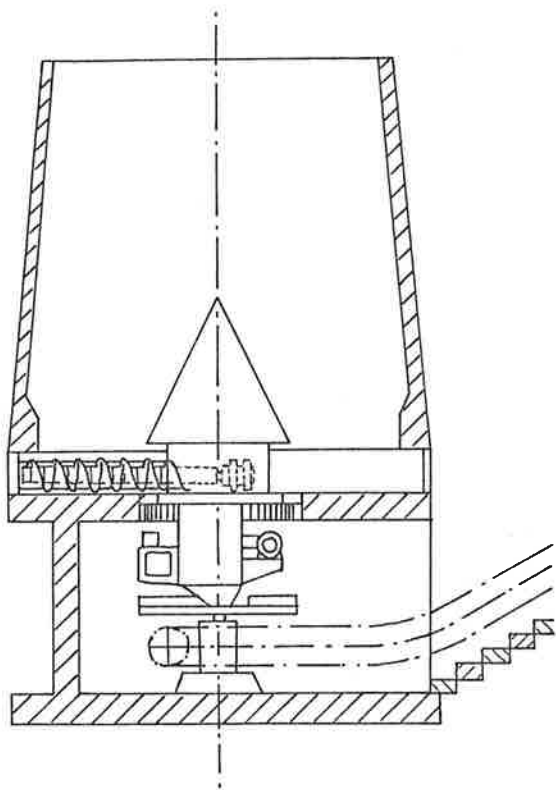


fig.1. Tonsilo (capaciteit tot $40\text{m}^3/\text{u}$)
(inhoud tot 350m^3)

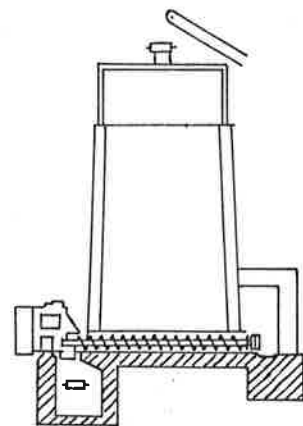
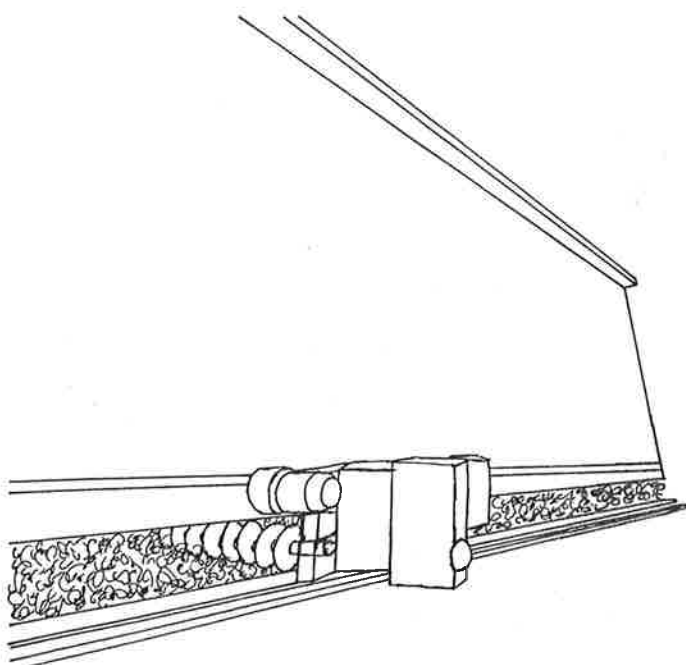


fig.2. Längssilo (capaciteit tot $40\text{m}^3/\text{uur}$; inhoud tot 3000m^3)