

PRIS KR. 1.75.



Norges Geologiske  
Undersøkelse

Nr. 119

UNDERSØKELSER OVER  
NORSKE LERER

III

AV  
J. v. KROGH

MED 1 TEKSTFIG., 6 PLANCHER OG ENGLISH SUMMARY

**STATENS RAASTOFKOMITE  
PUBLIKATION Nr. 19**

**KRISTIANIA 1923**

I KOMMISSION HOS H. ASCHEHOUG & CO.

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE. Nr. 119

# UNDERSØKELSER OVER NORSKE LERER

III

AV  
J. v. KROGH

MED 1 TEKSTFIG., 6 PLANCHER OG ENGLISH SUMMARY

---

STATENS RAASTOFKOMITE  
PUBLIKATION Nr. 19

KRISTIANIA 1923  
I KOMMISSION HOS H. ASCHEHOUG & CO.

NORGES STATSBANE  
HOVEDSTYRET

## Indhold.

	Side
Forord .....	5
Lerers maksimale vandmætningsgrænse .....	6
Lerers forhold under paavirkning av tryk .....	11
Lerers svind ved forskjellige vandtilsætninger .....	13
Brændte lerers porositet (vandabsorbtiøsevne) .....	15
Porositet hos brændt lere .....	17
Formningstrykkets indflydelse paa en brændt leres porositet .....	19
Trykfasthet av raa og brændt lere .....	21
Trykfasthet hos lere brændt ved forskjellige temperaturer .....	24
Vandutpresningsforsøk .....	29
Plasticitet hos lere og plasticiteten av brændt lermasse .....	33
Om brænding av lervarer .....	39
Brændovnenes drift .....	40
1. Indsætning av varerne i sin almindelighet .....	40
2. Indsætning av forskjellige varer .....	45
3. Forvarmningen .....	47
4. Den egentlige brænding .....	49

---

## Forord.

**D**enne publikation indeholder resultatene av en række specialundersøkelser av norske lerer, foretat ved Statens Raastofkomite (avdeling for ildfaste materialer) i løpet av høsten 1922 og vaaren 1923. Undersøkelsen har været utført dels med lerprøver innsamlet paa foranledning av Raastofkomiteen, dels med lerprøver som er blit innsendt fra interesserte teglverk og andre. Da det vilde være umulig indenfor et nogenlunde begrænset tidsrum, at underkaste samtlige prøver alle undersøkelser, er der, idet man har fulgt lerernes inndeling i grupper, for hver forsøksrække blit uttatt lerer, som var typiske eksempler for vedkommende gruppe. De fundne resultater angir hvordan norske lerer forholder sig under forskjellige forhold, og vil kunne gi interesserte nyttige vink ved anvendelsen av lererne til fremstilling av forskjellige varer. Til slutning gives en oversigt over brænding av lervarer, væsentlig utarbeidet efter utenlandske kilder. Man antar at en saadan oversigt vil kunne være til nytte for en række norske bedrifter.

Raastofkomiteen vil senere utgi en publikation om glasurfremstilling for norske lerer samt om fremstilling av med glasurvarer beslektede produkter av norske lerer som raamateriel.

Vi benytter anledningen til at frembære vor tak til de teglverker, der har været saa elskværdige at sende os prøver og paa anden maate været os behjælpelige ved besvarelser av enkelte spørsmåal angaaende lerer.

Kristiania, høsten 1923.

For Statens Raastofkomite,

*J. v. Krogh.*

## Lerers maksimale vandmætningsgrænse.

Ved en fortsat tilsætning av vand til en lere vil man tilslut bringe lermassen over i flytende form. Denne vandtilsætning er meget forskjellig efter vedkommende leres karakter, og man kan derfor ved at bestemme hvad vi har valgt at kalde: *lerens maksimale vandmætningsgrænse*, faa en inddeling som synes at gi et billede av lerernes mekaniske egenskaper.

Ved en leres maksimale vandmætningsgrænse forstaar vi den mængde vand, som det er nødvendig at tilsætte en bestemt mængde tørret nedknust lere, for at denne skal faa en saadan konsistens, at lervæggene i et snit gennem leren blir staaende iro uten at flyte sammen, men at et svakt slag paa bunden av den skaal, hvori leren utrøres, bringer leren til at flyte sammen i hele snittets længde.

Vandmætningsprøven er utført paa følgende maate. Av vedkommende lerprøve uttages ca. 500 gram, som hensættes i tørreskap ved 110° C., indtil konstant vegt er opnaadd. Prøven avkjøles derefter til værelsets temperatur (ca. 18° C.), knuses og soldes gennem et sold med 400 masker pr. cm<sup>2</sup>. Større stener blir uttat og ikke knust. 1. Av den soldete lere avveies 25 gram i en porselænskaal, og derefter tilsættes vand ved hjælp av en byrette under stadig utgnidning av leren med en porselæns spatel, indtil man ved at prøve den utrørte lere finder, at vandmætningsgrænsen er naadd, f. eks. ved tilsætning av 18 ccm. vand. 2. Derefter avveies en ny prøve paa 25 gram, og man tilsætter ca. 16 ccm. vand hurtig uten omrøring; nu utrøres leren til en homogen masse, og der prøves, om vandmætningsgrænsen er naadd. Dette vil i regelen ikke være tilfældet; man tilsætter nogen draaper vand, rører om, prøver grænsen paany og fortsætter paa denne maate indtil grænsen naaes. Man avlæser hvor mange ccm. vand der er medgaat i alt. Tallet vil ligge noget under den første bestemmelse, som

kun gjælder som foreløbig prøvebestemmelse av vandmætningsgrænsen. 3. Nu avveies paany 25 gram, og det antal ccm. vand som blev resultatet av bestemmelse nr. 2, tilsættes med én gang hurtigst mulig, hvorefter det hele røres ut til en homogen masse; man foretar saa atter prøven paa vandmætningsgrænsen paa denne masse.

Middeltallet av prøve nr. 2 og 3 er i tabellen opført som antal ccm. vand som kan tilsættes. Nu omregnes det hele paa 100 dele tørstof, og det derved fremkomne tal angir *vandmætningsgrænsen* for vedkommende lere. Om man heller ønsker at uttrykke denne grænse i procent av blandingen, saa kan dette let regnes ut.

Vi har inddelt lererne efter vandmætningsgrænsen i følgende grupper:

- I. Ekstra plastiske lerer, med vandmætningsgrænse over 65.
- II. Meget plastiske lerer, med vandmætningsgrad fra 60 til 65.
- III. Plastiske lerer, med vandmætningsgrænse fra 54 til 60.
- IV. Mindre plastiske lerer, med vandmætningsgrænse fra 38 til 54.
- V. Lerer med liten eller ingen plasticitet, med vandmætningsgrænse under 38.

Under gruppe V vil man f. eks. finde kviklere og sekundært sterkt omvandlede magre lerer. Disse lerer bestaar av en meget finkornet sand sammenblandet med noget av det allerfineste lerstof og udmerker sig ved at de, saasnart vandmætningsgraden er naadd, ved videre tilsætning pludselig flyter sammen. Saadanne lerer maa f. eks. være meget farlige ved jernbane- eller veiskjæringer, idet man ved sterkt regnskyll vil kunne risikere pludselige utglidninger, uten at man paa forhaand har merket nogen glidetendens hos leren. Det samme gjælder ogsaa i nogen grad lere i gruppe IV.

Under gruppe I finder vi lerer, som har en rent ut forbløffende evne til at absorbere vand. Lererne under denne gruppe kan godt være noget sandholdige, d. v. s. indeholde grovere sand. Dette var til eksempel tilfældet med lere nr. LXIII. Disse lerer vil allerede længe før vandmætningsgræn-

sen er naadd bli meget plastiske, og i en skjæring vil de bule ut, før de begynder at gli; de forholder sig saaledes helt forskjellig fra de som hører under gruppe V.

Ved bestemmelsen av vandmætningsgrænsen vil man finde at selv en temmelig sterkt grovsandblandet lere kan ha ganske høi vandmætningsgrænse, mens derimot de lerer, som indeholder meget finkornet sand som regel vil ha en lav vandmætningsgrænse. Vore saakaldte kviklerer har saaledes en lav vandmætningsgrænse, og slemninger har vist, at selv det fineste utslemmede stof hovedsagelig bestaar av smaa sandkorn. Det fine lerstof virker her som et cementlignende bindemiddel, og bindekraften ophører allerede ved liten vandtilsætning.

I tabel I er anført endel resultater av bestemmelse av vandmætningsgrænser.

Lerer fra sekundærzonen har tildels lav vandmætningsgrænse; men enkelte av dem som ligger saaledes til at vandet ikke rinder bort, men langsomt synker ned i lermassen, har dog høi vandmætningsgrænse. Det ser derfor med sandsynlighet ut til, at i flere lerer fra sekundærzonen er det fineste lerstof ført bort med rindende vand.

Av tabel I vil sees at de fleste vestlandslerer har en lav vandmætningsgrænse.

Det vil være av interesse for et teglverk at kjende vandmætningsgrænsen for de lerer verket arbeider med, idet man derved faar et sikkert middel til at kunne foreta den rigtige blanding av de forskjellige lerer, (f. eks. med henblik paa svinnet under tørringen før brændingen) for at opnaa et for produktet passende raamateriel.

Tabel 1.

Lerprovens		Lerens beteg- nelse	Zone	Antal cem. H <sub>2</sub> O tilsat 25 gr. tør lere	Vandmætningsgrænse utryckt i dele av 100 dele tørstof	0,0 H <sub>2</sub> O i blandingen
nr.	forekomststed					
XLIII	Skjeberg . . . . .	Yoldialere	Primærzone	18,2	72,8	42,13
XIX	Gretnes . . . . .	Isocardialere	— — —	17,9	71,6	41,72
XXXII	Evje . . . . .	— — —	— — —	16,9	67,6	40,31
LIII—10	Nynes . . . . .	— — —	— — —	16,5	66,0	39,76
IX	Kjølberg . . . . .	— — —	Sekundærzone	15,8	63,2	38,72
LXVI—22	Ranviken . . . . .	Yoldialere	Primærzone	15,7	62,8	38,57
XXXI	S. Omberg . . . . .	— — —	— — —	15,6	62,4	38,42
X	Valle . . . . .	Arcalere	— — —	15,5	62,0	38,27
XV	Sorgenfri . . . . .	Isocardialere	Sekundærzone	15,4	61,6	38,12
VIII	Kjølberg . . . . .	— — —	Primærzone	15,2	60,8	37,73
XXIV	Borregaard . . . . .	— — —	— — —	15,1	60,4	37,65
218 A 14	Kristiania . . . . .	— — —	— — —	15,1	60,4	37,65
XXXVIII	Drammen . . . . .	Yngre Portl.-lere	— — —	14,7	58,8	37,03
XL	Dahler . . . . .	Isocardialere	— — —	14,7	58,8	37,03
236	Spetal . . . . .	Yngste Portl.-lere	Sekundærzone	14,4	57,6	36,03
218 A 12	Kristiania . . . . .	— — —	Primærzone	14,4	57,6	36,55
218 A 15,10	Kristiania . . . . .	— — —	— — —	14,4	57,6	36,55
LVII—14	Opstad . . . . .	— — —	Sekundærzone	14,4	57,6	36,55
XVII	Hoelstad . . . . .	Midlere Arcalere	— — —	14,4	57,6	36,55
LIX—16	Skraastad . . . . .	— — —	— — —	14,4	57,6	36,55
LI—8	Graveren nr. 1 . . . . .	— — —	Primærzone	14,4	57,6	36,55
126	Nygaard . . . . .	— — —	— — —	14,3	57,2	36,38
XXIX	Rakkestad . . . . .	Portlandialere	Sekundærzone	14,2	56,8	36,23
XXXV	Ringvold . . . . .	Isocardialere	— — —	14,2	56,8	36,23
218 A 9,30	Kristiania . . . . .	— — —	Primærzone	14,1	56,4	36,06
218 A 10,20	Kristiania . . . . .	— — —	— — —	13,9	55,6	35,74
III	Jeloen . . . . .	Yoldialere	Over hele bruddet	13,8	55,2	35,57
XVIII	Gretnes . . . . .	Isocardialere	Sekundærzone	13,7	54,8	35,40
XII	N. Omberg . . . . .	Yoldialere	Primærzone	13,6	54,4	35,23
XXV	Borregaard . . . . .	Isocardialere	— — —	13,6	54,4	35,23
XXVIII	Hoelstad . . . . .	Portlandia-lere	— — —	13,6	54,4	35,23
XLIV—1	Vindenes . . . . .	Yoldiaf. lere	Sekundærzone	13,6	54,4	35,23
218 A 8,0	Kristiania . . . . .	— — —	Primærzone	13,5	54,0	35,07



Lerprovens		Lerens beteg- nelse	Zone	Antal cem. H <sub>2</sub> O tilsat 25 gr. tør lere	Vandmetningsgrænse uttrykt i dele av 100 dele tørstof	o/o H <sub>2</sub> O i blandingen
nr.	forekomststed					
XI	Valle . . . . .	Isocardialere	Primærzone	13,5	54,0	35,07
XIV	Sorgenfri . . . . .	— — —	— —	13,5	54,0	35,07
XXXIX	Stormoen . . . . .	— — —	Over hele bruddet	13,4	53,6	34,90
XXIII	Aarum . . . . .	— — —	Primærzone	13,3	53,2	34,73
XXXIII	Nedre Nøkleby . . . . .	— — —	Sekundærzone	13,3	53,2	34,73
LXII—19	Skarpnes . . . . .	— — —	Over hele bruddet	13,3	53,2	34,73
215	Kristiania . . . . .	— — —	Primærzone	13,2	52,8	34,65
XL1	Aaserud . . . . .	Isocardialere	— — —	13,1	52,4	34,55
XIII	Gudeberg . . . . .	— — —	— —	12,9	51,6	34,03
XLII a	Galleberg . . . . .	Yngre Portl.-lere	Sekundærzone	12,9	51,6	34,03
XXXVI	Ringvold . . . . .	Isocardialere	— — —	12,9	51,6	34,03
II	Moss . . . . .	Yoldialere	Primærzone	12,8	51,2	33,89
XVI	Yven . . . . .	Arcalere	— —	12,7	50,8	33,69
206	Findeide . . . . .	Grundfjeldslere	Sekundærzone	12,6	50,4	33,51
IV	Jeloen . . . . .	Yoldialere	Primærzone	12,6	50,4	33,51
51	T.hjems A S Teg- verk . . . . .	— — —	Sekundærzone	12,5	50,0	33,33
LV—12	Nygaard, Karmoen	— — —	Mindre sek. om- vandlet	12,5	50,0	33,33
218 A 5,75	Kristiania . . . . .	— — —	Sekundærzone	12,4	49,6	33,15
XXXVII	Spikestad . . . . .	Yngre Portl.-lere	Over hele bruddet	12,4	49,6	33,15
LII—9	Gan . . . . .	— — —	— — —	12,3	49,2	32,97
XXXIV	Narnte . . . . .	Isocardialere	Primærzone	12,2	48,8	32,80
23 a	Spetal . . . . .	— — —	— —	12,0	48,0	32,43
5	Vaardal . . . . .	— — —	Over hele bruddet	12,0	48,0	32,43
1	Moss . . . . .	Yoldialere	Primærzone	11,9	47,6	32,20
XXI	Aarum . . . . .	— — —	— —	11,7	46,8	31,88
LX—17	Oddernes . . . . .	— — —	Sekundærzone	11,4	45,6	31,32
L—7	Graveren no. 1 . . . . .	— — —	Primærzone	11,4	45,6	31,32
217	Onsaker . . . . .	— — —	Over hele bruddet	11,1	44,4	30,75
50	Trana . . . . .	— — —	Primærzone	10,9	43,6	30,33
VII	Nabbetorp . . . . .	Isocardialere	Sekundærzone	10,7	42,8	29,99
XXX	Rakkestad . . . . .	Portlandialere	— —	10,6	42,4	29,78
18	Oddernes . . . . .	Kviklere	— —	10,5	42,0	29,59
XVI	Gretnes . . . . .	Isocardialere	— —	10,2	40,8	29,00

Lerprovens		Lerens beteg- nelse	Zone	Antal cem. H <sub>2</sub> O tilsat 25 gr. tør lere	Vandmætningsgrænse uttrykt i dele av 100 dele tørstof	0,0 H <sub>2</sub> O i blandingen
nr.	forekomststed					
V	Fredrikstad . . . . .	Isocardialere	Sekundærzone	9,9	39,6	28,37
LXV—21	Bratsberg . . . . .	Ant. tilsv. yngre Portlandia-lerer	—	9,5	38,0	27,54
XLV—2	Helle . . . . .	Kviklere—Sand- holdig lere	—	9,5	38,0	27,54
XXVI	Borregaard . . . . .		9,1	36,4	26,69	
XX	Aarum . . . . .	Kviklere	—	8,8	35,2	26,04
LIV—11	Nygaard, Karmoen	—	—	8,1	32,4	24,47
XLVI—3	Helle . . . . .		7,6	30,4	23,31	
XLVII—4	Vaardal . . . . .	Bindfyld—ler- blandet sand	Over hele bruddet	7,6	30,4	23,31
LVIII—15	Røyknes i Saetesdal		3,2	12,8	11,34	

## Lerers forhold under paavirkning av tryk.

I dette avsnit fremlægges resultatet av endel undersøkelser vi har utført, vedrørende det maksimale tryk, som lere taalet ved et bestemt vandindhold.

Prøven blev utført paa følgende maate:

Av den til undersøkelsen valgte lere blev uttat en prøve paa ca. 1000 gram, som blev lufttørret til konstant vekt. Leren blev derefter pulverisert i en porcelænskulemølle, indtil hele massen hadde opnaadd en finhetsgrad, som tillot den at passere gjennom et sold med 400 masker pr. cm<sup>2</sup>. Den soldede lere blev atter tørret til konstant vekt ved værelsets temperatur, 18° C.

Av den soldede lere blev nu avveiet 50 gram, og disse, efter at være utrørt med vand, blev heldt ned i en messingform med følgende indvendige maal:

længde 7.7 cm., bredde 4.0 cm., dybde 3.0 cm.

Formen hadde én fast og én bevægelig bund samt et topstykke. Baade den bevægelige bund og topstykket var nøi-

agtig indslepet i formen, saa luftrummet mellem formen og hvert av disse bevægelige stykker kun utgjorde en brøkdelen av en millimeter.

Efterat leren var anbragt i formen, blev topstykket sat paa, og hele formen anbragt mellem trykplaterne paa en oljepresse, som kunde gi et tryk paa op til 50 000 kilo.

Leren blev nu utsat for tryk, indtil den begyndte at tyte op gennem den fine spalte mellem topstykket og formen. Det anvendte tryk avlæstes paa pressens manometer og derefter utregnedes det tilsvarende tryk som var anvendt pr.  $\text{cm}^2$ . lere. I den grafiske fremstilling er vandtilsætningene avsat som abscisser og det opnaaede maksimale tryk pr.  $\text{cm}^2$ . som ordinator.

Vandindholdet i leren blev suksessivt øket, idet man ved næste prøve avveiet nye 50 gram og ved hjælp av en byrette tilsatte 2 ccm. vand.

Leren blev godt utgnidd med en porselæns spatel, indtil man var sikker paa, at vandet var jevnt fordelt i hele massen; derefter anbragtes den i messingformen og utsattes for tryk, som tidligere beskrevet.

Vandtilsætningen blev for hver ny prøve øket med 2 ccm., indtil leren tilslut blev flytende. Naar der for denne sidste vandtilsætning er anført, at trykket er lik nul, saa forståes ved dette, at leren ikke taalte, at topstykket blev sat ind, idet den derved med en gang begyndte at tyte op.

I den grafiske fremstilling Pl. I er anført to middelkurver, henholdsvis for fete og magre lerer. I de fete lerers middelkurve indgaar en ekstrafet, en halv fet og en fet lere. I kurven for magre lerer indgaar 2 magre og en meget mager.

Av de optegnede kurver vil man kunde se hvilket tryk en lere ved et bestemt vandindhold kan utsættes for, uten at den begynder at flyte ut.

Av kurverne fremgaar at de fete lerer taalder et ganske stort tryk pr.  $\text{cm}^2$ ., og de viser ogsaa, at om leren paa en eller anden maate tørrer ind, vil trykket paa leren kunde økes ganske betragselig.

Forøvrig forløper kurverne for fete og magre lerer nogenlunde ens.



## Lerers svind ved forskellige vandtilsætninger.

Det er en kjendt sak at lerer fra forskjellige lertak, ja ogsaa fra et og samme lertak kan ha forskjellig svind, naar de lufttørres. Det er av interesse at vite, hvad der kan være grunden til dette. For at faa konstatert hvordan lerens vandindhold influerer paa svindet ved lufttørring, har vi derfor foretaget følgende forsøk med forskjellige lerer. Vi valgte for dette forsøk ut 15 lerer, som efter foregaaende undersøkelser var inddelt i følgende grupper:

Ekstra fete lerer, fete lerer, halvfete lerer, magre lerer, meget magre lerer.

Undersøkelsen blev utført for samtlige 15 lerer enkeltvis, hvorpaa middeltallene for hver av de nævnte grupper blev utregnet, og gruppens svindkurve tegnet op.

Undersøkelsen blev utført paa følgende maate:

Av hver av de valgte lerprøver blev der uttat en prøve paa 1000 gram, som saavidt gjørlig blev lufttørret til konstant vekt. Derefter blev prøven pulverisert i en porselænsmølle med flintkuler. Pulveriseringen av hver lerprøve varte fra 4 til 8 timer. Den blev fortsat saa længe, at hele lermassen passerte gjennom et sold med 400 masker pr. cm<sup>2</sup>. Av den soldede lere blev nu avveiet 50 gram og herav formet et prøvestykke. De første 50 gram blev presset til et prøvestykke uten nogen vandtilsætning; senere tilsattes vand med en byrette, saaledes at vandtilsætningen økedes med 2 ccm. ad gangen, indtil leren tilslut blev flytende. Man fik hermed en serie prøvestykker svarende til en række med økende, kjendt vandindhold.

De færdige prøvestykker hadde følgende dimensioner:

længde 7.7 cm., bredde 4.0 cm., tykkelse 0.8 cm.

Lerstykkerne blev formet i en messingform med fast og bevægelig bund, saaledes at stykket ved hjælp av den bevægelige bund let kunde skyves ut av formen.

Formen hadde ogsaa et topstykke, hvorved lermassen blev trykket sammen, indtil leren hadde fyldt formen helt.

Ved de høiere vandtilsætninger blev leren staaende i formen, indtil den var tørret saa meget at den løsnet fra formens kanter.

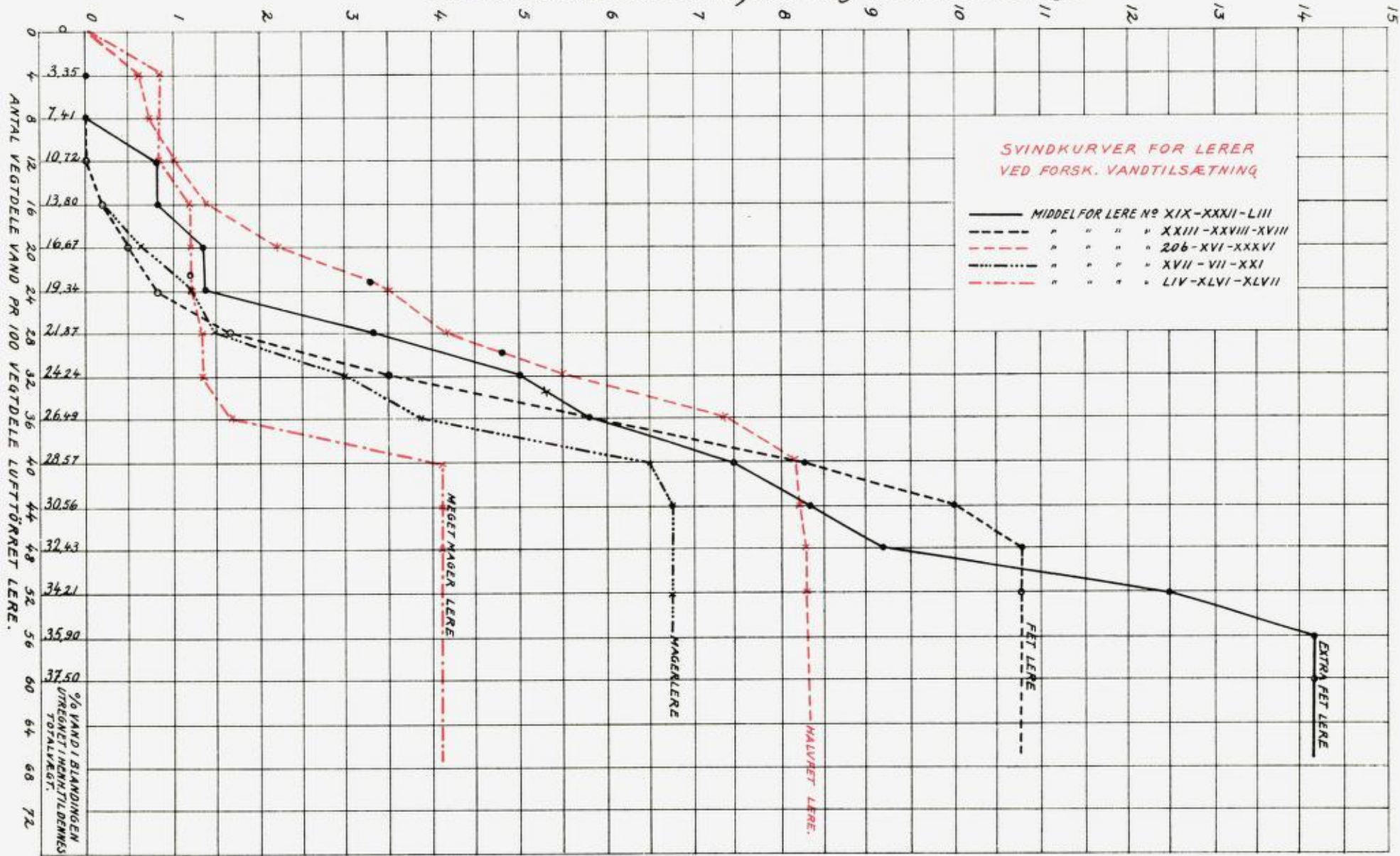
I stykkerne anbragtes i 6 cm.s afstand 2 mm. dype fordypninger med et dertil egnet apparat. Efterat lerstykket var lufttørret, indtil man ved veining havde forvissat sig om, at lerstykket havde antat konstant vegt, blev atter avstanden maalt mellem de 2 anbragte fordypninger, og svindet blev utregnet (lineært). Til kontrol og for at bestemme svindet for de lerprøver, som var saa bløte, at fordypninger ikke kunde anbringes i prøvestykket i fugtig tilstand, blev ogsaa svindet maalt og utregnet efter formens længde. De opnaadde resultater for hver gruppes lerer blev nu stillet sammen, og middeltallet for svindet for den angjældende gruppe utregnet. Disse tal er opstillet i grafisk form, saaledes at vandtilsætningen er avsat som abscisse og det for denne vandtilsætning fundne svind som ordinat. I den grafiske fremstilling Pl. II er foruten vandtilsætningen pr. 100 dele lufttørret lere ogsaa anført det procentuale vandindhold i massen.

Av kurvene vil fremgaa, at de meget magre lerer noksaa hurtig opnaar sit maksimale svind. Svindet varierer ogsaa mindre ved de magre lerer ved en større eller mindre vandtilsætning end ved de fetere lerer. Er de meget magre lerer tilsat saa meget vand at de blir flytende, blir svindet saa at si konstant.

De ekstra fete lerer viser for de laveste vandtilsætninger intet maalbart svind; senere tiltar svindet hurtig med stigende vandtilsætning, naar sit maksimum, naar leren blir flytende, og holder sig da konstant. Kurven for de fete og halvfete lerer viser et noget lignende resultat for svindet, idet dog det maksimale svind ligger lavere for hver av disse grupper end for de ekstra fete lerer.

Opstilles nu en saadan kurve for et teglverks lere, vil man ved at lufttørre en lerprøve til konstant vegt og derefter tilsætte en viss vandmængde kunde faa et begrep om, hvor stort svind leren vil ha ved en bestemt vandtilsætning, og man vil kunne bedømme, om leren bør tørres eller fugtes for at faa et svind, som passer for de valgte former f. eks. ved takstensfremstilling etc. Utarbeidelsen av kurverne er enkel og vil kunne utføres ved teglverket selv, og helst om sommeren, da man lettest kan faa prøven lufttørret til konstant vegt.

Lineært svind i % ved lufttørring til konstant vekt.



## **Brændte lerers porøsitet (vandabsorbti<sup>o</sup>nsevne).**

Lere som er brændt til sten, indeholder en masse porer, hvori vand opsuges, om det brændte lerstykke lægges ned i vand. En brændt leres evne til at opsuge vand spiller som bekendt en stor rolle naar det gjælder vedkommende vares brugbarhet og holdbarhet. En lere, som i brændt tilstand kan opsuge meget vand, vil saaledes lettere ødelægges av frost end den, som opsuger mindre vand; specielt er dette av betydning for en takstens godhet. For at faa et overblik over hvordan en brændt leres porøsitet (vandabsorbti<sup>o</sup>nsevne) er avhængig av vandmængden i raa-leren, har vi anstillet endel forsøk med forskjellige lerer. Forsøkene blev utført paa følgende maate:

Av den angjældende lufttørrede lere blev der forarbeidet prøvestykker med stigende vandindhold i massen fra 0 til 40 pct.

Prøvestykkerne hadde følgende dimensioner:

længde 7.7 cm., bredde 4.0 cm., tykkelse 0.8 cm.

Prøvestykkerne blev forarbeidet (presset) under det maksimale tryk, som den angjældende lere taalte ved det bestemte vandindhold. Efterat prøvestykkerne var tat ut av formen, blev de lufttørret til konstant vegt og derefter brændt ved 900° C. i 6 timer i en elektrisk muffelov. Temperaturen blev avlæst paa et millivoltmeter ved hjælp av et platin-rhodium-pyrometerelement. Efter at stykkerne var avkjølet til værelsets temperatur, blev de veiet og saa lagt ned i vand i 48 timer, avtørret med et haandklæde paa overflaten og atter veiet. Absorbert vand bestemtes som differance mellem det brændte lerstyckes vegt mættet med vand og sammes vegt i tør tilstand. Absorbti<sup>o</sup>nen blev utregnet i procent av det tørre, brændte lerstyckes vegt. De opnaatte resultater er opstillet i en grafisk fremstilling, hvor vandmængderne i massen er avsat som abscisser og absorbti<sup>o</sup>nstillene som ordinator. Man faar paa denne maate en kurve, som angir den angjældende brændte leres vegt-porøsitet ved forskjellige vandmængder i den raa lermasse.



Tabel 2.

Porositetstal for lere brændt ved 900° C. og fremstillet av lermasse med tiltagende vandindhold.

Dele vand pr. 100 dele lufttørret lere	Lere nr. LIII-10 fra Nynes Teglværk	Lere nr. XXIII fra Aarum Teglværk	Lere nr. 206 fra Moland Lille-sand	Lere nr. LXVIII-24 fra Opdals Teglværk	Lere nr. LXIV-24 b fra Fløind	Lere nr. LXVI-22 fra Ranviken Teglværk	Gjennomsnitstal for disse lerer
0	31,07	23,04	22,22	24,02	24,93	25,96	25,21
4	23,90	20,82	20,65	24,19	25,14	25,69	23,40
8	21,47	21,28	19,93	25,28	24,43	26,81	23,20
12	20,26	19,89	19,39	24,25	24,29	26,80	22,64
16	19,26	19,80	17,78	22,94	23,24	26,95	21,66
20	18,55	18,77	18,11	19,07	19,36	21,49	19,39
24	19,88	20,08	18,17	17,72	19,86	19,41	19,19
28	20,37	19,55	19,32	18,72	20,25	18,42	19,44
32	21,11	20,80	19,17	18,27	20,28	19,79	19,90
36	21,12	20,57	20,92	17,31	21,11	20,48	20,25
40	21,49	19,70	20,97 <sup>1</sup>	17,06	21,35	20,56 <sup>1</sup>	20,19
44	21,39	20,80	-	18,26 <sup>1</sup>	20,05 <sup>1</sup>	-	20,12
48	21,95	20,76 <sup>1</sup>	-	-	-	-	-
52	21,39	-	-	-	-	-	-
56	22,39	-	-	-	-	-	-
60	20,96 <sup>1</sup>	-	-	-	-	-	-

Lere nr. LIII-10 — ekstra fet lere.  
 " " LXVIII-24 — fet " "  
 " " XXIII — " "  
 " " LXIV-20 b — halvfet " "  
 " " 206 — mager " "  
 " " XLVI-22 — meget mager "

Av den grafiske fremstilling Pl. III vil fremgaa at de undersøkte brændte lerers vandabsorbtiøsevne er meget forskjellig og varierer hos en og samme lere med vandindholdet i den raa lermasse.

Som almindelig regel gjælder at for brændte lerer faar man avtagende vandabsorbtiøstal ved tiltagende vandmængde i den

<sup>1</sup> Lermassen flytende.

raa lermasse, indtil man ved et vandindhold paa mellem 12 og 20 pct. (afhængig av vedkommende leres fethetsgrad) faar minimum av vandabsorbtion (porøsitet).

Økes vandindholdet i raamassen utover disse procentuale grænser, begynder atter porøsiteten hos den brændte lere at stige; dog naar den selv ikke ved flytende masse den høide, som den har ved tør masse.

Minimum av porøsitet faaes ved at brænde sten av en masse hvis vandindhold ligger noget under det, som motsvarer vedkommende leres normalkonsistens.

Man kan saaledes i henhold til disse undersøkelser sige:

*En lere har minimum av porøsitet i brændt tilstand ved et bestemt vandindhold i den lermasse, som anvendes ved fremstillingen, og denne grænse er afhængig av leres fethetsgrad.*

### **Porøsitet hos brændt lere,**

**hvor raalerestykkerne er fremstillet med samme vandindhold og samme tryk for hver enkelt leres vedkommende, men brændt ved forskjellige temperaturer.**

Til denne prøve blev tat lere nr. LIII—10 fra Nynes teglverk, lere nr. 219 fra Røken teglverk og lere nr. 220 ogsaa fra Røken teglverk. Lermasserne blev godt utknadd i en æltemaskine, saaledes at man fik en saavidt mulig ensartet masse til formningen av prøvestykkerne, hvis størrelse var:  $8.2 \times 4.2 \times 2.1$  cm.

Av hver lere blev der saa uttat et prøvestykke, og disse blev brændt samtidig i en elektrisk muffelovn. Brændingens varighet, efterat angjældende temperatur var naadd, var 12 timer, hvorefter ovnen blev avkjølet til værelsestemperatur i løpet av 12 timer.

Efter at stykkerne var avkjølet, blev de veiet, lagt ned i et kar med vand i 48 timer, og atter veiet.

Vandabsorbtionen (vegtporøsiteten) blev derefter utregnet.

Porøsiteten hos disse lerer blev bestemt ved følgende brændtemperaturer: 15, 110, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 og 1050° Celsius.

Tabel 3.

*Porositetstal (vegtprocent) for brændt lere.*

Brændtemperatur Celsius	Lerprøvens nr. og sted hvorfra indsamlet			Middeltal av undersøkelserne	Anmerkninger
	LIII-10 Nynes	219 Røken	220 Røken		
15	18,10	15,46	16,70	16,75	Lere nr. LIII-10 fra Nynes 24,24 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> vand i ler — massen — lerstykkerne presset ved 37,97 kg/cm <sup>2</sup> . Lere nr. 219 fra Røken Teglværk — 20,0 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> vand. i lermassen — lerstykkerne presset ved 39,33 kg/cm <sup>2</sup> . Lere nr. 220 fra Røken Teglværk — 21,87 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> vand. Lerstykkerne presset ved 11,07 kg/cm <sup>2</sup> .
110	19,44	16,66	18,33	18,14	
200	20,74	21,47	20,38	20,86	
300	19,48	21,16	20,96	20,53	
400	22,02	21,59	20,95	21,52	
500	21,23	22,71	21,40	21,78	
600	21,67	23,24	21,44	22,12	
700	22,24	23,35	22,00	22,53	
800	23,09	23,29	22,09	22,82	
900	23,12	22,31	20,88	22,10	
1000	21,06	18,32	16,75	18,71	
1050—1070	2,46	1,20	6,54	3,40	

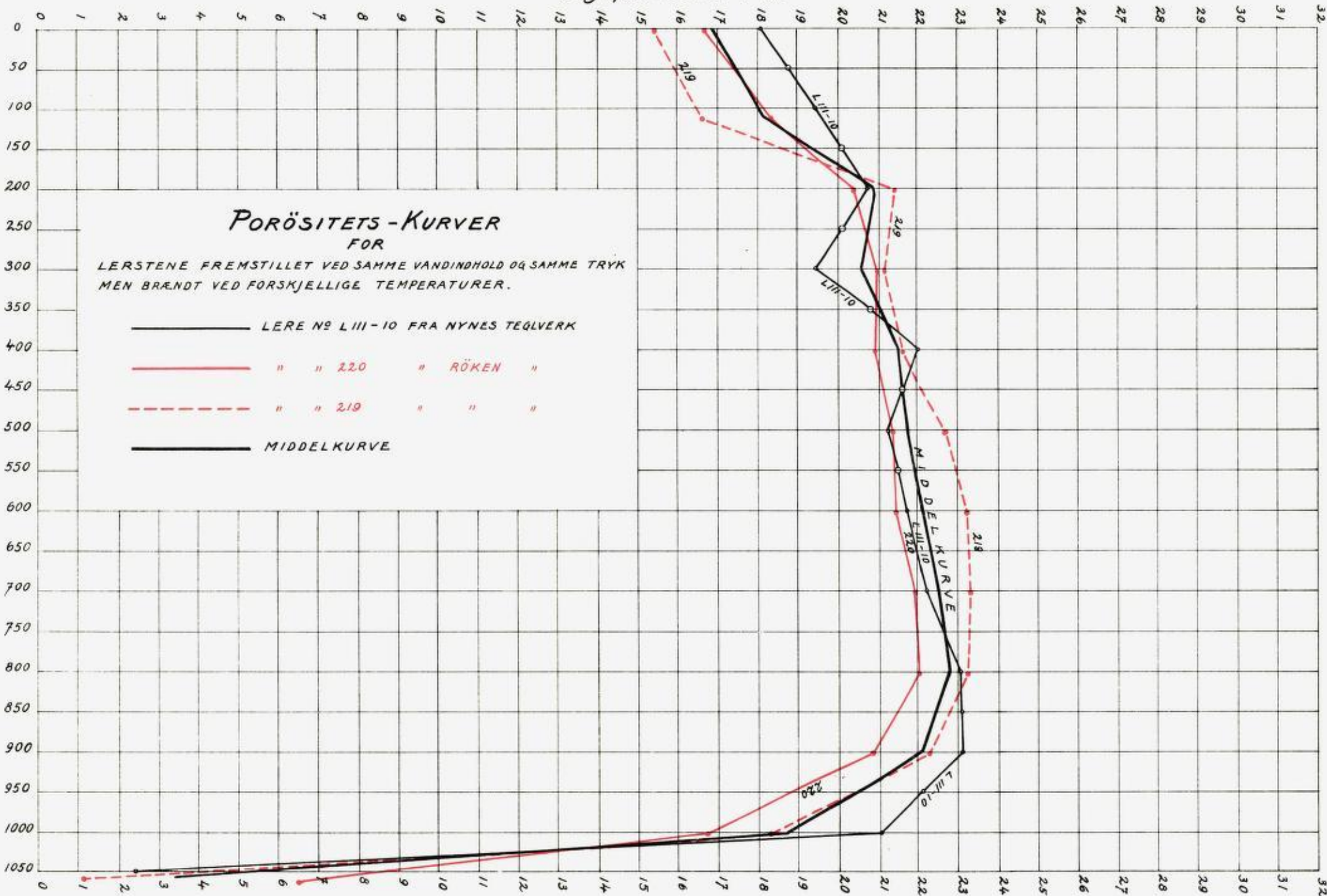
For bestemmelsen av porositeten hos prøvestykkerne ved lufttørring (15° C.), 110 og 200° C. blev anvendt petroleum, hvis specifikke vægt var bestemt paa forhaand, saa at man kunde omregne porositeten fundet ved anvendelse av petroleum til porositeten ved anvendelse av vand.

Resultatet av denne undersøkelse vil sees av tabel 3 og den grafiske fremstilling Pl. IV.

*Det fremgaar av denne at med stigende temperatur finder ogsaa en stigning av porositeten sted, indtil den brændte leres sintringstemperatur er naadd. Derefter mindsker porositeten sterkt og avtar hurtigt med tiltagende sintring.*

Vegtporösitet i %

BRÆNDTEMPERATURER I GRADER CELCIUS



## Formningstrykkets indflydelse paa en brændt leres porøsitet.

For at faa et overblik over hvordan det tryk man anvender ved formningen av f. eks. en mursten, influerer paa den brændte murstens porøsitet, blev følgende forsøk utført med lere nr. 220 fra Røken teglverk, Røken, og lere nr. 223 fra en utgravning i Kristianias utkant.

Lerestykkerne blev tilberedt med samme vandindhold i lere-massen for samtlige prøvestykker fra samme forekomst; lere nr. 220 hadde et vandindhold av 21.87 pct. og lere nr. 223 et vandindhold av 26.34 pct.

Prøvestykkerne for lere nr. 220 hadde følgende dimensjoner:  $8.2 \times 4.2 \times 2.1$  cm., og lere nr. 223:  $8.0 \times 8.0 \times 2$  til 1 cm. Prøvestykkerne blev formet i messingformer og sat under tryk ved hjelp av den tidligere omtalte oljetrykspresse. Trykket blev holdt konstant ved vedkommende størrelse, indtil alt vand, som kunde presses ut ved vedkommende tryk, var utpresset av leren. Til at samle op det utpressede vand var der lagt ind filtplater i formen, saavel under som over leren.

Samtlige prøvestykker (av hver lere) blev efter at være lufttørret brændt i en elektrisk muffelovn (for lere nr. 220 ved  $800^{\circ}$  C. i 5 timer og for lere nr. 223 ved  $890^{\circ}$  i 12 timer). Temperaturen blev maalt ved hjelp av et platin-rhodium pyrometer samt et selvregistrerende millivoltmeter, hvor temperaturen kunde avlæses med en nøiagtighet av  $\pm 5^{\circ}$  C.

Efter at prøvestykkerne var avkjølet blev de veiet, og saa lagt i vand i 24 timer. Vegten blev derefter bestemt for lere-stykkerne i vandmættet tilstand.

Porøsiteten for hvert enkelt prøvestykke blev utregnet efter dets vekt i vaat og tør tilstand.

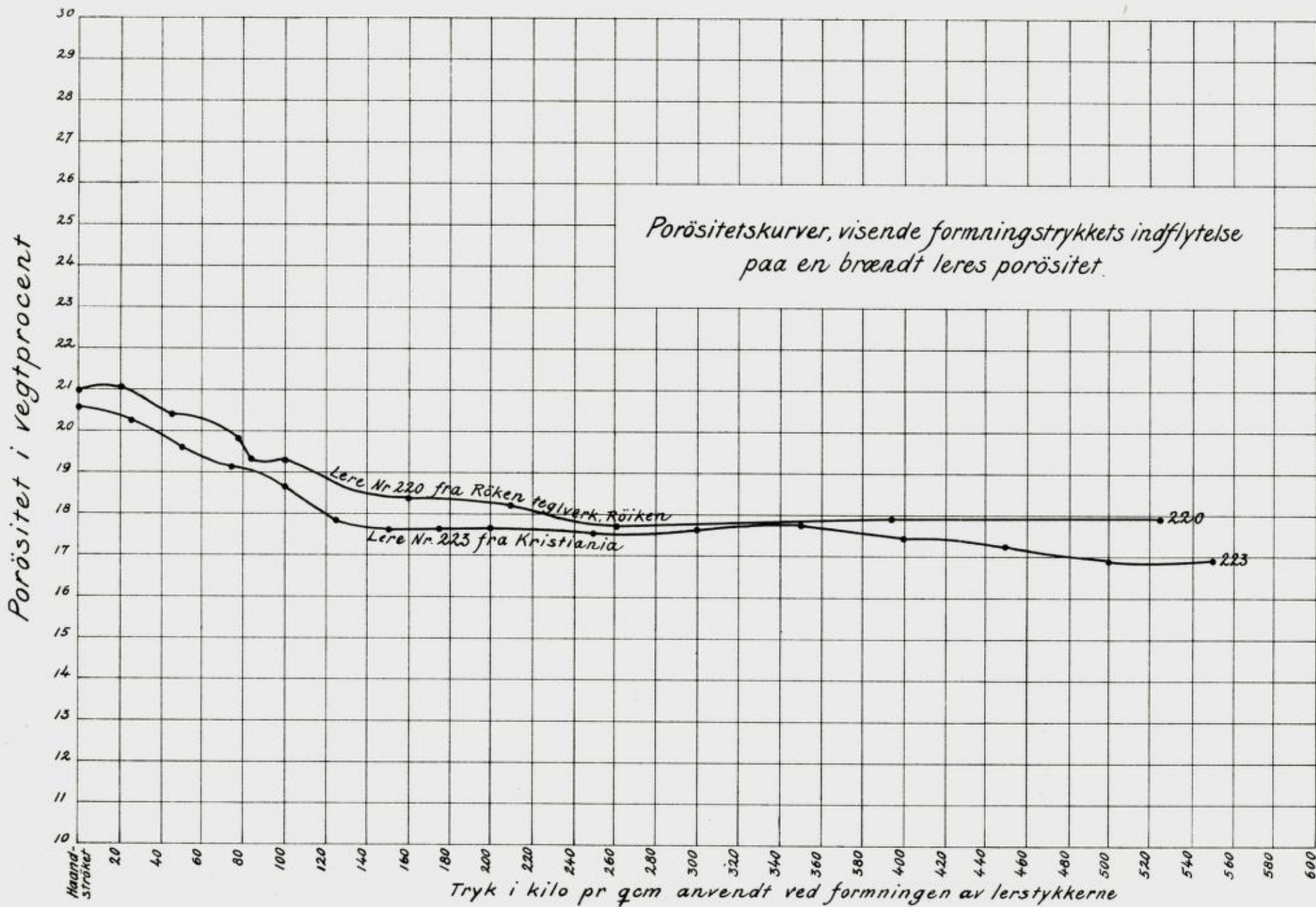
Resultatene av disse 2 forsøk findes i tabel 4 og vil sees av den grafiske fremstilling Pl. V.

Det fremgaar av undersøkelsen at selv et ganske stort tryk under formningen ikke har nogen avgjørende betydning for de brændte lergjenstands porøsitet.

Til forstaaelse av dette resultat kan man henvise interesserte til »Die physikalisch-technische Untersuchung kerami-

Tabel 4.  
*Formningsstrykkets indflydelse paa en brændt leres porositet.*

Leren nr. 223 fra Kristiania				Leren nr. 220 fra Røken teglverk			
Prøvestykkerne fremstillet med samme vandindhold i raaeren, men ved forskjellig tryk				Prøvestykkerne fremstillet med samme vandindhold i raaeren, men ved forskjellig tryk			
Vandindhold i lermassen i 0,0	Brændtemp. i 12 timer	Anvendt tryk i kg. pr. cm <sup>2</sup> . ved formningen	Porositet i vegtprocent	Vandindhold i lermassen i 0,0	Brændtemp. i 12 timer	Anvendt tryk i kg. pr. cm <sup>2</sup> . ved formningen	Porositet i vegtprocent
26,34	800° C.	Haandstroket	20,59	21,87	800° C.	Haandstroket	21,00
"	"	25	20,26	"	"	22,33	21,11
"	"	50	19,60	"	"	45,00	20,42
"	"	75	19,16	"	"	78,30	19,83
"	"	100	18,70	"	"	84,17	19,30
"	"	125	17,84	"	"	99,85	19,31
"	"	150	17,66	"	"	159,37	18,39
"	"	175	17,68	"	"	211,00	18,20
"	"	200	17,65	"	"	263,90	17,71
"	"	250	17,55	"	"	394,37	17,92
"	"	300	17,77	"	"	526,30	27,93
"	"	350	17,68				
"	"	400	17,44				
"	"	450	17,26				
"	"	500	16,93				
"	"	550	16,88				



scher Kaoline« av *Johannes Stark* (Barths Verlag, Leipzig, 1922), hvor professor Stark fremkommer med en ny teori om fete lerers og kaoliners plastiske og klæbende egenskaper og deres porositetsforhold.

## Trykfasthet av raa og brændt lere.

For at bestemme trykfastheten for lerer og teglsten blev der av hver lerprøve forarbeidet 6 lerstykker av størrelse  $7.9 \times 4.2 \times 2.50$  cm. Av disse 6 stykker blev de 3 efter at være lufttørret til konstant vegt brændt i en elektrisk muffelovn ved  $900^{\circ}$  C. i 12 timer, hvorpaa stenene avkjølte i ovnen i 12 timer, indtil værelsestemperatur opnaades.

De lerer, som blev anvendt, blev knadd godt og der bruktes en vandtilsætning til leren svarende til dennes normalkonsistens. Normalkonsistenstilstanden valgtes fordi lererne ved denne har en ensartet konsistens, og derved vilde man for de forskjellige lerer opnaa resultater, som kunde sammenlignes direkte. De fundne resultater vil derfor gi et billede av vedkommende leres større eller mindre brukbarhet f. eks. til husbygning m. m.

De to tabeller gir de fundne trykfasthetstal for brændt og ubrændt lere (uttrykt i kg. pr.  $\text{cm}^2$ ).

Tallene angir middeltallet av de fundne trykfastheter for de 3 brændte og 3 ubrændte stykker av vedkommende lere.

Til bestemmelsen av trykfastheten anvendtes en oljepresse, som kunde gi et tryk paa op til 50 000 kg.s størrelse.

Som det vil fremgaa av tabellerne, er trykfastheten hos de norske lerer meget varierende, og det synes at være paa sin plads at anbefale, specielt for større bygg med stor belastning, at faa undersøkt den anvendte teglstens trykfasthet.

Til sammenligning opføres de tyske normer for murstens trykfasthet:

klinker	350 kg./ $\text{cm}^2$ .
haardbrændt mursten	250 > >
mursten 1 sortering	150 > >
mursten 2 sortering	100 > >



Tabel nr. 5.  
Leren brændt ved 900° C.

Lerens nr.	Lerens betegnelse	Zone	Trykfast i kg/cm <sup>2</sup> .
VII	Isocardialere .....	Primær	429,1
LIII—10	Interglacial koldtvandslere	— — —	365,2
XI	Isosardialere .....	— — —	359,9
LI—8	Interglacial koldtvandslere	— — —	355,2
IV	Yoldialere .....	— — —	335,2
221	— — —	— — —	331,5
XII	Yoldialere .....	— — —	329,5
XLI	Isocardialere .....	— — —	326,3
XIII	— — —	— — —	323,0
XLIII	Yoldialere .....	— — —	308,7
XXXI	— — —	— — —	306,0
XXXII	Isocardialere .....	— — —	299,7
XVII	— — —	Sekundær	288,0
222	— — —	Primær	286,3
XXXV	— — —	Sekundær	284,3
XVIII	— — —	— — —	267,2
XXXIX	— — —	Over hele bruddet	267,0
XXVIII	Portlandialere .....	Primær	262,5
V	Isocardialere .....	Sekundær	253,6
XLVIII—5	Koldtvandslere .....	Over hele bruddet	252,3
XLIV—1	Yoldiaførende lere .....	Sekundær	238,8
LIX—16	Tilsv. yngre Portlandialere	— — —	233,8
XLII	Yngre Portlandialere .....	— — —	226,7
XIV	Isocardialere .....	Primær	213,5
XXII	Arcalere .....	— — —	210,1
L—7	Interglacial koldtvandslere	— — —	202,9
VI	Isocardialere .....	Primær, litt paa virk. av forvitring	201,5
XXXXVII	Yngre Portlandialere .....	Over hele bruddet	193,0
XV	Isocardia .....	Sekundær	190,0
XLVII—4	Koldtvandslere .....	Over hele bruddet	167,4
XLV—2	— — —	Sekundær	123,3
217	— — —	— — —	120,6
LV—12	Morænelere .....	Mindre sek. om- vandlet	111,1
XXXVII	Yngre Portlandialere .....	Sekundær	103,0
LVIII—15	Sidemorænegrus, lerblandet	— — —	8,0

Tabel nr. 6.  
Leren lufttørret til konstant vegt.

Lerens nr.	Lerens betegnelse	Zone	Trykfasthet i kg/cm <sup>2</sup>
XI	Isocardialere .....	Primær	103,8
XIII	-----	-----	100,4
XXXI	Yoldialere .....	-----	99,6
XXXII	Isocardialere .....	-----	95,6
LIX—16	Tilsv. yngre Portlandalere.	Sekundær	95,0
LIII—10	Interglacial koldtvalsere	Primær	90,8
VIII	Isocardialere .....	-----	87,1
XVIII	-----	Sekundær	83,9
LI—8	Interglacial koldtvalsere	Primær	83,3
XLIII	Yoldialere .....	-----	82,8
XII	-----	-----	80,4
XV	Isocardialere .....	Sekundær	79,9
L—7	Interglacial koldtvalsere	Primær	77,8
XXXV	Isocardialere .....	Sekundær	76,8
IV	Yoldialere .....	Primær	75,8
V	Isocardialere .....	Sekundær	75,3
XLVIII—5	Koldtvalsere .....	Over hele bruddet	74,8
XIV	Isocardialere .....	Primær	71,8
XLI	-----	-----	70,3
XXXIX	-----	Over hele bruddet	70,2
XLII	Yngre Portlandalere .....	Sekundær	68,5
VI	Isocardialere .....	Primær, litt paavirk. av forvitring	68,3
XLIV—1	Yoldiaførende lere .....	Sekundær	67,8
XVII	Isocardialere .....	-----	67,8
XLVII—4	Koldtvalsere .....	Over hele bruddet	61,0
222	-----	Primær	60,8
217	-----	Sekundær	59,9
221	-----	Primær	58,0
XXII	Arcalere .....	-----	57,4
XXXVII	Yngre Portlandalere .....	Sekundær	56,5
LV—12	Morænelere .....	Mindre sek. om- vandlet	54,6
XLV—2	Koldtvalsere .....	Sekundær	54,0
XXVIII	Portlandalere .....	Primær	50,9
XXXVII	Yngre Portlandalere .....	Sekundær	43,5
LVIII—15	Sidemorænegrus, lerblandet		0

Sammenligner man de fundne resultater med disse normer, vil man se at de fleste norske lerer allerede ved en brændtemperatur av 900° C. opnaar en trykfasthet, som ligger over de tyske normer for mursten av første sortering. Det synes derfor ikke at være nødvendig at drive temperaturen i teglverksovnene syn-derlig høiere op, da dette kun kan ske med et ganske betragte-  
lig merforbruk av brændstof. Undersøkelserne over vand-absorbtiøsevne hos brændt lere viser ogsaa at lernerne brændt ved 900° C. har noget mindre porøsitet end de som er brændt ved 1000° C., under forutsætning av at sintring ikke er begyndt ved denne sidste temperatur. Vi skal i næste avsnit vise, hvor-  
dan en brændt leres trykfasthet varierer med stigende brænd-temperatur.

### **Trykfasthet hos lerer brændt ved for- skjellige temperaturer.**

For at kunne faa et overblik over hvordan en leres tryk-  
fasthet er avhængig av den temperatur vedkommende lere er  
brændt ved, blev følgende forsøk utført.

Av vedkommende lere blev der forarbeidet prøvestene av  
størrelse  $8.1 \times 4.2 \times 2.1$  cm. Disse stykker blev formet i en  
messingform for haanden, saaledes at prøvestykkerne skulde  
motsvare haandstrøkne murstene. Efter formningen blev prøve-  
stykkerne lufttørret til konstant vekt og brændt i 12 timer ved  
de temperaturer, som blev anvendt ved forsøket.

Trykforsøkene blev utført for prøvestykker brændt ved  
110, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000° Celsius samt for  
lufttørrede prøvestykker.

De i tabel 7 anførte tal angir de fundne trykfastheter, som  
middelværdi av trykfasthetene for 3 prøvestykker brændt ved  
angjældende temperatur.

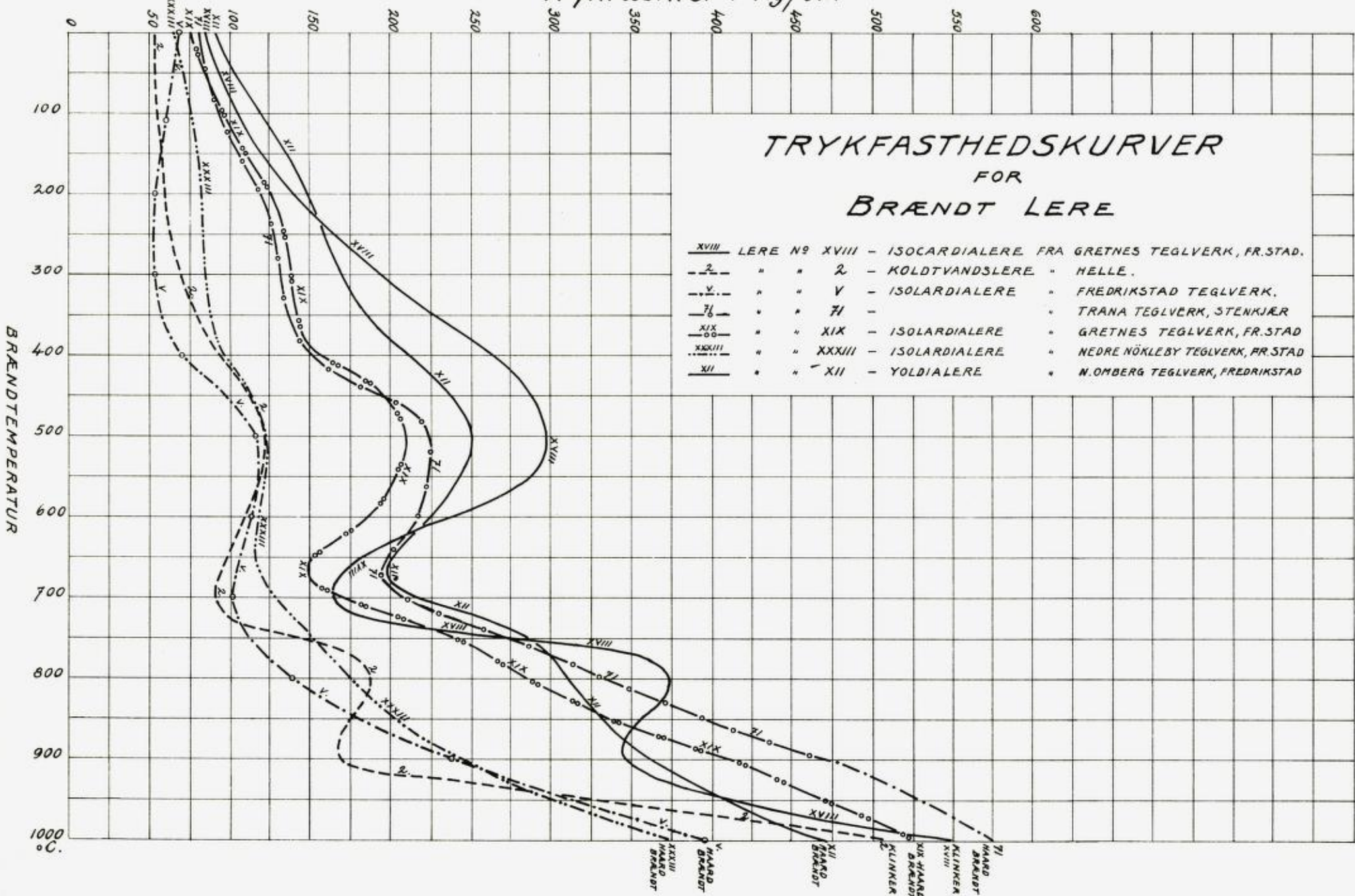
De fundne resultater er optegnet grafisk Pl. VI, og herav  
vil man kunde se, at trykfastheten varierer sterkt med de for-  
skjellige temperaturer.

Som man skulde vente, er den mindst for de prøvestykker  
som kun er lufttørret. Den stiger saa ved stigende temperatur

Trykfasthet i Kg/cm<sup>2</sup>

### TRYKFASTHEDSKURVER FOR BRÆNDT LERE

XVIII	LERE N <sup>o</sup> XVIII	- ISOCARDIALERE	FRA GRETNES TEGLVERK, FR. STAD.
2	" "	2 - KOLDTVANDSLERE	" HELLE.
V	" "	V - ISOLARDIALERE	" FREDRIKSTAD TEGLVERK.
71	" "	71 -	" TRANA TEGLVERK, STENKJÆR
XIX	" "	XIX - ISOLARDIALERE	" GRETNES TEGLVERK, FR. STAD
XXXIII	" "	XXXIII - ISOLARDIALERE	" NEDRE NØKLEBY TEGLVERK, FR. STAD
XII	" "	XII - YOLDIALERE	" N. OMBERG TEGLVERK, FREDRIKSTAD



71 MAAND BRÆNDT  
 XVIII KLINKEK  
 XIX MAAND BRÆNDT  
 KLINKEK  
 V MAAND BRÆNDT  
 XXXIII MAAND BRÆNDT  
 2 MAAND BRÆNDT

Tabel nr. 7.  
Trykfasthet i kg. pr. cm<sup>2</sup>.

Lerens nr.	Lerens findested	Luft-tørret	Brændtemperatur i grader Celsius									
			110°	200°	300°	400°	500°	600°	700°	800°	900°	1000°
XVIII	Gretnes .....	85,0	140,5	192,5	262,5	297,5	235,9	165,1	372,5	343,8	547,5	
2	Helle .....	54,1	59,9	70,0	92,5	122,6	110,1	90,6	189,3	168,5	536,4	
V	Fredrikstad .....	67,8	60,0	58,9	70,3	116,1	113,6	102,8	140,0	280,9	392,0	
XIX	Gretnes .....	76,7	97,5	128,8	138,7	154,4	209,7	188,9	151,6	411,9	525,3	
XXXIII	N. Nøkleby .....	64,9	75,1	84,4	85,2	96,3	124,2	118,3	121,7	162,4	374,8	
71	Trana .....	79,8	95,1	121,6	132,4	153,6	224,1	217,8	195,5	301,4	575,1	
XII	N. Omberg .....	90,8	122,4	150,9	168,8	214,2	250,2	226,2	198,1	299,9	474,1	

og naar et *maksimum* ved ca. 500 C., for saa at minske ganske betydelig ved en fortsat stigning av brændtemperaturen, og naar et *minimum* av fasthet ved ca. 700° C. Fra denne temperatur av stiger den raskt indtil den naar *maksimum*, naar lererne er brændt til delvis sintring. Hos enkelte lerer vil man finde at trykfastheten avtar noget i intervallet 900° til 950° C., d. v. s. ved en temperatur som ligger like under temperaturen for begyndende sintring. Denne avtagen i trykfastheten hos enkelte lerer skyldes en blæredannelse i materialet like før sintringen indtræder.

Det viste sig ved forsøkene at de kiselsyrerikeste lerer (Si O<sub>2</sub>-indholdet blev bestemt ved analyser, som vil bli offentliggjort senere) ikke har en saa stor forskjel i trykfastheterne for stykker brændt ved temperaturer mellem 500 og 800° C., som de mindre kiselsyrerike. Jo fetere leren er, jo høiere vandmætningsgrænse eller jo høiere plasticitetstal den har, desto mere utpræget blir forskjellen i trykfasthet ved de forskjellige temperaturer.

For samtlige undersøkte lerer fremgik det dog tydelig at *de alle har et minimum av trykfasthet, naar de brændes ved ca. 700 Celsius. Denne temperatur maa derfor sies at være en for lerbrændingen kritisk temperatur.*

Ser man hen til en av de undersøkte lerer, f. eks. nr. XVIII, vil man iagtta, at den ved 500° C. har en fasthet av 297.8 kg./cm<sup>2</sup>., mens den ved 700° C. kun besidder en fasthet av 165.2 kg./cm<sup>2</sup>. Fastheten ved 700° er saaledes bare ca. 55 pct. av fastheten ved 500° C. Undersøkelsen viser at man ved de fete og ekstrafete lerer allerede ved 500° C. opnaar en trykfasthet som er større end den der forlanges f. eks i de tyske og østerrikske normer for en 1-sorterings mursten. Paa den anden side minsker fastheten ved 700° C. saa meget at flere lerer her ikke opfylder fordringerne til en 1-sorterings mursten.

*Det ser efter denne undersøkelse ut til at man av de fete og ekstrafete lerer allerede ved brænding ved 500 C. skulde kunne faa en til visse anvendelser fuldt brukbar bygningssten.*

Undersøkelser av disse steners holdbarhet overfor veirets indvirkning efter Glaubersaltmetoden synes ogsaa at vise at man ved 500° C. skulde kunne fremstille en billigere sten, som kunde

finde praktisk anvendelse. Da man her ikke behøver en højere temperatur end 500° C., kan kanskje den mulighed komme i betragtning at man kunde brænde stenene i elektrisk modstandsovn. Selvfølgelig maatte man ved bruken av disse stener ogsaa anvende en ydre, beskyttende kalkcementpuds, likesom for den mursten som nu forekommer i handelen.

For at faa et overblik over hvorvidt brændtiden kunde spille nogen rolle med hensyn til trykfastheten ved en brændtemperatur av 500° C., blev følgende forsøk utført: Der blev av en lere (nr. VIII fra Kjølbjerg Teglværk) forarbeidet 10 prøvestykker av størrelse  $8.3 \times 4.2 \times 2.1$  cm., og 5 av disse blev brændt ved 500° C. i 48 timer, de andre 5 ved samme temperatur i 6 timer. Den gjennomsnittlige trykfasthet ved 48 timers brænding utgjorde 202.6 kg. pr. cm<sup>2</sup>., ved 6 timers brænding 203.6 kg. cm<sup>2</sup>.

Herav vil fremgaa:

Ved brænding av mursten ved 500° C. synes brændtiden ikke at spille nogen væsentlig rolle for trykfastheten, idet denne efter 6 timers brænding er omtrent den samme som efter 48 timers.

Man kan saaledes i dette tilfælde indskrænke brændtiden til det antal timer, som er nødvendig for at faa en helt gjennombrændt sten ved 500° C. Denne tid vil ved almindelig murstensstørrelse variere mellem 6 og 10 timer alt efter lerens beskaffenhet.

Det næste forsøk blev utført for at paavise hvor meget trykfastheten hos en mursten, brændt ved 500° C. formindskes, om stenen blir helt vaat. Dette kan jo ofte indtræffe baade paa byggepladsen og ved teglværket, hvor murstenene ikke lagres under tak; selvfølgelig ogsaa i murvægge som er utsat for regn eller anden fugtighet. Tabel nr. 8 gir de fundne resultater. Prøvestenen laa i vand i 48 timer.

For sammenlignings skyld blev samme prøve utført med lerer brændt ved 900° C.

Prøven viser at en murstens trykfasthet avtar, tildels ganske betydelig, naar stenen blir vaat, baade ved de stener som er brændt ved 500° C. og ved dem, som er brændt ved 900° C. Den gjennomsnittlige avtagen i trykfasthet for stene brændt ved 900° C. utgjør 38.48 pct. og for de, som var brændt ved 500° C.

Tabel nr. 8.

Lerens nr.	Lerens findested	Brændtemp.	Trykfasthet i kg cm <sup>2</sup> .		Avtagen i trykfasthet kg cm <sup>2</sup> .	Avtagen i trykfasthet i procent	Trykfasthet efter atter at være torret til konst. vægt
			tør	vaat			
53	Baklandets Teglverk .	900	342,7	169,3	173,4	50,6	325,8
56	Strindens Teglverk . .	900	468,8	377,0	91,8	19,6	452,3
60	Lundemo Teglverk . .	900	280,2	177,0	103,0	36,8	268,7
61	Lundemo Teglverk . .	900	342,4	139,5	202,9	59,3	270,8
62	Horg . . . . .	900	344,2	254,4	89,8	26,1	340,1
XXXI	S. Ombergs Teglverk .	500	188,1	76,6	111,5	59,2	171,2
IV	Framnes, Jeloen . . . .	500	185,6	79,5	109,1	58,2	170,5
2	Helle . . . . .	500	121,3	46,7	74,6	61,5	120,8
XXXIII	N. Nøkleby Teglverk .	500	123,8	22,6	101,2	81,8	82,7
XXXIX	Stormoen Teglverk . .	500	145,6	41,5	104,1	71,5	132,9

66,4 pct. Det vil herav fremgaa, hvilken stor betydning det har for en murstens fasthet, om den er tør eller vaat.

Ved tørring av mursten efterat den har været vaat, tiltar atter trykfastheten; dog ligger den noget under, hos enkelte mursten tildels meget under den trykfasthet den hadde før den blev utsat for fugtighed. Enkelte forsøk har været utført med almindelige murstensprøver fra teglverker og ogsaa disse prøver viser at trykfastheten avtar naar murstenen blir helt gjennemvaat. Enkelte haardbrændte stene beholder dog sin trykfasthet selv naar de er gjennemtrukket med vand. Resultatet av endel av disse sidste forsøk vil findes i tabel 8 a.

Man maa som en almindelig regel si at al mursten saavel ved lagring ved teglverk som paa byggepladsen bør beskyttes mot regn og sne, idet trykfastheten ellers kan bli tildels betragtelig nedsat.

Interesserte henvises til »Mitteilungen aus dem Materialprüfungsamt zu Berlin-Lichterfelde West« — utgit av Königliche Aufsichts-Kommission (2det og 3de hefte, Berlin, Julius Springer, 1916).

Disse »Mitteilungen« fremlægger resultatet av en række forsøk utført med tyske mursten for at bestemme blandt andet trykfastheten i tør og vaat tilstand samt efterat stenene var



Tabel nr. 8 a.

Trykfasthet av mursten i tør, vaat og etter tørret tilstand.

Prøvestenens		Trykfasthet i kg ccm.			Forhold	
midlere dimen- sioner i cm.	brændingsgrad	tør I	mættet med vand	tørrelefter at den først var vand- mættet II	vand-	tør II
					mættet tør I	tør I
8,0 × 11,5 × 6,0	Lysbrændt	172,6	118,1	139,9	0,68	0,81
8,0 × 11,5 × 6,0	Middelsbrændt	320,3	205,4	236,4	0,64	0,74
8,0 × 11,0 × 6,0	Haardbrændt	313,8	296,3	301,7	0,94	0,96
7,2 × 10,0 × 6,0	Meget haardbrændt	592,1	513,9	588,2	0,87	0,99
7,7 × 11,2 × 6,0	Middelsbrændt	333,2	300,8	312,9	0,90	0,94
7,0 × 11,5 × 6,0	Middelsbrændt	351,4	298,1	331,7	0,85	0,94
8,0 × 11,5 × 6,0	Lysbrændt	180,1	130,2	153,6	0,73	0,85
8,0 × 11,0 × 6,0	Middelsbrændt	312,4	287,1	295,9	0,92	0,95

underkastet frysning. Resultatene av de tyske forsøk viser overensstemmelse med de resultater vi har fundet for norske mursten.

Til disse forsøk blev de indsendte prøvestene saget over i 3 like store stykker; av disse blev de 2 lagt ned i vand, hvor de laa i 48 timer. Trykfasthetsproven i vaat tilstand blev utført med det ene stykke. Det andet stykke blev lufttørret til konstant vekt, hvorefter dets trykfasthet blev bestemt.

## Vandutpresningsforsøk.

For at komme til klarhet over, om det ved anvendelse av tryk kunde presses ut vand (ikke kemisk bundet) av lerer har vi anstillet en række forsøk. Fremgangsmaaten ved forsøkene skal nedenfor beskrives i korthet.

Til presningen blev anvendt en oljepresse fra Chemisches Laboratorium für Tonindustrie i Berlin. Med denne presse kunde der opnaaes et prestryk av indtil 50 000 kilo paa en flate av størrelse 13 × 13 cm. Som presform anvendtes en messingform med indvendige dimensioner 8,0 × 8,0 cm. og en dybde

av 8 cm. Den hadde en fast og en bevægelig bund, som var nøiagtig indslipt i formen. Som presstempel anvendes et messingstykke, ogsaa nøiagtig indslipt. Tykkelsen av messingformens vægger var 2.2 cm. Den lere som skulde anvendes, blev knadd godt sammen i sin naturlige tilstand eller tørret til konstant vekt og knust, hvorefter det nødvendige vand tilsattes med en byrette.

Efterat leren var godt sammenknadd, saa den var blit homogen, blev der uttat en prøve paa 150—300 gram, som blev veiet og hensat i tørreskap i 48 timer. Tørreskapet blev holdt paa en konstant temperatur av 110° C. Efter avkjøling i eksikkator blev leren atter avveiet. Differansen viser saaledes den mængde vand leren har avgit ved tørring eller med andre ord lerens vandindhold. Dette blev omregnet i procent av lerens oprindelige vekt. Tallene i tabel nr. 9 angir saaledes vektprocent vand i den ved forsøket anvendte lere.

Paa bunden av formen anbragtes 4—5 lag lufttørret filt. Ovenpaa disse lagdes leren (samme lere, hvorav prøve var uttat til bestemmelse av dens procentuale vandindhold). Leren blev utjevnet i formen, og over leren blev anbragt 5—6 lag filt; derefter sattes presstemplet paa, og det hele blev stillet i oljepressen. Leren blev nu sat under det for forsøket valgte tryk, som holdtes konstant, indtil manometret ikke længere viste tendens til at synke. Efterat presningen var over, blev leren tat ut av formen, og et stykke av den paa 200—300 gram avveiet og hensat til tørring i tørreskap ved 110° C. i 48 timer; derpaa avveiedes leren atter, efter at den i eksikkator hadde antat værelsets temperatur. Differansen angir vandindholdet i den pressede lere. Dette findes uttrykt i procenter, og differansen mellem raalerens og den pressede leres procentuale vandindhold, angir det vand (i vektprocent) vedkommende lere mistet ved forsøket. Til flere av forsøkene anvendtes en lere fra Kristiania undergrund (ved Nationalteatret) med vekslende vandindhold; leren blev ogsaa presset ved forskjellige tryk gjennom varierende tidsrum. Prøve nr. 12 utført med lere nr. 51 fra Trondhjems aktieteglverk, prøve nr. 11 utført med lere nr. XXXV fra Ringvold teglverk, prøve nr. 13 med lere fra Helle teglverk, prøve nr. 14 med lere nr. XXXV fra Ringvold teglverk.

Tabel nr. 9.

For- søks- nr.	Vandind- hold i raaleren i °o	Vandind- indhold i den pres- sete lere i °o	Anvendt tryk i kg/cm <sup>2</sup> .	Anvendt tid for presnin- gen i minutter	Værelse- temp. under forsøket i ° C.	Utpresset vand i °o
1	26,80	18,16	26,93	5	19	8,64
2	29,30	23,16	7,81	10	19	6,14
3	36,99	20,08	71,11	1/2	20	16,91
4	27,91	15,32	78,30	1	20	15,32
5	35,56	19,17	63,00	1	19	16,39
6	23,60	17,22	78,30	20	19	6,38
7	25,90	18,58	{ 39,45 62,46	10 5	19 <sup>1</sup> 2	7,32
8	25,60	17,59	602,4	15	20	3,01
9	28,13	{ 22,02 19,80	10,47	20	20	{ 6,11 8,33
10	20,04	12,44	47,14	140	15	7,60
11	38,64	26,18	0,353	2 dogn	16	12,46
12	28,39	19,91	0,353	2 -	17	8,48
13	32,27	28,65	0,353	1 -	17	3,62
14	34,13	25,55	0,434	2 -	17	8,58

Resultatene vil fremgaa av tabel 9.

Forsøk nr. 9 blev utført paa en litt anden maate og beskrives derfor særskilt:

Leren blev tat slik som den var kommen fra findestedet (i en blikboks med lufttæt laag. Først bestemtes vandindholdet i leren i naturlig tilstand ved aa avveie en prøve som blev tørret i tørreskap i 24 timer ved 110° C. Lere fra samme boks og samme uttatte prøve blev nu anbragt i messingpresformen, idet der paa bunden av formen først blev lagt 5 lag med 6 mm. tyk filt, saa et 1½ cm. tykt lerelag og over dette 4 lag 6 mm. tyk filt. Formen blev derefter sat i pressen under et tryk av 670 kg. paa 64 cm<sup>2</sup>. (motsvarende et tryk av 10.47 kg. pr. cm<sup>2</sup>). Dette tryk holdtes konstant i 25 minutter. Derpaa aapnedes formen og et stykke av leren blev tat ut forat vandindholdet i det kunde bestemmes. Den gamle filt lagdes ind igjen, og trykket bragtes op i den tidligere høide, 10.47 kg./cm<sup>2</sup>. Da nu manometerverseren var blit stående stille ved dette tryk, blev

formens sider utsat for nogen korte, skarpe slag med en træklubbe. Viseren sank ved dette indtil 10 delestreker; saa bragtes trykket atter op i 10.47 kg./cm<sup>2</sup>. I tyve minutter fortsattes nu med regelmæssig hvert minut at banke paa formen og efter hver banking at bringe trykket op til sit gamle nivaa igjen. Efter 20 minutter blev forsøket avbrutt; en lerprøve blev paanytat ut av formen, og dens vandindhold bestemtes.

Det viser sig ved denne prøve, at hvis en lere som staar under konstant tryk blir utsat for gjentagne skarpe rystelser, saa avgir den vand.

Findes der en mulighet for at dette vand kan presses ut i omliggende sand eller lignende, vil lermassen sætte sig ved rystelsen, d.v.s. den synker sammen.

Forsøk nr. 4 blev utført paa følgende maate.

I bunden av presformen anbragtes et lag filt, ovenpaa dette 3 cm. Berlinernormalsand. Leren blev derefter fyldt i formen ovenpaa sanden, og over leren lagt 4 lag filt; saa sattes stemplet paa, og formen stilledes i oljepressen. Det viste sig at leren var trykket ind i sanden i en dybde av 12 til 18 mm. Sanden under dette lag var ufarvet av lere, men fugtig av vand.

Forsøk nr. 12 blev utført saaledes:

I bunden av presformen anbragtes et lag lufttørret filt 3 mm. tyk, ovenpaa denne et 10 mm. tykt lag lufttørret lere, hvis vandindhold blev bestemt til 1.78 pct. vektprocent; ovenpaa denne lere et 6 mm. tykt fillag og over dette et 45 mm. tykt lag lere med et vandindhold av 28.39 pct. Over dette lerlag atter et 6 mm. tykt fillag; trykstemplet blev sat paa og belastet med 20 kg. Dets egen vekt ugjorde 2.609 kg. Den samlede belasting blev saaledes 22.609 kg. Trykstemplets flate var 64 cm<sup>2</sup>.; trykket pr. cm<sup>2</sup>. lere utgjorde altsaa 0.353 kg.

Leren stod under dette tryk i 48 timer. Efter denne tid blev der tat ut prøver av de to lerer, og vandindholdet i disse blev bestemt paa vanlig maate. Den øverste leres vandindhold var 19.91 pct. Den hadde saaledes mistet 8.48 pct. av sit vandindhold. Den underste leres blev bestemt til 19.64 pct. Dens vandindhold var med andre ord steget med 17.86 pct. Av de fundne resultater vil fremgaa, at begge lerer ved trykforsøket avslutning hadde faat omtrent samme vandindhold, nemlig 19.91

og 19.64 pct. Den øverste lere var en mager fra Helle (Vestlandsserien); den underste var en lere fra Trondhjems teglverk og henhørte under de halvfete lerers gruppe.

Disse trykforsøk viser at en lere lettest avgir vand, naar den enten utsættes for en hurtig trykøkning eller tryk ledsaget av rystelser.

En lere, som utsættes for en hurtig trykøkning under gjentagne rystelser, vil avgi ganske store mængder av sit ikke kemisk bundne vand; derved vil lermasserne sætte sig, d.v.s. at lermassens volum formindskes, forutsat at det utpressede vand har mulighed for avløp.

## Plasticitet hos lerer og plasticiteten av brændt lermasse.

Alle lerer er til en viss grad plastiske; dog varierer plasticiteten meget sterkt. En mager lere er som regel litet plastisk, en fet lere mere plastisk. Plasticiteten er avhengig av vedkommende leres indhold av fint lerstof, og av dens øvrige indhold av finkornet materiel. Vi har uttrykt lerens plasticitet som differancen mellem lerens maksimale vandmætningsgrænse og normalkonsistensgrænse. Det saaledes fremkomne plasticitetstal vil i almindelighet ligge mellem 5 og 40 for de norske lerer. Efter plasticitetstallet har vi inddelt vore lerer i følgende grupper:

<i>Lergruppe.</i>	<i>Plasticitetstal.</i>
Ekstra fete lerer	> 35
fete lerer	30 — 35
halvfete lerer	20 — 29
magre lerer	10 — 19
ekstra magre lerer	5 — 9
sand, lerblandet	< 5

Vore undersøkelser (kfr. S. R. K. Publ. nr. 16) har vist at en lere kan være mager, selv om den er meget finkornet. Dette gjælder f. eks. de saakaldte kviklerer samt enkelte av vore vestlandske og nordenfjeldske lerer f. eks. nr. XLV—2 fra Helle, nr. LIV—11 fra Nygaard, Karmøen, XLV—3, XLII—4 fra Vaardal teglverk.

Lerens		Anmerkninger	Lærgruppe	Plastleitetals-	Maksimale vandmetningsgrænse	Flytegrænse	Normal-konsistensgrænse	Utrullingsgrænse	Farveomslagsgrænse
nr.	flindested								
53	Baklandets Teglverk, T.hjem	Graalere, sekundærzonen, antagelig postglacial.	Halvfete lerer	25,1	48,8	33,7	23,7	17,2	13,9
54	Trondhjems Aktieteglverk, T.hjem	Blaalere, primærzonen, arca- lere, glimmerførende. 12 m. o. havet.	Magre lerer	13,2	33,4	31,6	23,2	18,6	12,8
55	Strindens teglverk, Reit- gjerdet, T.hjem	Haard blaalere, primærzonen, portlandia arca-førende.	Ekstra fete lerer	36,8	62,8	39,6	26,0	19,8	14,4
56	Strindens teglverk, T.hjem	Blaalere, primærzonen, arca- førende. 100 m. o. havet.	Fete lerer	34,4	60,0	36,8	25,6	19,4	14,4
57	Strindens teglverk, T.hjem	Graalere, sekundærzonen.	Ekstra fete lerer	35,2	62,0	43,2	26,8	22,4	16,4
58	Strindens teglverk, T.hjem	Graalere, sekundærzonen.	— — —	37,2	69,6	47,2	32,4	27,6	15,2
59	Nidaros teglverk, Lade- moen, T.hjem	Proven en blanding av primær- og sekundærzonen.	Fete lerer	34,4	61,6	40,8	27,2	22,0	14,4
60	Lundemo Teglverk, Lun- demo st.	Nærmest arvalere, primærzo- nen. 52—62 m. o. havet.	— — —	30,0	60,8	40,0	30,8	25,4	16,8
61	Lundemo Teglverk, Lun- demo st.	Fastere yoldialere. 50—52 m. o. havet.	— — —	33,6	63,6	39,2	30,0	26,0	19,2
62	Lerrasene ved Hørg	Proven tat av den fasteste, feste lere i raset.	— — —	33,2	64,8	42,8	31,6	28,0	18,4
63	Gaasebak, Hølandet	Ferskvandslere, Morænelere fra ca. 240 m. o. havet.	Magre lerer	14,4	30,8	26,0	16,4	15,6	8,4

64	Gaarden Skaara ved Lau- genvandet, Børseskogn	12,4	27,4	28,0	41,2	45,6	17,6	Magre lerer	Arca, kviklere i Laugens nivåa.
65	Gaarden Skaara ved Lau- genvandet, Børseskogn	14,8	24,4	26,8	38,4	45,6	18,8	—	Proven tat 30 m. højere end prøve nr. 64, sekundærzonen, arcalere.
66	Ranheim Teglv. v. T.hjem	16,4	27,3	28,8	40,4	56,4	27,6	Halvfete lerer	Senglacial lere.
67	Tangen Teglværk, Stjør- dalen	16,4	22,4	27,2	37,2	48,8	21,6	—	Isocardialere, proven tat av de øverste 1,5 m. av lertaket.
68	Tangen Teglværk, Stjør- dalen	13,2	18,0	24,4	33,2	51,2	26,8	—	Isocardialere, proven tat av de nederste 1,5 m. av lertaket.
69	Stadsbygdens Teglværk	15,6	23,6	30,0	37,6	58,0	28,0	—	Av øverste 1,0 m. svakt secun- dært omvandlede lere.
70	Stadsbygdens Teglværk	17,6	27,6	30,4	38,8	54,8	24,4	—	Av nederste 1,0 m. av primær- zonen, senglacial.
71	Trana Teglværk, Stenkjær	12,8	18,8	20,8	31,6	48,8	28,0	—	Tilsvarer mytiluslere i Kristbi- anifafeltet.
72	Trana Teglværk, Stenkjær	12,4	14,2	19,6	30,4	48,4	28,8	—	Blaalere under nuværende ler- taks bund.
73	Fra Elvemølene ved Vol- den i Værdalen oven- for Vuku	11,2	17,6	20,0	30,4	51,6	21,6	—	
74	Haukaasen, vest for Malsaa i Værdalen	12,8	19,6	22,8	34,0	44,8	22,0	—	Morænelere ca. 320 m. o. havet.
75	Laup Teglværk	18,0	22,0	26,8	42,0	60,4	33,6	Fete lerer	Graalere.
76	Mosbroen Teglv., Snaasen	18,0	24,0	30,0	40,4	58,0	28,0	Halvfete lerer	Blaalere.
77	Mosbroen Teglv., Snaasen	12,8	19,6	23,2	36,4	46,0	22,8	—	Graalere.
78	Jernbanest., Snaasen	16,0	23,5	26,0	34,8	45,6	19,0	Magre lerer	Sandholdig lere.

Lerens		Farveom- slagsgrense	Utrullings- grense	Normal- konsstens- grense	Flytegrense	Maksimale vandmæt- ningsgrense	Plasticitets- tal	Lergruppe	Anmerkninger
nr.	stedsted								
79	Haug Teglværk, Stod	12,0	18,5	21,6	30,4	40,4	18,8	Magre lerer	Sandholdig, senglacial graalere.
80	Spillum Teglværk, Namsos	14,4	22,8	27,2	36,8	47,6	20,6	Halvfete lerer	Blaalere, senglacial.
81	Elvemølene ved Lerqaa- dene i Grong	15,6	22,4	25,2	34,4	52,8	27,6	—	Blaalere.
82	Fellingfors i Svenning- dalen, øverst i Vefsen.	10,0	18,3	20,8	28,4	39,6	18,8	Mager lere	Sandholdig lere.
83	Kulstad, nær Halsøen, pr. Mosjøen	10,8	15,2	20,8	29,6	42,4	21,6	Halvfete lerer	Sandholdig, vekselagret lere.
84	Skotmyrene	14,0	26,4	27,6	35,2	42,0	14,4	Magre lerer	Graalere, senglacial, 92 m. o. h.
85	Guldsmedvikskjæringen, Mo i Ranen	12,4	21,2	22,8	31,6	39,6	16,8	—	Kviklere.
86	Graaelven nær grensen mellem Kyllø og Kar- tan, Hegre	12,8	18,8	22,0	29,6	40,4	18,4	—	—
87	Graaelven vest for Hof- stad, Hegre	12,8	19,6	23,2	32,8	50,4	27,2	Halvfete lerer	65 m. o. havet.
88	Tingvold i Nordmøre . . .	13,6	16,8	23,6	32,0	42,0	18,4	Magre lerer	Kviklere.
89	Nosjestranden Stensa Teglværk	16,4	18,8	24,4	27,6	33,2	8,8	Eksstra magre lerer	Kviklere.
90	Aandalsnes Teglværk A S, Aandalsnes	16,8	24,8	31,2	43,6	52,4	21,2	Halvfete lerer	—



91										Halvfete lever		Blaalere (20 m. høit lertak).
92												
93	Eidsvold	12,0	19,6	22,0	29,6	50,0	28,0					
94	Baadhaugs Teglverk, Eids- vold	15,6	20,4	25,6	34,0	49,0	24,0					
95	Sendstad Teglverk	14,0	25,2	26,0	34,8	44,4	18,4					Skundærzonen, stolpelere- reneleere.
96	Sendstad Teglverk	12,4	20,0	22,0	28,8	41,2	19,2					Blaalere, morenelere.
97	Mengshol Teglverk	16,4	22,5	24,4	31,6	40,8	16,4					Stolpelere av morenelere, ca. 200 m. o. havet.
98	Mengshol Teglverk	13,6	22,4	24,4	33,6	46,4	22,0					Blaalere, morenelere fra bun- den av lertaket.
99	Hønefos Teglverk, Hønefos	18,4	24,0	28,4	38,4	55,6	27,2					Gulgraa lere.
100	Hønefos Teglverk, Hønefos	14,4	18,4	22,0	34,8	44,4	24,4					Blaagraa lere.
101 a	Onsaker Tegl., Hadeland	13,6	19,2	20,8	31,6	43,2	22,4					Blaagraa lere.
101 b	Onsaker Tegl., Hadeland	15,6	22,4	25,6	30,4	36,8	11,2					Gulbrun lere.
102	Nordby bruks Teglverk	16,0	21,6	28,4	43,2	63,2	34,8					Blaalere, ca. 10 m. o. Øierens nivaa.
103	Nordby bruks Teglverk	12,8	20,4	27,6	38,4	54,4	26,8					Stolpelere, ca. 10 m. o. Øierens nivaa.
104	Alna Teglverk, Alnabru	14,0	22,8	25,6	34,0	41,2	15,6					Cardiumlere, sekundærzonen.
105	Ladehammeren, Thjem	16,1	22,4	27,2	38,8	54,4	27,2					Variig, vekselagret lere fra sekundærzonen.
223	Vøienvolden, Kristiania	12,8	25,5	27,6	35,4	48,0	20,9					Graalere, anvendes til opstiv- av blaaleren nr. 107.
106	Eidsvold Verks Teglverk	16,4	18,2	26,0	34,4	46,4	20,4					
107	Eidsvold Verks Teglverk	17,6	22,1	30,0	42,8	60,8	30,8					Blaalere.

Nr. XX kviklere fra Aarum, XXVI kviklere fra bunden av ler-taket ved Borregaard teglverk og flere. Disse hører til de magre og ekstra magre lerers gruppe og er forholdsvis litet rike paa det klæbende lerstof. Før at faa et overblik over hvordan en leres plasticitet forholder sig naar leren opvarmes, blev følgende forsøk utført med lere nr. XLIII fra Skjeberg teglverk, som efter sit plasticitetstal maa henføres til gruppen ekstra fete lerer: Den paa forhaand tørrede lere blev knust i en porselænsmorter, indtil hele massen passerte gjennom et sold med 400 masker pr. cm<sup>2</sup>. Av den pulveriserte, soldede masse blev der uttat mindre prøver, som blev holdt opvarmet i 5 timer ved følgende temperaturer 110, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900° C.

Derefter bestemtes plasticitetstallet for leren brændt ved disse temperaturer.

<i>Temperatur.</i>	<i>Plasticitet.</i>	<i>Farve.</i>
Lufttørret	36.0	lys graa
110°	37.4	» »
150°	29.6	» »
200°	28.8	graalig
300°	22.8	»
400°	18.4	»
500°	9.2	mat rød
600°	5.6	lys rød
700°	4.2	rød
800°	1.2	murstensrød
900°	0.2	» »

Av dette vil sees: plasticitetstallet, d.v.s. leres plasticitet, avtar nogenlunde *jevnt* ved tiltagende brændtemperatur til og med 400° C.

Ved 500° C. indtrær et pludselig, betydelig fald i plasticite-ten, og denne minsker sterkt ved fortsat temperaturstigning, saa at den ved 900° C. praktisk talt er lik nul.

Av interesse er det at lægge merke til den store forskjjel i plasticitetstallet for leren brændt ved 400° og 500°. Leren undergaar her en stor forandring i sin plasticitet, samtidig

som dens farve forandres fra en graalig til en mat rød farve. Lerens konsistens forandres ved disse temperaturer, idet den ved 500° C. føles mere som sand (kornet) mens den ved 400° og lavere føles som et fint talkumagtig pulver. Man kan efter vor gruppeinddeling si for den undersøkte leres vedkommende, at leren forholder sig efter opvarmning:

fra 15—110°	ekstra fet
» 110—200°	fet
» 200—300°	halvfet
» 400—500°	mager
» 500—600°	ekstra mager
over 600°	sandlignende.

Tabellen s. 34—37 angir foruten plasticitetstallet og den maksimale vandmætningsgrænse ogsaa de *Atterbergske* konsistensgrænser for endel lerer, innsamlet sommeren 1923 fra det nordenfjeldske og andre landsdele. Angaaende *Atterbergs* grænser henvises til Undersøkelser over Norske Lerer II av bergingeniør *Brynjulf Dietrichson*.

## Om brænding av lervarer.

(Delvis oversat efter »Das Brennen der Ziegelsteine»  
av K. Dümmler, Halle (Saale) 1919.)

En av de viktigste arbeider ved teglverks- og lervarefabrikationen er brændingen av varerne, idet disses værdi og godhet for en stor del er avhengig av brændingen.

Da desuten intet av de arbeider der forekommer i en lervarefabrik eller et teglverk, er saa avhengig av arbeiderens oppmerksomhet, som varernes brænding, saa er det vel paa sin plads i det følgende at omtale de forskjellige fremgangsmaater ved ovnsdriften, innsætningen i ovnen av lergjenstandene (murstenene), brændingen av dem og de forsigtighets- og kontrolregler, man kan bruke for at faa en godt brændt vare.

### **Brændovnenes drift.**

For at kunne brænde varerne rigtig fordres der ikke blot rigtig fyring (den rigtige beskikning med brændstof til bestemte tider), men fremforalt en rigtig indsætning av varerne i ovnen.

#### **1. Indsætning av varerne i sin almindelighet.**

Varerne maa indsættes saaledes at de overalt omspyles av ilden, og at de tilføres den varme, som er nødvendig til deres garbrænding (færdigbrænding).

Herved maa man ta hensyn til ovnens indretning, varernes art og deres forhold ved brænding samt til brændstoffets beskaffenhet. Varerne maa altid indsættes saaledes, at den dannede flamme og varmegasene gaar regelmæssig gjennem brændgodset til avtrækkkanalene. For at opnaa dette maa de varer som skal brændes, sættes op med tilsvarende mellemrum, saa at hetegasene kan komme til alle steder av indsatsen og om mulig saaledes at avstanden fra fyringsstedet til gasenes utløp i avtrækskanalen blir like stor for hele indsatsen. Alene paa denne maate blir det mulig for det første at brænde alle varerne ens, for det andet at utnytte hetegasene bedst mulig. Da hetegasenes temperatur er lavere, jo længere de kommer bort fra fyringsstedet, saa kan de varer som staar længst borte fra fyringsstedet, ikke brændes saa skarpt som de der staar nærmere fyringsstedet.

Det er derfor nødvendig at ta hensyn til dette ved indsætningen av varerne i ovnen. Man maa sette varer som trænger den høieste temperatur til garbrændingen, nærmest fyringsstedet og de som trænger lavere temperatur, længere borte. Videre maa varerne indsættes saaledes at de staar nærmere hinanden der hvor ilden (varmen) trænger hurtigere frem, og længere fra hinanden der hvor varmen trænger langsommere frem, saa at der paa dette sidste sted blir større (brede) gennemtrækningsaaapninger. Man maa ved at lukke eller aapne avtrækningsaaapningene søke at bringe varmen (flammen) dit hvor den i almindelighet ikke pleier at gaa av sig selv.

Mens man ved ovner med overslaaende flamme lar rummet frit ovenfor brændgodset og under ovnsdækket for at opnaa en likelig utbredelse av flammen, maa man ved ovner med opstigende flamme sætte brændgodset betydelig videre fra hinanden nedentil og oventil saa tæt sammen som mulig for at forhindre at ilden og varmen undviker for hurtig til skorstenen.

Efter arten av de varer som skal brændes, maa man ogsaa ta hensyn til at disse blir beskyttet mot sot og flyveaske. Varer som absolut maa beskyttes ombygges enten med mindre ømfindtlig materiel eller de værnes forsaavidt som det kun er nødvendig at beskytte en side, f. eks. den ytre flate paa forblænsten, mot indflydelsen av hetegasene, ved at sætte stenene tæt indtil hverandre, forblændingsflate mot forblændingsflate. For at forhindre at de innsatte stene falder om, maa man enten forbinde de forskjellige skikt, f. eks. det 5te eller 7de med stene stillet paatvers, eller, hvad som er fordelagtigere, bygge op skiktene trappe- eller terrasseformet bak hverandre. Hvis varerne blir utsat for høie temperaturer og dette kan bli flytende og bake sig sammen, kan det være at anbefale at skille disse varer fra hverandre derved at man strør kvartssand mellem dem, f. eks. naar man skal brænde fasadesten av jernholdig materiel. Varer som maa brændes meget skarpt og herunder beskyttes mot fyringsgasenes indvirkning, maa sættes i kapsler. Ogsaa mange andre varer maa beskyttes f. eks. mot for stor belastning (taksten og lignende); likesaa maa alle varer som skal glaseres, stilles saadan, at alle glasurflater ligger helt frit. Man maa i slike tilfælde lave særskilte indretninger mellem hvilke de varer, som skal brændes, blir opstillet, slik at de kun har at bære sin egen vegt; dette gjelder f. eks. for store taksten.

Mellem hver anden sten eller mellem hver tredje til femte sten maa der anbringes et rum paa 1 a 2 cm. for at skaffe fri gjennemgang for de damper som utvikler sig fra varerne, saavel som for fyregasene. Hulsten kan sættes tæt eller næsten tæt indtil hverandre, idet de hulrum som findes i dem, tillater damper og fyrgaser at passere gjennom. Likesaa kan varerne sættes tettere i muffler, end i almindelige ovner. Ved brænding av simplere varer kan innsatsen sættes med noget større

mellemrum for at muliggjøre en raskere fremskriden av ilden, mens bedre fabrikata som regel fordrer langsommere brænding, og brændgodset maa derfor indsættes tættere (med mindre mellemrum). Ved brændstoffer med lange flammer er en bredere, ved brændstof med korte flammer en trangere ind-sætning fordelagtig. Ved aapne ovner og overhodet ved ovner med opstigende flamme sætter man stenene øverst trangere end nederst; det samme sker ved de indre brændkanalvægge i ringovner, særlig ved disses halvrunde, lukkede ender. Skal forskjellige varer, f. eks. almindelig mursten, taksten og drains-rør, brændes samtidig i ovnen, maa man ved indsætningen ta hensyn til at varerne er forskjellige. Derfor bør varer som maa ha skarpere brænding for at garbrændes (ved ovne med op-stigende ilyd), anbinges ved bunden og i nærheten av fyrstedet, mens de varer som bare kan utholde en svakere fyring, stilles ovenpaa. Ved ovne med overslaaende flamme maa derimot de varer som skal brændes sterkest, opstilles i ovnens øverste del. Ved ikke kontinuerlig drevne ovne med horisontal flamme-føring blir de varer som staar hetevæggen nærmest, sterkest brændt, og derfor maa paa disse steder i ovnen stilles varer som forlanger og taaler den skarpeste varme (f. eks. klinker), mens man i nærheten av avtrukket sætter de varer som bare fordrer svakere brænding. Likesaa maa man her sætte de stene som f. eks. ved formningen er tilsat brændbart stof (kork, træflis) for at faa stor porøsitet.

Mens risten eller fyringsstedet allerede findes i ovnen, ved de ovne som er forsynt med ristfyring (d.v.s. ved alle ikke kontinuerlig drevne ovne), maa hetekanalene ved kontinuerlig drevne ovne (som ringovnen) som regel bygges op av de stene, som skal brændes. Hetekanalene blir enten bygget saaledes at de staar paa tvers av ringovnen, eller saaledes at de er ordnet i trækkens retning. Den maate, hvorpaa stenene i tid-ligere tider blev indsat i ringovnene, fordrede hetekanalene som gik paa tvers. Indsætningen av stenene skedde dengang og ogsaa ofte nu saaledes at man i avstande av 1 til  $1\frac{1}{2}$  m. bygget op hetekanalene paa tvers av brændkanalen og mellem disse la 3—5 lag stene. Saalænge kun lysbrændt mursten blev frem-stillet, var denne indsætningsmetode (som oppfunderen angav)

tilstrækkelig, men da man begyndte at brænde ogsaa bedre varer, slog metoden mere eller mindre klik efter de fordringer som blev stillet til den færdige vare.

Da trækken ved ringovner hovedsagelig gaar i brændkanalens længderetning, maa man anvende saadanne indsætningsmetoder at denne træk ikke hindres paa nogen maate.

For at kunne lede hetegasene og den varme luft likelig over brændkanalens bund, er det nødvendig at anbringe indsatsens nederste skikter saaledes, at der dannes paalangs-gaaende kanaler, som kun skal forbindes med hverandre der hvor fyringsgasene trækkes av til røksamleren eller skorstenen. Hvis disse avtræk findes i brændkanalens bund, maa tverkanalen anlægges like over dem, og hvis avtrækkene befinder sig i brændkanalens sidevægger, maa tverkanalene føres frem til avtrækkene. Hvor avtræk for røkgasene er anordnet i dækket (f. eks. i ovner uten hvælv), er de underste trækkanaler overhodet ikke nødvendige. Man maa da sætte varerne i ovenns ovre del paa de steder hvor avtrækkene findes, længere fra hverandre, saa at røkgasene kan trække bort let, uten at hobes op.

Man maa ved indsætningen ta hensyn til at trækken i ovnen aldrig er helt ens, saaledes, at hvor der er sterkere træk, maa kanalene gjøres smalere og lavere end der trækken er mindre. Ved ringovner er trækken sterkest langs brændkanalens indside, nemlig der hvor røkavtrækkene er anbragt i bunden eller utelukende i brændkanalens indre side. I dette tilfælde maa derfor stenene langs den indre væg sættes mest mulig tæt, mens de langs ytterveggen maa stilles længere fra hverandre, og bundkanalerne gjøres høiere, kanalerne langs indervæggen f. eks. kun en skikt høie, de i midten 2 skikt og de ytterste 3 skikt høie.

Opbygningen av heteschaktene selv, likegyldig av hvad art de er, maa rette sig efter det brændstof, som blir benyttet. Forbrændsel, som ligger porøst og derfor trenger større plads for hver ved fyringen utviklet 1000-kalori (f. eks. torv og træ) maa heteschaktene være større, end det er nødvendig ved andre sorter brændsel (stenkul, brunkulbriketter og lignende). I første tilfælde kan heteschaktene utføres med ens tversnit fra

nederst til øverst, i sidste tilfælde maa de forsynes med større eller mindre fremspring som brændslet kan avlagre sig paa, saa at det ikke bare ligger paa ovnsbunden, men saa regelmæssig som mulig over hele brændkanalens tversnit. Man maa overhodet ved anordningen av heteschakter og indsætningen av varer, som skal brændes, huske paa at opvarmningen av varerne ikke bare er avhengig av fyrgasene, men ogsaa av de brændte stenes straaale- og ledevarme og av den varme som fordeles ved luftstrømmen fra indsatsen i hele ovnen. Utstraalingen og ledningen av den varmemængde som er opmagasinert i de brændte og under brand værende varer (stener), blir hurtigere og virksommere, jo mere varerne (stenene) staar i berøring med hverandre. Derfor er det særdeles fordelagtig for varmeoverføringen at sætte stenene slik, at de dækker hverandre med størst mulige flater, da man herved ogsaa mindsker brændselsforbruket. Det samme sker ogsaa naar luften, som stryker gjennom de varer som *er* brændt (stener), for at komme til de varer (stener), som *holder paa* at brændes, omspyler alle varer (stener) like meget og opvarmer dem som skal brændes mest mulig. Man maa ta hensyn til dette ved indsætningen av varerne (stenene). Desto lettere blir baade arbeidet for brænderen og for den som leder fyringen, og desto større er ovnsens nytteeffekt.

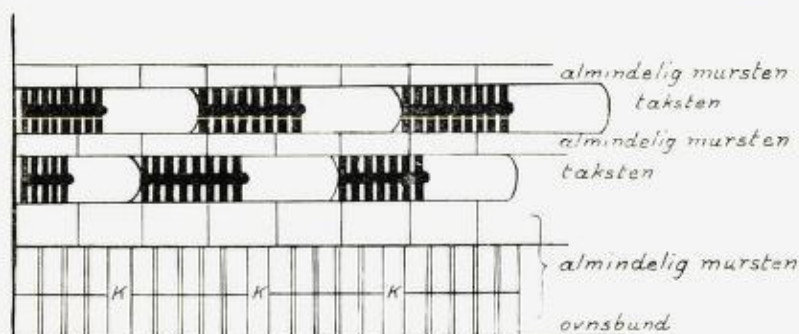
Ved indsætningen av varerne (stenene) maa man ogsaa passe paa at varerne under brændingens hele forløp, like til de tages ut, beholder sin plass og ikke holder over eller endog falder om. Allerede en liten heldning kan virke at det ovenfra indkastede brændsel ikke naar hen til de steder, hvor det var tilsiktet. Følgen blir en uregelmessig fordeling av varmefrembringelsen i ovnen. Hvis murstenene brændes i ovnen, maa de derfor stables op lodret eller med nogen heldning mot røkavtrekket. De maa aldrig helde mot den side hvorfra luften kommer ind. Dette gjælder ikke bare for den hele indsats, men fremforalt ogsaa opbygningen av heteschakter og hetevægger.



## 2. Indsætning av forskjellige varer.

Mens det i det foranstaaende (i sin almindelighet) er angit hvilke hensyn maa tages ved indsætningen av varene og den dermed sammenhængende opbygning av heteschakter, vil i det følgende bli angit, hvordan indsætningen av de enkelte vare-sorter bør ske for paa den ene side at kunne brænde feilfrit og paa den anden side at utnytte ovnsrummet mest mulig.

Hvis almindelig mursten skal brændes i ovnen, er der ikke meget at bemerke til de forskrifter som allerede er git. Anderledes er det, om man skal brænde tyndvæggede varer,



*K er kanalen for fyrgasene*

som taksten av enhver art, plater eller stener, som skal brændes til begyndende smeltning (sintres), hvad der f. eks. er tilfældet med stener av kalkholdig raastof. Dersom taksten er fremstillet av et raastof som gjør det mulig at stenene beholder sin form, selv naar de belastes, vil man kunne indsætte dem i brændovnen uten stor anvendelse av almindelig mursten. Heteschaktene og de nødvendige kanaler ved ovnsbunden maa selvfølgelig oppbygges av andre sten (mursten, hulsten eller lignende). I dette tilfælde setter man hensigtsmessig takstenene ind i bundter, slik at endel blir sat ved siden av hverandre med langsiden i fyringsgasenes retning; ved siden av og over disse et like stort antal med langsiden paa tvers av fyringsgasene. Paa denne maate kan man efter teglstenens fasthet sette to, tre, fire eller flere skikt paa hverandre. Dog maa man

fra tid til anden føie ind et lag med almindelige stene, for at faa den nødvendige sammenhæng. I foranstaaende skisse er vist en saadan indsætning for flat taksten; hvor dog hvert lag taksten er dækket av flatlagte mursten.

Taaler ikke takstenene belastning under brændingen, saa maa de indsættes saaledes at de kun har sin egen vegt at bære. Det næste lag maa i dette tilfælde stilles paa stene eller plater som faar en eller anden understøttelse.

Forarbeides der i vedkommende teglverk kun taksten eller andre flate varer og er der ingen avsætningsmuligheder for almindelig mursten, bør man bygge heteschaktene og bundkanalene av sten, som kan benyttes ved flest mulige brændinger. Isaaftald bør man fremstille disse stene av en masse som er mere motstandsdygtig i varmen end almindelig lere f. eks. av en chamottemasse.

Som her nævnt om taksten maa man sætte ind andre flate eller tyndvæggede plater, saafremt disse overhodet kan brændes i en almindelig teglverksovn.

Paa samme maate maa man ogsaa gaa frem om man skal brænde klinker til henimot smeltetemperaturen eller varer av meget kalkholdig lere (mergellerer). Man kan da sætte 4—6 stene paa chamotteplater, som selv hviler paa stener som er noget høiere end de, der skal brændes.

Ved indsætningen av rør, enten disse skal brændes saa de blir tætte, eller de skal forsynes med glasur, maa man paase at brændrummet utnyttes bedst mulig, og at fyringsgasene kan indvirke mest mulig ens paa alle rør. For at opfylde den første bestemmelse sættes rør med mindre diameter ind i rør med større diameter. For at opfylde den anden maa rørene opstilles hult, saa fyringsgasene uhindret kan bespyle rørene indvendig saavel som alle mindre rør som staar inde i de større. Denne hulopstilling av rørene kan man let opnaa ved at stille de rør som skal brændes, paa mindre, ringformede rør, og saaledes at de hviler paa fire, seks eller flere steder av disse hjælpe (ring) rør. Mens rør med større diameter og likeledes de i disse indsatte mindre rør altid maa stilles opret, kan rør med mindre diameter som f. eks. drainsrør ogsaa lægges med længderetning i fyringsgasenes retning. Ved indsætningen

av varer som skal forsynes med glasur, f. eks. taksten, maa man være meget omhyggelig og altid sætte dem slik at den ene stens glasurflate vender mot den anden stens glasurflate, og den ene stens uglaserte flate mot den anden stens uglaserte. Grunden til dette er at den uglaserte flate ofte virker absorberende paa enkelte dele av glasuren under brændprocessen, saaat den selv blir noget glasert, mens den egentlige glasur paa nabostenen da blir mindre god. For at forhindre at to nabosteners glasurflater berører hverandre, maa der lægges smaa mellemstykker ind mellem stenene saaledes at glasurflaten blir mindst mulig berørt eller helt uberørt av samme. Dette kan ske ved at man oppstiller stenene som et korthus, hvor alltid den flate som skal glaseres, ligger utvendig og de uglaserte indvendig.

Dersom glasuren er meget ømfindtlig, maa de varer som skal brændes, stilles op i kapsler eller muffler. Varer som skal glaseres, maa da sættes ind i kapselen eller muffelen saaledes at de ikke kan falde om og ødelægges under brændingen eller transporten til og fra brændovnen. Hvis disse plater eller varer taaler eller behøver en omhylling av kvartssand, maa sanden fylles forsiktig ind, saa varerne ikke blir oprevet under ifyllningen. Skal der fremstilles sorte eller mørke plater og kulstøv fylles i kapselen, maa man passe paa at dette sker saa kulstøvet blir mindst mulig tæt. Maa varerne brændes i muffler, og man ikke har nogen egen muffelovn, saa kan mufflerne indsættes i en almindelig ringovn.

### 3. Forvarmningen.

Ved brændingen maa man, efterat indsætningen er foretat paa rigtig maate, ta hensyn til at alle i brændovnen indsatte varer, hvad enten de er fremstillet av tørt eller vaatt materiel, indeholder en større mængde vand, ganske bortset fra at varerne ofte kan bli indsat uten at være *fuldstændig* lufttørr. Brændingsprocessen maa derfor ledes saaledes at vandet først drives ut, før den egentlige skarpbrænding begynner. Man skiller derfor *forvarmningen* eller *forbrændingen* fra den egentlige brænding og derpaa følgende avkjøling. Ved alle ikke kontinuerlig drevne ovner gir rækkefølgen ved brændingen sig

selv, idet temperaturen langsomt stiger fra fyringens begyndelse til fuld ovnsglød; Derved maa dog tages hensyn til det materiels karakter, hvorav fabrikatet er fremstillet. Ut fra dette synspunkt blir brændprocessen ledet ved de forskjellige fabrikker som arbeider med diskontinuerlig drift. Ømfindligere materiel trænger en længere tid til forvarmningen, og finere varer maa som regel forvarmes langsommere end mindre værdifulde varer. Bortset fra opfyringen og idriftsætningen av kontinuerlig drevne ovner er ledelsen av brændprocessen ved disse, hvor det dreier sig om fremstilling av almindelig mursten, enkel; den indskrænker sig til stadig dag og nat med de samme midler at opnaa en regelmæssig stigende temperatur i brændkammerne. Driften ved de diskontinuerlig arbeidende ovner derimot forlanger at brænderen efter de indsatte varers fugtighetsgrad og lerens egenskaper, som han maa kjende, leder varigheten og den voksende styrke av forvarmningen og bestemmer den tid som maa medgaa indtil ovnen staar i fuld glød, og derefter ovnens avkjøling, saaledes at de færdigbrændte stener ikke tar skade av en for hurtig stigning av varmen eller en for rask avkjøling av varerne.

For at lette vanddampenes uttrædelse av de varer som skal brændes under processens første del, den saakaldte forvarmningsperiode, maa alle aapninger hvor vanddampene kan ledes bort, holdes aapne og først lukkes naar man har overbevist sig om at varerne er fuldstændig forvarmet. At forvarmningen er færdig, kan man se derav at spjeldene er fuldstændig tørre paa den side som vender mot det indre av ovnen, mens de, saa længe der endnu er vand i stenene, vil vise et belæg av vanddraaper. Man kan ogsaa overbevise sig om at forvarmningen er færdig, ved at stikke en kold jernstang hurtig ind i ovnen, idet den vil bli fugtig hvis der endnu findes vanddamp.

Ledes ikke forvarmningen rigtig, kan det hælde at stenene lider skade, enten ved at bli bløte og trykkes sammen paa grund av fugtigheten, eller derved at brændstoffets svovlforbindelser indgaar kemiske forbindelser med f. eks. kalken i varerne og fremkalder farvninger paa overflaten; eller endelig ved at flyveaske fæster sig paa de fugtige stenene og siden blir fastbrændt.

For at være sikker paa at alt vand er drevet ut som vand-damp før selve færdigbrændingen begynder, maa forvarmningen ske ved 100—120° C. Til at kontrollere temperaturen under forvarmningen kan man anvende et kvikksølvtermometer av glas, som kan beskyttes ved at indsættes i et metalrør med en spalte, saa man kan avlæse temperaturen. Termometeret og metalrøret sænkes ved hjælp av en liten kjætting ned i det kammer som forvarmes. For at man kan være sikker paa at faa den rigtige temperatur, maa termometeret staa 15 minutter i kammeret. Man maa være opmærksom paa at temperaturen i kammeret er noget mindre ved bunden end høiere oppe, og man maa ved kammerets bund ha mindst 100° C. for at kunne stole paa at alt vand drives ut av de nederste stener. For almindelig mursten er ikke denne temperaturmaaling saa nødvendig som ved brænding av taksten, forblandsten eller andre finere varer, hvor det gjælder at kjende de temperaturer, som hersker paa de forskjellige steder i kammeret.

Forvarmningens varighet retter sig efter fugtighetsgraden i de indsatte varer; man bør holde en temperatur av 100—120° C. i 6 til 12 timer eller mere, før man gaar over til den egentlige brænding.

#### 4. Den egentlige brænding.

Naar varerne er tilstrækkelig forvarmet, kan man gaa over til færdigbrændingen. Ved diskontinuerlige ovne kan dette alene ske ved at forsterke fyringen, mens det ved kontinuerlig drevne ovne desuten sker ved at ta bort mellemvæggene (hvis disse er av jern eller lignende) eller ved at rive dem istykker og brænde dem op, hvis de bestaar av papir. I første tilfælde maa den spalte, som mellemvæggene fjernes igjennem, efterpaa lukkes omhyggelig for at forhindre at kold luft kommer ind i ovnen. Brænderen maa nu passe paa, at varerne for det første blir ophetet til den temperatur som er nødvendig for færdigbrændingen, og for det andet, at *alle* varer i ovnen opnaar denne temperatur. Brænderens opgave lettes meget hvis varerne er indsat riktig. Det er derfor ikke bare ønskelig, men absolut nødvendig, at brænderen følger indsætningen, saa han

under brændingen altid nøie vet hvilke slags varer er indsat og hvor de staar i ovnen.

Efter forvarmningens slut blir ved diskontinuerlig drevne ovne alle aapninger lukket med undtageise av dem, som lar forbrændingsluften slippe ind, og dem som fører forbrændingsproduktene til skorstenen. Fyringen blir derpaa forsterket, efter den temperatur som skal opnaaes, indtil man naar den tilstrækkelige glød; derefter indstilles fyringen. Av like stor vigtighet som færdigbrændingen er fabrikatets avkjøling. Da de fleste varer likesaa litet taaler en rask avkjøling som en for rask opvarmning, maa man efter fyringens slut sørge for at ovnen blir staaende i glød saa længe som brændgodset fordrer det. Varer sem skal ha stor seighet, maa avkjøles langsomt; andre, f. eks. chamottevarer; taaler raskere avkjøling. En langsom avkjøling og en længere vedvaren av glødningen opnaaes ved at alle ovnens aapninger lukkes, altsaa ikke blot fyringsaapningene men ogsaa aapningene for røkavtræk. Jo længere disse aapninger holdes lukket og jo omhyggeligere de lukkes, desto langsommere sker avkjølingen og desto sikrere opnaar man den tilsigtede kvalitet. Efterat ovnen har staat længere tid i glød (tiden maa bestemmes erfaringsmæssig), aapnes den, og da først de øverste aapninger, senere fyringsdøren og indsætningsdørene. Naar alt er tilstrækkelig avkjølet, kan man begynde at ta ut de brændte varer. Disse forskjellige stadier ved driften som ved diskontinuerlige ovner maa ske efter hverandre, kan ved kontinuerlige ske samtidig. Dette foregaar ved at en avdeling ikke opvarmes skarpere eller sterkere, før den foranstaaende avdeling er tilstrækkelig avkjølet og den efterfølgende avdeling tilstrækkelig forvarmet; under dette maa man ubetinget passe paa at der altid bak ilden er fornøden varme forhaanden til at opvarme den gjennomstrømmende luft saa høit som det er nødvendig for brændingen, og at der altid foran ilden er saa megen forvarmning at ingen pludselig opvarmning av varerne indtrær. Brænderen maa ved fyringsprocessen fremforalt passe paa at han faar en konstant temperatur i hele ovnens (kammerets) tversnit.

Før at kunne avgjøre om brændgodset har faat den fornødne opvarmning (om det er færdigbrændt), har man forskjel-

lige hjælpemidler; brænderens øine er ikke tilstrækkelige til at avgjøre om man har opnaadd den rigtige glød. I de senere aar er der opfundet instrumenter som tillater temperaturmaalinger til 1600° C. og mere, de elektriske og optiske pyrometere.

Som et enkelt, let anvendelig hjælpemiddel til at bedømme temperaturen i ovnen har man anvendt maalingen av varenes svind. Herved blir rigtignok ikke temperaturen direkte maalt, men den blir antydnet ved at indsatsen har sænket sig saa meget paa grund av svind, som det erfaringsmæssig er nødvendig forat de varer som brændes, skal faa den nødvendige brændtemperatur. Man bruker til dette jernstænger, som sættes ned paa brændgodset ovenfra og maaler længden fra ovnens øverste kant til indsatsens øverste sten, og fortsætter, indtil man paa stangen har maalt en længde mellem punktene svarende til den oprindelige længde plus det erfaringsmæssig fastsatte svind for indsatshøiden.

Foruten at bestemme temperaturen paa denne maate kan man ogsaa anvende prøvestene paa forskjellige steder i ovnen. Viser disse sig at være færdigbrændt, naar man tar dem ut, saa ophører man med fyringen, er de ikke færdige, fortsætter man.

I den senere tid anvendes dog kanske mest de saakaldte segerkegler, som i almindelighet er fuldt tilstrækkelig til bedømmelse av ovnstemperaturen. Segerkeglerne bestaar av en keramisk masse, som blir fremstillet av rent lerstof med tilsætning av kvarts, feltspat, marmor, jernoksyd, borsyre og blyoksyd. Av massen forarbeides under tilsætning av gummi spisse pyramider med ca. 6 cm.s høide og 1½ cm. grundflatekanter og forsynt med nummere. Segerkeglerne har 58 nummere, hvorav de med nummere fra 1 til 36 smelter ved høiere temperaturer, de med nummere fra 01 til 022 ved lavere temperaturer. En segerkegles smeltetemperatur er opnaadd, saasnaert spidsen av pyramiden har bøiet sig saa meget at den berører underlaget. En hovedfordring for en rigtig anvendelse av segerkeglerne er at de anbringes fordelt paa den hensigtsmæssigste maate i ovnen, saaat man faar et rigtig billede av temperaturene i ovnens indre. De maa plaseres slik at man kan se dem inde i ovnen gjennom dertil anbragte mindre luker.

Finder man at der, tiltrods for at den vanlige mængde brændsel er anvendt, ikke er naadd en tilsvarende temperatur i ovnen, kan man opnaa denne ved at mindske trækken mere eller mindre. Dette sker som oftest ved at lukke for skorstenen, idet denne forsynes med et spjeld som kan haves og sænkes. Ved en saadan mindskning av trækken stiger temperaturen temmelig raskt over hele ovnens tværsnit. Har man naadd den forlangte eller nødvendige hete, fortsættes brændingen paa almindelig maate.

For at kunne brænde godt og regelmæssig er det nødvendig altid at ha den rigtige træk i ovnen. Til kontrol herav brukes forskjellige apparater. En almindelig anvendt trækmaaler bestaar av en lukket væskebeholder, som paa den en side ved en rørlørdning er forbundet med ovnen og paa den anden side staar i forbindelse med den atmosfæriske luft ved hjælp av et glaserør. Den sugende virkning av ovnens lufttræk gjør at væsken i beholderen stiger, hvorved væsken i glaserøret synker. Av denne synken kan man bedømme trækken i ovnen. Trækken reguleres ved hjælp av røkklokkerne eller andre avspærringsanordninger.

Som kilder ved utarbeidelsen av avsnittet om brænding av lervarer er anvendt følgende verker, hvortil interesserte henvises.

1. Praktische Anleitung zur Inbetriebsetzung Hoffmannscher Ringöfen von *Richard Burghardt*. (Verlag Wilhelm Knapp-Halle a. S. 1921.)
  2. Handbuch der Ziegel-Fabrikation von Chemiker Ph. Kreiling, bearb. von *K. Dümmler*. (Verlag Wilhelm Knapp-Halle a. S. 1914.)
  3. Architectural Pottery by *Leon Lefèvre*. (Publishers Scott, Greenwood & Son — 8 Broadway, Ludgate Hill, E. C. London 1900.)
  4. Drying Clay-Wares by *Ellis Lovejoy*. (Publishers T. A. Randall & Co., Indianapolis, Ind. 1916.)
  5. Das Brennen der Ziegelsteine von *K. Dümmler*. (Verlag Wilhelm Knapp-Halle a. S. 1919.)
-



## English Summary.

### Investigations of Norwegian Clays. III.

In this publication are given the results of a series of special investigations regarding Norwegian clays that were carried out by the State Raw Materials Committee in the autumn of 1922 and spring of 1923.

*Pages 6—11* deal with the definition and determination of what we have named the maximum limit of saturation of clays with water. This limit gives a good idea of the degree of fineness of the clay concerned, and by determining the maximum limit of saturation with water we also obtain a general conception as to the condition of the various clays when they are saturated with water. It is also stated on these pages how we have chosen to classify clays with regard to the index figure of saturation. In table I are given the maximum limits of saturation for a number of Norwegian clays that were investigated. It will also appear from the table, that the maximum limit of saturation of clays varies considerably for the various kinds of clay. As a general rule it may be said that a fat clay has a high figure of saturation whilst a meagre clay has a low figure of saturation.

*Pages 11—12.* It is here stated how clays behave when exposed to pressure. The graphic representation in Plate I shows the stress to which a clay can be exposed before it flows, and how this stress limit is dependent upon the amount of water in the clay.

This section also contains a description of the method employed by us for determining this pressure.

*Pages 13—14* describe how the shrinkage of a clay is dependent upon the amount of water it contains. A description is first given of the method of investigation employed, and we are then shown the position of each group of clays with regard to

shrinkage. The graphic representation in Plate II gives the results found for fat, semi-fat and other groups of clays.

*Pages 15—17* deal with the porosity of burnt clay, and show how porosity is dependent upon the amount of water in the raw clay.

A description is first given of the method of procedure, and the results of the investigations are then recorded. Table 2 gives the results found for a number of clays investigated. These results are given in graphic form in Plate III.

*Pages 17—18* deal with the influence of the temperature of burning upon the porosity of a burnt clay. The method of investigation is first described, and the results found are then given in Table 3 and Plate IV. The investigations show that with increasing temperature porosity increases until the clay begins to vitrify (sinter) whereupon porosity rapidly decreases.

*Pages 19—20*, discuss how the pressure of moulding influences the porosity of burnt clay. We are first shown how the investigation was designed and carried out. The results are given in Table 4 and also shown graphically in Plate V. It appears from the investigation that pressure of moulding has comparatively little influence upon the porosity of a burnt clay, varying not more than 3 pct. from hand-made bricks to those produced under a pressure of 550 kilos per sq. cm.

*Pages 21—24* deal with the rigidity against crushing stress of raw and burnt clay. The first part gives the method of investigation. The results found are recorded in Tables 5 and 6. It appears from the investigations that the rigidity against crushing stress of Norwegian clays, both in burnt and raw condition, varies greatly, but the majority attain sufficient strength at a temperature of burning not exceeding 900° Centigrade.

*Pages 24—29* deal with the rigidity against crushing stress of burnt clays at various temperatures of burning. In the first section a description is given of the method employed in the investigations, and the results of the latter are given in Table 7. It appears that clays have a minimum strength at a temperature of burning of 700° C.

Rigidity against crushing stress shows a rise up to maximum at 500° C., whereupon it decreases and reaches a minimum at 700° C. and again increases with higher temperatures. Certain clays, however, show a decrease in rigidity at 950° C. whereupon they again rise. A weathering test carried out with clay which was burnt at 500° C. appears to show that it should be possible to produce from Norwegian clay at 500° C. a brick that would be of practical use.

*Tables 8 and 9* show the results of investigations regarding the way in which rigidity against crushing stress decrease, — in some cases quite considerably, — if the brick is kept wholly wet.

*Pages 29—33* deal with a number of experiments concerning the expulsion by pressure of non chemically combined water from the clay. The method employed is exhaustively described in the first section, and the results obtained are given in Table 9. Some of the experiments are specially described, as they were performed in a manner differing from the ordinary one.

It appears as a final result of the experiments that a clay most readily gives off water under a rapid increase of pressure, or when under pressure it is exposed to a series of sharp, successive shocks.

*Pages 33—39* deal with plasticity in raw and burnt clays.

It is first stated that we have chosen to denote the plasticity of a clay as the difference between the limits of saturation by water of the clay in question, and its normal limits of consistency. On the basis of this figure, (the difference) we have classified the clays in groups as shown below:

Extra fat clays	with figure of plasticity	> 35
Fat	" " " " " "	30—35
Semi-fat	" " " " " "	20—29
Meagre	" " " " " "	10—19
Extra meagre	" " " " " "	5—9
Sand (mixed with clay)	" " " "	< 5

On *pages 34—37* are given the results of a number of clays that were examined.

On *page 38* it is shown how the plasticity of a clay alters with rising temperature. A characteristic feature is the great diminution in plasticity that occurs between 400° C. and 500° C., whilst at the same time the clay changes colour, from gray to reddish.

*Pages 39—52* deal with the burning of articles made of clay. This section is based upon, and to some extent translated from, »Das Brennen der Ziegelsteine« by Karl Dümmler, Halle (Saale) 1919.

On *pages 40—44* an account is first given of the general method of placing the articles that are to be burnt in the brick-kiln, and we are shown how the articles should be inserted in order that there may be the best possible equality of distribution of heat in the compartments of the kiln, with due regard to the arrangement and system of firing of the various kilns.

*Pages 45—47* deal with the insertion of various sensitive articles in the kiln, and how the methods that should be employed are dependent upon the various characters of the articles to be burnt. The little sketch shows how the insertion of flat tiles should take place in an ordinary ring furnace. Finally we are told in this section how articles that are to be glazed should be inserted in order that the best results may be obtained.

*Pages 47—49* deal with preliminary heating of the inserted goods, and give advice as to how we can make certain that the inserted articles are quite dry, or that preliminary heating is complete. We are also informed of the injurious effects upon the goods that may result if preliminary heating is not carried out in an entirely satisfactory manner.

*Pages 49—52* deal with the actual burning of the heated articles, and show how burning should be conducted in order to achieve favourable results. We are also informed of simple apparatus and methods for checking whether the inserted articles are rightly and completely burnt, so that the actual burning may be concluded at the right moment.

Finally, a list is given of the sources employed in the preparation of the section on the burning of clay articles.