

ONDERZOEKINGEN EN STUDIES VAN HET
KERAMISCH INSTITUUT T.N.O.
INZAKE DE VERWARMING VAN KLEI
=====

Resumé van resultaten over de periode
1951 tot en met 1961

I N H O U D

	<u>bladzijde</u>
INLEIDING	1
HOOFDSTUK I - Algemene opmerkingen	1
HOOFDSTUK II - Te verwachten effecten in de produktiefase "voorbewerking"	1
HOOFDSTUK III - Te verwachten effecten in de produktiefase "vormgeving"	2
HOOFDSTUK IV - Te verwachten effecten in de produktiefase "drogen"	3
HOOFDSTUK V - Effect op de kwaliteit van het gebakken produkt	7
HOOFDSTUK VI - Onbeantwoorde vragen ten aanzien van de stoombewerking van Nederlandse kleien	7
Lijst van onderzoekingen en publikaties van het Keramisch Instituut T.N.O. van 1951 tot en met 1961	8

INLEIDING

In de afgelopen tien jaar zijn de verschillende aspecten van een verwarming van de klei vóór het vormgevingsproces vele malen het onderwerp geweest van onderzoekingen en studies van het Keramisch Instituut T.N.O. De resultaten van dit werk zijn behandeld in de vergaderingen van de Contactcommissie Baksteenindustrie - Keramisch Instituut T.N.O. en voor het belangrijkste deel gepubliceerd in de kwartaal- en jaarverslagen van het instituut en in het tijdschrift "KLEI".

Gezien de nog steeds stijgende belangstelling voor een warme verwerking van de klei zal hieronder een overzicht worden gegeven van de door het Keramisch Instituut T.N.O. door eigen speurwerk verkregen inzichten. Aan het einde van dit verslag wordt voorts een aantal nog onvoldoende onderzochte onderwerpen aangegeven.

HOOFDSTUK I - Algemene opmerkingen

1. Het meest voor de hand ligt een verwarming van klei door injectie van stoom in de kleimassa tijdens de voorbereidingsfase.
2. Bij het vormbakproces is de verwarming door injectie van stoom bijvoorbeeld uitvoerbaar in de voormaler. Bij het strengpersprocédé is een kleirasp, een ten dele overdekte dubbelassige menger of de voedingstrog van de strengpers bijvoorbeeld geschikt voor stoominjectie (1)(2).
3. Voor de berekening van het stoomverbruik kan men in de meeste gevallen uitgaan van adiabatische calorimetrie (3).
4. Voor de verwarming van de klei kan zowel verzadigde als oververhitte stoom worden gebruikt (3)(2).
5. Bij de keuze van de ketelininstallatie dient terdege rekening te worden gehouden met de hardheid van het verbruikte water (3).

HOOFDSTUK II - Te verwachten effecten in de produktiefase voorbereiding

1. Directe stoominjectie veroorzaakt een toeneming van het watergehalte van de aangevoerde grondstof (3)
2. De toeneming van het watergehalte is voornamelijk afhankelijk van de gewenste temperatuurstijging en het beginwatergehalte van de grondstof. Bij een oorspronkelijk watergehalte van de klei van 25% op de droge stof is een watergehaltetoeneming te verwachten van ongeveer 3,5% bij een temperatuurstijging van 40°C en van ongeveer 8% bij een temperatuurstijging van 90°C. Het bovenvermelde geldt uitsluitend wanneer de warmteverliezen van de voorbereidingsmachine, waarin de stoominjectie plaatsvindt, gering zijn en wanneer droge, verzadigde stoom wordt geïnjecteerd (3).
3. Het op industriële schaal te bereiken temperatuurniveau bij een verwarming van klei door stoominjectie is afhankelijk van de bestaande marge tussen het watergehalte van de klei vóór de stoominjectie en het watergehalte bij de gewenste vormgevingsconsistentie. Deze marge is voor Nederlandse strengperskleien van nature dikwijls niet aanwezig of is zeer klein. Indien slechts een kleine marge aanwezig is, verdient het

aanbeveling met droge, oververhitte stoom te werken. Bij toepassing van het vormbakproces is de bedoelde marge bij de Nederlandse kleisoorten meestal ruim genoeg voor het verkrijgen van kleitemperaturen van 50° tot 60°C. Hogere kleitemperaturen dan 60°C zullen in het algemeen slechts bereikbaar zijn in droge grafperioden (3).

4. Indien het verschil tussen het watergehalte van de onbewerkte klei en het gewenste watergehalte van de vormlingen te klein is voor het bereiken van een bepaald gewenst temperatuurniveau, kan men in principe door toevoeging van droge toeslagstoffen (droge klei, gecalcineerde klei) het bedoelde watergehalteverschil op de juiste waarde brengen. De toepassingsmogelijkheid van een dergelijke werkwijze is uiteraard afhankelijk van de economische voordelen die de warme verwerking van de klei in deze gevallen biedt (4).
5. De verwarming van klei met stoom tot temperaturen van 50°C en hoger heeft een homogeniserende werking op de kleimassa. In het bijzonder leidt stoominjectie bij het vormbakproces tot een destructie van de in een koud voorbereide grondstof soms nog aanwezige harde en taaie kleikluitjes (1).
6. De verwarming van klei beïnvloedt de relatie tussen watergehalte en kleiconsistentie. De consistentie van een klei, uitgedrukt in mm Pfefferkornstuikhoogte, blijkt bij temperatuurverhoging te verminderen. Deze omstandigheid maakt in principe een verlaging van het watergehalte van de warme klei bij de vormgeving mogelijk. De orde van grootte van deze mogelijke verlaging bedraagt zowel voor het vormbakconsistentiegebied als het strengpersconsistentiegebied ruw geschat 0,3% water op de droge klei, bekend per 10°C temperatuurstijging. De praktische betekenis van de mogelijke verlaging van het watergehalte bij de warme vormgeving is geheel afhankelijk van de mate waarin men in de bedrijven het watergehalte en de consistentie van de klei onder directe controle heeft. Watergehaltespreidingen in de bewerkte klei van 3% op één werkdag zijn zowel bij het vormbakproces als bij het strengpersproces in de industrie geen zeldzaamheid (4)(5)(6).

Hoofdstuk III - Te verwachten effecten in de produktiefase vormgeving

1. De vormgeving van gestoomde klei met een Abersonpers levert bij kleitemperaturen van 50° à 60°C, althans voor kleien met een lutumgehalte van 20% en lager, geen moeilijkheden op. Bij een praktijkproef bij een kleitemperatuur van 70°C deden zich echter in een bepaald geval lossingsmoeilijkheden voor. De oorzaak hiervan moest worden toegeschreven aan een onvoldoende koeling van de gebruikte houten vormen bij het schoonspelen, waardoor de zandhechting aan de vormen verslechterde (1).
2. De vervormingseigenschappen van Nederlandse kleisoorten die bij 50° à 60° op een strengpers worden verwerkt zijn in het algemeen niet beter dan de vervormingseigenschappen bij koude verwerking op een strengpers. Uitsluitend bij vette kleisoorten met een korrelfractie < 2 μ die groter is dan 35 gew.%, constateert men een verbetering in de vervormingseigenschappen bij warme verwerking. Het gestelde geldt voor een verwerking met en zonder klei-ontluchting (7).
3. Bij het vormbakprocédé blijkt het krachtverbruik van de vormbakpers en van de voormaler, althans bij een temperatuurniveau van ongeveer 50°C, nagenoeg niet te worden beïnvloed door de warme verwerking van de klei, indien de verwerkingsconsistentie volgens Pfefferkorn gelijk wordt gekozen aan de consistentie bij koude verwerking van de klei. Van het strengpersprocédé met warme klei ontbreken vooralsnog betrouwbare gegevens over

het krachtverbruik (1).

HOOFDSTUK IV - Te verwachten effecten in de produktiefase "drogen"

1. Direct na de vormgeving zijn de warme vormlingen aan een sterke waterverdamping onderhevig als gevolg van het grote ~~xxxx~~ verschil in waterdampspanning aan het oppervlak van de vormlingen en in de omringende lucht. De voor deze waterverdamping noodzakelijke warmte wordt onttrokken aan de vormling zelf. Hierdoor koelt de vormling af en daalt ook de verdampingssnelheid. Zowel het verloop van de vormlingtemperatuur met de tijd als het verloop van de verdampingssnelheid met de tijd vertonen een exponentieel karakter (1)(8).
2. De droog- en koelsnelheden van vormlingen direct na de vervaardiging zijn sterk afhankelijk van de temperatuur die de vormlingen bezitten en van de luchtbeweging en luchtverversing rondom de vormlingen. Een te hoog gekozen vormlingtemperatuur of een te sterke dampafvoer door luchtverversing kunnen zo grote droogsnelheden doen ontstaan, dat de vormlingen droogscheuren gaan vertonen (12). Zo blijken bijvoorbeeld keiformaat vormlingen met een lutumgehalte van 21% en een temperatuur van 50°C die worden aangeblazen met atmosferische lucht met een snelheid van 1,2 m/sec. te scheuren. De droogsnelheid in de eerste twintig minuten na het begin van de proef bedraagt dan ook gemiddeld meer dan 100 gram per uur per vormling (8). Uiteraard zal het al dan niet ontstaan van scheurvorming in de warme vormlingen, behalve van de bovengenoemde factoren, ook afhankelijk zijn van vorm en afmetingen van het produkt, van de textuur in de vormlingen en van de granulometrische samenstelling van de klei.

Het ontstaan van scheurvorming als gevolg van een te groot verschil in waterdampspanning tussen klei-oppervlak en lucht kan bij een gegeven kleisoort en een gegeven model vormling op twee verschillende wijzen worden voorkomen:

- a) door een juiste aanpassing van de vormlingtemperatuur aan de omstandigheden van de lucht rondom de vormlingen;
- b) door een juiste aanpassing van de absolute vochtigheid van de lucht en de luchtbeweging rondom de vormlingen aan de vormlingtemperatuur.

Deze twee mogelijke oplossingen gelden zowel tijdens het verblijf van de warme vormlingen nabij de vormgevingsmachine en tijdens het transport naar de drooginrichting, als bij het eerste contact met de drooglucht in de drooginrichting. In gevallen, dat scheurvorming in de warme vormlingen ontstaat bij het eerste contact met de drooglucht in een kunstmatige drooginrichting, kan het bijvoorbeeld noodzakelijk zijn de warme vormlingen eerst ten dele te laten afkoelen voordat men ze in het droogproces in de drooginrichting opneemt, indien de luchtcondities in deze drooginrichting niet aan de oorspronkelijke vormlingtemperatuur kunnen worden aangepast (9).

3. De waterverdamping die tijdens een spontane afkoeling tot 20°C plaatsvindt geschiedt afhankelijk van de omstandigheden met een warmteverbruik van 900 tot 1100 kcal per kg verdampt water. Dit is een warmteverbruik, dat ook bij het droogproces in kunstmatige drooginrichtingen wordt aangetroffen. Bij keiformaat vormlingen met een begintemperatuur van ongeveer 50°C bedraagt de waterverdamping bij een spontane afkoeling tot 20°C bijvoorbeeld circa 1,5% van het gewicht van de droge vormling. (8).

4. Een gunstig aspect van de snelle waterverdamping direct na de vervaardiging van warme vormbakvormlingen is de belangrijk geringere neiging tot uitzakken van de vormlingen tijdens het transport. Direct na de lossing ontstaat namelijk een stijve buitenmantel in de vormlingen. Zo werd zelfs bij verwerking van slappe warme klei tot keiformaatvormlingen nage-nog geen uitzakking geconstateerd (1).
5. De scheurgevoeligheid van vormbakstenen die uit warme klei zijn vervaardigd blijkt bij het kunstmatig droogproces duidelijk geringer te zijn dan de scheurgevoeligheid van overeenkomstige produkten van koud verwerkte klei.

Zo werd bijvoorbeeld geconstateerd, dat de maximaal toelaatbare droogsnelheden van waalformaat- en keiformaat vormlingen die bij ongeveer 50°C waren gevormd en die op een natte-boltemperatuurniveau van 35°C werden gedroogd, 1½ maal zo hoog waren als de maximaal toelaatbare droogsnelheden van oorspronkelijk koude vormlingen die eveneens bij een natte-boltemperatuurniveau van 35°C werden gedroogd. Deze verbetering van de scheurgevoeligheid gold zowel voor magere als voor vette kleien.

Alleen al op grond van de geringere scheurgevoeligheid zijn derhalve bij kunstmatige droging van vormbakstenen die uit klei van 50 à 55°C zijn vervaardigd, in principe droogtijden bereikbaar die 2/3 deel bedragen van de droogtijd die nodig zou zijn bij koude verwerking van de klei. Bovendien kunnen nog extra droogtijdverkortingen voortvloeien uit de mogelijkheid tot het verlagen van het initiaalwatergehalte bij de vormgeving uit de snelle, spontane waterverdamping tijdens de afkoeling tot het natte-boltemperatuurniveau van de lucht in de drooginrichting en uit het wegvallen van de op-warmperiode.

Over de daadwerkelijk op industriële schaal bereikbare droogtijdverkortingen kunnen geen algemeen geldende uitspraken worden gedaan. Het type drooginrichting en allerlei bedrijfsinterne factoren spelen hierbij een dermate grote rol, dat een schatting slechts mogelijk wordt op grond van een nauwkeurige analyse van alle in het betreffende geval terzake dienende factoren, aangevuld met enig experimenteel onderzoek (9).

6. De maximaal toelaatbare droogsnelheid van vormbakstenen die uit warme klei (55°C) zijn vervaardigd en daarna geheel zijn afgekoeld, blijkt ook bij dit lage temperatuurniveau 40% à 50% hoger te liggen dan de maximum toelaatbare droogsnelheid van vormbakstenen die uit koude klei zijn vervaardigd. Dit betekent, dat warm-gevormde vormbakstenen ook in natuurdrooginrichtingen belangrijk scherpere droogcondities van de buitenlucht zonder scheurvorming kunnen verdragen dan koud-gevormde stenen (8)(10).
7. Het verschil in scheurgevoeligheid van warm-gevormde vormbakstenen, en koud-gevormde vormbakstenen, die daarna tot eenzelfde temperatuur (bijvoorbeeld 55°C) zonder waterverdamping worden opgewarmd, blijkt ook duidelijk uit het verschijnsel, dat de tot 55°C opgewarmde vormlingen, in tegenstelling tot de uit warme klei vervaardigde vormlingen, bij blootstelling aan de buitenlucht scheurvorming gaan vertonen als gevolg van de daarbij optredende waterverdamping (11).
8. De verbeteringen die in het buitenland op sommige plaatsen met een stoombewerking van klei, vooral ten aanzien van mogelijk gebleken droogtijdverkortingen, worden bereikt, mogen in het algemeen als gevolg van verschillen in de aard van de kleien niet in dezelfde mate bij Nederlandse kleien worden verwacht (4).

9. In warmte-economisch opzicht vertoont het kunstmatig drogen van gestoomde vormlingen de volgende aspecten.
- a) Door de in principe aanwezige mogelijkheid tot het verlagen van het initiaalwatergehalte bij de vormgeving behoeft minder water te worden verdampt.(5).
 - b) Het calorisch rendement van een opwarming van de klei met stoom ten opzichte van een opwarming van de vormlingen tot een bepaald gewenst natte-boltemperatuurniveau is minstens gelijk, doch meestal beter (3).
 - c) Voor de waterverdamping die bij de spontane afkoeling direct na de vervaardiging plaatsvindt, zijn ongeveer even veel kcal per kg verdamppt water nodig als voor de waterverdamping in de kunstmatige drooginrichting (8).
 - d) Warm aan de drooginrichting toegevoerde vormlingen lenen zich in principe goed voor droogprocessen op een hoog natte-boltemperatuurniveau. Bedoelde droogprocessen kenmerken zich door een laag specifiek warmteverbruik en een laag specifiek luchtverbruik (13) (14).
10. De invloed van het natte-boltemperatuurniveau van de drooglucht bij verschillende gemiddelde condities van de afgewerkte lucht op het specifiek warmteverbruik en het specifiek luchtverbruik moge blijken uit onderstaand tabellarisch overzicht. Onder het specifiek warmteverbruik wordt in dit overzicht verstaan: het aantal kcal, dat in een bepaald geval boven het warmteniveau van de buitenlucht moet worden toegevoerd aan de drooginrichting voor de verdamping van één kg water. De temperatuur van de in de drooginrichting gebrachte vormlingen is gesteld op 10°C. De warmteverliezen via de wanden, het plafond, de kanalen en de vloer van de drooginrichting, alsmede de warmteverliezen ten gevolge van het opwarmen van de klei, het niet-verdampte water, de rekken, het muurwerk, etc., zijn voor de drie natte-boltemperatuurniveaus eenvoudigheidshalve gesteld op 150 kcal/kg verdamppt water.

De warmte-inhoud van de buitenlucht is gesteld op 5,8 kcal per kg droge lucht en het watergehalte van de buitenlucht op 0,006 kg waterdamp per kg droge lucht. Ter oriëntatie moge nog dienen, dat natte-boltemperatuurniveaus van 25°C tot 45°C veelvuldig in kunstmatige drooginrichtingen in de grofkeramische industrie worden aangetroffen.

Natte- bol- tempe- ratuur °C	gemiddelde condities van de afgewerkte lucht				specifiek warmte- verbruik kcal/ kg/H ₂ O	specifiek lucht- verbruik kg droge l. kg H ₂ O
	psycho- metrisch temp.- verschil °C	relatieve vochtigheid %	droog- poten- tiaal mm Hg	verzadigings- deficit kg H ₂ O/kg droge lucht		
70	0	100	0	0	828	3,72
	5	80	2	0,003	835	3,76
	10	64,5	4	0,006	842	3,80
	15	52	6	0,009	849	3,85
	20	43	8	0,012	857	3,89
45	0	100	0	0	908	17,4
	5	75	2,6	0,0024	940	18,1
	10	56,5	5,2	0,0048	974	19,0
	15	43	7,8	0,0072	1010	19,8
	20	33	10,4	0,0096	1050	20,8
25	0	100	0	0	1027	71,5
	5	67	2,43	0,0022	1184	84,7
	10	45	4,86	0,0043	1408	120,5
	15	30	7,28	0,0065	1768	154,0
	20	19	9,72	0,0086	2350	182,0

Uit dit overzicht blijkt, dat zowel het specifiek warmteverbruik als het specifiek luchtverbruik bij hoger gekozen natte-boltemperaturen van de afgewerkte drooglucht daalt. Een bijkomend voordeel van droogprocessen op hoog natte-boltemperatuurniveau is de omstandigheid, dat het specifiek warmteverbruik minder sterk afhankelijk is van de uitlaatcondities van de afgewerkte lucht. Het zeer geringe specifiek luchtverbruik van het droogproces op een natte-boltemperatuurniveau van 70°C brengt consequenties mede ten aanzien van de toepassing van warmte-af trek van ovens.

Bij de traditionele oventypen zal namelijk in het algemeen belangrijk meer warme lucht van de oven worden afgezogen dan nodig is voor het drogen van de gehele ovenproductie op een natte-boltemperatuurniveau van 70°C. Bij de beoordeling van de toepasbaarheid van bedoelde droogprocessen zal men onder meer met dit facet terdege rekening dienen te houden (14).

11. De afgewerkte lucht bij droogprocessen op een natte-boltemperatuurniveau van 70°C bezit een absoluut watergehalte van ongeveer 0,27 kg water per kg droge lucht en een temperatuur die hoger is dan 70°C. Wanneer deze lucht in een condensor zou worden afgekoeld tot bijvoorbeeld 60°C, zou hieraan per kg droge lucht 0,12 kg water van 60°C kunnen worden onttrokken. Per kg te verdampen water zou op deze wijze bij een luchtverbruik van 3,8 kg droge lucht per kg verdampt water ongeveer 0,45 kg water van 60°C als zuiver ketelwater voor een stoombewerking van de klei ter beschikking komen, welke hoeveelheid ruimschoots voldoende is (14).
12. Het krachtverbruik van kunstmatige droogprocessen van gestoomde vormen zal lager komen te liggen naarmate door de stoombewerking kortere veilige droogtijden worden bereikt en naarmate men in staat is op een hoger natte-boltemperatuurniveau van de afgewerkte lucht te drogen (14).

HOOFDSTUK V - Effect op de kwaliteit van het gebakken produkt

De kwaliteit van gebakken straatstenen die vervaardigd zijn uit tot 55°C gestoomde klei en de kwaliteit van straatstenen die zijn vervaardigd uit koude klei, waarin geen pitten voorkomen, is zowel ten aanzien van de druksterkte als ten aanzien van de valhoogte ongeveer gelijk. Ook voor wat de stroefheid betreft kon praktisch geen verschil worden opgemerkt (1).

HOOFDSTUK VI - Onbeantwoorde vragen ten aanzien van de stoombewerking van Nederlandse kleien

Ofschoon het reeds verrichte speurwerk inzake de verwarming van kleien vóór de vormgeving tal van interessante resultaten heeft opgeleverd, mag geenszins worden gesteld, dat alle aspecten reeds uitputtend zijn onderzocht. In het bijzonder verdienen de volgende onderwerpen een nader onderzoek.

1. De verwarming tot hogere kleitemperaturen dan 60°C

De meeste onderzoekingen hebben betrekking gehad op kleien die tot een temperatuur van 50° à 60°C werden verwarmd. Bij hogere kleitemperaturen werden slechts oriënterende proeven verricht. De oorzaak hiervan moet worden gezocht in het gestelde in II.3; III.1; IV.2. De toepassing van hogere kleitemperaturen dan 60°C verdient nadere aandacht in het licht van het gestelde in II.4; IV.2.b).

2. De droogeigenschappen van uit warme klei vervaardigde strengpersprodukten

De onderzoekingen naar het effect van een verwarming van de klei op het drooggedrag hebben zich beperkt tot vormbakstenen. Het effect van een verwarming van de klei op het drooggedrag van strengpersprodukten is nog niet bestudeerd. De oorzaak hiervan moet worden gezocht in het gebrek aan goede apparaten voor de vervaardiging van warme strengpersvormlingen, alsmede in het gestelde onder II.3.

Het onderzoek van strengpersprodukten verdient nadere aandacht, nu althans op laboratoriumschaal kleine warme strengpersproefstukken kunnen worden vervaardigd en onderzocht en voorts ook gezien het gestelde in II.4.

3. De droging van warme vormlingen op een hoog natte-boltemperatuurniveau

Met betrekking tot het effect van een verwarming van de klei op de eigenschappen bij het kunstmatig drogen werd steeds uitgegaan van de veronderstelling, dat de vormlingen zouden worden gedroogd op de in de industrie gebruikelijke natte-boltemperatuurniveaus van 25° tot 45°C. De droging bij hogere natte-boltemperaturen van de drooglucht werd niet bestudeerd. De oorzaak hiervan moet worden gezocht in het gestelde onder VI.1; in het ontbreken van hiertoe geschikt onderzoekingsapparaat en in een aanvankelijk gewenste aanpassing van het verwarmingsprocédé aan de bestaande industriële droogapparaten.

Het onderzoek verdient nadere aandacht nu de laboratoriumdrooginrichting in principe meer mogelijkheden tot het onderzoek biedt.

4. Vergroting van het theoretisch inzicht in de te verwachten effecten van een verwarming van de klei bij het kunstmatig droogproces

Het theoretisch inzicht in de te verwachten effecten van een verwarming van de klei bij het kunstmatig droogproces is nog onvoldoende. De in de loop der jaren opgebouwde hypothesen zijn nog niet op bevredigende wijze experimenteel bevestigd. Voortgezet experimenteel onderzoek als onder

leen

VI.1, 2 en 3 omschreven zal een belangrijke bijdrage vormen tot een verdieping van het inzicht.

LITERATUUROVERZICHT

Lijst van onderzoekingen en publikaties van 1951 tot en met 1961

- (1) - Onderzoek stoombewerking bij het vormbakproces op Steenfabriek "Over-Betuwe" 1953
- (2) - Onderzoek stoombewerking bij het strengpersproces op Steenfabriek "De Beukelaar" (België) 1960
- (3) - Gegevens betreffende de verwarming van klei met stoom
Publikatie "KLEI", mei 1955, no. 5
- (4) - Vergelijking van een Zuid-Franse klei met drie Nederlandse kleisoorten
Publikatie "KLEI", april 1961, no. 4
- (5) - Onderzoek naar de relatie tussen watergehalte van de klei, klei-consistentie en kleitemperatuur juli, 1953
De verwarming van de klei geschiedde bij dit onderzoek niet met stoom, doch indirect
- (6) - Onderzoek naar consistentie- en watergehaltespreidingen op grofkeramische bedrijven mei, 1953
- (7) - Onderzoek naar de vervormingseigenschappen van koude en warme kleisoorten januari, 1957
De verwarming van de klei geschiedde bij dit onderzoek indirect in een waterbad
- (8) - Vergelijkend onderzoek van de scheurgevoeligheid bij natuurdroging van vormlingen, vervaardigd van gestoomde en niet-gestoomde klei december, 1953
- (9) - Het kunstmatig drogen van vormlingen van gestoomde klei op laboratoriumschaal
Publikatie "KLEI", december 1954, no. 12
- (10) - De scheurgevoeligheid van vormlingen van gestoomde en van koud verwerkte klei bij een droogproces op een laag temperatuurniveau
Publikatie "KLEI", maart 1955, no. 3
- (11) - Enige proeven betreffende het stomen van klei september, 1953
- (12) - Oriënterende proeven betreffende stoombewerking van rivierklei juli, 1951
- (13) - Berekening van het warmte-rendement van een tunneldrooginrichting bij verschillende natte-boltemperatuurniveaus augustus, 1953
- (14) - Berekeningen betreffende warmte- en luchtverbruik van droogprocessen op verschillende natte-boltemperatuurniveaus januari, 1962

INTERN

vdV/M8

16-1-'62

c.c.: van Seters, Vermeulen, v.d.Velden
Documentatie