

Byggematerialer s. 283-497

E. Suenson

Lærebøger

-

1911

Dette dokument udgør en del af et større dokument, der af hensyn til downloadstiden er opdelt i ét eller flere særskilte dokumenter. De(n) øvrige del(e) af dokumentet kan hentes i biblioteket på danskbyggeskik.dk og findes via søgefunktionen hertil.

Klodserne lægges altid med Endetræ opad, da de saa slides mindst (§ 557, 587). De anbringes gerne paa et pudset Betonunderlag, idet de dyppes i Asfalt og presses tæt sammen; til Træbrolægningen paa Langebros Svingsparti er brugt 13^{cm} høje Egeklodser, udstøbte med Cementmørtel, men Banen er delt ved forskellige Udvidelsesfuger fyldte med Ler.

I Porte bruges herhjemme hyppigst Tærninger af Eg eller Gran med 10—15^{cm} Sidelinier; undertiden koges de i Kobber- eller Jærnsulfat. Andre Imprægneringsmidler er omtalt i § 687 og 700.

Til Gadebrolægning bruges aflange Klodser, gerne 3" engl. brede, 8 à 9" engl. lange og f. Ex. 10^{cm} høje (Jarrah paa Gl. Torv, Talgved paa Frederiksberg, eller 15^{cm} (Paris).

I København (Vimmelskaffet) er ogsaa brugt sydsvensk Fyr (13·23·8^{cm}). Træet maa være saa ensartet som muligt, for at ikke den ene Klods skal slides mere end den anden, thi i saa Fald vil der samle sig Vand over de mest slidte Klodser, hvorved disse hurtigt raadner. I Udlandets Storbysker bruges foruden Talgved og Jarrah ogsaa Pitchpine, Yellowpine, Teak og Karri.

7. Jærnbansesveller.

782. Da Svellerne ligger lige i Jordoverfladen, er de meget udsatte for at raadne (§ 624, 662, 664), og de europæiske Træsarter bruges derfor som Regel kun i imprægneret Tilstand (§ 687—8, 690, 692—3, 695—9, 701—2). Foruden Varigheden spiller Haardheden (§ 586) og Styrken mod Sidetryk (§ 557, 598) en Rolle.

I Danmark benyttes til Sveller mest savskaaret Danziger Fyr, i ringere Grad den billigere, sydsvenske Fyr, mens dansk og svensk Eg og dansk Bøg kun sjældent bruges.

En stor Del af de i de senere Aar anlagte Privatbaner er byggede med uimprægnerede sydsvenske Fyrresveller, og Tværnittet er hyppigst 6 $\frac{1}{2}$ ·8 $\frac{1}{2}$ "", sjældnere 6·8" og 5·10". Naar pommersk Fyr bruges, er Dimensionerne hyppigst 4 $\frac{1}{2}$ ·9", 13·20^{cm} eller 15·20^{cm}, sjældnere 6 $\frac{1}{2}$ ·8 $\frac{1}{2}$ " og 5·10"¹⁾. En ringe Mængde uimprægnerede danske og svenske Egsveller anvendes ogsaa.

783. Statsbanerne bruger Danziger Fyr²⁾ samt forsvindende Mængder dansk Bøg og svensk Fyr. De modtager dog ogsaa Tilbud paa dansk Eg, som det vil ses af nedenstaaende Uddrag af Leveringsbetingelserne:

Svellerne skal være af Fyr, dansk Eg eller dansk Bøg. Træet skal være fast, tæt og kærnefuldt, vinterskovet, fuldkommen sundt, frit for skadelige Knaster og al Raadenskab, for Ormehuller, skadelige Revner og andre Fejl, samt aldeles frit for Bark, og det maa ikke være mat eller tappet. Svellerne skal være afskaarne for Enderne ved Snit vinkelrette paa Længderetningen, og de to Bredsider skal være plane og parallelle. Længden skal være 8 $\frac{1}{2}$ " dansk = 8 $\frac{1}{2}$ " engelsk. Løvrigt er Bestemmelserne forskellige efter Træsarterne.

Fyr. Træet maa ikke være fældet mere end 2 Aar for Leveringstiden, hvilket Leverandøren paa Statsbanedriftens Forlangende skal bevise. I den kærnefattigste Ende af Svellen skal mindst Halvdelen være Kærne. Tværnittet skal være en retvinklet Firkant med 10" Bredder og 5" Højde (engelsk Maal). Svellerne skal være fuldkantede, men for indtil $\frac{1}{3}$ af Leverancens tilstedes Barkkanter paa den ene Bredside. Barkkanterne maa tilsammen ikke udgøre mere end 2 $\frac{1}{2}$ " engl. af Bredden, og ingen Barkkant maa være større end 1 $\frac{1}{2}$ " maalt paa Træet. Paa Længdemaalet tilstedes 1" engl. Undermaal, paa Breddemaalet $\frac{1}{10}$ "", naar det kun forekommer undtagelsesvis; paa Højden tilstedes intet Undermaal. Overmaalet betales ikke. Alle Sveller skal være lige. Hvis ikke andet maatte være fastsat, skal Svellerne være af Danziger Fyr, der er udskaaret som Halvtommer (bloksavet), og skal Leverandøren da tilvejebringe Bevis for, at Indladningen har fundet Sted i Danzig. (Undertiden forlanges blot, at Træet skal være fra en tysk eller russisk Østersøhavn ikke nordligere end Riga.)³⁾

Dansk Eg. For Fældningstiden gælder de samme Bestemmelser, som er nævnt under Fyr. Forholdet mellem Kærne og Splint skal tilfredsstillende Fordringen til en god Handelsvare. Tværnsnitarealet skal være 49—50 danske Kvadrattommer med en Højde af ikke under 5" og ikke over 6"; Bredden skal være mindst 7" i den smalleste og 9" i den bredeste Bredside. Paa Længden tilstedes et Undermaal af 1", naar det kun forekommer undtagelsesvis, paa Tværnsnitarealet intet Undermaal. Overmaal betales ikke. Det foretrækkes, at Svellerne leveres lige, og de maa i hvert Fald ikke have større Krumning end 2" paa hele Længden.

Dansk Bøg. Træet skal være aldeles frit for rød Kærne⁴⁾, Svellerne maa ikke være tildannede af Stammer, som er vredne under Væksten, og de maa lige saa lidt have Stjerneridsor som skadelige Revner, hvorfor det bliver Leverandørens Sag at forsyne Svellerne med de fornødne Jærn i Endefladerne, saafremt saadant maatte anses for fornødent. Træet maa være fældet allertidligst i November og allersest i Marts og saa kort Tid som muligt — under ingen Omstændigheder mere end 6 Maaneder — for Leveringen. Svellerens Opskæring skal være foretaget senest 3 Maaneder efter Træernes Fældning. Paa Forlangende skal der tilvejebringes Attest for, at disse Fordringer er sket Fyldst. For Maalene gælder de samme Betingelser som for Egsveller⁵⁾.

¹⁾ Slangrupbanens Sveller er 5"·8"·7". Tværnittet 4·8" er forladt som uhensigtsmæssigt.
²⁾ I de senere Aar dog ogsaa Rigafyr af tilsvarende Kvalitet: en Del af det fra Riga og Memel kommende Træ er af ringere Kvalitet.

³⁾ Prisen pr. Svelle kan f. Ex. være Kr. 3.25.

⁴⁾ Rød Kærne siges at umuliggøre Imprægneringen.

⁵⁾ Prisen pr. Svelle er Kr. 3.00—3.25.

IV. Natursten.

A. Stenenes Egenskaber og Prøvning.

1. Egenskabernes Betydning for Anvendelsen.

784. Stenenes Styrke spiller en Rolle ved næsten alle Anvendelser, Vejrtydning ved Husbygning, idet en porøs Sten er en daarlig Varmeleder, der giver varme Stuer om Vinteren, kølige om Sommeren og samtidig er gennemtrængelig for Luft, saa at der sker en naturlig Ventilation gennem Muren. Vægfylden skal være stor, hvor der virker store Sidekræfter som paa Støttemure, Bro piller og Bygninger i Havet, mens Hvælvinger, Karnapper og Mure, der bæres af en Drager, helst maa opføres af lette Sten. Slidfastheden er af Vigtighed ved Brosten og Vejskærver og ved Bygværker, der er udsatte for Isgang. Haardheden har meget at sige ved Stenenes Brydning og Tildannelse og har ogsaa Indflydelse paa Sliddet og paa Stenenes Evne til at modtage Politur, en Evne man ofte ønsker hos Dekorationssten, men derimod ikke hos Brosten, der helst skal holde sig ru. Endelig spiller Ildfastheden en Rolle for Sten, der skal bruges til Udmuring af Ildsteder eller kan blive udsatte for Ildsvaade, og da navnlig Sten, der anvendes til Trappekonstruktioner og fritstaaende Piller i Husbygningen.

Skal man bruge en Stensort, om hvis Egenskaber der ingen Erfaringer foreligger, bør man først lade den undersøge paa en Prøveanstalt, og de Former, hvorunder en saadan Undersøgelse sker, er nogenlunde ens overalt og vil kort blive omtalte i det følgende.

2. Styrke.

785. De naturlige Sten følger ikke Hookees Lov. Arbejdslinierne ligner Støbjæns, men Skørheden er endnu større (§ 25).

De friskbrudte Sten indeholder en større eller mindre Vandmængde, der kaldes Brudfugtighed, og som i Løbet af et Par Maaneder forsvinder, dog kun delvis. Ofte er de brudfugtige Stens Knusningsstyrke kun $\frac{2}{3}$ af de tørres, og mange Sten, navnlig Kalksten, Kalksandsten og Serpentin, forarbejdes langt lettere i brudfugt end i tør Tilstand. Dette skyldes tildels, at Vandet i Porerne er mættet med Kalciumkarbonat, der afsættes ved Vandets Fordampning. For

at eliminere Vandindholdets Indflydelse paa Styrken prøves Stenene enten i helt tør eller helt vandmættet Tilstand¹⁾.

En uporøs Sten er naturligvis stærkere end en porøs, naar Grundstoffet er det samme, men iøvrigt er det vanskeligt at angive ydre Kendetegn paa, om Stenen er stærk eller ej, hverken Kornstørrelsen eller Vægtfylden giver nogen Vejledning, udover hvad Vægtfylden kan oplyse om Porøsiteten. Selv indenfor samme Stenart varierer Styrken meget, eftersom Stenene er fra det ene eller det andet Brud.

Den største Knusningsstyrke træffes hos Basalt, dernæst kommer de øvrige Eruptivbjærgarter. Kalkstenenes og Sandstenenes Styrke er betydelig ringere.

En lagdelt Sten har størst Knusningsstyrke, naar Kraften virker vinkelret paa Lagene, og anvendes derfor som Regel i denne Stilling, der ogsaa bruges ved Styrkeforsøgene, naar ikke det modsatte forlanges.

786. Trykprøvelegemets Form har Indflydelse paa Brudspændingen²⁾, og navnlig vil denne aftage hurtigt med voxende Højde, naar de andre Dimensioner holdes konstante. Derimod vil ligedannede Prøvelegemer give samme Styrke, og man benytter derfor altid Tærninger, da de derved fundne Værdier kan sammenlignes uden Hensyn til Tærningernes Størrelse. Denne vælges mellem 4 og 10^{cm}, bedst er det at gøre den saa stor, som den forhaandenværende Prøvemaskines Styrke tillader³⁾.

Hvis Trykket virker excentrisk, forringes Brudspændingen betydeligt, derfor er Maskinens Trykplader forsynede med indridsede Kvadrater, hvis Midtpunkt falder i Trykaxen, og ved hvis Hjælp man nøjagtigt kan centrere Tærningen, og den ene Trykplade er lejret i en Kugleskaal, hvorved den selv indstiller sig saaledes, at Trykkets Resultant gaar gennem Axen. De to af Tærningens Sideflader, der modtager Trykket, gøres planparallele ved Høvling eller Slibning. Brudformen er omtalt i § 62—64.

787. Underlagssten for Søjler og Dragere vil ofte blive saaledes paavirkede, at Stenens ene Flade faar et jævnt fordelt Tryk, mens den anden modtager Trykket koncentreret langs en smallere Strimmel⁴⁾. Trykket pr. cm² af denne Strimmel vil da kunne stige betydeligt over den sædvanlige Brudspænding og des mere, jo smallere Strimlen er, som det ses af følgende Forsøg med 10^{cm} Sandstentærninger:

Strimmelbredde i cm:	2,5	2	1,5	1,0	0,5
Brudspænding i at:	926	943	1044	1193	2050.

Ved slige Forsøg danner der sig med Strimlen som Grundflade en Kile, der sprænger Resten af Stenen i to Stykker.

I al Almindelighed har man fundet, at naar Stenen er centralt paavirket, men saaledes at Kraften er fordelt over hele den ene Endeflade F og kun over et Areal f af den modstaaende, vil der mellem Brudspændingen i kg pr. cm² af f (S_c) og Stenens almindelige Tærningstyrke (S_c) bestaa følgende Forhold:

$$S_c = S_c \sqrt{\frac{F}{f}}$$

¹⁾ Tærningen sker ved Opvarmning til 50°, Vandmætningen ved saa lang Tids Henliggen i Vand, at Stenene i de sidste 6 Timer ingen Vægtforøgelse viser.

²⁾ En cirkulær Cylinder giver omtrent 6% større Styrke end et kvadratisk Prisme end et kvadratisk Prisme end et kvadratisk Prisme end et kvadratisk Prisme end et kvadratisk Prisme.

³⁾ Tærningerne tilgøres af de raå Sten ved Savning.

⁴⁾ I Buebroers Stenhængsler er Forholdet et lignende; se desangaende: E. Suenson: Jærnbeton, Side 187.

Hvis Stenen fra bægge Sider kun er paavirket paa Arealet f , finder man samme Styrke, som naar det udenfor liggende Materiale mangler¹⁾.

Naar en Sten er excentrisk belastet, brydes den, naar Kantspændingen, beregnet efter Hookes Lov, har naaet Tærningstyrken.

788. Bøjningsstyrken er gerne dobbelt saa stor som Trækstyrken (§ 71), men de er bægge meget smaa, og det samme gælder Forskydningsstyrken. Paa Grund af disse Styrkeforhold bliver de naturlige Sten hovedsagelig brugt til Konstruktioner, der er paavirkede med rent Tryk²⁾, og har man foretaget Knusningsforsøg, maa en 20 dobbelt Sikkerhed anses for passende³⁾.

Trækstyrken ligger mellem $\frac{1}{10}$ og $\frac{1}{17}$ af Trykstyrken; Forholdet er des mindre, jo skørere Stenen er, og aftager ogsaa med voxende Fugtlighed, idet en vandmættet Stens Trækstyrke kan synke til Halvdelen af den tørres, mens Trykstyrken ikke nedsættes saa meget. Trækforsøg udføres med prismatiske Legemer af kvadratisk Tværnsnit eller med smaa ottetalsformede Stykker, Mage til dem, der bruges ved Cementprøvning (§ 1001). Hvilken af disse Former, der anvendes, er ligegyldigt for Granittens Vedkommende, men ved Kalk- og Sandsten kan de smaa ottetalsformede Legemer give indtil den dobbelte Styrke af den, der findes ved store prismatiske Stykker.

Bøjningsstyrken er gennemsnitlig $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{10}$ af S_c . Forsøgene gøres undertiden med smaa Bjelker. 36 · 5 · 5 cm eller 12 · 2 · 2 cm, undertiden med større Plader; saaledes prøves Tagskifer ofte med et Fritliggende af 20 cm.

Forskydningsstyrken er gennemsnitlig $\frac{1}{14}$ — $\frac{1}{16}$ S_c .

3. Haardhed og Slidfasthed.

789. Haardheden spiller en Rolle baade ved Stenenes Bearbejdelse og Anvendelse. Brudfugtige Sten bearbejdes lettere end tørre, og i Reglen er grovkornede Sten blødere end finkornede.

Jo haardere Stenen er, des mere koster dens Bearbejdelse, og des vanskeligere er det at udhugge fine Detailler i den. Til rigt ornamenterede Sten maa derfor de blødere benyttes.

De haarde Sten bruges derimod til Brosten, Fliser, Trappesten, Skærver o. lgn., hvis Tildannelse er nem, og hvis Styrke og Slidfasthed skal være saa stor som muligt.

En Stens Haardhed kan bedømmes ved at prøve hvilke Mineraler, der kan ridse den, idet man gør Brug af følgende Haardhedsskala opstillet af Professor Mohs:

1. Talk (ridses let med Neglen).
2. Gips og Stensalt (ridses vanskeligt med Neglen).
3. Kalkspat (skræbes let med en Kniv).
4. Fluspat (skræbes vanskeligt med en Kniv).
5. Apatit (skræbes saa godt som ikke med en Kniv, kan ridse med en haard Fil, men giver dog ingen Gnister mod Staal; almindeligt Rudeglas har Haardhed 5).
6. Orthoklas (giver enkelte Gnister mod Staal).
7. Kvarts (gnistrer stærkt mod Staal).
8. Topas.
9. Korund.
10. Diamant.

¹⁾ Dette gælder dog formentlig kun for Tærninger og lignende lave Prøvelegemer. Schüle har gjort Forsøg med Betonprismer, der var henholdsvis 50 og 100 cm høje, mens Tykkelsen var 12 cm, og Bredden varierede fra 12 til 60 cm; Trykket virkede centralt paa en Flade, hvis Størrelse var 12 · 12 cm². Brudspændingen pr. cm² af denne Flade havde følgende Værdier, naar den for Prismerne med kvadratisk Tværnsnit sættes lig 100 (Mitt. der eidgen. Materialprüfungsanstalt. 13. Heft.):

Prismets Bredde i cm	12	24	36	48	60
Relativ Trykstyrke, naar h = 50 cm	100	112	118	129	149
„ „ „ h = 100 cm	100	126	174	187	202

²⁾ I Kina findes dog Broer byggede af indtil 25 m lange Granitplader (Beton & Eisen 1910, Side 2).

³⁾ 10—15 for Underlagssten, 15—20 for Piller og Hvelvinger, 25—30 for meget slanke Piller og Søjler (Preuss. Minst. f. off. Arb.).

Hvis et af ovenstaaende Mineraler hverken kan ridse Stenen eller ridses af denne, saa er de lige haarde, og Haardheden angives som Minerallets Nummer i Skalaen. Naar Stenen bestaar af flere Mineraler, angiver man dens Hovedbestanddeles Haardhed.

790. Slidprøver udføres gerne med **Bauschingers Slibemaskine**, en stor, vandret Støbejernsskive, der roterer om en lodret Axe, og mod hvilken Stentærningen trykkes med en Belastning af ca. $\frac{1}{2}$ at. Med regelmæssige Mellemløb drysses der en bestemt Mængde af en bestemt Slags Smergelpulver eller fint Sand paa Skiven, efter at først det gamle Slibemiddel er fjernet sammen med det afslebne Stenpulver. Efter et vist Antal Omdrejninger bestemmer man Tærningens Vægttab, som i Reglen omregnes til cm^3 ¹⁾.

Da Slibemidlet, Rotationshastigheden, Antallet af Omdrejninger o. s. v. er forskellig ved de forskellige Prøveanstalter, kan to Laboratoriets Resultater ikke sammenlignes indbyrdes.

Ved Slidforsøg paa Prøveanstalten ved Berlin har man som Middeltal af større Forsøgsrækker fundet følgende Slid²⁾:

Porfyr (18 Forsøg)	6,7 cm^3	Oliemalet og lakeret Fyrretræ	24 cm^3
Linoleum, 5,1—1,4 mm tykt	7,1 »	Fyrretræ	24 »
Basalt	7,3 »	Oliemalet Grantræ	29 »
Xylolit	7,7 »	» og lakeret Grantræ	36 »
Granit (88 Forsøg)	8,3 »	Kalksten	36,0 »
Klinker	21,8—29,4 »	Grantræ	45 »
Oliemalet Fyrretræ	22 »	Sandsten	61,7 »

Metoden har den Fejl, at Slibepulveret sætter sig fast i bløde Stoffer i Stedet for at slide paa dem, saa at f. Ex. Linoleum viser sig mere modstandsdygtigt end Basalt. Saadanne Stoffer prøves bedre med **Sandpapir** klistret paa en Klods, der føres hen over Prøvestykket, en Fremgangsmaade, der er angivet af den danske Statsprøveanstalt.

Paa Prøveanstalten ved Berlin undersøges Materialernes Slidfasthed ofte med **Sandblæst**, idet Prøvestykket lægges paa et Bord med et cirkulært Hul, gennem hvilket der sendes en kraftig Sandstråle mod Prøvestykket, der derved udhules mer eller mindre³⁾. Denne Metode udmærker sig ved sin Umiddelbarhed, idet man blot ved at se paa Prøvestykket, faar et tydeligt Indtryk af Materialets Modstandsevne og Homogenitet, men iøvrigt lider den af samme Mangel som den først beskrevne, idet Sandskornene preller af paa elastiske, bløde Stoffer uden at beskadige dem.

791. Vejskærver og Skærver til Jærnbanehallast vil foruden at slides faa Stød fra Færdslen og, for de sidstes Vedkommende, Slag af Stophakken. Saadanne Skærver prøves undertiden ved at fyldes i en cirkulær cylindrisk Tromle, drejelig om en vandret Axe, der gaar fra den ene Endebunds Periferi til den anden gennem Cylindrens Tyngdepunkt. Naar denne Tromle roterer, vil Skærverne dels gnide mod hinanden og dels hamre paa hinanden, og den Mængde af findelt Materiale, som et vist Antal Omdrejninger frembringer, er et Maal for Skærvernes Modstandsevne overfor denne sammensatte Paavirkning.

¹⁾ Bauschingers Skive, der arbejder med Naxosmergel Nr. 3, og den danske Statsprøveanstalts Skive, der er mindre og arbejder med Sand, er beskrevne i *Ingeniøren* 1901, Side 73. Tærningerne, der inden Forsøget tørres ved 100°, har gerne et Tværsnit af 50 cm^2 , og der er to samtidig i Maskinen, stillede diametralt modsat, af hvis Slid man da tager Middeltallet. Der foretages gerne 4 Vejninger, f. Ex. een for hver 110 Omdrejninger, for at man kan faa at vide, om Slidfastheden ændrer sig med Afstanden fra Overfladen.

²⁾ En Oversigt over de praktiske Erfaringer, man i Tyskland har gjort med Fortovsbelægninger af naturlige og kunstige Sten, findes i *Ingeniøren* 1910, S. 153.

³⁾ Blæsningen sker ved 2 at Tryk og i 2 Minutter eller ved 3 at og i 3 Minutter.

Paa Prøveanstalten ved Berlin undersøges Ballastskærver i et Slagværk, idet 5^{te} af dem fyldes i en meget solid Trækasse, efter at Mængden af de forskellige Størrelser først er bestemt ved Sigtning. Ovenpaa Skærverne lægges et Træstempel (svarende til Svellen), foroven beslaaet med et Jærnstykke (svarende til Skinnen), paa hvilket Faldklodsen banker. For hver 100 Slag undersøges Skærverne ved Sigtning, hvorpaa hele Massen atter fyldes i Kassen. Desuden undersøges Skærverne ved roligt Tryk i en Jærnmorter og ved Frysningforsøg.

4. Porøsitet og Varmeledningsevne.

792. Porøsiteten og Varmeledningsevnen spiller navnlig en Rolle ved Stenenes Anvendelse til Husbygning. Mens man til Fundamenter og Sokkeler bruger uporøse Sten, der ikke suger Jordfugtigheden op, ønsker man til det overjordiske Murværk at have porøse Sten, der muliggør en naturlig Ventilation gennem Muren og formindsker Varmetabet ved Ledning, idet Porernes Luft virker isolerende.

Stenenes Betydning for Ventilationen er dog stærkt overvurderet, den gør sig kun gældende i Stalde og lignende Rum, hvis Vægge hverken er pudsede, tapetserede eller malede; derimod er det af stor Vigtighed, at Stenene er daarlige Varmeledere, thi i modsat Fald vil Murens Inderside, der er i Berøring med varm, fugtig Luft, beslaa sig med Fugtighed (»svede«).

Bedst egnet til Behoelshuse er Sandsten og visse porøse Kalksten, derefter kommer tætte Kalksten og Granit¹⁾.

793. Den Mængde Vand, en Sten kan indsuge, er et Maal for dens Porøsitet og altsaa for hvor godt den egner sig til Husbygning og bestemmes ved 10 Tærninger, der først opvarmes til 50—100°, indtil Vægten bliver konstant og derpaa lægges i Vand, indtil de er mættede, hvorpaa de tørres med et Klæde og atter vejes. Vægtforøgelsen angives i Procent af Tørvægten.

For at Vandet ikke skal stoppe Porerne, inden Luften i Stenens Indre er sluppen ud, dyppes Stenen i de første 24 Timer kun et Stykke ned i Vandet, saa at dette suges op ved Haarrørskraften, hvorved Luften lettere kan undvige. Endnu bedre er det at presse Vandet ind i Stenen ved 3 at Tryk, hvorved Mætningen sker i Løbet af en Timestid.

Undertiden undersøger man ikke om Stenen er vandmættet, men foretager to Vejninger, een efter 12 Timers Forløb og een efter 125 Timer.

Saafernt der i Stenens Indre findes Porer, der ikke staar i Forbindelse med Overfladen, bliver Vandoptagelsen intet Maal for Porøsiteten, og denne kan da kun bestemmes ved at pulverisere Stenen og bestemme Pulverets Vægtfylde og sammenligne denne med den hele Stens²⁾.

Man kan nemt danne sig et Skøn om en Stens Porøsitet ved at lade en Vanddraabe falde paa den og se, hvor hurtig den indsuges. Trykker man en porøs Sten mod Tungen, klæber den sig fast ved Haarrørens Sugning. Lægges en porøs Sten i Vand, synger den, samtidig med at Luften pibler ud.

¹⁾ E. Lesz har fundet følgende relative Varmeledningsevner: Pyrenæisk Marmor 1000, Granit 7—800, Carrarisk Marmor 769, Sandsten fra Strehlen 701, Sachsiske Serpentin 676, Lerskifer fra Schwarzwald 469, almindeligt Ler 275. Varmeledningsevnen m. m. er ogsaa omtalt i § 1280—2. *Mallet* har fundet en Varmefylde af ca. 0,2 for Diabas, Granit, Dolomit, Marmor og Skifer.

²⁾ Pulveret tørres ved 100—120° og for at eliminere Finhedsgradens Indflydelse frasigtes de groveste og fineste Partikler ved Hjælp af Sigter med henholdsvis 900 og 4900 Masker pr. cm^2 .

5. Stenenes Varighed.

794. Sten kan naturligvis ødelægges paa mange Maader f. Ex. af Ild, eller i Havet af Muslinger, der angriber alle bløde Stenarter, særlig Kalksten, undertiden endog Granit og Flint, men mere almen Betydning har Forvitringen: den jævnt fremadskridende Ødelæggelse, der bevirkes af Atmosfæren og de lavere Planter, og som viser sig ved, at Stenene affarves og bliver blege samt mister deres Sammenhæng.

I Almindelighed vil Stenen holde sig des bedre, jo tungere og jo mere homogen, finkornet og uporøs den er.

Forvitringen er dels af mekanisk, dels af kemisk Natur.

795. Den mekaniske Forvitring skyldes Vandet, der trænger ind i Stenen og ved at fryse til Is sprænger Stenen eller løsner Skaller af dens Overflade. Paa samme Maade virker Brudfugtigheden, og Stenene bør derfor altid tørres flere Maanedre under Tag, inden de indmures. Det er navnlig lagdelte Sten, som Sandsten, eller paa anden Maade uhomogene Sten med porøse Steder f. Ex. Glimmerlag, der ødelægges af Frost, mens Sten med store, jævnt fordelte Porer i Reglen staar sig godt, da Vandet hurtig fordampes fra Overfladen, og da Porevæggene i Stenens Indre vil faa samme Tryk fra alle Sider, naar Vandet fryser.

Bløde Sandsten, der indmures i brudfugtig Tilstand med Cementmørtel, kan undertiden revne før eller senere, idet Mørtelen modsætter sig den Sammentrækning, som ledsager Stenenes Udtørring; slige Sten bør formures i en svag Mørtel.

796. Den kemiske Forvitring kan ligeledes skyldes Vandet, der opløser nogle af Stenens Bestanddele. Rent Vand angriber næsten ikke¹⁾, men kulsyreholdigt²⁾, og i endnu højere Grad svovlsyreholdigt, Vand virker stærkt opløsende, først og fremmest paa Kalksten.

I Industrier indeholder Luften altid megen Kulsyre og Svovlsyre fra Skorstenstrøgen. Ved Forbrænding af svovlholdige Kul dannes Svovlsyrlinganhydrid (SO₂), der forener sig med Røgens Vanddampe til Svovlsyrling (H₂SO₃), som i Luften iltes til Svovlsyre (H₂SO₄). Denne Svovlsyre optages af Nedbøren, som derved bliver i Stand til at opløse Stenene, og Angrebet er navnlig stærkt i de nordlige Lande, hvor Stenene længe kan være dækkede af svovlsyreholdig Sne.

Stenenes Varighed er overhovedet større i Syden end i Norden, som det tydeligt har vist sig ved de gamle ægyptiske Obelisker, der i de sidste Aarhundreder er blevne overflyttede til London og Paris og allerede er stærkt medtagne.

Luftens Ilt indvirker paa Stenenes Jærnforbindinger; f. Ex. ilter Svovlkis (FeS₂) sig meget let, naar der er Vand tilstede, til Jærnsulfat og Svovlsyre³⁾, der begge er opløselige i Vand; og da Processen er forbunden med en Volumenforøgelse, kan den sprænge Stenen. Mens Forvitringen som Regel bleges

¹⁾ Mens Kalciumkarbonat, CaCO₃, er næsten uopløselig i rent Vand, opløses 1 Del Bikarbonat, Ca(HCO₃)₂, i 2600 Dele Vand, 1 Del Kalkhydrat, Ca(OH)₂, i 760 Dele Vand og 1 Del Gibs, CaSO₄, i 400 Dele Vand, alt ved 15°.

²⁾ Kulsyreholdigt Vand angriber de allerfleste Stoffer, saaledes Stensalt, Anhydrit, Gibs, Kalciumkarbonat, Dolomit, Feldspat, ja selv Kvarts, omend i ganske forsvindende Grad. Ved Feldspattens Opløsning dannes kiselsur Lerjord (Kaolin) samt Kiselsyre og Kalium-, Natrium- eller Kalciumkarbonat, af hvilke Kaolinen er uopløselig, mens det øvrige opløses af Vandet og siver bort med det.

³⁾ FeS₂ + 7O + H₂O = FeSO₄ + H₂SO₄. 1 Del Jærnsulfat er opløselig i 1,4 Dele Vand ved 15°.

Stenene, bliver de jærnholdige Sten ofte rustfarvede; det gælder f. Ex. mange Eruptivbjærgarter, der indeholder Magnetjærnsten.

Eruptivbjærgarternes Forvitringstilbøjelighed er dog i Almindelighed saa ringe, at den i Byggeteknikken er uden Betydning, forudsat at Stenene er friske ved Indmuringen. I Løbet af geologiske Perioder kan de derimod forvitte synligt, og slige angrebne Sten vil forvitte videre temmelig hurtig, saaledes at det tydelig kan spores i Løbet af nogle Aartier. Det er navnlig Feldspatten, der forholder sig paa denne Maade. Man bør derfor ikke til Bygningssten bruge Sten med forvitret Overflade.

Ogsaa for den kemiske Forvitring spiller det naturligvis en Rolle, om Stenen er porøs, saa at Angrebet tillige kan ske indvendig fra, og en Porositetsbestemmelse vil derfor kunne bidrage til Bedømmelsen af en Stens Holdbarhed.

797. Alger og Mos kan baade virke mekanisk, ved at Rødderne trænger ind i Porerne og sprænger Stenen, og kemisk, idet de danner Humussyre, i hvilken mange Stoffer er opløselige. Paa denne Maade ødelægges navnlig kalkholdige Sten.

Hvis Stenen er underkastet meget stærke **Temperatursvingninger**, og dens Bestanddele har forskellige Udvidelseskoefficienter, vil der kunne danne sig fine Revner i den, hvorved alle de omtalte Forvitningsprocesser fremskyndes.

Ved Formuring af naturlige Sten maa man passe paa ikke at spilde Mørtel paa dem, navnlig naar de kun er tugtede, da Pletterne kun kan fjernes med fortyndet **Saltsyre**, der efterlader brune Skjolder, naar den ikke afskylles meget grundigt. Har man ved Uforsigtighed faaet disse Skjolder, kan de tages af med stærkere Saltsyre, forudsat man saa skyller ordentlig.

6. Prøvning af Vejr- og Frostfastheden.

798. Om en Sten er vejrfast afgøres bedst ved at undersøge, hvorledes den har staaet sig i ældre Bygværker, eller ved at lade den ligge et Aar i det fri, udsat for Nedbør, Sol og Frost og derefter undersøge, om Farven er bleget, og om der er sket Afbladninger eller opstaaet Ridser.

Paa et Laboratorium lader de naturlige Forhold sig vanskeligt efterligne samtidig, men man deler Undersøgelsen i tre Dele og bestemmer dels den kemiske Modstandsdygtighed, dels Styrketabet ved Vandmætning og dels Frostfastheden.

Kemiske Prøver bruges navnlig overfor Tagkifer og vil blive omtalte der. Ved Knusningsprøver viser det sig, at vandmættede Sten er svagere end tørre, hvilket, i alt Fald tildels, skyldes, at Vandet opløser nogle af Stenens Bestanddele, og Styrketabet er derfor des større, jo mindre vejrfast Stenen er¹⁾. Styrketabet har intet at gøre med Mængden af det optagne Vand, altsaa med Stenens Porøsitet, som det vil ses af følgende Tabel, der angiver Middeltal af en Mængde Forsøg udførte paa Prøveanstalten ved Berlin:

¹⁾ Forholdet mellem Knusningsstyrken i vaad og tør Tilstand kalder **Tetmajer** for **Vejrfasthedskoefficienten**, idet det voxer med Vejrfastheden, under $\frac{1}{2}$ bør Koefficienten ikke være for Sten, der skal bruges i det fri.

Stenart	Knusningsstyrke i at		Vandoptagelse i %	Styrketab	
	lufttør	vandmættet		absolut i at	i % af Styrken i tør Tilstand
Basalt	3111	2911	0,41	200	6,4
Granit	1834	1774	0,62	60	3,3
Kalksten	1000	803	2,44	197	19,7
Sandsten	761	693	5,93	68	8,9

799. Den mest brugte Vejrfasthedsprøve er dog **Frostprøven**, da en Sten, der kan taale Frost, som Regel ogsaa taaler de øvrige Vejpraavirkninger.

Frostprøven udføres med Tærninger, der først mættes med Vand¹⁾ og derpaa fryses og optøes 25 Gange. Hver Frysning varer 4 Timer og foregaar i en Frysekasse ved en Temperatur af ± 12 à ± 20 °, mens Optøningen sker i Løbet af 3 Timer i destilleret Vand af Stuetemperatur.

Efter hver Optøning undersøger man, om Stenen har taget synlig Skade, og tilsidst bestemmes Vægttabet; da dette dels skyldes Stoffer, som Vandet har opløst, dels Dele, som Isen har sprængt af, bestemmer man undertiden bæge Mængder, idet Vandet, hvori Stenen har mættet sig, og som ogsaa er brugt til Optøningerne, filtreres og inddampes, saa at man kan veje, dels hvad der er blevet tilbage paa Filtret, dels Inddampningsresten. Sluttelig knuses Stenene i vaad eller tør Tilstand, og Styrken sammenlignes med de tørre, ufrosne Stens.

Ved frostfaste Sten er baade Styrketabet, Vægttabet og Sprængningerne meget ringe.

Stenene er aldrig helt mættede, da der altid fordamper noget Vand fra Overfladen, inden Frysningen sker. Da det netop er Overfladen, der hyppigst sprænges af, bliver Prøven des mildere, jo mere Vand der er fordampet, og Frysekassens Indretning kan derved faa Indflydelse paa Resultatet. Ved Prøvning af kunstig Kalksandsten har det vist sig, at den danske Statsprøveanstalt og Prøveanstalten ved Berlin kom til forskellige Resultater, fordi den sidstnævnte Frysekasse tillod en stærkere Fordampning.

7. Midler mod Forvitring.

800. For at bevare Stenene i et Bygværk maa man først og fremmest sørge for, at Nedbøren ikke bliver liggende paa dem, og frie, opadvendende Flader gives der derfor Fald udførelse, og mindre gode Sten dækkes endog undertiden med Zink eller Skifer. Endvidere maa Jordfugtigheden holdes borte ved tætte Isoleringsslag.

Naar Stenen finhugges, slibes eller poleres, bliver den mere modstandsdygtig, dels fordi Overfladen bliver mindre, dels fordi Vandet hurtigere løber af, og Planterne ikke kan fæstne sig.

Sten, der bestaar af flere Mineraler, lader sig kun polere smukt, naar Bestanddelene har omtrent samme Haardhed, ellers bliver de blødere Korn slidt hule. Porfyr, Syenit, Granit, Basalt, Serpentin og Marmor lader sig smukt polere, men kun ved meget haarde Sten er Polituren holdbar i det fri.

Man kan ofte forbedre en Stens Vejrfasthed, Styrke og Haardhed ved at **impregnere** den, og derved bliver man i Stand til at bruge billige, letbearbejdelige Sten, som ellers ikke vilde have den tilstrækkelige Modstandsevne. Men

¹⁾ ved i 24 Timer at ligge halvt, i 24 Timer helt neddyppede.

Impregneringen har ikke blot Betydning ved Nybygninger, den kan ogsaa bruges til at standse Forvitringen af gamle Bygværker.

801. Til Impregnering af bløde Kalk- og Kalksandsten er de **Kesslerske Fluater** udmærkede¹⁾. De bestaar af Fluor-Siliciumbrinte (Kisselsyre H_2SiF_6), hvori et Metal (Magnium, Aluminium, Zink eller Bly) er opløst. De sælges som farveløse Krystaller, der opløses i blødt Vand af mindst 15° C, indtil Vandet er fuldkommen mættet. Der stryges 3 Gange med 1 Døgns Mellemrum, hvorved Vædsken trænger indtil 1 cm ind i Stenen, hvor den dels selv hærdner og stopper Porerne og dels overfører Stenens opløselige Stoffer til uopløselige Flusysyre- eller Kisselsyreforbindelser²⁾. For ikke strax at faa Porerne stoppede bruger man til første og anden Strygning 1 Maal af Opløsningen spædt op med henholdsvis 2 og 1 Maal Vand, og kun til sidste Strygning bruges den koncentrerede Vædske. Fluateringen forøger Haardhed og Frostfasthed og forhindrer Plantevækst uden at paavirke Stenens Udseende, dog kan man ogsaa faa farvede Fluater. Ved Slidforsøg med fluaterede Sten er Sliddet omtrent ens, selv om Stenene er forskellige. Fluateringen koster 50—90 Øre pr. m² og bruges kun, hvor Stenens Udseende spiller en Rolle. Hvis man ikke bryder sig om, at Stenene skjules, kan man beskytte dem med et Pudsag eller male eller tjære dem.

Tidligere brugte man **Vandglas** som Impregneringsmiddel, men det egnede sig ikke dertil. Til Sandsten har et tysk, patenteret Produkt, **Testalit**, vist sig godt. Ved Bygningen af Hamburgs Raadhus blev der foretaget Prøver med det, og det viste sig, at Impregneringen gjorde Stenen vandtæt, fuldkommen frostfast og forøgede Haardheden, uden at Udseendet led Skade. Det forhindrer Plantevækst og er billigere end Fluaterne; til Impregnering af 1 m² medgaar for ca. 20 Øre.

8. Ildfasthed.

802. Ildfastheden har Betydning i Ildebrandstilfælde (§ 784) og ved Anlæg af Ildsteder, hvortil der i Udlandet undertiden benyttes Natursten.

Bauschinger har gjort Forsøg med Søjler af forskelligt Materiale, der i belastet Tilstand udsattes for Flammen fra et Baal og tilsidst besprøjtedes³⁾. Beton stod sig fuldkommen, idet den i 1¼ Time var udsat for Ilden uden at tage Skade, og næsten samme Modstandsevne havde almindelige Mursten i Cementmørtel og Klinker i Cementmørtel; ingen af de naturlige Sten taalte derimod Prøven, bedst var Granit, derefter Sandsten og endelig Kalksten.

Ødelæggelsen skyldes først og fremmest den uensartede Udvidelse⁴⁾, der bevirker at Stenene revner paa Kryds og tværs, hvorefter Stumperne falder fra hinanden, men dertil kommer saa andre Virkninger som Kulsyre- og Svovelsyre-Undvigen fra Kalksten, Kalksandsten og Dolomit og Lerets Svind i Lersandsten, hvorved det mister Bindeevnen.

Af Sten, der vedvarende taaler høje Temperaturer, og som derfor maa betegnes som ildfaste, skal nævnes Asbest og Klæbersten⁵⁾, men ogsaa disse vil revne, hvis de udsættes for pludselige Temperaturforandringer.

Mure, der er svættede ved Ildebrand, kan renses med Sandblæst.

¹⁾ Se: Die Kesslerschen Fluater. Neue Mittel zur Erhärtung und Conservirung von weichen Kalksteinen, Sandsteinen, Mörtel, Cementwaaren, Gyps und Thonwaaren. Nach der 6. französischen Auflage übersezt von Prof. Hans Hauenschild. Berlin, 1895.

²⁾ Hyppigst bruges **Magniumfluat** ($MgSiF_6$), der forener sig med Calciumkarbonatet til Fluorkalcium (Flusspat) under Udskillelse af Kulsyre og geléagtig Kisselsyre. Baade Kisselsyren og Fluorkalciet er uopløselige og tætter Stenen, mens Kulsyreudviklingen medfører en vis Porøsitet, der gavner Frostfastheden. Er der ikke Calciumkarbonat i Stenen, maa denne først behandles med Natronvandglas (**Avantfluat**) og derpaa med Aluminiumfluat, der ved at indvirke paa hinanden danner Kisselsyre og Kryolit.

³⁾ Mitth. aus dem mech.-techn. Lab. in München, Heft XII. Forsøg med smaa Tærninger, der glødes og kastes i Vand, giver ringe Oplysning om Brandsikkerheden.

⁴⁾ Denne gør sig navnlig gældende hos grovkornede Granitter og Syenitter. Basalt er mindre tilbøjelig til at revne, men smelter i stærk Varme.

⁵⁾ samt Talkskifer, Serpentin, Lerskifer og Glimmerskifer.

B. De vigtigste Stenarter¹⁾.

1. Struktur og Inddeling.

803. De naturlige Sten bestaar af Mineraler som Kvarts, Feldspat, Glimmer, Hornblende, Augit, Kalkspat, Gibs o. s. v., der alle er kemiske Forbindelser. Stenene kan enten være dannede af et enkelt af disse Mineraler, eller flere kan være blandede sammen, og efter de enkelte Mineralers Størrelse og Lejrning faar Stenen en forskellig Struktur. Denne kaldes:

kornet, naar de enkelte Minerallegemer kan skelnes fra hverandre med det blotte Øje (Granit, Marmor);

tæt, naar man kun under Mikroskop kan se de smaa Mineraler (mange Basalter, almindelig Kalksten, Flint);

glasagtig, naar Smaadelene ikke engang viser sig under Mikroskop;

porfyrisk, naar den kornede, tætte eller glasagtige Grundmasse indeholder enkelte større Korn (Kvartsporfyr);

skifret, naar Stenen særlig let lader sig kløve i een bestemt Retning; oftest er Bestanddelene stribevis ordnede i samme Retning (Tagskifer, Sandsten, Gneis);

porøs, naar der findes mange smaa Hulrum.

804. Efter Stenenes Dannelsesmaade inddeles de i Eruptivbjærgarter, Sedi-mentbjærgarter og krystallinske Skifre.

Eruptivbjærgarterne er dannede ved smeltede Massers Størkning.

Sedimentbjærgarterne er dannede ved Aflejring af Smaadele, som oftest i Vand. Stammer disse Smaadele fra ældre, ødelagte Stenmasser, kaldes Bjærgarten et mekanisk Sediment, er de derimod udskilte af Vandet, eller er de Rester af Organismer, kaldes Bjærgarten henholdsvis et kemisk og et organisk Sediment.

De krystallinske Skifre kan baade være Eruptiv- og Sedimentdannelser, men efter deres Opstaaen har de været underkastede saa store Tryk, at i alt Fald nogle af deres Bestanddele er blevne flydende, saa at der er sket en Omkrystallisation, og samtidig er Strukturen bleven skifret, hvilket maa forklares ved, at Stenarterne er blevne ligesom valsede.

2. Eruptivbjærgarter.

a. Granit.

805. Granit er en kornet Sten²⁾, der bestaar af Feldspat, Kvarts og sort Glimmer; Glimmeren kan være erstattet af Hornblende eller Augit, og ofte er der en lille Smule Magnetjærnsten og Svovlkis tilstede. Feldspattens og Kvartsens Kornstørrelse ligger gerne mellem 1 og 5 mm.

Feldspatten optræder som tavleformede, uigennemsigtige, glasglinsende Kry-staller, som kan have alle mulige Farver, og da den udgør Granittens Hovedbestanddel³⁾, faar Granitten samme Farve, der dog afdæmpes af de andre Mineraler. Paa friske Spalteflader har Feldspatten Perlemorsglans.

¹⁾ For de danske Stenarters Vedkommende er en Del af de følgende Oplysninger tagne fra N. V. Ussing: Mineralproduktionen i Danmark ved Aaret 1900 og sammes: Danmarks Geologi.

²⁾ Navnet afledes af det latinske granum (s: Korn).

³⁾ Gennemsnitlig bestaar Granitten af 55—60 % Feldspat, 30 % Kvarts og 10—15 % Glimmer.

Kvartsen forekommer som Korn uden regelmæssig Form, med fedtet Glans og muslet Brud. Den er blaaliggraa, gennemskinnende og giver Granitten dens store Haardhed.

Glimmeren findes som smaa Skæl med Metalglans. Den formindsker Granittens Styrke og Vejrfasthed og forhindrer Frembringelsen af en smuk Politur, da der kommer Fordybninger paa de Steder, hvor den bløde Glimmer findes. Undertiden er Glimmeren afsondret i parallelle Lag, saa at Granitten bliver stribet.

Hornblende og Augit er sorte Mineraler, der forøger Granittens Sejghed, men temmelig let forvitrer.

Magnetjærnsten og Svovlkis er tilstede som ganske smaa Korn, der let ses paa en poleret Flade ved deres Metalglans; den første ligner Staal, den anden Messing. De forvitrer let.

806. Granittens **Vægt** er gennemsnitlig 2700 kg/m³ ¹⁾.

Trykstyrken er i Regelen meget stor, for skandinavisk Granit kan gennemsnitlig regnes 2000 at.

Følgende Tabel viser Styrken af nogle skandinaviske Granitter henholdsvis i lufttør og vandmættet Tilstand samt efter at have været udsat for Frostprøve under Vand i 12 Timer:

		Max.	Middel.	Min.
Hammergranit. Vægt: 2713 kg/m ³ . 10 Forsøg . . .	tør	2763	2470	2234
	vaad	2662	2452	2190
	frossen	2662	2399	2089
Lysekilgranit. Vægt: 2624 kg/m ³ . 20 Forsøg . . .	tør	2275	1979	1717
	vaad	2119	1893	1762
	frossen	2052	1880	1717
Carlshamgranit. Vægt: 2717 kg/m ³ . 50 Forsøg . .	tør	2721	2406	2063
	vaad	2587	2287	1918
	frossen	2509	2184	1862
Oscarshamgranit. Vægt: 2571 kg/m ³ . 10 Forsøg . .	tør	3167	2614	2230
	vaad	2832	2491	2096
	frossen	3167	2553	2052

Paa Berlinerlaboratoriet har man som Maximalstyrke fundet 3689 at og som Middeltal af 59 Arter: 1834 at (§ 798); isvrigt angives Styrken af tyske Granitter lige ned til 800 at.

Styrken mod Træk, Forskydning og Bøjning er meget ringe, nemlig:

$$S_t = 20-45 \text{ at eller } \frac{1}{150} S_c; \quad S_f = 25-160 \text{ at eller } \frac{1}{20} S_c; \quad S_b = 50-250 \text{ at eller } \frac{1}{10} S_c.$$

At afledte Værdierne af S_c vil dog ofte føre til store Fejl. Bach har saaledes fundet for en finkornet, blaa Granit:

$$S_c = 1006 \text{ at} \quad S_t = 45 \text{ at} \quad S_f = 78 \text{ at} \quad S_b = 84 \text{ at}.$$

Brudforlængelsen er omtalt i § 25, Trækprøvelegemernes Form i § 788.

Den tilladte Trykspænding for Murværk af hugne Sten i Cementmørtel sættes gerne til 50 at, saaledes i Norge, Sverrig og i Forslag til Bygningsvedtægt for København (§ 925). Det prussiske Ministerium for offentlige Arbejder tillader (²⁾/₁ 1910) for Piller og Hvelvinger 45 at, for meget slanke Piller og Søjler 25 at, for Lejsten 60 at. I Sverrig bruges for Cyklopmurværk i Cementmørtel 25 at og for enkelte Granitsten 60—120 at. De danske Statsbaner tillader kun 20 at for Lejsten.

807. Vandoptagelsen er meget ringe, højst 1 % ³⁾; Stenen er altsaa uporøs, følgelig en slet Varmeisolator (§ 792) og benyttes derfor, samt paa Grund af Prisen ³⁾, ikke som Hovedmateriale til beboede Bygninger, men kun som Beklædning for en Mur af brændte Sten. Den formues enten i Cement- eller Blandingsmørtel, Kalkmørtel binder daarligt til den paa Grund af Stenens Uporøsitet.

¹⁾ 2531—2840 kg/m³.

²⁾ I 12 Timer: 0,23—0,7 %; i 125 Timer: 0,4—0,9 %; Se ogsaa § 798.

³⁾ Prisen i København varierer mellem Kr. 135 og Kr. 225 pr. m² efter Kvaliteten og Brydningens Vanskelighed.

Vejrfastheden er meget stor, des større jo mere Kvarts og jo mindre Glimmer, der er tilstede ¹⁾.

I Ild revner Granit (§ 802).

Paa Grund af Granitens store **Haardhed** (7-9) er Bearbejdelsen meget vanskelig og dyr, og paa Grund af Kvartsindholdet springer Kanterne let af under Bearbejdelsen; den egner sig derfor ikke til finere Profiler og Ornamenter; men kan modtage en smuk Politur, naar der ikke er for meget Glimmer i den. Bearbejdelsen er omtalt i § 873-5 og 878.

Den er meget **slidfast** (§ 790) og bruges derfor til Brosten, Fliser og Trappetrin, der dog i Tidens Løb slides glatte. Diabas og Basalt er i endnu højere Grad slidfaste, men Glatheden bliver til Gengæld større.

808. Løvrigt **anvendes** Granit overalt, hvor det kommer an paa stor Styrke eller Varighed, saaledes til Brohvælvinger ²⁾ og Bropiller, til Havnearbejder, som Fortøjningssten og Underlagssten for Jærndrager og Jærnsøjler. I Husbygningen bruges den til Hussokkeler, Façadebeklædning, Søjler og svært belastede Piller (§ 880-9). Endvidere anvendes Granit i stor Udstrækning som Skærver, dels til Vejbefæstelse, dels til Beton (§ 863-6).

Den **skandinaviske Granit** regnes for den bedste i Nordevropa, og meget af den udføres til Tyskland baade som Brosten og Dekorationssten. Der findes uuaadelige Mængder af den, og navnlig de sydsvenske og bornholmske Granitter er berømte.

Den Granit, der findes som Glacialsten rundt i Danmark, benyttes meget i de smaa Byer og ude paa Landet (§ 852), mens de større Byer henter deres Brosten og Bygningssten fra Bornholm og Sverrig. Fra Bornholm udføres aarlig for over 800,000 Kr. Granit, og Granitten dér er mindst lige saa god som den svenske ³⁾; alligevel indfører Danmark mange Bygningssten og de allerfleste Brosten fra Sverrig paa Grund af den noget lavere Pris. I mange svenske (og norske) Brud er Granitten nemlig, i Modsætning til den bornholmske, afsondret i tyndere eller tykkere Plader, saakaldte »Bænke«, hvilket letter Brydningen overordentlig; Brosten kan saaledes hugges ud ved faa Slag af Bænke af Brostenens Højde, mens Brosten af bornholmsk Granit kræver et møjsommeligt Tilhugningsarbejde. Tillige er de svenske Granitbruds Belliggenhed gunstigere for Stenenes Udslibning end de bornholmske.

809. Af bornholmske Granitter er følgende de vigtigste:

Hammergranitten brydes baade paa selve Hammeren og ved Allinge. Den indeholder kun smaa Mængder sorte Mineraler (sort Glimmer, Hornblende) og har temmelig smaa Korn. Farven er lys rød, dog er det røde ikke jævnt fordelt, men Stenen er ret regelmæssig bestrebet med talrige, stærkere røde Smaaskjolder, hvad der paa polerede Flader giver den et livligt Udseende. Den er i København brugt til Dr. Louises Bro, delvis til Glyptotekets Sokkel og Raadhuset, og paa Kunstmuseet er den benyttet til nederste Sokkelskifte, til Pillesten i Hjørnerne og til Midtpartiets Søjlepiller.

Den er tillige den af de bornholmske Granitter, der lettest tildannes til Brosten.

Svankegranitten er langt mere grovkornet end de øvrige bornholmske og brydes ikke i saa stort Omfang; den er rødlig. Den er benyttet i Københavns Havn og Frihavnen, til Frilagerbygningen og til Sokkel og Vinduesindfatninger i »Bikuben«.

Rønnegranitten er graa og mørkladen, men har dog undertiden et rødligt Anstrøg. Den er fattig paa Glimmer, mens Hornblende er tilstede i noget større Mængde. Feldspatten er næsten klar og gennemsigtig, men mørkladen. Rønnegranitten er middelkornet og hører i Styrke til de fortrinligste af Bornholms Granitter.

Den er brugt til Polyteknisk Lærestanstalt, Botanisk Laboratorium, Professorboligen ved Mineralogisk Museum, Store Nordiskes og Privatbankens Bygning, Toldbodtrappen, Raadhusets Stue-

¹⁾ Ved Aarsdale midt mellem Svanke og Nexø findes dog en Granit, der let smuldrer hen til groft Feldspatgrus med et rødt blankt Udseende og frit for finere Sand og Støv. Det udføres til Gangstibelejning og til Støbning af Betonfliser.

²⁾ Se ogsaa § 788.

³⁾ Den bornholmske Granit har været brudt siden 1823.

etage, delvis til Glyptotekets Sokkel og delvis til Kunstmuseet, nemlig i Façadebeklædningen for Kældermuren i Sydtaagen og til Baandgesims over Kælderen.

Den benyttes ogsaa meget til Gravsten, da den lader sig polere meget blank, hvorved den næsten bliver sort.

Stribet Granit er langt mere udbredt end de hidtil nævnte, og Udseendet og Godheden varierer en Del. Den indeholder temmelig meget sort Glimmer, der ligger mer eller mindre lagvis ordnet. De to følgende Granitter er Varieteter af den stribede Granit.

Vanggranitten brydes syd for Hammeren, f. Ex. ved Fiskerlejet Vang, og udføres i stort Omfang. Den indeholder sort Glimmer i temmelig rigelig Mængde, og Glimmerskællene er i fremtrædende Grad sammenhøvede i Smaapletter, og jævnlig er de flade og parallel ordnede, saaledes at Kløvning lettest foregaar i den af Glimmerpletterne angivne Retning. I denne Henseende er der dog store lokale Variationer: man kan i Vanggranitten finde alle Overgange fra næsten helt ustribet til stærkt stribet. Farven er mørk rødliggraa, og den rødlige Farve, der kan være mer eller mindre stærk, viser sig ved nærmere Eftersyn at tilhøre visse af Feldspatkornene, mens andre, der ved deres Størrelse ofte er særlig fremtrædende, er graalig klare. Vanggranitten er en fortrinlig Bygningssten.

I **Paradisbakkerne** nordvest for Nexø brydes en finkornet, mørkegraa og hvidflammet Granit, der paa Grund af dens ejendommelige og smukke Udseende har fundet en Del Anvendelse som Façadesten, bl. a. til Københavns Telefonselskabs Bygning paa Norregade og til Københavns Raadhus, hvor den er brugt til Søjler i den overdækkede Gaard og til Vinduesindfatning.

810. **Svensk Granit** indføres navnlig fra Sydsverrigs Øst- og Sydkyst, nemlig fra Strækningerne Vestervik—Oscarshamn og Karlshamn—Sølvborg, i mindre Grad fra Bohuslänkysten ¹⁾.

En smuk, grovkornet, mørkerød Sten med blaa Kvarts og fri for sorte Mineraler brydes ved **Gravfersfors** nord for Norrkøping i Øster-Götland. Den er brugt til Søjler i Jesuskirken i Valby og i Kunstmuseet til de fritstaaende Søjler paa Midtpartiet samt til Indfatning omkring Hovedindgangsdøren. I Glyptotekets Façade er Søjlerne, Pilastrene og Hoveddørens Indfatning udført af Gravfersfors Granit i forskellige Farver.

En ganske lignende Sten brydes ved **Vlrbo**, nord for Oscarshamn, og bruges navnlig til polerede Arbejder, saaledes til Siegesdenkmal i Berlin og til nogle af Statuesoklerne i Ørstedsparken (København).

Ogsaa fra **Vånevik**, syd for Oscarshamn, kommer en rød Granit med blaa Kvarts.

Fra **Saltvik** ved Oscarshamn faas en storkornet rød Granit, der indeholder en Del Svovlviks og Magnetjærnsten.

Fra **Gårö** i Kalmarlän kommer en grovkornet, blegrod Granit med lidt Svovlviks og Magnetjærnsten.

Ved **Lysekil**, syd for Strömstad i Bohuslän, brydes en stærkt rødbrun Granit, af hvis Feldspat en Del har en gulliggrøn Farve.

Fra **Malmö** ved Lysekil faas en graa og en gulgraa Granit.

Fra **Uddevalla** i Bohuslän kommer en graarød og en varm, graa Sten. Glyptotekets nederste Sokkelskifte er udført af Uddevalla Granit.

Ved **Bottna** nord for Uddevalla brydes en rød Granit.

Den ringe Mængde Granit, der indføres fra **Norge**, kommer især fra Idefjorden, nord for Bohuslän.

»**Belgisk Granit**« er ikke Granit, men sort Marmor (§ 834).

b. Syenit, Kvartsporfyrr, Pimpsten.

811. **Syenit** adskiller sig fra Granit ved ikke at indeholde Kvarts, eller i alt Fald kun meget lidt; den er derfor blødere og seigere, men ligner den ellers meget og anvendes paa samme Maade, hvorfor den i Reglen gaar under Navn af Granit. Den har en grovkornet eller mellemkornet Struktur og lader sig smukt polere ²⁾.

Syenit forekommer langt sjældnere end Granit. Nord for Kristiania brydes en lidt kvartsholdig, lys, rød **Syenit**, der er anvendt i Københavns Kunstmuseum til Beklædning af Brystningerne under Stueetagens Vinduer samt under Ornamentfrisen paa Syd-Façaden. I Egen ved Larvik brydes en graa Syenit, **Larvikit**, der bestaar af Feldspat og sortegron Angit; den udmærker sig ved store, parallel liggende Feldspatkorn, som labradorisere med blaat Skær. Den er anvendt til Søjler i Glyptoteket og bruges meget som Façadesten og til Butikskilte. I Reglen kaldes den **Labrador**.

Syenittens Navn skyldes Stenens Lighed med en Granit, som Oldtidens Ægyptere brød i Nærheden af Byen **Syene**.

812. Blandt Porfyrene er **Kvartsporfyren** den eneste, der har teknisk Betydning. Sammensætningen er ganske som Granittens, men Grundmassens Korn er mikroskopiske, idet der til Gengæld findes enkelte, større Strøkorn af Feldspat og ofte tillige af Kvarts.

Farven er i Almindelighed rødlig, og Vægten 2400—2800 kg. m³. Trykstyrken svinger mellem

¹⁾ Nationalbankens nederste Etage og Fodstykket til Frederik VII's Statue er af Bohuslän-granit.

²⁾ Vægten er 2500—3100 kg. m³. Trykstyrken svinger mellem 800 og 2500 at og er i Reglen 1300—1400 at; Forsydningsstyrken er i Middeltal 165 at. Vandoptagelsen er ca. 1,3 % og Vejrfastheden fortrinlig. Haardheden er betydelig, undertiden lige saa stor som Granits. Ildfastheden er omtalt i § 802.

1000 og 5206^{at} og er i Middeltal 1800^{at}. Vandoptagelsen er 0,65%, og Vejrfastheden fortrinlig. Haardheden er temmelig stor. Slidfastheden er omtalt i § 790.

Stenen lader sig smukt polere og paa Grund af sin Seighed flint profilere, egner sig altsaa godt til Dekorationssten. Hovedanvendelsen er til Brosten og Skærver, men iøvrigt bruges den ganske som Granit.

I Omegnen af Kristiania brydes en Kvartsporfyrt med brun Grundmasse og lyserøde Feldspatkorn. Fra Dalarne i Sverrig kommer de sortbrune og røde Elfdalporfyrer, der bruges i Kunstindustrien.

813. Pimpstensens Sammensætning er ogsaa som Granittens, men den er et vulkansk Produkt, der findes i Nærheden af aktive eller udsulte Vulkaner. Den er stærkt porøs, idet de langstrakte Porer kun er adskilte ved tynde Vægge, og Vægten er kun 370—900 kg/m³, altsaa mindre end Vands. Porositeten er opstaaet ved, at der er strømmet Damp gennem Lavaen under Storkningen. Farven er gerne lysegraa, silkeglinsende.

Kuplen paa Sophiakirken i Konstantinopel er bygget af Pimpsten, og nogle Steder bruges Pimpstenssand til Fremstilling af let Beton og lette Mursten. Iøvrigt bruges Pimpsten som Slibemiddel og til Varmeisolation.

c. Diorit, Diabas, Gabbro, Basalt, Dolerit.

814. Diorit bestaar af grønsort Hornblende og af hvidgul eller grønlig Feldspat; den indeholder næsten altid Svovlkis. Det er en grønsort Sten med en Vægt af 2800—3000 kg/m³, Haardhed 5—6 og Trykstyrke ca. 2000^{at}. Dens vigtigste Anvendelse er til Skærver og Brosten, navnlig de grovkornede og porfyriske Arter er gode til Brosten.

815. Diabas ligner Diorit, men indeholder Augit i Stedet for Hornblende og er lysere, ligesom den bruser med Syrer paa Grund af dens Indhold af Kalkfeldspat. Varmefylden er omtalt i § 792. Vægt og Haardhed er som Diorittens, S_c = ca. 1900^{at}. Den er fortrinlig til Skærver og Brosten (§ 807). Fra Sverrig kommer en Del Diabas, der bruges til Gravsten.

816. Gabbro bestaar ogsaa af Feldspat og Augit. Farven er gerne mørkegraa med grønne og hvide Pletter, Vægten: 2950 kg/m³. Den bruges hovedsagelig som Dekorationssten. Fra Skaane indføres en sort Gabbro med megen Magnetjernsten, den er brugt til Dørfindninger i Københavns Glyptoteks Indre.

817. Basalt bestaar ligeledes af Feldspat og Augit, men er i Reglen tæt, saa at Bestanddelene ikke kan ses med det blotte Øje, og Bruddet er muslet. Farven er graasort til blaalig, Vægten 2700—3300 kg/m³, i Reglen 2900, Trykstyrken svinger mellem 1000 og 5814^{at}, som Middeltal af 19 Arter: 3111^{at} (§ 798). Bøjningsstyrken er ca. 200^{at}. Berlins Byggepolititillader en Trykbelastning af 75^{at}. Vandoptagelsen er 0,4—1,28%, (§ 798), Haardheden 6—8. Vejrfastheden er i Reglen fortrinlig, dog kan nogle Basalter ved at udsættes for Luften blive *solbrændte*, d. s. faa lyse Pletter, idet enkelte af Bestanddelene forvitrer, hvorved Stenen efter kortere eller længere Tids Forløb falder hen til Grus; Pletterne viser sig undertiden efter nogle Ugers Forløb, undertiden først efter Aars. Basalt leder Varmen bedre end de andre Eruptivbjergarter og egner sig derfor ikke til Husbygning; den smelter ved 12—1300° (§ 802).

Basalt forekommer f. Ex. paa Færøerne og Island og er ofte afsondret i 6-, 5- eller 4-kantede Søjer. I Tyskland bruges disse Søjer undertiden til Glaci, idet ¹⁾ høje Stykker sættes Side om Side. Til profilerede Arbejder er Basalt for skør, men den bruges som Bygningssten ved Ingeniørarbejder og til Skærver (§ 865) og Brosten. Brosten af Basalt er meget slidfaste (§ 790), men de bliver glatte (§ 807), og Kanterne er tilbøjelige til at springe af.

818. Dolerit er det samme som Basalt, kun er Strukturen mer eller mindre storkornet, saa at man let kan skelne de enkelte Bestanddele. Vægten er 2560—3100 kg/m³, i Middeltal 2800. Styrken er kun 800—1300^{at}. Den er mindre vejrfast end Basalt, og i stærk Varme slaar den Revner, men den forbinde sig godt med Kalkmørtel. Anvendelsen er som Basalts. Brosten af Dolerit slides hurtigere end Basalt, men bliver ikke glatte.

3. Krystallinske Skifre.

a. Gneis.

819. Gneis indeholder de samme Mineraler som Granit, men Glimmeren er ofte lys¹⁾, og Stenen er lagdelt. Vejrfastheden er afhængig af Kvartsindholdet og Strukturen samt af Lagenes Tykkelse. Kvartsrige, tykbænkede Gneiser er

¹⁾ Den lyse Glimmer, Muskovit, bestaar af ca. 45% SiO₂, 25—35% Al₂O₃, 8—12% K₂O, Haardheden er 2, Vægten 2760—3100 kg/m³; den angribes ikke af Syrer og er meget vejrfast. Nogle Steder forekommer den som store Tavler, af hvilke der kan udspaltes ganske tynde Lameller. Disse bruges paa Grund af deres Gennemsigtighed og høje Smeltepunkt til Erstatning for Glas i Øjne og lignende Steder, og endvidere finder de Anvendelse i Elektrotelmikken som Isolationsmateriale, da den elektriske Gnist meget vanskelig slaar igennem. Det af Glimmeraf-faldet ved Sammenklæbning med Skellak fremstillede Isolationsmateriale, *Mikanit*, har lignende Egenskaber og kan faas i Plader af vilkaarlig Størrelse.

lige saa varige som Granit og har overhovedet dennes Egenskaber¹⁾, hvorimod Gneis, der er afsondret i tynde Lag og indeholder meget Glimmer og Jærn, forvitrer let.

Gneisen, der er den ældste af Jordens kendte Stenarter, er paa Grund af sin Skiftrighed lettere at bryde end Granit, og de glimmerfattige Arter bruges derfor meget, særlig til Brosten, Fortovsfliser, Trappetrin og tynde Plader til Vægbeklædning, men iøvrigt ogsaa som almindelig Bygningssten ligesom Granit.

Brostenene staar i Reglen noget tilbage for Granit, men egner sig til stejle Gader, da de holder sig bedre ru.

Gneisen er meget udbredt i Skandinavien; fra **Halland** kommer der mange Brosten af finkornet, haard, graa og rød Gneis til København, og i Omegnen af **Varberg** sammesteds findes en ejendommelig, mørkegrøn, grovkornet Gneis, der i poleret Tilstand er meget smuk og bruges til Gravmonumenter og i Form af tynde Plader til Façadebeklædning og Skilte²⁾.

b. Glimmerskifer.

820. Glimmerskifer adskiller sig fra Gneis ved at mangle Feldspat, bestaar altsaa væsentlig af Glimmer (snart lys, snart mørk) og Kvarts. Farven er betinget af Glimmeren, der kan være sølvhvid til graa, ogsaa brunlig og grønsort. Vægten er ca. 2700 kg/m³, Styrken ca. 850^{at}. Vejrfastheden er som Regel ringe, idet Glimmerens lagvise Forekomst bevirker, at Stenen ødelægges af Frost; glimmerfattige Sten, i hvilke Glimmeren ikke danner sammenhængende Lag, staar sig bedst. Stenen er meget ildfast og bruges nogle Steder til Stellet i Højovne. Desuden anvendes den til Gulv- og Fortovsfliser og som Tagskifer. Den er meget udbredt i Sverrig og Norge, hvor den bruges paa de nævnte Maader.

c. Talkskifer.

821. Talken, der udgør Talkskiferens Hovedbestanddel, er et vandholdigt Magniumsilikat, der ligner Glimmer og er meget blød³⁾ og fedtet at føle paa. Hvor den forekommer i ren Tilstand, er den gerne afsondret i tynde Blade, men den kan ogsaa findes i fuldkommen tætte Masser og kaldes da **Fedtsten**⁴⁾. Farven er hvid eller lysegrøn.

Talk angribes ikke af Syrer, og Smeltepunktet ligger meget højt; man bruger derfor Fedtsten til Gasbrændere. Pulveriseret Talk anvendes som Smøremiddel for Maskindele af Træ.

Talkskifer er en krystallinsk Skifer, der foruden Talk indeholder noget Feldspat og Kvarts. Den er vejr- og ildfast og har en ringe Varmelednings-ejne, hvorfor den bruges til Ildsteder⁵⁾.

Klæbersten er en lysegrøn eller mørkegrøn⁶⁾, tæt, skallet Talkskifer, der navnlig bestaar af Talk og Klorit. Den optager næsten intet Vand og er overordentlig vejrfast. Den er en af de Sten, der bedst egner sig til fine Bygningsornamenter, da den paa Grund af sin Blødhed og Sejghed kan udarbejdes i de fineste Detailler. Slaar man paa den med en Hammer, giver den ingen Klang, men tager Mærke af Hammerslaget; den ridses let med Neglen og kan saves

¹⁾ Vægten er 2400—2900, i Middeltal 2650 kg/m³; Styrken er højest 2600^{at}, i Gennemsnit 1700^{at}, og Vandoptagelsen er ringe.

²⁾ I Københavns Gader træffes den ofte som Brosten og Skærver; i poleret Tilstand kan den f. Ex. ses paa A. C. Gaméls Façade paa Østergade.

³⁾ Haardhed: 1, Vægt: 2700—2800 kg/m³.

⁴⁾ Den eneste Forekomst paa det europæiske Kontinent er ved Gøpfersgrün i Nærheden af Wunsiedel.

⁵⁾ Haardhed: 1—2, Vægt: 2800—3000 kg/m³.

⁶⁾ Undertiden lyseblaa med hvide Aarer (Gudbrandsdalen i Norge).

og skæres, men da den ikke kan flækkes, er den vanskelig at bryde og ret dyr¹⁾.

Den er ildfast og bruges i stor Udstrækning til Kaminer, Ovne og Gryder; derimod egner den sig ikke til Slidsten.

Klæberstenen forekommer haade i Norge, Sverrig og Grønland. Norsk Klæbersten anvendes en Del i Danmark til arkitektoniske Forsiringer²⁾.

d. Serpentin.

822. Serpentin er et vandholdigt Magnesiumsilikat med finkornet eller tæt Struktur og muslet eller splintet Brud. Den er svagt fedtet at føle paa og har Fedtglans. Farven er mørkegrøn, men ofte er der rødlig, brune og hvide Pletter eller Aarer i den, saa den kommer til at ligne en plettet Slangehud (serpens = Slange). Undertiden er den gennemtrukket med Asbestaarer. Vægten er 2600 kg/m³, Middeltstyrken 750 at, og den tilladte Belastning er i Norge 25 at. Vandoptagelsen er 0,56 %.

Den er en daarlig Varmeleder (§ 792) og meget ildfast og kan derfor bruges til Smeltedigler, men Vejrfastheden er ringe.

Naar den kommer ud af Bruddet, er den blød (2,5), men efterhaanden som den tørrer, bliver den haardere (3-4); ved Opvarmning bliver den særlig haard. Den adskiller sig fra alle, der ligner den, ved at kunne skræbes med en Kniv. Mens den endnu er blød, kan den saves og drejes, og i haard Tilstand kan den poleres.

Den bruges i Husbygningen til indvendig Udsmykning (Balustrer, Søjler, Vægbeklædninger, Kaminer) og i Kunstindustrien (Vaser, Døbefonter, Lampefødder).

Den brydes i Røde i Nærheden af Bergen, og Raablokkene koster dér ca. 200 Kr., i Danmark 500 Kr. pr. m³.

e. Asbest.

823. Asbest er en grøn, silkeglinsende, fintraadet Afart af Serpentin eller Hornblende³⁾. Den kan pilles op i fine, hørignende Traade, der lader sig væve, og da Vævet er ildfast og leder baade Varme (§ 96) og Elektricitet daarligt, bruges det til Varmeisolation (Asbestmadrasser til Beklædning af Skibskedler, se ogsaa § 844) og Isolering af elektriske Ledninger.

Asbestpap bestaar af Asbesttraade sammenkittede med Vandglas og bruges navnlig til Isolering af Varmerør⁴⁾, til Pakninger for Dampvær og Stoppehæsser⁵⁾ og til Beskyttelse af Træ med Ild⁶⁾.

Ved Trækprøver med Asbestpap saavel som med almindeligt Papir opgiver man ikke Brudstyrken i at, da Tykkelsen af saa bløde og tynde Stoffer ikke kan bestemmes nøjagtigt; man dividerer derimod Prøvestrømlens totale Brud-

¹⁾ I Norge koster Raamaterialet Kr. 120-130 pr. m³.

²⁾ Den er f. Ex. brugt til Døriindfatninger indvendig i Københavns Raadhus og til Kapitæler i Jesuskirken i Valby. Trondhjens Domkirke er hovedsagelig bygget af Klæbersten. Som Resultat af 10 Knuusningsforsøg fandtes $S_c = 415-532$ at, i Middeltal 477 at, men da Stenen er meget ensartet, tillader Bygningsautoriteterne i Kristiania, at den belastes med 50 at, altsaa lige saa højt som Granit og det dobbelte af, hvad der tillades for Marmor. Af de norske Sten er Mysen Klæbersten blødere end Otta Klæbersten, og da den tillige er smukkere, foretrakkes den gerne til Façader og andre Partier, der ikke er udsatte for Overlast, mens Ottastenen bruges til Døriindfatninger og paa lignende udsatte Steder.

³⁾ Vægten er 2700 kg/m³. Hornblendasbest er syrefast og kan gøres vandtæt ved at mættes med Paraffin. Serpentinasbest ødelægges derimod fuldstændig af Svovl- og Saltsyre, men smelter først ved 1550 ° og bruges derfor til Teaterdekorationer og Asbestfarver (§ 609). Crysolitasbest er det samme som Serpentinasbest.

⁴⁾ Til denne Brug forlanger Københavns Stadsingeniør, at Pladerne skal bestaa af mindst 90 % Asbestfibre uden mere Bindemiddel end højest nødvendig.

⁵⁾ Til Statsbanernes Lokomotiver forlanges: Alle Flanger pakkes med 1 mm Asbestplade, der maa udkæres i eet Stykke efter Flangens Form. Pakningerne udbledes før Anbringelsen ca. 10 Minutter i Lindoliefernis, hvorefter de paa begge Sider indgrides med Grafit. Asbestpapppen skal efter at være tørret ved 100 ° C have en Sønderrivningslængde af 600 m saavel i Længde- som i Tværretningen.

⁶⁾ I Pakhuse lægges undertiden to Lag Gulvbrædder med 8 mm tykt Asbestpap imellem. Trædere beklædes med Asbestpap af Vægt 25 lbs pr. □ ft., der atter dækkes med 1 mm forzinket Jærplade.

belastning med dens Vægt pr. lb. m og faar saaledes Styrken udtrykt ved den Længde, en Strimmel af Stoffet maa have, naar den, ophængt i den ene Ende, just skal kunne bære sig selv. Denne Længde kaldes Sønderrivningslængden.
(Sønderrivningslængden.)

4. Kemiske og organiske Sedimenter.

a. Kalksten.

824. Kalksten bestaar hovedsagelig af Kalciumkarbonat, undertiden blandet med smaa Mængder Jærnitler, Ler og Sand.

Næsten al Kalksten er dannet af afdøde Havdyrs Kalkskaller, idet Vandet har opløst noget af Kalken og atter udfældet den i Hulrummene mellem Skallerne, saa at disse er blevne sammenkittede i større eller mindre Grad. Man har dels porøse Kalksten, i hvilke Skallerne tydelig ses, dels tætte Kalksten, hvor alle Mellemrummene er fyldte, og hvor de fleste Skaller har været helt opløste, saa kun enkelte, særlig modstandsdygtige, endnu ses, og endelig kornet Kalksten eller Marmor, der er opstaaet ved en fuldstændig Omkrystallisation.

Ren Kalksten er hvid, men ved Iblandinger kan den faa alle mulige Farver. Vejrfastheden er i Reglen god¹⁾; Haardheden er meget forskellig (3-8), nogle er sværere at bearbejde end Granit, andre lader sig skære med Kniv.

Tætte Sten og Marmor vejer ligesom Granit 2700 kg/m³²⁾ og har en gennemsnitlig Trykstyrke af 650 at³⁾; Vandoptagelsen er ringe⁴⁾, som Regel noget større end hos Granit og langt under, hvad den er for Sandsten; Slidfastheden kan ikke maale sig med Granits, men er betydelig større end Sandstens (§ 790).

De porøse Sten, der bruges i Danmark, vejer kun ca. 2000 kg/m³ og har en meget ringe Styrke, ca. 75 at.

Kalksten bruser med og er opløselig i selv svage, kolde Syrer som Eddikesyre og egner sig derfor ikke til Bygværker i Havet, hvor den tilmed angribes af Boremuslinger. Den kan ogsaa paavirkes af raadnende, organiske Stoffer (Muldjord), da disse udvikler Salpetersyre.

Ildfastheden er endnu ringere end Granits og Sandstens (§ 802).

Kalkstenen er uhyre udbredt og finder udstrakt Anvendelse til Bygningssten; de renere og ikke for porøse Sorter anvendes desuden til Kalkbrænding. Til Cement bruges dels rene Kalksten, der blandes med Ler, dels lerholdige med 30-40 % Ler og Jærnoxid, saakaldte Cementsten. Om Skærver af Kalksten se § 863.

De Kalksten, der bruges til Brænding, vil blive omtalte under Mørtlerne (§ 973 og 1179-82), mens de Bygningssten, der anvendes i Danmark, behandles her.

¹⁾ Om Fluatering af bløde Sten se § 801.

²⁾ Vægten kan dog stige til 3000 kg/m³.

³⁾ Styrken mod Bøjning, Forskydning og Træk (§ 788) kan sættes til henholdsvis 70, 50 og 30 at. Naar Materialets Trykstyrke ikke bestemmes, tillader det preussiske Ministerium for offentlige Arbejder (1911, 1910) følgende Trykspændinger for tætte Kalksten og Marmor: Lejesten: 30-40 at, Piller og Hvalvinger: 20-30 at, meget slanke Piller og Søjler: 12-15 at; de høje Spændinger maa kun bruges i Forbindelse med en omhyggelig Beregning. I Forslag til Bygningsvedtægt for København tillades for Murværk af haarde Kalkstenskvadere i Cementmørtel og for Marmorstøjer 20 at, naar Muren er 45 cm tyk eller derover, og naar Søjlels eller Pillens mindste Tværsnitsdimension er 1/6 af Højden eller mere; er Muren tyndere eller ligger Søjlels mindste Tværmaal mellem 1/6 og 1/8 af Højden, maa Spændingen ikke overskride 15 at.

⁴⁾ 0,08-2,38 %.

a. Porøse Kalksten.

825. Den danske Kridtformation leverer kun en eneste brugbar Bygningssten, nemlig **Limstenen** (Lijm er det gamle danske Navn paa Kalk). Det er en hvid Bryozokalk med ca. 99% CaCO_3 , der hører til det nyere Kridt. Den er fast sammenhængende og smitter ikke af som Skrivekridtet, men er temmelig blød og altid porøs, om end i forskellig Grad efter den større eller mindre Mængde krystallinske Calciumkarbonat, der er udskilt i dens Porer¹⁾. Dens Trykstyrke er kun ca. 75^{at}), men den staar sig godt mod Frost, da Porerne er store og jævnt fordelte.

Limstenen viser sig paa Strækningen Løgstør-Bolbjerg og i Stevns Klint og bruges begge Steder mest som Bygningssten. Den er gennemtrukket af Flintlag, der sætter en Grænse for Blokkenes Størrelse, og i Reglen anvendes den i Form af store Mursten²⁾, der udsaves ved Haandkraft. Paa denne Maade har den længe været brugt i Omegnen af Forekomststederne, saaledes til Fyrtaarnet i Stevns og Kirker i Stevns Herred og Frederikshavn.

Limstenen fra Stevns, der benævnes **Kridtsten**, er i lange Tider bleven ført til København, hvor den i de senere Aar navnlig bruges til hvide Baand i røde Bygninger. I frisk Tilstand er den meget blød og tilbøjelig til at suge Fugtighed, men i bække Henseender bedres den meget betydelig i Løbet af faa Aar, og i adskillige gamle Bygninger har den holdt sig fortrinlig⁴⁾. Den kan tildannes med Tømrerværktøj⁵⁾.

826. Fra det franske Lothringen indføres **Savonnière-Stenen**, der er sammensat af itubruddet Sneglehuse og Muslingskaller. Den er blød ved Brydningen, der foregaar underjordisk, men hærdner i Luften. Den er let at arbejde, noget stærkere end Kridtstenen og gulere i Farven⁶⁾.

827. **Kildkalk** (Kalklut, Fraadsten) afsætter sig ved Munden af kulsyrerige og kalkholdige Kilder, idet Kulsyren fordampes, hvorved Calciumkarbonat udfældes paa de Plantedele, hvormed den kommer i Berøring, som en gullig Kalkmasse, hvori ogsaa Sneglehuse og andre Dyrelævninger kan blive indlejrede. Den er meget porøs, derfor nem at tildanne og af ringe Vægt, men ikke meget stærk. Allejringernes Mægtighed kan være indtil 4^m, og een af de største findes ved Magtekilde i Roskilde. I Omegnen af Forekomststederne bruges den i gamle Dage som Bygningssten, og man træffer den i adskillige gamle Kirker.

Til de porøse Kalksten hører endvidere **Nummulitkalken**, af hvilken Pyramiderne er byggede.

β. Tætte Kalksten.

828. Til Bygningssten i Danmark bruges af tætte Kalksten især **Ortoceratikalken fra Øland**, en Dannelse, der er langt ældre end Kridtperioden.

Det er en tæt og haard, lerholdig Sten, der let kendes paa de talrige, store Ortoceratitforsteninger. Farven er graagrøn eller rødbrun. Stenen er afsondret

¹⁾ Kridtstenen fra Stevns vejer ca. 2040 kg/m³, mens kemisk ren Kalkspat vejer 2720 kg/m³.

²⁾ For Kridtstenen fra Stevns er $S_c = 58, 73, 75$ og 77^{at} , henholdsvis i friskbrudt Tilstand og efter 2, 6 og 12 Maaneders Lagring.

³⁾ Formater er $4\frac{1}{2} \cdot 8 \cdot 16$ danske Tommer, Prisen Kr. 21 pr. 100 Stkr. Større Blokke koster Kr. 40—65 pr. m³ efter Højden.

⁴⁾ Der har tidligere været klaget over, at den gjorde Husene fugtige, men det synes at bero paa, at man havde benyttet de paa Stranden liggende nedstyrkede Blokke, som var gennemtrængte af Saltvand.

⁵⁾ Kridtstenen er f. Ex. brugt til Botanisk Laboratorium og i Kunstmusæet til Pilastre, 42^m høje Kapitæler ved Vinduerne, den ornamenterede Frise paa Sydfacaden, til Indfatningselter omkring Broncevaabnene paa Endeløjene mod Syd, samt til Vægbeklædning i den aabne Forhal.

⁶⁾ Vægten er ca. 2000 kg/m³, Trykstyrken: 70—200^{at}, Trækstyrken i tør Tilstand: 8,3^{at}, i vaad: 4,0^{at}. Stenen er f. Ex. brugt paa Kunstmusæets Midterparti til Kapitæler, Gesimser, Buer, Flader, de 4 fritstaende Figurer samt de tvende Rundrelieffer, endvidere til Trappevæggene i Privatbankens Bygning. I Glyptoteket er Savonnièrestenen sammen med en haardere Afart, Euville, brugt til Pillesten paa Forsiden, Gesimser, Baand, Kapitæler m. m. I Studenterforeningens Façade er Savonnière og Kridtsten brugt i Flæng.

i tynde Bænke og bruges derfor mest til Trappetrin, Gulvfliser, Façadebeklædning, Indfatning af Muraabninger og Lyskasser, Kantsten, Rendestensbunde og Nedløbskaale, men ikke til større Kvadere, da den største Tykkelse, der kan præsteres, er ca. 35^{cm}. Paa den anden Side udkløves den ikke i tyndere Stykker end ca. 8^{cm}, saa til Trappetrin bør man ikke gaa ned under denne Tykkelse, da Trinet derved fordyses (§ 887). Vejrfastheden er god, man har Bygninger fra det 13^e Aarhundrede, i hvilke den har holdt sig godt. Ved dens Anvendelse til Façadebeklædning (Fig. 222a, § 886)¹⁾ maa man dog sørge for en god Afdækning af den øvre Kant, da der ellers kan trænge Vand ind mellem Stenens Lag, saa at disse sprænges fra hverandre i Frostvejr²⁾.

Paa Grund af Bruddets Beliggenhed lige ved Kalmarsund og den Lethed, hvormed Stenen brydes og i brudfugtig Tilstand lader sig høvle og slibe, hører Ølandstenen til de billigste, naturlige Bygningssten i København, og næst efter Granitten er det den mest benyttede Natursten i Danmark³⁾.

Fliser af Ølandsten bruges navnlig i Mejerier, Slagterier, Mælkekældere o. lgn. Steder, derimod ikke paa Fortove, hvor de hurtig slides glatte, saa man glider i Sneføre. Paa Fyrpladser skal man heller ikke anvende dem, da de ødelægges af de glødende Slagger og slaas i Stykker af det svære Værktøj. Man bør sikre sig, at Fliserne er »kantede»: at Kanten har en ordentlig Tykkelse og ikke løber ud i en Æg.

829. Tidligere indførtes ogsaa en Ortoceratitkalksten fra **Kinneulle**, der f. Ex. er anvendt til Dele af det kongelige Teater, men den var daarlig og brydes nu kun til Kalkbrænding. Dens Navn er imidlertid bibeholdt som Handelsbetegnelse for Ølandsfliser, naar disses Overflade kun er ru hugget, mens slebne Ølandsfliser kaldes »gullandske»⁴⁾.

830. Ortoceratitkalken findes ogsaa paa **Bornholm**, men der er den graa og fattig paa Ortoceratiter. Den indeholder 10—15% Ler og har været brugt til Cément, hvorfor den gaar under Navnet Cementstenen; den har ogsaa været benyttet til Bygningssten under det eufemistiske Navn bornholmsk Marmor, men nu er Brydningen næsten ophørt.

831. **Yxhult Kalkstenen** fra Kumla i Närke er en tæt Kalksten med 87% Calciumkarbonat, uden Forsteninger; den er anvendt til Provinsarkivet, det ny kongelige Bibliotek og Helsingørs ny Havnebygning.

Fra **Gotland** indføres en lysegul Kalksten, der er brugt til Vinduesposter i Frihavns Toldbygninger.

Litografstenen er en blaaliggraa, tæt og ensartet Kalksten fra Solnhofen i Bayern.

γ. Marmor.

832. Marmor er kornet Kalksten, opstaaet ved fuldstændig Omkrystallisation af almindelig Kalksten, idet denne paa een eller anden Maade har været

¹⁾ Se i København: Vestre Elektricitetsværk og flere Huse i Malmøgade.

²⁾ Vægten er 2720 kg/m³. $S_c = 450 - 1216^{at}$, som Middeltal af 5 Forsøg: 865^{at}. Vandoptagelsen er efter 12 Timer: 0,7% efter 126 Timer: 1,2%.

³⁾ Den kommer fra Murermester **Wienbergs** Brud ved Sandvig og er f. Ex. brugt til Polytek-nisk Lærestalts Trapper, Jærnanestationen i Helsingør, Rosenborg Slot, Botanisk Laboratorium, Langelinieskurene (§ 880).

⁴⁾ Ølandsfliser faas i følgende Dimensioner:

Størrelse i cm	30 · 30 · 6	45 · 45 · 6	45 · 67 · 6	60 · 60 · 8
Pris for »Gullandske» i Kr/m ²	5,59	5,08	5,08	
» » »Kinneulle» » »	4,57	4,31	4,06	4,25

Ogsaa andre Genstande af Ølandsten, som blot er huggede, f. Ex. Kantsten til Lyskasser, Rendestensbunde, Nedløbskaale, Kældertrappetrin, gaar under Navnet »Kinneulle».

Af Rendestensbunde forlanger Københavns Kommune en Rendedybde af 1^u og en Længde af mindst 3 Fod. Undertiden er Rendedybden kun $\frac{1}{4}^{u}$.

flydende. Tynde Stykker er gennemskinnelige i Modsætning til tæt Kalksten. Det kan have alle mulige Farver som Følge af fremmede Indblandinger og er ofte flammert, plettet eller aaret.

Foruden de rigtige Marmorarter eksisterer der en Del andre, der i Geologien regnes til de tætte Kalksten, da de ikke er omkrystalliserede, men som paa Grund af deres Polerbarhed og smukke Farver anvendes som og i Teknikken gaar under Navn af Marmor og derfor medtages her. De kommer navnlig fra Namur i Belgien.

Marmor er altid noget porøst, hvilket kan ses ved at hælde Blæk paa en frisk Brudflade, det vil da trænge mindst et Par Millimeter ind. Ved Polering¹⁾ tættets Porerne, saa at indtrøret Blæk kan vadskes af uden at efterlade Spor, men er Stenen meget porøs, kan den ikke tættets ved Polering og kan ikke bruges, hvor den skal bevare et smukt Udseende. Porøsiteten er uafhængig af Kornstørrelsen. Varmeledningsevnen er omtrent som Granits (§ 792)²⁾.

I Egne med megen Nedbør vil selv det bedste, polerede Marmor miste sin Politur i det fri i Løbet af nogle Aar som Følge af Materialets Opløselighed i kulsyreholdigt Vand, og hvis der er Jærnforbindinger i Stenen, vil denne faa gule Skjolder. Værst er Forholdene i Industribyerne, hvor Stenene angribes af Røgens Svovlsyrling og sværet af Soden. I de nordlige Lande kommer yderligere Frostens Virkninger til.

Paa Grund af disse Forhold bruges Marmor i Reglen ikke i Danmark til Façader, saaledes som i Syden, men kun indendørs til Trappetrin (§ 887), Gulvfliser, Balustrer, Vægbeklædning (§ 886) o. s. v. Vil man anvende Marmor i det fri, bør man i alt Fald holde sig til de lyse Arter, der er nogenlunde varige, især hvis de er magnesia- eller kulsyreholdige, mens kraftigt farvet Marmor hurtigt mister sit smukke Udseende.

833. Fra de **Ankerske Marmorbrud** i det nordlige Norge kommer en Del Marmor af meget forskellig Farve hertil. I København er det f. Ex. anvendt til Landmandsbankens Bygning og til Balustrer paa Privatbankens Trappe. Blandt disse Marmorarter, der alle har store, klare Korn, skal nævnes³⁾:

Furuli, fra Saltensfjorden, helt hvidt, Kr. 250. Paa Grund af dets store Dolomitindhold er det meget holdbart, ogsaa i fri Luft. Det bruges meget i Rusland og Amerika, og er i København benyttet som Fagadesten til Standarts Bygning paa Kongens Nytorv.

Ballangen, fra Ofoten, lysegraa, Kr. 200.

Antique foncé, fra Saltensfjorden, graat, mørkflammet, Kr. 250.

Breche clair, fra Saltensfjorden, lyserødt, Kr. 250.

Breche rose, en noget stærkere rød Specialitet fra samme Brud som Breche clair, Kr. 250.

Jaune rose, ganske lyst med rødt og grønt Skær, fra Saltensfjorden, Kr. 250.

Antique verdâtre, samme Findested som Antique foncé, Kr. 300.

Leifste gloire, fra Saltensfjorden, synes at indeholde lys Glimmer, Kr. 350.

834. Fra Belgien indføres:

Rouge royal, stærkt rødt med kraftige, hvide Aarer og graa eller blaaige Pletter, Kr. 350. Bruges meget indendørs, men ikke i fri Luft, hvor det hurtigt taber Farven. Brydes i Franchimont ved Philippeville.

Sainte-Anne, sortegraat Brecciemarmor med lysegraa og hvide Pletter og Aarer, en poleret Flade ser ujævn ud, Kr. 200. *Brydes forinden i Belgien (La Buissière, Gougnez, Hainaut og andre Brud) ogsaa i Pyrenæerne. Ved Brecciemarmor eller Kalkbreccier forstås et Materiale, der er sammenkittet af skarpkantede Brudstykker af ældre Kalksten.

Petit Granit (Belgisk Granit), graasort med hvide Tegninger af Koraller og Sølljer, der er omdannede til Kalkspat. Det bruges til Trappetrin, Søjler og Murbeklædning. Baaede Farve og Politur holder sig temmelig godt i det fri. Det tilhører Stenulkulsformationen og brydes i Ecausines, Soignes, Esneux, Poulseur. $S_c = 602-1180^{\text{at}}$, i Middeltal af 5 Forsøg: 911^{at} .

Noir belge, ensfarvet kulsort, fra Devon- og Stenulkulsperioden, brydes i Mazy-Golzinne, Dinant, Basecles, Kr. 300. $S_c = 700^{\text{at}}$. Det lader sig meget let polere og bruges ofte til Kaminer. For-

mentlig er det dette Marmor, der er benyttet til Kunstmusæets Hovedtrappe. De sorte, slebne Gulvfliser, der i Danmark ofte bruges sammen med hvide Carrarafliser, er fra Mazy; bregge Sorter har Dimensionerne $31,5 \cdot 31,5 \cdot 2 \text{ cm}$ og koster 1 Kr. pr. Stk.

Bleu belge, blaasort (næsten sort) med mer eller mindre brede, hvide Aarer, Kr. 200; tilhører Stenulkulsperioden og brydes i Bioulx, Falaën, Bouffieux; $S_c = 620^{\text{at}}$. Skattes højt som Dekorationsmarmor og er f. Ex. brugt til Vægbeklædning i Paladshotellets Marmorhave.

Coquille, brunsort med sort og hvid Tegning; fra Namur; Kr. 250.

Blanc clair eller *Blanc puissant*, hvidt med blaaige Aarer, stærkt; fra Devonperioden; brugt til Trappetrin i Privatbankens Bygning, Børsgade 4.

835. Fra Nordfrankrig kommer følgende polerbare, tætte Kalksten, der alle er mer eller mindre æggesøbefarvede og uden høj Politur:

Villars rouge, Kr. 150, $S_c = 1025^{\text{at}}$, Vægt: 2700 kg/m^3 .

Ancy-le-Franc forekommer dels med gul, dels med blaa Marmorering, Kr. 150, $S_c = 1200^{\text{at}}$, Vægt: 2600 kg/m^3 .

Corgoloin, gulgraa Jurakalk, Kr. 150, $S_c = 1025^{\text{at}}$.

Comblanchien, Jurakalk med oolithisk Struktur, σ : sammensat af smaa Kugler indtil .Ertastørrelse; bruges meget til Søjler, Trapper og Balustrader; brydes i Nærheden af Corgoloin, Côte d'Or; Kr. 150, $S_c = 1025-1600^{\text{at}}$, Vægt: 2700 kg/m^3 .

836. Fra Pyrenæerne kommer følgende Marmorarter (§ 792):

Noir antique, graasort med store røde og graa Pletter; Kr. 500.

Sainte Marie, Kr. 200.

Lumachelle, graabrun med mange hvide Forsteninger, en Jurakalk fra fransk Side af Pyrenæerne (Brud i Hainaut, Narbonne, Argonnenskov), Kr. 250. —Lumachel-Marmor er en teknisk Betegnelse for Marmor med Muslingforsteninger.

Jaspe doré, fra fransk Side af Pyrenæerne, Kr. 800.

Jaspe des Pyrénées, Specialitet fra samme Brud som Jaspe doré, Kr. 800.

837. Fra Italien indføres:

Gul og rød Verona (Giallagnolo og Rosso di Verona), jærnholdige Kalkbreccier fra den øvrige Jura, brydes i San Ambrogio nær ved Gardassen og bruges til indendørs Dekoration, Kr. 250. Den gule er brugt til Vægbeklædning i Paladshotellets Marmorhave; for den røde er $S_c = 1630^{\text{at}}$.

Blanc clair (Marmo bianco chiaro) fra Carrara, hvidt med mange blaaige Aarer og Skjolder og meget finkornet; fra Triasformationen; Kr. 300, $S_c = 921^{\text{at}}$. Blanc clair er den mest benyttede af alle Marmorarter og bruges hele Jorden over som Arkitekturmarmor og til slagne Gulvfliser (se § 834 under Noir belge) samt til Møbelplader (Diske, Servanter), Vægplader o. lgn. Jordens vigtigste Marmoromraade findes ved Carrara, hvor Mægtigheden er over 1 km² og hvor Blanc clair udgør Hovedproduktet. De hvide Marmorarter fra Carrara bruges undertiden i Møbelindustrien i kunstig farvet Tilstand. Om Varmeledningsevnen se § 792.

Blanc P.) fra Carrara (Triasformationen) er en bedre Kvalitet end Blanc clair, idet det næsten er frit for sorte Aarer; Kr. 500. Det bruges til rigere Arkitekturarbejder, Figurer, Ornamente, finere Inskriptionsplader, Gravkors o. lgn.

Statuario er det berømte hvide, finkornede Statuemarmor, der dog kun udgør 1–2% af Carraras Produktion. 1' Kvalitet (Statuario di Falcovaja, Monte Altissimo) er lidt gullig og faar ved Polering en voxagtig Glans; i fri Luft bliver den gullig og brunlig, desto hurtigere, jo daarlige den er poleret; den koster paa Stedet 900–1800 Kr. pr. m³. 2' Kvalitet (Statuario Carrara) 350–700 Kr. pr. m³. 3' Kvalitet (Statuario ravennese), den almindeligste, er hvidt med graa Pletter eller Aarer og indeholder Glimmer og heller ikke vejrfast; den koster paa Stedet og bruges hovedsagelig i Arkitekturen; paa Stedet koster den 130–220 Kr. pr. m³.

Pavonazzo fra Carrara, hvidt med violet- eller grønne Aarer, højt skattet som dekorativt Marmor til Søjler og Vægbeklædning; fra Triasformationen, Kr. 1200.

838. Fra Grækenland indføres:

Verde antico, grønt med hvide Pletter, Kr. 800. Det er en Opalcit, σ : en finkornet Kalksten med Pletter og Aarer af Serpentin, som bruges meget i Oldtiden, og i de senere Aar er Brydningen atter optaget paa den græske Ø Tinos. Den samme Sten brydes i Italien (Ligurien) og bruges til indre Dekorationsarbejder, Søjler o. lgn.

Et gult Marmor med kraftig violet Tegning fra *Scyros* er brugt til Beklædning af to Piller i Paladshotellets Grillroom.

839. Fra Algier indføres:

Rouge Agathe, Kr. 850.

Onyx doré, en hvidliggul Kalksinter, der paa Grund af sin Farve og Tegning allerede var berømt hos Romerne under Navn af Alabaster, og som findes mellem Roms Ruiner; det brydes ogsaa i Beni-Souef og Stout i Ægypten. Ved Kalksinter forstås man et kornet eller trandet, kompakt Aggregat, der er udskilt af fersk Vand (f. Ex. varme Kilder) i Form af Skorper eller Drypsten. Kr. 850.

b. Dolomit, Flint, Gibs, Myremalm.

840. Dolomit er en Blanding af Kalcium- og Magniumkarbonat. Ren Dolomit er en Forbindelse af 54% Kalciumkarbonat og 46% Magniumkarbonat, men den meste Dolomit indeholder et Overskud af Kalciumkarbonat.

¹⁾ Poleringen foretages med Svovlblomme.

²⁾ Vægten er $2500-2900 \text{ kg/m}^3$. Haardheden er i Reglen 3 (se § 878). Trykstyrken er $350-2000^{\text{at}}$, i Gennemsnit kan man regne: $S_c = 650^{\text{at}}$, $S_f = 62^{\text{at}}$, $S_t = 50^{\text{at}}$. Den tilladelige Trykspænding er omtalt i § 824.

³⁾ De vedføjede Priser gælder pr. m³ for Raablokke i København.

¹⁾ Forkortelse af Firmanavnet *Puissant frère*.

Den ligner i det Ydre meget Kalksten, Strukturen er kornet eller tæt, Farven er oftest hvidlig, men kan være rød, grøn eller gul, og Massen er i Reglen svagt gennemskinnelig. Vægten er 2850—2950 kg/m³, og Haardheden 3,5—4,5. Den er væsentlig modstandsdygtigere overfor Syrer end Kalksten, ren Dolomit bruser næsten ikke med Saltsyre.

I Danmark spiller Dolomitten ingen Rolle, men andre Steder bruges den bl. a. til den basiske Staalproduktion, til Kalkbrænding og Cementfabrikation.

841. Flint er en tæt Varietet af Kvarts med røgraa eller sort Farve af indblandet Kul og kun i tynde Stykker gennemskinnelig. Den har Haardhed 7 og er overordentlig vejrfast.

Den findes som Klumper eller sammenhængende Lag i Kridt- og Kalksten, hvor den er udskilt af kiselvægholdigt Vand. Paa Grund af dens Haardhed og Homogenitet kan den tildannes med overordentlig skarpe Kanter, og Stenalderens Folk benyttede den derfor til skærende Værktøj, men nu om Stunder bruges den ikke meget, og Danmark, der er særlig rig paa Flint, finder kun Anvendelse for en mindre Del af den Mængde, der vindes som Biprodukt ved Kalkbrydningen, mens Resten henligger ubenyttet. Ved Knusning af to Tærninger af tæt Flint fra Faxø fandt jeg $S_c = 839$ og 1703^a , mens to Tærninger af uhomogen, porøs Flint gav $S_c = 362$ og 663^a . Tærningerne, der var 4 cm i Sidelinie, var mangelfuld tildannede, hvilket sikkert er Grunden til, at Tallene for den tætte Flint er saa uensartede.

Hovedanvendelsen er til Vejbygning i Form af Bundsten (§ 858) og Skærver, endvidere bruges nogle Flintskærver til Beton; som et ganske enestaaende Exempel kan nævnes dens Anvendelse som Façadesten til den engelske Kirke i Grønningen (København).

En stor Værdi har de sorte Flintkugler, der findes ved Foden af Stevns Klint, faaet, efter at Firmaet F. L. Smidtt & Co. er begyndt at bruge dem som Malelegem i deres Rørmøller. Det er forstenede Kiselvampe af Størrelse som Billardkugler, der tildels har faaet deres runde Form ved at rulle i Havstokken.

842. Gips er Kalciumsulfat med ca. 21 % kemisk bundet Vand (Krystalvand): $CaSO_4 + 2aq$. Den er dannet ved Inddampning af gipsholdigt Vand. Strukturen kan være kornet, traadet eller tæt, Farven er gerne hvid eller graa, men kan ogsaa være rødlig af Urenheder, Vægten er 2200—2960 kg/m³, i Middeltal 2320 kg/m³, Trykstyrken: 50—70 at. Vejrfastheden er meget ringe (§ 796), og Haardheden kun 1,5—2; den ridses vanskeligt med Neglen. I høj Temperatur mister den Krystalvandet.

Gips kan forekomme som tynde, vandklare Plader, der kaldes Marleglas, fordi man tidligere anbragte dem paa Helgenbilleder som Renhedssymbol.

Kornet Gips kaldes Alabaster og bruges i Kunstindustrien; det ligner i høj Grad Marmor.

Tæt Gips benyttes som Til sætning ved Cementfabrikationen (§ 981) og til Oliefarver (§ 405), men i øvrigt næsten udelukkende i brændt Tilstand til Mørtel, Gulve, Gipsbrædder, Stukkaturarbejder, Modeller og kunstigt Marmor.

843. Myremalm (§ 90) bestaar af 50—90% Jærntveitdehydrat (Rust), mens Resten er Sand, Manganite, lidt Fosforsyre og Muldstoffer. Den er udskilt af Vand og meget porøs, men temmelig tung. Ved nogle af de jydskes Findesteder bruges den som Bygningsten.

c. Diatomékisel og Moler.

844. Diatomékisel er en meget let og løs Masse¹⁾, der bestaar af mikroskopiske Kiselhylstre af de saakaldte Diatoméer eller Kiselalger; tidligere regnedes disse Væsner til Infusionsdyrene, hvoraf Betegnelsen Infusoriejord; et tredje og meget benyttet Navn er Kiselgur.

Den er uimodtagelig for de fleste kemiske Angreb og leder Varmen meget daarligt (§ 96), hvorfor den bruges til Isolering af Kedler, Cylindre og Rør, der fører Damp eller varmt Vand²⁾; desuden bruges den til Isoleringsslag i Gulve og Vægge for at hindre Lydens Forplantning og som Opsugningsmiddel for Nitroglycerin (Dynamit)³⁾.

Dens Isoleringsevne er størst, naar den fortrinsvis bestaar af hele Skaller; er Mellemrummene mellem disse fyldte med Smaastumper, bliver Massen tættere, tungere og mindre isolerende. Man bedømmer derfor Kvaliteten efter Litervægten (§ 1010) samt undersøger med Mikroskop, om Skallerne er hele, og om der er tilsat Mel⁴⁾.

¹⁾ Vandoptagelsen er gennemsnitlig 500 %.

²⁾ Til disse Anvendelser blandes den undertiden med 33 Vægtprocent Asbest.

³⁾ I Tyskland fremstilles ved Sintring af Kiselgur Diatomitsten, der er meget porøs og let bearbejdelig, isolerer udmærket og taaler Rødgødhede, men har ringe Styrke. De bruges til Varmeisolering og faas dels i Murstensformat, dels som Cylindersgmenter til Rørbeklædning.

⁴⁾ Melet viser sig under Mikroskopet, naar man tilsætter Jod, der farver Stivelseskornene blaa. Tidligere bestemtes Mængden af opløselig Kiselvæ (SiO₂) ved at behandle ca. 1/10 g af Pulveret paa Vandbad i 2 Gange 3 Timer, hver Gang med ca. 150 cm³ 5procentig Na₂CO₃; men der er ingen Forbindelse mellem den paagældende Størrelse og Litervægten.

Til Varmeisolering¹⁾ bruges i Danmark mest Diatomékisel fra Lüneburgerhede²⁾, men vi har ved Langaa vest for Randers en Aflejring af fortrinlig Materiale, som ogsaa udnyttes³⁾.

845. Paa Mors og Fur og langs Limfjordens nordlige Kyster f. Ex. syd for Thisted findes store Aflejringer⁴⁾ af Diatomékisel, men den er blandet med almindeligt Ler og indeholder Lag af sort, vulkansk, glasagtig Aske, som rimeligvis stammer fra fortidige Vulkaner i Skagerrak. Dette Materiale, der kaldes Moler, er i tør Tilstand hvidt eller lysegraa og langt lettere end almindeligt Ler⁵⁾. Under Mikroskopet kan man strax kende det paa de smaa, regelmæssige Skaller i Modsætning til almindeligt Lers uregelmæssige Korn og Fnug. Det bruges til Indskudslag i Etageadskillelser⁶⁾, og for at det ikke skal støve op mellem Gulvbrædderne (navnlig ved Brug af Støvsuger), maa det dækkes med Pap. Da det indlægges tørt, bliver Faren for Svamp mindre, og Gulvet kan strax paalægges. Til Varmeisolering er det i Reglen for urent⁷⁾.

Molerets vigtigste Anvendelse er til Brænding af lette Mursten, der udmærker sig ved deres i Forhold til Vægten store Styrke (§ 938).

5. Mekaniske Sedimenter.

a. Lerskifer.

846. Lerskifer er dannet ved Aflejring i Vand af overordentlig findelt Ler, Glimmerskæl og Kvarts. Som tilfældige Indblandinger kan den indeholde Svovl- og Kobberkis, Jærnitler, Kalciumkarbonat og Kul.

Med det blotte Øje kan Bestanddelene ikke skelnes fra hverandre, Strukturen er tæt og skifret. Skifriheden skyldes, at Stenen har været udsat for store Tryk og har intet med Lagdelingen at gøre. Undertiden kan de to Retninger dog falde sammen, idet Skifriheden skyldes Trykket af de overliggende Massers Vægt, men saadan Skifer er ikke stærk. Naar Skifriheden derimod skyldes store, bjærgkædedannende Tryk, er Stenen meget stærk, og Spalteretningen danner da gerne en Vinkel med Lagenes Retning.

Farven er hyppigst sort, graa, blaagraa, violet eller grøn, Vejrfastheden af de bedre Sorter fortrinlig, og Ildfastheden i Reglen stor; de gode Skifre udmærker sig endvidere ved deres betydelige Bøjnings- og Trækstyrke⁸⁾.

De almindelige Lerskifere er uregelmæssig lagdelte og stærkt forurenede og bruges derfor kun som Brudsten.

¹⁾ Kiselgur til Isolering består af nogenlunde hele Diatoméskaller og maa ikke indeholde Mel eller andre fremmede Stoffer; i tør Tilstand maa Litervægten højst være 150 s. I Reglen forlanges den befriet for organiske Stoffer ved Udglødning.

²⁾ For de af Statsprøveanstalten undersøgte Sorter laa Vandindholdet mellem 2 og 12 %; Litervægten i Indleveringstilstanden var 107—253 g og tørret ved 115—120°: 93—246 g (*Ingeniøren* 1909, S. 311).

³⁾ Den leveres som grøn, raa Kiselgur til 8 Øre pr. kg og som rosafarvet, calcineret (s. udglødet) Kiselgur til 9,5 Øre pr. kg; begge Sorter angives at veje 194 kg/m³.

⁴⁾ Det er en Ferskvandsaflejring fra Kvartærperioden med et Indhold af 75—87% SiO₂. Det kaldes Mo og har siden 1895 været udnyttet til Varmeisolering af 1/3 Diatomésilicium.

⁵⁾ Saltvandsaflejringer fra Tertiærperioden.

⁶⁾ Ovntrøret vejer det 275 kg/m³, men det kan sluge en Mængde Vand (indtil 100 %), selv med 40 % forekommer det ikke vaadt.

⁷⁾ I. Ex. i Østasiatisk Kompagnis nye Bygning.

⁸⁾ Moler fra Nykøbing paa Mors bruges dog til Kedelbeklædning af Helsingørs Jærnskibs- og Maskinbyggeri.

⁹⁾ For god Lerskifer er $S_c = 600—900^a$, $S_b = 300—400^a$, $S_t = 170—200^a$. Vægten er 2700—3500 kg/m³, Haardheden 3 og Vandoptagelsen i Gennemsnit 0,6 %.

Tavleskifere benævner man de bedre Skifere, der kan udspaltes til nogenlunde tynde Plader, der dog er for tykke eller for lidet vejrfaste til at bruges til Tækning. De er sorte af iblandet Kul og bruser gerne stærkt med Syrer paa Grund af deres store Indhold af Kalciumkarbonat. De bruges til Gulvfliser, Afdækning af Teglstensgesimser ¹⁾, Saalbænke ²⁾, Vægbeklædning i Nødtørftshuse ³⁾, Bord- og Billardplader, til Ølbryggeriernes Gæringskar o. s. v. ⁴⁾. De tyndere Plader slibes til Skoletavler.

847. Som Tagskifer kan kun de mest fortrinlige Skifre benyttes. De skal være tynde for at give et let Tag ⁵⁾ og plane for at give et tæt Tag, og de skal være overordentlig vejrfaste, for at de med deres ringe Tykkelse og udsatte Beliggenhed ikke skal ødelægges. De gode Tagskifere er udmærket holdbare, man har 3—400-aarige Skifertage, der næppe er paavirkede af Vejret.

Varigheden er navnlig betinget af, at Stenen er fri for Kalciumkarbonat, og kan derfor bedømmes ved at hælde fortyndet Saltsyre paa Skiferen, som da slet ikke maa bruse ⁶⁾. Paa Laboratorierne bruges gerne en Svovlsyrling-prøve, der udføres med smaa Skiferstykker, hvis Rande er sløbne glatte for tydeligere at vise Angrebet; de ophænges i et Bægglas, paa hvis Bund der er hældt Vand, mættet med Svovlsyrling, og Glasset lukkes med en parafineret Prop. En daarlig Skifer vil under Svovlsyrlingens Paavirkning hulne ud og spalte, mens en god Skifer ikke angribes ⁷⁾.

Af andre Stoffer, der forringer Vejrfastheden, skal nævnes Svovl- og Kobberkis, der kan kendes paa deres Messingfarve og paa Lugten af Svovlsyrling, naar Skiferen glødes med Kul ⁸⁾.

Hvad **Strukturen** angaar, da skal Skiferen være finkornet og have glatte, plane Flader; i Reglen er der dog Furer i den, der ofte konvergerer mod den ene Ende, Rodenden, som tillige plejer at være tykkere end den anden og derfor vendes nedad ved Tækningen; Furerne skal altid løbe i Længderetningen, løber de i Tværretningen, knækker Skiferen let ⁹⁾. Man skal kunne slaa Huller i den, uden at den springer, da den jo fæstes til Lægterne med Søm, og den maa ikke indeholde Sand, der vanskeliggør Hulningen og sløver Værktøjet. Der maa ikke findes Revner, hvori Vandet kan trænge ind og sprænge Stenen ved Frysning; om der er saadanne Revner kan undersøges med Lup eller ved

¹⁾ Hertil kan f. Ex. bruges $\frac{1}{2}$ " tykke Plader i Længder paa mindst 2^o og med Vandnæse; under Stødfugerne anbringes en Kobberplade, hvis Rande griber op i Riller parallelle med Fugen.

²⁾ De leveres 1—24" brede og $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ " tykke, Tykkelse $\frac{1}{2}$ og $\frac{3}{4}$ " bruges mest.

³⁾ gerne $\frac{1}{2}$ " tykke, glat afhøvlende.

⁴⁾ Tavleskiferen indføres fra Italien, Portugal og England.

⁵⁾ De udspaltes ved Hjælp af en lang, bøjelig Mejsel.

⁶⁾ Denne simple Prøve burde man aldrig undlade at gøre; jeg har anvendt den paa en Del af de Skifre, der forhandles i København, og Resultatet svarer til de praktiske Erfaringer: Tavleskiferen bruser stærkt, amerikansk Tagskifer momentant, mens Port Mådoc og de øvrige Skifre, der i det følgende er betegnede som gode, slet ikke bruser.

⁷⁾ Denne Prøve taaler de amerikanske Skifre ikke. Undertiden prøves Vejrfastheden efter Prof. Seipps Metode, nemlig ved at udsætte Stenen skiftevis for Kulsyre, Hl og Svovlsyrling (de tre stærkest angribende af Atmosferens Bestanddele) og bestemme Vægttabet. Port Mådoc Skiferen bliver ved denne Behandling lysere i Farven, men taber kun ca. 48 g pr. m² paavirket Overflade, mens amerikanske Skifre taber ca. 134 g og ofte spalter. Et stort Indhold af Kalciumkarbonat viser sig ogsaa ved, at Skiferen sprænges, naar den i stærkt ophedet Tilstand lægges i Vand. En god Skifer skal ligeledes kunne taale længere Tids Kogning i Vand og pludselig Afkøling uden at gaa i Stykker.

⁸⁾ Et stort Jærnhindhold viser sig ved, at Skiferen affarves, naar der hældes Syre paa den. Kulstof kan paavises ved Vægttabet, naar Skiferen glødes med Salpeter.

⁹⁾ Tagskiferens Bøjningsstyrke er langt større i et Tværsnit end i et Længdesnit, f. Ex. 633—1041 at mod 286—347 at. Skiferen kan f. Ex. prøves med 20 cm Fritliggende.

at slaa paa Skiferen med en Hammer, idet en fejlfri Sten giver en klar Klang, eller endelig ved at underkaste den en Frostprøve.

Endvidere maa Skiferen naturligvis være vandtæt. Stiller man en god Skifer med Enden i Vand, vil den efter et Døgns Forløb kun have suget Vandet nogle Millimeter op ¹⁾.

848. Af de Tagskifere, der bruges i Danmark, er den blaasorte **Port Mådoc** Skifer fra Kysten af Wales den bedste; den er meget finkornet med lange retliniede Fibre og kan derfor let udspaltes til store Plader, der kun er $2\frac{1}{2}$ — $4\frac{1}{2}$ mm tykke.

Den almindelige Størrelse er 14·24" engelsk, men de faas ligefra 6·12" til 16·24". Det fineste Port Mådoc Mærke er *Old vein* (o: gammel Bjærggang eller Aare) med glat Overflade og uden Tværaarer (o: Tværhælder med uregelmæssig Struktur); den koster ca. 3,24 Kr. pr. m² Tagflade. Indeholder Old vein Skiferen Svovlkipletter, kan den ikke sælges som prima, men benævnes *Spotted vein* og koster ca. 3,13 Kr. pr. m². *Deep vein* er et tarveligere Port Mådoc Mærke, der ikke er rigtig glat og ofte har Tværaarer, den koster ca. 2,91 Kr. pr. m².

I Reglen forlanges bedste Sort blaa Port Mådoc Skifer i Størrelse 14·24". Stenene skal være ensfarvede og fuldkantede med skarpe Hjørner. Sten, der er vindskæve eller revnede, maa ikke anvendes. Skifersøm skal være forzinkede, $1\frac{1}{2}$ " lange og skal mindst veje 2 kg pr. 1000 Stk.

Amerikanske Tagskifere er ikke nær saa gode, da de forvirrer paa Grund af deres Kalk- og Kulindhold. De er blaasorte, 4—5 mm tykke og koster ca. 2,70 Kr./m².

Tyske Skifere er grovkornede med krumme Fibre og kan derfor kun kløves i mindre og tykkere (5—6 mm) Plader. De bruges ikke i Danmark.

Ved **Grythytte** i Sverrig brydes en graffitfarvet Skifer, der dog vistnok heller ikke benyttes her. Fra Valders i Norge faas grønne, blaa og violette Tagskifere, 3—10 mm tykke, der staar sig godt.

Fra Frankrig indføres grønne, røde og blaa Skifere, af hvilke de grønne og røde staar sig meget ordentlig, de blaa ikke.

Tarvelige Tagskifere bruges til Isoleringslag.

b. Sandsten.

849. Sandsten bestaar af farveløse eller hvidlige Kvartskorn, sammenkittede af et Bindemiddel. Dette kan være lerholdigt, eller det kan udelukkende være dannet af Stoffer, der har været opløste i det gennemsvivende Vand, f. Ex. Kisel, kulsur Kalk, kulsur Jærnforilte, Brunjærnsten.

De fleste Sandsten er tydelig **lagdelte**, men Lagenes Tykkelse er meget forskellig, og ofte er de adskilte ved Mellemlag af Ler eller andet; hyppigt er der ogsaa lodrette Stik i Lagene, saa at Stenen fra Naturens Haand er delt i Kvadere, f. Ex. Kvadersandstenen i sachsisk Schweiz.

Farven er oftest gullig eller graa, men indeholder Stenene Jærnilter, er de stærkere gule, brune eller røde; disse jærnholdige Sten er i Reglen de mindst vejrfaste.

Vandoptagelsen er gerne stor: 5—27 % (§ 798²⁾); runde Korn og meget Bindemiddel giver stor Porøsitet, skarpe Korn og lidet Bindemiddel ringere. Porøsiteten bevirker, at Sandstenen er en daarligere Varmeleder end Granit og tæt Kalksten, og at Kalkmørtel binder godt til den. **Vejrfastheden** er meget variabel og afhænger af Bindemidlet ³⁾. **Ildfastheden** er ringe (§ 802). **Haardheden** er meget forskellig, men altid ringere i brudfugtig Tilstand end i tør, hvorfor Stenen ofte hugges færdig i Bruddet (§ 878). **Sidfastheden** er forholdsvist ringe (§ 790), men Stenene holder sig ru. **Trykstyrken** er omtrent som de tætte Kalkstens ⁴⁾.

¹⁾ Vandoptagelsen for en god Skifer udgør efter 125 Timer 0,05—0,15 %. Tagskiferens Vægt er 2650 kg/m³.

²⁾ Vandoptagelsen kan formindskes ved at lægge Stenene i klart Kalkvand.

³⁾ Om Imprægnering se § 801.

⁴⁾ Trykstyrken er meget varierende: 250—2063 at; i Middeltal for 48 undersøgte Arter: 761 at (§ 798); S_b = 25—150 at, S_r = 15—80 at. Naar Materialets Trykstyrke ikke bestemmes, tillader det

850. I **Lersandstenen** er Bindemidlet Ler: den kendes paa Lerlugten, naar man aander paa den. Den er hyppig skifret af Glimmerlag, og Styrken og Frostfastheden er derfor kun ringe (§ 795¹).

I **Kiselsandstenen** er Bindemidlet Kisel. Kornene er oftest saa tæt lejrede, at de synes at berøre hinanden, den holder derfor længe paa Brudfugtigheden og maa tørres særlig godt, inden den anvendes til Husbygning. Det er den stærkeste, haardeste og mest vejrfaste Sandsten. Hertil hører Bremer-, Cotta-, Øvedskloster- og Nexøsandstenen.

I **Kalksandstenen** er Bindemidlet Kalciumkarbonat; den kendes paa, at den bruser med Syrer. Den er ikke saa haard og vejrfast som Kiselsandstenen; i Industribyer angribes den paa samme Maade som rigtig Kalksten.

851. I Danmark bruges Sandsten hovedsagelig til Husbygning. De mest benyttede Sorter er nævnt i det følgende.

Bremersandstenen kommer fra Oberkirchen i Westphalen, VSV for Hannover og udskibes over Bremen; det er den bedste og næstdyreste af de i Danmark benyttede. Den er næsten glimmerfri og har en varm graaliggul Farve, der ikke er helt ensartet, men oplives af brunligere Strøg. Den er meget stærk og vejrfast²).

Cottasandstenen; den sachsiske Kvadersandsten, ligner Bremerstenen, men er af ringere Kvalitet og ca. 33% billigere³). De bruges en Del sammen, idet Cottastenen bruges til Façadens mindst udsatte Dele. Iøvrigt kan den gøres fuldkommen frostfast ved Imprægnering med varm Linolie⁴). Dens Blødhed gør den særlig egnet til rigt ornamenterede Façader.

Fra **Øvedskloster** i Skaane kommer en lys rød, meget vejrfast Sten, der brydes underjordisk (§ 870) og er noget dyrere end Bremerstenen⁵).

Rød, skotsk Sandsten er mørkere end Øvedsklosterstenen, indeholder en Del Glimmer og er ikke saa holdbar⁶).

Nexøsandstenen paa Bornholm har kiselholdigt Bindemiddel og indeholder ofte mange Feldspatkorner mellem Kvartskornene. Farven er brunlig rød af Jærnille, men hyppigt er der hvide Lag imellem.

Der er talrige, smaa Sandstensbrud, men Bænkene er tynde, saa der vindes kun flade Stykker, der bruges til Gærder og Udhuse i den nærmeste Omegn,

preussiske Ministerium for offentlige Arbejder (21/ 1910) følgende Trykspændinger: Lejesten: 30—50 at, Piller og Hvelvinger: 25—30 at, meget slanke Piller og Søjler: 15—20 at (se § 824). I Forslag til Bygningsvedtægt for København tillades for Murværk af Sandstenskvadere i Cementmørtel 15—30 at (efter Haardheden); er Konstruktionen spinkel (se § 925), tillades kun 10—15 at. Vægten er gennemsnitlig 2500 kg/m³ (1900—2700).

¹) Hertil hører den brunrøde **Brogede Sandsten** fra de sydvest-tyske Rhinegne. Den vejer 2400—2600 kg/m³ og har S_c = 360, S_b = 70, S_t = 30 og S_i = 22 at. Den bruges kun sjældent i Danmark.

²) Vandoptagelsen er 4,93%, Vægten 2220 kg m³, Middelstyrken angives til 690 at, Statsprøveanstalten har fundet 811 at. Den er brugt til Polyteknisk Lærestalts Indgangsportal, Videnskaberens Selskabs Bygning, Københavns Kreditforenings Bygning paa Gl. Torv, Privatbanken og de restaurerede Dele af Børsen.

³) Vægt: 2200 kg/m³, S_c = 520 at, S_t = 22,8 og 8,1 at henholdsvis i tør og vaad Tilstand. Den er brugt til Loveapotekets Bygning paa Amager Torv og til det gamle Christiansborg (opført 1733—40).

⁴) Beretning om Statsprøveanstaltens Virksomhed 1908, Side 3.

⁵) Stenen, der stammer fra den øvre Silur, sælges kun i bearbejdet Stand, da Stenbruddet vil undgå at blive underbuget af konkurrerende Stenhuggerier. I Stockholm og Sverrigs andre store Byer bruges den overordentlig meget. I København kan den ses paa Hjørnet af Østergade og Kristen Bernikovs Gade; den findes ogsaa i Hotel Metropoles Façade, som dog nu er overmalet.

⁶) Den er f. Ex. brugt til Handelsbankens Indgangsportal og til Vinduesindfatning i Malmø-gade Nr. 10.

samt til Skærver. I et dybere Stenbrud ved Stranden nord for Nexø fandtes tykkere Bænke af rød Sandsten, der anvendtes til Bygningssten (Frihedsstøtten, Nexø Havnemole), men en Del af dem viste sig lidet holdbare, saa Brydningen fik ingen større Betydning og ophørte ganske, da Stormfloden i 1872 gennembrød Dæmningen, der beskyttede det dybe Stenbrud mod Østersøen.

I de sidste Aar synes der dog atter at være vakt nogen Interesse for denne, vor eneste Sandsten, den er saaledes benyttet til Eliaskirken paa Vesterbro (§ 880).

Gullandsk Sandsten er en finkornet, ensartet blaa-graa Sten med S_c = 391,5 at og en Vandoptagelse af 7,4%. Den er i alle Retninger daarligere end Bremerstenen, ikke nær saa frost- og vejrfast; paa Odd fellow Paleets Façade i København har man rig Lejlighed til at se, hvorledes den forvitrer. Den er ogsaa benyttet til Børsen, som dog er restaureret med Bremersten; endvidere er den brugt til Kronborg sammen med Sandsten fra Helsingborg¹).

Kinnekulle Sandsten fra Hellekies er en finkornet, løs og let forarbejdelig, graa Sten, der er brugt til det kongelige Teaters Hjørnekvadere. Den synes ikke at forvitte, men mørknes hurtigt.

Den svenske **Grenna Sandsten**, der er lidt rødligere end Bremerstenen, bruges saavidt vides ikke i Danmark.

c. Kampesten.

852. Kampesten (Glacialsten) af Granit er et fortrinligt Materiale, der findes over hele Danmark, enten som Landsten paa eller nær Jordoverfladen eller som Søsten i Havet.

Landstenene spiller ingen Rolle for de store Byer, men i de smaa Byer og ude paa Landet leverer de næsten al den Granit, der bruges til Bygninger og Skærver, de sælges i Kubikfavne (§ 879).

Søstenene, der er omtumlede af Havet, er af endnu bedre Kvalitet end Landstenene og foretrakkes ofte til Vejlskærver, men Hovedanvendelsen er dog til Vandbygningsarbejder. Kysterne omkring de store Forbrugssteder er efterhaanden udtømte, saa Stenfiskerne maa søge længere og længere hort, og Prisen er derfor i stadig Stigen, men dog langt lavere end for utilhuggen Granit fra Stenbrud. Iøvrigt er Prisen meget variabel, da f. Ex. Anlæggelsen af en større Havn fremkalder en stærk Prisstigning²).

d. Ral.

853. Ved Ral forstaar man de mindre Sten (1,5—8 cm i Diameter), som Havet under Paalandsstorm skyller op paa Stranden³). De er ligesom Søstenene meget stærke og bruges ofte i Vandbygningen til Stenkastninger og Beton.

Til Beton er de ikke helt egnede, da Mørtlen hæfter mindre godt til deres runde og glatte Overflade, men de benyttes alligevel meget ved Kystarbejder, hvor man har dem ved Haanden.

Ved Hoftearbejderne paa Jyllands Vestkyst stilles følgende Krav til Rallen: Ral til Beton skal udgøre en Blanding af smaa og store Sten af en saadan Størrelse, at de alle kan passere gennem en Ring med Diameter 3", men ikke gennem en Ring med Diameter 1/2", og Middelstørrelsen er 1—1 1/2". I hver Kubikfod maa findes højst 1/2 Kubfd. under 1" og højst 1/4 Kubfd. over 2 1/2" store Sten. Den Ral, som bruges til Beton, skal være ren, nylig opskyllet Strandral.

Disse detaljerede Bestemmelser kan naturligvis ikke overholdes, men Staten kan i Kraft af dem kassere en Levering, der afviger alt for meget fra det, der ønskes.

Hulrummene i Rallen angives til 38% af Ralbunkens Omfang⁴), Betonens Vægt til 2050—2200 kg/m³.

¹) Se *Fejviser for Besøgende paa Kronborg Slot*.

²) Søsten sælges efter Vægt, nemlig i Læster à 2 t og Læsternes Antal bestemmes ved Aning (o: ved Skibets Dybgaende). For Granit regner man 1 Kubikfavne = 12,5 t. Prisen i København ved Aar 1900 var Kr. 2,60 pr. t.

³) En gammel, dansk Betegnelse for Ral er Ør, der genfindes i mange Stednavne, f. Ex. i Helsingør.

⁴) A. Poulsen: *Zemept in Meerwasser*, Side 5.

e. Sand, Grus og mindre Sten.

854. Ved **Sand** forstås i denne Bog smaa runde eller kantede Stenkorn, der kan passere en Sigte, hvis Huller er 5^{mm} i Diameter¹⁾.

Kornene kaldes **fine**, naar de er mindre end 1/2^{mm}, **middelfine**, naar deres Størrelse ligger mellem 1/2 og 2^{mm} og **grove**, naar deres Størrelse ligger mellem 2 og 5^{mm}.

Det naturlige Sand har en uensartet Kornstørrelse og kaldes groft, naar det indeholder mange grove Korn, middelfint naar det indeholder faa grove, men mange middelfine Korn og fint, naar det hovedsagelig bestaar af fine Korn.

Hvis Sandet indeholder Stenkorn, der er større end 5^{mm}, kaldes det **Grus**, og er disse Stenkorn i Overvægt, kaldes det **Stengrus**²⁾.

Sandet findes i naturlige Aflejinger som Strand-, Flod- og Bakkensand og faas ogsaa ved Harpning af Grus. Jo finere det er, des blødere og mere melagtig er det at føle paa, mens groft Sand føles haardt og skarpt og knaser, naar det rulles mellem Fingrene. Betegnelsen **skarpt** Sand er derfor ensbetydende med groft. Det fine Sand er der kun ringe Brug for i Byggeteknikken, i Reglen ønskes Sandet saa groft som mulig.

For Sandets Anvendelse til Mørtel og Beton spiller ikke alene Kornenes Størrelse og Form, men ogsaa dets Indhold af Ler og Salte en Rolle.

855. Strandsand er blaaagt og bestaar næsten udelukkende af Kvarts, idet de øvrige Mineraler ikke har kunnet modstaa Sliddet under Sandets Bevægelser. Det er kalkfrit (bortset fra Muslingeskaller). Kornene er noget afrundede. Det oppumpes gerne fra Havbunden og er da næsten frit for Ler, men indeholder til Gengæld Salt, hvilket ikke er heldigt for dets Anvendelse til Mørtel. Det er for dyrt at udvadske Saltet ad kunstig Vej, derimod kunde man sprede det paa Byggepladsen og lade Regnen besørge det; i Reglen lægges der dog ingen Vægt paa Saltindholdet. I Havnebyer som København er Strandsand den mest benyttede Sandsort.

856. Bakkensand, som er lagdelt Isthidssand, bestaar, foruden af Kvarts, af Feldspat og Kalk; det er rødligt, indeholder noget Ler, der kan gøre Skade i Mørtel og Beton. Leret smitter af, naar man gnider Sandet mellem Fingrene, og Mængden af det kan bedømmes ved en Slæmmeprøve i et Cylinderglas. Bakkensand bruges navnlig ude paa Landet, i København fordyres det af den høje Jærnbane fragt, saa det kun kan betale sig at bruge det i Kvarterer, der ligger langt fra Vandet³⁾.

857. Nærmere Oplysninger om disse Materialer findes i de følgende to Afsnit.

a. Grusgravmaterialer.

858. Grusgravene indeholder en Blanding af groft og fint Materiale, der maa sorteres, inden det kan bruges.

¹⁾ I Geologien regnes Kornstørrelser mellem 0,05 og 2^{mm} til Sand. I den tyske Betonlitteratur betyder Sand som Regel Korn, der kan passere en Sigte med 7^{mm} kvadratiske Masker. Definitionen ovenfor er i Overensstemmelse med *Feret*.

²⁾ Der er ingen fast Sprogbrug paa dette Omraade; det Materiale, der bruges til Mørtel, og som ikke bør indeholde Korn større end 5^{mm}, benævnes i København undertiden Mørtelgrus; det noget grovere Materiale, der bruges til Beton, og som i København benævnes Betongrus, kaldes i Jylland Sand.

³⁾ Sand, Grus og Sten sælges som Regel efter Maal. Et almindeligt Vognmandslæs rummer 1,1^m³, men kan forøges med indtil 50%.

Først fjernes de større Sten, som det kan betale sig at pille fra med Haanden, for at knuses til Skærver (§ 863) eller anvendes paa anden Maade. En Del middelstore Sten (navnlig Flint) sælges som **Bundsten** til Vejunderlag¹⁾; smaa Bundsten af Granit eller Flint benævnes **Haandsten** og bruges undertiden ogsaa til Beton.

Naar de mer eller mindre store Sten er fjernede, haves det **raa**, endnu uharpede **Grus** tilbage, der benyttes til Grusbeton og Jærnbaneballast²⁾.

859. Ved at harpe det raa Grus paa en hældende Sigte tromle eller et hældende Rystesold, hvis Huller har tre forskellige Størrelser og er størst ved den laveste Ende, deles det i 4 Størrelser: Singel, Nøddesten, Ærtesten og Gangstier eller Betongrus. Gruset gaar altsaa først igennem, derefter kommer Ærte- og Nøddestene, mens Singelen passerer hen over alle Hullerne og ud af Harpens lave Ende. Mens de forskellige Fraktioners Maximalstørrelse saaledes er bestemt ved Hullernes Størrelse, er det ikke udelukket, at noget af det finere Materiale kan passere hen over de for det bestemte Huller, saaledes at det bliver blandet med det grovere, og specielt i fugtigt Vejr vil Gruset klæbe fast paa Stenene, saa at disse ikke falder rene ud.

Singel har gerne et Tværmaal af 30—50^{mm} og bruges til Beton³⁾.

Nøddesten (Fig. 295, § 1038) har gerne et Tværmaal af 15—30^{mm} og bruges til Jærnbeton, Underlag i Gangstier⁴⁾ og Dækning af Drænrør⁵⁾.

Ærtesten har gerne et Tværmaal af 10—15^{mm} og bruges til Jærnbeton og Belægning af Havegange.

Beton- og Gangstigrus er det fineste Materiale, den almindelige Harpe leverer, og indeholder alle Kornstørrelser op til 10 à 15^{mm}⁶⁾. Betongruset burde saavidt muligt tages fra Gravens lerrfattigste Lag og Gangstigruset fra de lerrigere, men som Regel er det eet og samme Materiale, der leveres⁷⁾.

Ved at sigte Betongruset gennem en særlig fin Harpe faas **finharpet Grus**, der anvendes til grov Puds og til særlig fine Betonstøbninger, hvor Stenene vilde genere⁸⁾.

Angaaende **Prisen** for disse Materialer se § 866.

β. Strandmaterialer.

860. De Materialer, der oppumpes fra Havbunden, ligger i Reglen sorterede, saa at de ikke behøver at harpes inden Anvendelsen. Man skæler mellem Sand, Grus, Ærtesten, Nøddesten og Singel. De følgende Bemærkninger gælder kun de i København anvendte Materialer.

Gulvsand er et meget fint Materiale, der oppumpes ved Dragør; det benævnes ogsaa Hvidsand, da det i tør Tilstand er næsten hvidt. Vægten pr. m³ er væsentlig under, hvad den er for Betongrus. Det bruges til Strøvsand paa Gulve samt meget ofte af Mørtelfabrikkerne til Kalkmørtel, skønt der hertil burde anvendes et grovere Materiale.

¹⁾ Til Bundsten plejer man ikke at bruge Kalk, da porøse Kalksten kan sprænges af Frosten og derved ødelægge Vejen; i Reglen forlanges Granit eller Flint, og der foreskrives en Højde af ca. 10 cm og en Grundflade af ca. 135 cm², f. Ex. 8—13 cm Bredde og 18—10 cm Længde.

²⁾ Ofte foreskrives dog, at Ballastgrus kun maa indeholde Sten af indtil 2 1/2 cm Størrelse; iøvrigt skal det være meget groft og lidt lerholdigt. Stenene skal være haarde og vejrfaste. I de senere Aar bruger de danske Statsbaner meget til Ballast en Blanding af 1/2 Nøddesten, 2/3 Ærtesten og 1/5 Blandingskærver, et Blandingsforhold, der nærmest er tilpasset efter Grusgravenes Ydeevne.

³⁾ I Jylland kaldes Singel ofte for harpet Grus.

⁴⁾ hvortil de forlanges renharpede, af Størrelse som en stor Hasselnød og ikke flade. Laget er gerne 10 cm tykt.

⁵⁾ gerne i et 25 cm tykt Lag.

⁶⁾ Nogle Grusgrave, f. Ex. Nymølle Skærvefabrik, fjerner nemlig kun en Del af Ærtestenene.

⁷⁾ Gangstigrus og Dækegrus (til Spredning over makadamiserede Vej) forlanges skarpt og grovkornet. Om **Belægningsgrus** se § 862.

⁸⁾ Det sigtes gennem kvadratiske Masker med en Lysvidde af 5,7 mm; hvad der bliver tilbage paa Sigten benævnes **Perlesten** og bruges til Havegange.

Betongrus hentes hovedsagelig paa Lappegrunden ved Helsingør og er væsentlig grovere end Gulvsandet; Grovheden kan dog variere en Del, eftersom Gruset tages paa det ene eller andet Sted af Revlen, og Sandgraveren er kun delvis Herre over Variationen, idet han maa rette sig efter Vind og Strøm. Bortset herfra forings Grovheden Aar for Aar paa Grund af den store Efterspørgsel, og Broderparten af dette Materiale indeholder ikke Stenkorn af over 5 mm Tværmål, saaledes at det godt kan bruges til Mørtel. Undertiden kan der komme Laster ind, tage nær ved Land og indeholdende enkelte Nøddesten, men iøvrigt af samme Kvalitet.

I den sydlige Del af Kalveboderne pumpes noget udmærket groft, men lidt lerholdigt Grus, der mest bruges som Vejgrus, men ogsaa til Beton.

Noget usædvanlig groft Grus, der slet intet fint Materiale indeholder, pumpes helt ovre ved Samsø og er derfor dobbelt saa dyrt som de ovennævnte Sorter. Blandet med Helsingørgruset bruges det til Beton.

Sø-Singel, Sø-Nøddesten og Sø-Ærtesten pumpes op ved Anholt og sælges dels i deres naturlige Blandingsforhold, dels sorterede¹⁾

861. Alle de nævnte Sand- og Grussorter, med Undtagelse af Samsøgruset, koster løst ved Bolværk i København Kr. 12 pr. Kubikfavn (1,80 Kr. m³), og Mellemandlerne har derfor som Regel ingen Interesse i at levere Materialet finere end det ønskes. For Transporten har det dog Betydning, at det finere Materiale vejer mindre end det grovere, saaledes gaar der 10 Tdr. (= 10 : 48 Kubikfavne = 1,391 m³) Gulvsand og kun 8 Tdr. (1,11 m³) Grus paa et Læs. Sandgraverne regner Vægten pr. Td. af Gulvsand, Helsingørgrus og Kalvebodgrus til henholdsvis ca. 400, ca. 450 og ca. 500 g (altsaa 1440, 1620 og 1800 kg. m³).

Samsøgruset koster Kr. 25 pr. Kubikfavn (3,75 Kr. m³).

862. Til **Brolægningsgrus** bruges ude i Landet Bakkegrus, i København mest Strandgrus. Det forlanges gerne grovkornet, skarpt og frit for væsentlig Iblanding af Ler, og maa ikke leveres i gennemblødt Tilstand, da det saa er for levende, til at der kan arbejdes med det. Det maa ikke indeholde Lerklumper eller større Sten, men en stor Del af det skal have en Kornstørrelse mellem ca. 2 mm og en ½ T. Hvad Lerindholdet angaar, da er noget Ler godt, fordi Sandet saa bedre ståar: 3: lader sig trykke op om Stenen, men hvis Sandet er meget vaadt, vil Leret gøre det for levende. I Tørvejr er derfor lerholdigt, i Regnjejr lerfrit Grus bekvæmst at arbejde med.

f. Skærver.

863. Ved Skærver forstaa man de mindre, skarpkantede Stenstykker, der vindes ved Sønderdeling af større Sten.

Granit²⁾, der skal bruges til Vejskærver, maa helst slaas for Haanden, hvorved Skærverne faar en kubisk Form, der er heldig for denne Anvendelse; ellers bruges den billigere Maskinknusning. Produktionen af haandslaaede Skærver er som Regel ringere end Efterspørgslen.

Ved Maskinknusning faar Skærverne en langstrakt Form og en uensartet Størrelse, der fremkommer mange smaa Skærver og meget Skærvegrus. Efter Knusningen maa Materialet derfor sorteres.

Granitskærver faas dels fra Bornholm og Sverrig, dels fremstilles de af vor Kampsten (§ 852) og de store Granitsten i Grusgravene.

Hvad der iøvrigt findes i Grusgravene af smaa Granitsten, Flint og Kalk, som ikke kan nyttiggøres paa anden Maade (§ 858), knuses sammen, hvorved de saakaldte **Blandingsskærver** fremkommer.

Endelig leverer de danske Kalkbrud en Del Skærver af **fintholdig Kalk**, mens den rene Flint siges at være for sejt, til at det kan betale sig at knuse den.

Skærver til Veje og Jærnbaneballast skal være stærke, frostfaste og slidfaste. Deres Prøvning er omtalt i § 791.

864. 2", 1 1/4" og 5/4" haandslaaede Granitskærver bruges til Veje³⁾. 1 1/4" og 5/4" maskinknuste Granitskærver bruges til Veje og Beton.

¹⁾ Singelen fjernes paa et Traadvæv med 1" kvadratiske Masker.

²⁾ Af andre Skærvermaterialer skal nævnes Kvartsporfyrr, Diorit, Diabas, Basalt, Dolerit, Gneis, Nexøsandsten.

³⁾ Granitskærver til Veje skal være slaaede af ren, stærk Granit og være renharpede, fri for Flækker og Stenmel. Størrelsen kontrolleres ved Hjælp af en Ring, idet man foreskriver, at Skærverne skal kunne passere en Ring, hvis Diameter er 1/4" større end den forlangte Skærvestørrelse. 2" Skærver er den største Dimension, der bruges til Makadamisering, og ligesom 1 1/4" Skærver anvendes den kun til de nedre Lag, mens Overfladen fremstilles af 5/4" Skærver.

1 1/2" maskinknuste Granitskærver bruges til Jærnbetonkonstruktioner og andre tynde Betonstøbninger, samt til Tjærebeton.

1" maskinknuste Granitskærver bruges til Tjærebeton.

1 1/2" maskinknuste Granitskærver bruges til Dæklag paa Gangstier¹⁾, Tjærebeton, Støbeasfalt, Mørtelslidlag paa Gulve og kunstig Granit.

7" og 5" Blandingsskærver bruges til Beton og Biveje.

1 1/2" Blandingsskærver har der tidligere været ringe Brug for, men nu benyttes de i saa stor Udstrækning til Jærnbeton, at Efterspørgslen ikke kan tilfredsstilles.

Blandingsskærvers Brug til Jærnbaneballast er omtalt i § 858, Prisen i § 866.

Skærvegruset fra Blandingsskærverne duer ikke til Mørtel, det sælges med Støvet i, under Navn af Flintgrus, til Belægning af Havegange.

865. Mængden af fast Masse i 1 m³ Skærver afhænger dels af Skærvernes absolute Størrelse og dels af, om Størrelsen er ensartet eller uensartet. 1 m³ Brudsten indeholder 40—50% Hulrum, men ved Knusningen formindskes Hulrummene, saaledes at man af 1 m³ Sten kun faar 0,75—0,85 m³ knust Materiale, naar dette maales usorteret. Hvis det derimod sorteres, voxer Hulrummene atter og desto mere, jo videre Sorteringen drives. Ved Sortering i to Størrelser vil man saaledes faa 1,06—1,12 m³ knust Materiale, ved Sortering i tre Størrelser: 1,10—1,15 m³. I Følge Opgivelser fra et württembergsk Basaltværk faar dette af 1 m³ Brudsten med 42% Hulrum:

0,268 m ³ store Skærver	med 45%	Hulrum
0,615 " normale Skærver	" 47%	"
0,128 " smaa Skærver	" 52%	"
0,112 " Skærvegrus	" 53%	"
1,118 m ³ ialt.		

I Følge Opgivelse fra **Nymølle Skærvefabrik** voxer Mængden af smaa Skærver efterhaanden som Maskinens Kæber slides, og Forholdet mellem Mængderne af de forskellige Skærvestørrelser kan derfor variere meget. De omtrentlige Forhold, hvori en vis Mængde knust Materiale deler sig ved Sorteringen, er følgende:

4 Maal	5 Maal	1 Maal	1/8 Maal	1/10 Maal
1/4" Skærver	3/4" Skærver	1/2" Skærver	1/8" Skærver	1/10" Skærver

866. Priserne for de ovenfor nævnte Grusgravmaterialer inclusive Skærver er opført i efterfølgende Tabel i Kr. pr. Kubikfavn (i Parentes er tilføjet Prisen i Kr. pr. m³). Priserne gælder for Væerne leverede paa en københavnsk Jærnbanestation:

1" Granitskærver	63,90	(9,65)
1 1/2" og 1" Granitskærver, haandslaaede	60,90	(9,10)
1 1/2" " " maskinknuste	55,90	(8,35)
1 1/2" " " " rene	47,90	(7,15)
Pørlesten	40,90	(6,10)
7" og 5" Blandingsskærver	38,90	(5,80)
1 1/2" Blandingsskærver, Ærtesten	29,90	(4,50)
Singel, Nøddesten, Bundstensflint	27,90	(4,20)
Haandsten	24,90	(3,70)
Raa Grus, finharpet Grus	21,90	(3,30)
Beton-, Gangsti-, Vejgrus	19,90	(3,00)
Flintgrus	18,90	(2,80)

C. Stenenes Brydning.

867. Brydningen foregaar som Regel i aabne Brud, og man maa da først fjerne de øverste Stenlag, der er mer eller mindre forvitrede. Brydningen kan f. Ex. foregaa ved Underminering eller ved Opvarmning, men mest almindelig ved Sprængning enten med Sprængstoffer eller med Kiler.

Underminering bruges ofte ved Elbens Sandstensbjerge, idet man hakker sig ind i Fjældvæggens underste Lag, der her er bløde, og anbringer Træsøjler til Afstivning for det overliggende. Naar Klippen er tilstrækkelig undergravet, sprænges Søjlerne bort, hvorved hele Klippesiden styrter ned, saa at man paa een Gang faar en Mængde Materiale til videre Bearbejdelse. Metoden giver naturligvis meget Affald, men den er billig, da man slipper for at borttrømme de øverste, ubrugelige Lag, der her har en stor Mægtighed.

¹⁾ I et 3—5 cm tykt Lag.

Opvarmning benyttes ved Smergelbrydningen paa Naxos, da Smergelen er for haard, til at der kan bores i den. Man laver et Baal lige opad de Stenflader, der skal løses, og naar disse er blevne tilstrækkelig hede, afkøles de pludselig med Vand, hvorved Klippen slaar Revner.

Ved de følgende, **almindeligere Brydningsmaader** arbejder man sig samtidig vandret ind og lodret ned i Klippen, idet denne tildannes i Terrasser, saa at man i forskellige Højder har en vandret Arbejdsplads.

868. Sprænger man ved **Krudt, Dynamit** eller **Skydebomuld**, bores der først Huller i Stenen ved Hjælp af et Stenbor. Hullerne er 2—3^{cm} i Diameter, mens deres Dybde og indbyrdes Afstand afhænger af Stenartens Haardhed. Til blødere Sten er Boret en 1—3^m lang Rundjærnsstang, som er mejselformet i Enden (Fig. 209) og stødes ned i Klippen af 1 eller 2 Mand, mens man til haardere Sten bruger en kortere Mejsel, der inddrives med Hammerslag. Patronen anbringes paa Hullets Bund, og en Tændtraad føres fra den ud gennem Hullet, hvis nedre Halvdel iøvrig fyldes med Sand og Boremel, mens den øvre Halvdel fyldes med plastisk Ler. De ved Explosionen opstaaende Gasarter sprænger Stenen. Metoden benyttes i Reglen kun ved Brydning af uregelmæssige Brudsten, f. Ex. Kalksten til Brænding.

869. Bygningssten brydes derimod gerne med **Hakker og Kiler**. Er Klippen iagdelte og gennemtrukne af lodrette Sprækker, kan man ofte bryde regelmæssige Blokke blot ved Hjælp af Hakke og Kiler. I bløde Sten udarbejder man da Render, svarende til Stenens Sideflader, og i disse Render, der kan have en Dybde af 7^{cm}, og hvis Tværnit er en ligebeinet Trekant med ca. 3^{cm} Grundlinie, inddrives Jærnkiler, indtil Stenen revner langs Rillens Bund. I haarde Sten nøjes man med at udhugge enkelte Huller, ordnede efter en ret Linie. I Stedet for Jærnkiler inddrev de gamle Ægyptere stærkt tørrede Trækiler, som bragtes til at buldne ud ved Paahældning af varmt Vand; man bruger ogsaa Patroner af brændt Kalk, der udvider sig ved Lækning; i kolde Egne kan man fylde Hullerne med Vand og lade Frosten besørge Sprængningen.

870. Hvor de overliggende Lag, der skal bortømmes, er meget mægtige, kan det under tiden betale sig at bryde Stenen **underjordisk**, hvilket er Tilfældet med Savonierestenen og Sandstenen fra Øvedskloster.

Ved Øvedskloster foregaar Brydningen paa den Maade, at Stenen først undermineres, idet Arbejderne i liggende Stilling hakker den under Sandstenslaget værende Skifer bort. Derpaa hakkes der med en Maskine til lodrette Riller 2,5—3^m dybe og 4^{cm} brede ind i Stenen langs Ortens Sider. Blokken er da fri overalt, undtagen paa den bagste og øverste Flade; foran understøttes den med Træklodser. Der bores derpaa lodrette Huller op i Stenen fra neden langs Bagsiden, og i disse Huller sættes Krudtpatroner, der antændes, samtidig med at Træklodserne fjernes. Blokken, der kan veje indtil 150^t, falder derved ned, saa der bliver Plads for Arbejderne til at krybe op paa den og kløve den med Kiler efter Lagdelingen i Stykker af passende Størrelse, der paa Sporvogne køres op i Dagen. Her saves de ud i Plader af den ønskede Tykkelse, der yderligere deles med en Diamantrandsav, hvorpaa Stenen enten gaar til Silbmaskinen eller, hvis den skal profileres, til Stenhuggerierne.

D. Stenenes Tildannelse.

871. Sten med enkle Former, som Brosten, Kantsten til Fortove og simple Trappetrin, bliver i Reglen tildannede i Stenbruddet, mens profilerede Sten gøres færdige i et Stenhuggeri eller paa Byggepladsen. Skal Stenen have særlig rige Prydelser, udføres disse ofte af Stenhuggeren eller Billedhuggeren, efter



Fig. 209.

at Stenen er indmuret; dette sker, dels for at Forsiringerne ikke skal lide Skade under Transporten, dels for at Byggeriet kan gaa sin rolige Gang uafhængig af de Forsinkelser, Stenens Udsmykning kan give Anledning til.

De ved Brydningen vundne raa Blokke deles først i mindre Blokke af omtrent den Størrelse, som ønskes. Denne Deling saarvelsom den følgende Bearbejdelse kan enten ske ved Hugning eller ved Savning.

872. Naar **Hugning** anvendes, deles Stenene ved Hjælp af Jærnkiler, som ovenfor beskrevet, og faar derpaa en raa Tildannelse i Bruddet med Hammer og Mejsel, saa at de omtrent bliver parallelpipediske, og saa at de i alle Retninger er ca. 3^{cm} (»Arbejdstommen«) større, end de færdig tilhugne Sten skal være; derpaa føres de til Stenhuggeriet.

Her begynder man med at bestemme den Plan, der skal danne Stenens synlige Flade i Bygningen, og som maa ligge helt inde i Stenen, saa at ingen af den raa Flades Fordybninger naar ind til den. Langs denne Plan hugges der da ind i Stenen fra alle 4 Sider, saa at der dannes en ca. 3^{cm} bred Ramme uden om Midpartiet, der først senere fjernes. Hvilket Værktøj, Stenhuggeren benytter, afhænger af Stenens Haardhed.

873. Til **Granit** bruges først Mejsler og til den afsluttende Behandling Hammere, med hvilke man knuser det Materiale, der skal fjernes. Efter den Karakter, man ønsker at give Fladen, bruges Pikkert (Fig. 210), Riffelhammer (Fig. 211), hvis Bane er riflet, og Krushammer¹⁾ (Fig. 212), hvis Bane bestaar af Pyramider. Overfor Slid holder pikhuggede Flader sig længst ru, og Pikhugning bruges derfor til Fortovskantsten. Hvadenten den ene eller anden Slags Hammere benyttes, skelnes der mellem 4 Hugningsgrader: Grovhugning, almindelig Hugning, Middelfinhugning og Finhugning, til hvilke der ikke alene svarer ulige glatte, men ogsaa ulige plane Flader; lægges der hen over Stenen en Lineal, maa Afstanden fra denne til Fladens dybeste Punkt ikke overskride en for hver enkelt Hugningsgrad fastsat Værdi²⁾.

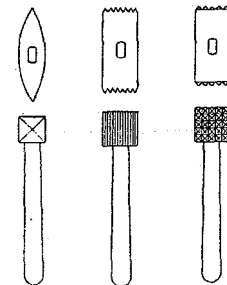


Fig. 210. Fig. 211. Fig. 212.

874. Stenhuggeren kommer nemmest fra sit Arbejde, naar Stenen kun skal have 1 à 2 synlige Flader, idet han da kan vælge de ved Kløvningen fremkomne mest plane Sider af Blokken; skal Stenen derimod behandles paa 3 à 4 Sider, faar han de mest puklede Kløvflader med og maa saa undertiden anvende en saakaldt Sæthammer (Fig. 213) for at sprænge det værste bort;

Sæthammeren holdes af een Mand, mens en anden slaar paa den med en Mulkert. Det hænder da ofte, at der sættes for dybt, hvorved den fremkomne Fordybning naar ned under den Plan, der skulde fremstilles, og Mestrene har derfor i deres Overenskomst med Svendene maattet tolerere noget større Fordybninger paa Sten med 3 à 4 behugne Sider end paa Sten med 1 à 2.

Den raa Kløvflade (eventuelt behandlet med Sæthammer) afbanes eller planeres først med Spidsmejsel (Fig. 214), der ogsaa bruges til at »afspidse« Bueflader, Gesims- eller lignende Façonstul til den omtrentlige Form, forinden Hamrene giver den afsluttende Behandling, samt til Hugning af Fals, Huller, Udklinkninger etc. Bredmejslen benyttes til at afrette den afbanede Flade langs Kanten, til Profilhugning, Afretning af Kanten langs Stødfuger o. s. v. Baade Spids- og Bredmejsel slaas med en Hammer, hvis Bane er af hærdet Staal.

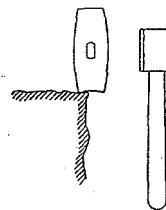


Fig. 213.

875. Naar Fladen er afbanet, behandles den med Hammer, hvorved de nedenfor nævnte Hugningsgrader fremkommer. Hvor der for den største tilladelige Fordybning er anført 2 Tal,

¹⁾ eller Stokhammer.

²⁾ De følgende, mere indgaaende Oplysninger om Granittens Behugning er velvilligst meddelt af Firmaet Hans & Jørgen Larsen.



Fig. 214.

gælder det første 1 à 2 sidig, det andet 3 à 4 sidig behandlede Sten: for de hornholmske Stenhuggerier gælder noget afvigende Tal, der er tilføjede i Parentes.

Hugningsgrad 00 er det samme som den raa Kløvflade og anvendes baade med og uden en hugget Bræmme.

Hugningsgrad 0 eller **Tugtning** eller **Afbaning** er ogsaa yderst billig, idet Stenen beholder sin raa Kløvflade, kun bliver de værste Fremspring fjernede med Spidsmejsel og derpaa Hughammer (Fig. 215), saa at Fordybningerne ikke overskrider 1" (Bornholm: 26 mm).



Fig. 215. Rækværker, til Gesims, Vinduesoverligger, Saalbænke, Dørrin, Lyskassen m. m.

Grad I eller Grovhugning med indtil $\frac{3}{8}$ " (B: 1 cm) Fordybninger fremstilles efter Ønske med Pikkert, Krushammer med 25 Pyramider paa $\frac{1}{4}$ " eller Riffelhammer med 3-4 Rifler paa 1" (B: 3 cm); Riflingen kan ogsaa foretages med Hughammer. Grovhugning bruges f. Ex. til Fortovskantsten og koster 7,60 Kr./m².

Grad II eller Almindelig Hugning med indtil $\frac{1}{8}$ " eller $\frac{1}{4}$ " (B: 5 eller 6 mm) Fordybninger fremstilles efter Ønske med Krushammer med 49 Pyramider paa $\frac{1}{4}$ " eller Riffelhammer med 5-6 Rifler paa 1". Grad II koster 10,15 Kr./m² og benyttes til Trappetrin, Bropillers Sokkelsten, Afdækningssten for Beklædningsmure af Tegl og Lejesten for Jærndragere. I Tilfælde, hvor man beholder den raa Kløvflade og blot hugger en 3-5 cm bred Bræmme udenom, er denne af Grad II.

Grad I og II er overhovedet de til Ingeniørarbejder mest benyttede, saaledes ogsaa til Fortøjningssten, Kajmure o. lgn.

Grad III eller Middelfinhugning med indtil $\frac{1}{16}$ " eller $\frac{1}{8}$ " (B: 2 eller 3 mm) Fordybninger fremstilles med Krushammer med 81 Pyramider paa $\frac{1}{4}$ " eller Riffelhammer med 7-8 Rifler paa 1". Den koster 13,70 Kr./m² og bruges til Dæksten paa murede 121 Pyramider paa $\frac{1}{4}$ " eller Riffelhammer med 10 Rifler paa 1". Den koster 18,25 Kr./m² og bruges til glatte Gidelflader som Skydeportes Tærskel og Stighordsfalske.

Skal Fladerne slibes, maa de under Hugningen behandles særlig omhyggeligt og gives en noget finere Behandling end Grad IV. Slibning og Polering af plane Granitflader koster 100 Kr./m², Forbehandlingen iberegnet.

Leje- og Stødfader jævnes med Spidsmejslen, dernæst bruges Brødmejsel til Kanten og endelig Hammer for at pudse de nærmest Kanten værende Dele af Stødfaderne. Der skelnes mellem:

Simpel Fuge uden skarp Kant, hvor Fordybninger indtil 2" er tilladte, naar Fordybningernes Areal blot ikke overstiger $\frac{1}{4}$ af Stenens Flade og ikke gaar ud til Kanten; Prisen er 4,60 Kr./m².

Almindelig Fuge, hvor Fordybninger indtil $\frac{1}{4}$ " er tilladte; eftersom den synlige Flade er af Grad I, II, III eller IV, betales Fugefladen med 4,60, 5,60, 6,60 eller 7,60 Kr./m².

Plane Fugeflader svarer til Grad I.

876. Slibning udføres enten med en haardere Sten eller med et Slibepulver, der føres af Træskiver beslaaede med Læder eller Filt. Der tilføres altid rigeligt Vand, hvorved Slibemidlet arbejder regelmæssigere. Som Slibemiddel bruges Sandsten, Pimpsten, Sand, Smergelpulver o.s.v., idet man begynder med det grovere og ender med det finere.

Til **Polering** anvendes finere Pulvere som Rødjærnsten og Tinask, og de føres med Metalskiver.

Slibe- og Poleremaskiner kan være indrettede saaledes, at den Flade, der skal slibes, ligger vandret, mens der hen over den bevæger sig en cirkulær Skive, som roterer om sin egen Axe, mens denne atter roterer om en dermed parallel, faststaaende Axe. Derved føres Slibekornene i slyngede Baner, der aldrig lukker sig, mens de ved simpel Rotation hver for sig vilde blive i samme Cirkel, saa at et enkelt grovere Korn let kunde frembringe en dybere Fure.

877. Til bløde Sten bruges ikke Hammer. Den første Behandling (for Leje- og Stødfader den eneste) sker med Zwispitzen (Fig. 216). Ønskes Stenens synlige Flade jævnere, behandles den med Grel (Fig. 217), hvorved Overfladen bliver kornet. Ved den derpaa følgende Bearbejdelse med Skaarerjærnet (Fig. 218) bliver Overfladen forsynet med fine, regelmæssigt forløbende Riller. En hel glat Flade endelig bliver fremstillet ved Slibning af den med Skaarerjærnet behandlede, og Slibningen foregaar ligesom ved Granit, hvilket ogsaa gælder Polering, forsaavidt Stenen er haard nok til at modtage Politur. Marmor poleres med Svovlblomme.

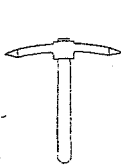


Fig. 216.

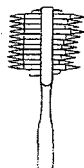


Fig. 217.



Fig. 218.

¹⁾ incl. Værktøj og Mestersalær.

878. I Stedet for ved Hugning tildannes Stenene ofte ved **Savning**, **Høvling** og **Drejning** ligesom Træ.

Bløde Stenarter, som Serpentin og porøse Kalksten, kan saves med en almindelig Sav med smaa Tænder.

Haardere Sten, som Granit, Marmor og Sandsten, kan saves med en Jærnsav uden Tænder eller en Jærntraad, under Tilførsel af Vand og Sand, Smergel eller Staalsplinter¹⁾. Virkningen beror paa, at de haarde Korn trykker sig fast i den bløde Sav; denne maa derfor være af blødt Jærn eller af Kobber, jo haardere den er, des mere slides den. Savning bruges f. Ex. ved Fremstilling af Marmorplader til Vægbeklædning, Trappetrin, Servanter og andre Møbler.

Til de haardeste Sten, som Basalt og Øvedskloster Sandsten, maa der bruges en Sav med Diamanter i Eggen.

De nævnte Save kan enten være almindelige frem- og tilbagegaaende Save eller Baandsave eller Rundsave²⁾.

Høvlmaskiner og Drejebænke er indrettede som de tilsvarende til Metal. Ved Høvling tildannes f. Ex. Fliser og Trappetrin af Ølandsten.

Ved Drejning har man altid to arbejdende Staal, stillede diametralt modsat, saa at deres Tryk ophæver hinanden, ellers kunde Søjlen eller Balustren knække. Undertiden afdrejer man paa den Maade, at Staalet skærer sig ind fra Søjleens Ende, saa der her føres en Cirkel, der fordybes til en 10 cm lang Cylinderflade. Den udenfor liggende Kappe slås af med en Hammer, hvorpaa Staalet atter kan gaa 10 cm frem.

E. Anvendelsesformer og Leveringsbetingelser.

1. Skærver, Kampesten, raa Brudsten.

879. Skærver er omtalt i § 863-6.

Klavede Kampesten (Granit) bruges til Fundamenter, Støttmure o. lgn. De udklives i passende Størrelser, og Façadestene tildannes i mer eller mindre regelmæssige Femkanter, saa de kommer til at slutte saa tæt som mulig til Nabostenene. Saadant **Cycklopmurværk** bruges ogsaa undertiden til Lader, men egner sig ikke til Stalde paa Grund af Uporositeten og Varmeledningsevnen. Man forlanger gerne, at samtlige Sten skal være klavede, og at de skal sættes i godt Forbandt, og at alle Fuger skal udfyldes fuldstændig med Mortel; af Hensyn til Opsætningen maa ingen Sten veje over 75 kg.

Lignende Stenformer benyttes til Beklædning af Jordskraaninger; hertil fordrer undertiden Sten med mindst 0,15 m² Lejeflade.

880. Raa Brudsten af nogenlunde parallelpipedisk Form, men variabel Størrelse, kan ofte faas billigt i Nærheden af Stenbrud og lader sig sammenmure til ret regelmæssigt Murværk med lodrette Støftuger og vandrette Lejefuger. Da Stenene har forskellig Højde, bliver Lejefugerne ikke gennemgaaende, og deres Antal varierer paa de forskellige Steder af Murværket, idet flere lave Sten kan støde op til en høj; den derved fremkomne Uhomogenitet svekker Murens Styrke og bør forringes saa meget som mulig ved omhyggelig Sortering og Fordeling af Stenene efter Størrelsen. I sine Fordringer til denne er man naturligvis bunden af de lokale Forhold; i Reglen foreskrives en vis Minimums- og Maximumstørrelse (den sidste ikke større, end at Stenen kan haandteres af en eller to Mand), og at f. Ex. 75% af Stenene skal have en bestemt Størrelse, ligesom Antallet af Bindere opgives. Murværk af denne Art kan ses paa Bornholm (Granit og Nexosandsten) og i Omegnen af Faxø (Faxekalksten). Bedst egnet er naturligvis de lagdelte

¹⁾ Staalsplinter gaar i Handelen under Navn af **Diamantpulver**, en patenteret Opfindelse, der arbejder 3-6 Gange saa stærkt som Sand og ved et mindre Tryk, saa at en stor Arbejdsmængde spares.

²⁾ Rundsave haves ogsaa af **Karborund**, hvilket er Siliciumkarbid fremstillet ved Ophejning af lige Dele Kvartsand og Kulpulver samt lidt Kogsalt til 3500° i en elektrisk Ovn. Karborund er haardere end Korund og staar altsaa kun tilbage for Diamant. Pulveret blandes med Ler og formes til Skiver, der brændes i Hvidglødhede. Karborundsaven har omtrent samme Ydeevne som Diamantsaven, men arbejder billigere og kan bruges saavel til de haardeste som til de blødeste Sten.

Sten, og saadanne bruges undertiden til Facadebeklædning paa københavnske Bygninger; Nexø-sandstenen er f. Ex. anvendt til Eliaskirken paa Vesterbro. Ølandstenen til Langelinieskurene og Kunstmuseets nordre Terrasse.

2. Kvadersten og Beklædningssten.

881. Ved **Kvadersten** forstaar man større Sten, der er regelmæssigt tilfannede. De bruges f. Ex. til Sokler og Gesimsers og til Afdækning af fritstaaende Teglstensmure for at hindre Regnen i at trænge ind i Murværket. Som Materiale anvendes Sandsten og Kalksten en Del i Husbygningen, men langt større Betydning har Granitten, for hvilken de følgende Bemærkninger fortrinvis gælder.

Jo stærkere og haardere Stenarten er, des større gøres Kvaderne, da Bearbejdelsen derved bliver billigere. Højden ligger gerne mellem 15 og 50 cm, hvor ikke særlige Forhold gør sig gældende; Granitkvadere er ofte ca. 50 cm høje, mens Højden af lagdelte Sten maa rette sig efter Bænkens Højde. Stenenes Tykkelse er hyppigst 1 til 2 Gange Højden, mens Længden maa afpasses efter Stenenes Bøjningsstyrke af Hensyn til Faren for Brud under deres Bearbejdelse og Transport. Er Højden (eller det mindste Tværmaal, for det Tilfælde at Stenen indmures paa Højkant) h , holdes Længden som Regel under 5-6 h for Granit, under 4 h for Marmor og under 2-3 h for almindelige Kalk- og Sandsten.

882. Ved Kvadernes **Formring** maa det paases, at Stødfugerne i to paa hinanden følgende Skifter ikke kommer for nær ved hinanden; Afstanden bør gennemsnitlig være lig Skiftehøjden og intet Sted mindre end Halvdelen af denne.

Svært belastede Piller opmures undertiden af gennemgaaende Granitkvadere, saa der ingen lodrette Fuger bliver, og runde Søjler fremstilles ofte i eet Stykke af Granit eller Marmor, men ellers bruges Kvadersten hovedsagelig som Beklædning for en Teglstensmur eller en Betonstøbning.

Saadanne **Beklædningssten** er kun behuggede paa Forsiden og 3-15 cm ind paa Leje- og Stødfugerne; den øvrige Del af disse Flader maa ikke staa frem foran den behuggede Del og ligger derfor gerne en Del tilbage; Bagfladen, der er ganske raa, bør dog ikke være mindre end $\frac{1}{2}$ af Forfladen. Lovrigt afhænger Stenenes Form og Størrelse af Anvendelsen og navnlig af, om de bruges sammen med Beton eller Teglsten.

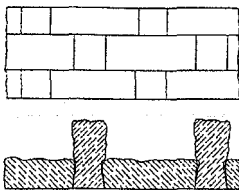


Fig. 219.

883. Kajmure og lignende Bygverker, der er udsat for Vand, opføres ofte af en **Granitskal**, bag hvilken der udstøbes **Beton**. Det er her meget vigtigt at faa stærkt Murværk og god Forbindelse mellem dette og Bagstøbningen. I Reglen er saaledes Halvdelen eller Fjerdedelen af Stenene Bindere, og Stød- og Lejefuger forlanges behuggede i mindst 10-15 cm Dybde. Undertiden tilhugges Stenene som vist paa Fig. 219, hvorved en særlig stærk Forbindelse opnaas. Skiftehøjden er gerne 30-60 cm, ofte tillader man, at den varierer noget; Løbernes Længde er 3-6 Gange Højden, og deres Dybde $\frac{1}{2}$ -1 $\frac{1}{4}$ Gange Højden, Bindernes Bredder er hyppigst lig Skiftehøjden, og Dybden 2-3 Gange saa stor.

884. En **Granitbeklædning** af Teglstensmure anvendes navnlig for Sokkelens, Gesimsens og lignende udsatte Deles Vedkommende.

Sokkelsten til Støttemure kan f. Ex. forlanges 60-125 cm lange, 50 cm høje og 25 cm tykke, idet der dog for hver 2 m indlægges en 60 cm bred og 50 cm dyb Binder. I Husbygningen lægges der mindre Vægt paa Binderne, eksempelvis kan ses foreskrevet, at Sokkelstenene mindst skal være 125 cm lange, idet der dog undtagelsesvis tillades kortere Stykker, forudsat at disses Tykkelse forøges med ca. 15 cm.

Hvis en **større Del af Muren** skal beklædes, faar man det bedste Murværk ved at inddelle i Løber- og Binderskifter og afpasse Stenenes Dybde saaledes, at Bagmuren kan opføres af Teglsten i Normalformat (Fig. 220), men Stenene bliver meget dyre, naar de saaledes alle skal have samme Størrelse, og i Husbygningen, hvor en saadan Facadebeklædning hovedsagelig bruges og nærmest for Udseendets Skyld, lader man gerne Stentykkelsen variere mellem 15 og 23 cm $\frac{1}{2}$, som det passer Stenhuggeren, og Forbindelsen med Bagmuren bliver da altid mer eller mindre mangelfuld. En Mur, der helt er beklædt paa denne Maade, er formentlig en hel Del svagere end en massiv Teglstensmur af samme Tykkelse paa Grund af Materialernes forskellige Sammentrykkelighed og ringe Tværforbindelse. Bedre vilde det være at holde Teglstensmuren lidt tilbage og udstøbe Mellemrummet med Beton.

Hvad enten Facaden beklædes helt, eller de naturlige Sten kun bruges til Indramning af Muraabninger, maa Bagmuren opføres i en **hurtigtørknende Mørtel**, ellers vil dens mange Fuger

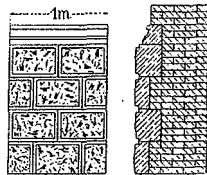


Fig. 220.

¹⁾ Skal Granitstenenes Dybde holdes under 13 cm, forøges Prisen.

medføre en stærk Sammensynkning, som Formuren, der kun har faa Fuger, ikke deltager i. Fig. 221 viser en Vinduesaabning, indrammet af Natursten, og hvis Overligger er aflastet af en Jernbetonbjælke B ; efterhaanden som Teglstenspillerne T sætter sig, mens Naturstenen N beholder sin Højde, vil Overliggeren O komme til at bære hele Muren og knække, og da Vægten gennem N føres ned til Saalbænken S , kan ogsaa denne knække (opad), hvis ikke N knuses forinden. Hvis N mangler, vil disse Kalamiteter ikke indtræde, og de kan muligvis ogsaa undgaaes ved at holde en passende Luftfuge mellem N og O , men sikrest er det at bruge en cementblandet Mørtel.

Undertiden forankres nogle af Stenene til Bagmuren med **Klammer** af den i Fig. 223 viste Form; ved Kalkstensbeklædninger kan f. Ex. ses forlangt, at alle Sten, hvis Højde overstiger $1\frac{1}{2}$ Gange Tykkelsen, skal forankres. Klammerne anbringes i huggede eller borede Huller og faststøbes med Bly, der efterstemmes, eller Cement. Naar man vil forhindre, at to Sten (f. Ex. N og O paa Fig. 221) forskyder sig i Forhold til hinanden, anbringes inde i Fugen **Dupper**, der indgriber i huggede Huller i begge Flader. Baaede Klammer og Dupper maa helst være af Bronze eller Messing, men hyppigst bruges forsinket Jærn; ubeskyttet Jærn maa aldrig bruges, da det rustet og sprenger Stenene.

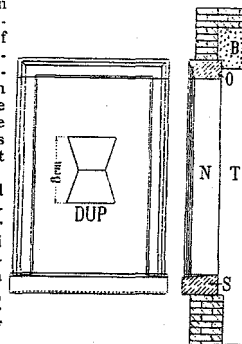


Fig. 221.

885. Ved **Udbydelse** af Arbejder i Natursten maa der som Regel foreligge Tegninger af samtlige Sten og Opgivelse af Stenens Art og Bearbejdesgrad samt eventuelt fra hvilket Brud, det ønskes. Endvidere forlanges, at den skal være fri for Revner, Lappinger, skæmmende Aarer og andre Fejl.

Som Eksempel paa Leveringsbetingelser for Sokkelsten af Granit anføres: Arbejdet skal udføres af god, tæt, stærk Granit uden Lappinger, Skører og Spaltninger, nøjagtig efter Tegningerne, de indskrevne Maal og nærmere Arbejdstegninger. Arbejdet skal i alle Maader være vel udført med ligelig, ensartet Behugning i de angivne Hugningsgrader. Alle Kanter skal være snorlige. Fuge- og Lejeflader tilfandnes omhyggeligt; de skal være afbanede i mindst 8 cm Bredder, og de afbanede Flader skal staa vinkelret paa Forfladen. Stød- og Lejefuger maa ikke være over 5 mm brede.

Formring af Kvadersten kan ske ved med Kran at sænke Stenen ned paa den udlagte Mørtel; ved denne Fremgangsmaade faas stærkt Murværk, men det er vanskeligt at holde Lejefugerne snorlige, hvorfor man næsten altid foretrakker at opstille Stenen paa Trækler og rette den ind, hvorefter Fugerne tilklines med Ler paa Forsiden, og Stenen bagfra underløbes med tyndflydende Cementmørtel $\frac{1}{2}$.

886. Plader af Granit og Kalksten kan bruges til Facadebeklædning som vist paa Fig. 222 a;

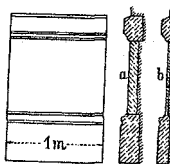


Fig. 222.

er Pladen af en porøs og lagdelt Stenart, maa den øvre Kant afdækkes meget omhyggeligt, ellers risikerer man, at den sprenges af Frost. Ved Beklædning af gamle Huse med Granit, reduceres Stentykkelsen til det mindst mulige (Fig. 222 b), hvorved imidlertid Prisen stiger overordentlig stærkt.

Tynde Plader, som den i Fig. 222 b viste, fremstilles ved Savning og bliver i Reglen slebne eller polerede paa Forsiden. Tykkelsen er 2-5 cm, hyppigst 3 cm, da 2 cm Plader har samme Pris, og de tykkere er noget dyrere. De forankres til Murværket som Fig. 223 viser og om fornødent desuden med Stenskruer, der føres ud gennem borede Huller i Pladen og skjules med en Broncerosset. Saadanne Plader kan faas i Størrelser indtil 1.20 m eller $\frac{1}{2}$, 3 m.

Marmorplader til Vægbeklædning er gerne 2 cm tykke og bruges kun indendørs; de opsættes i Gibsmørtel og forankres, hvis Størrelsen nødvendiggør det.

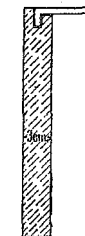


Fig. 223.

3. Trappetrin, Brosten og Kantsten.

887. Trappetrin udføres af Granit, Gneis, Ølandsten eller Marmor. De bør ikke indmures, før Murene har sat sig, da Sætningerne kan knække dem. Bæres Trinene paa hele deres Længde af Murværk eller Beton, bør de overhovedet ikke føres ind i Sidemurene, men støde stumt til disse; Fugen dækkes da af Pudslaget paa Muren. Tykkelsen af den vandrette Fuge mellem Trinene bør højst være 4 mm. Granit bruges hyppigst i Form af Bloktrin (Fig. 224), der til indvendige Trapper ofte har en



Fig. 224.

¹⁾ O. A. Busch: Entreprenadboken, Stockholm 1905, Side 118.

²⁾ Til gibsholdige Sten bør ikke bruges Cement, da dennes Natriumsalte opløser sig i Mørtelvandet, med hvilket det trænger ind i Stenen, hvor det med Svovlsyren danner Natriumsulfat (Na_2SO_4). Efterhaanden som Stenen tørrer, udkrystalliserer dette Salt og støder Skaller af Stenens Overflade.

profileret Forkant; ligger Trinene frit, er alle Fladerne bearbejdede (Grad II, § 875) (Fig. 225), modsat Fald kun de synlige Flader og Trinenes Berøringsflade, der mindst bør være 3 cm bred. Se endvidere § 871.

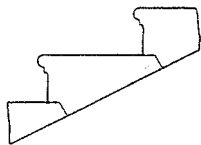


Fig. 225.

Granittrapper kan ogsaa fremstilles af udsavede 3 cm tykke Plader, der slibes eller poleres paa Forsiden (Fig. 226); Slidtrin og Stødtrin forbindes med Metalsifter. Krumme Trin maa dog altid udføres som Bloktrin.

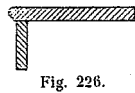


Fig. 226.

Marmor (§ 834.5) er som Regel for dyrt til Bloktrin, men bruges i Form af 2.5 cm tykke Plader paa samme Maade som Granit. Under den Del af Slidtrinet, der springer frem foran Stodtrinet, fastgøres undertiden en smal Stenstrimmel, hvorved Slidtrinet Tykkelse tilsyneladende fordobles.

Ølsten bruges i Form af Bloktrin til Kældertrapper, iøvrigt mest i Form af ca. 8 cm tykke Plader (§ 828), hvilende paa aftrappet Murværk, hvis pudsede Forside danner Stodtrinet: dette kan dog ogsaa være en løs Stenplade. De synlige Flader er høvlede (se dog § 829). Naar Trappens Bredde ikke overstiger 2.4 m, tages Trinene i een Længde.

888. Til Brosten bruges i Danmark næsten udelukkende Granit (indbefattet Gneis) (§ 808-9 og 819) ¹⁾. Tildannelsen sker i Stenbruddet. De selges i Kvadratforme og maales ved Hjælp af en Ramme af denne Størrelse, indenfor hvilken de stilles Side om Side med nedadvendt Hoved. Stenen bør naturligvis være saa stærk, seig, vejrfast og slidfast som mulig, men der stilles ikke bestemte Krav i disse Henseender, da de Sten, der tilbydes, har vist sig jævnbyrdige. Leveringsbetingelserne beskæftiger sig hovedsagelig med Stenenes Form, der kan være mer eller mindre fuldkommen, og som betinger, om Stenene regnes til 1' Sort og kan bruges i Gader, eller til 2' og tarveligere Sorter, der finder Anvendelse til Rendestene og Gaardspadser.

Eksempelvis anføres af Københavns Kommunes Leveringsbetingelser:

Brosten skal være af god, finkornet og stærk Granit, vel afpudsede paa Hovedet og de tilstødende Kanter af Sidefladerne. Hovedets Overflade, som maa være en retvinklet Firkant, skal danne en jævn Plan, og det bemærkes udtrykkeligt, at Sten med toppede Hoveder slet ikke modtages. Stenens nederste Flade eller Roden skal være ligeløbende med Hovedet. Kørebanestenenes Dimensioner skal være:

	1' Sort.	2' Sort.
Hovedets Længde	7-9"	6-11"
» Bredde	4-5"	3 1/2-5 1/2"
Højde	7-8"	6-9"

Rodens Længde og Bredde maa ved 1' Sort være indtil 1" mindre end Hovedets, ved 2' Sort indtil 1 1/2". Fortovstenenes Hoved skal helst være et Kvadrat med en Størrelse af 12-20 □", Roden kan være noget mindre, Højden skal være 4-5".

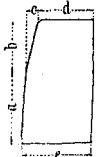


Fig. 227.

889. 1' Sort Granitkanten skal have det i Fig. 227 viste Profil med tilbagehældende Forflade og $a = 7''$, $b = 5''$, $c = 1''$, $d = 5 1/2''$, $e =$ mindst $7''$; Længden skal mindst være 30". Langs den stærkt optrukne Linie, der strækker sig 1" ned ad de lodrette Sider, skal Overfladen være pikhugget uden Huller og Vindskævhed (§ 875). Endepladerne skal være vinkelrette paa Stenens Længderetning og tilhugne efter Vinkel og Stok i mindst 3" Dybde.

2' Sort Granitkanten skal være udklovede af god, sund Granit med vel afpudsede, retvinklede Hoveder, hvis Længde og Bredde mindst skal være henholdsvis 14" og 3-4". Hver Stens Højde skal gennemsnitlig være 12", og den maa paa intet Sted være lavere end 8".

¹⁾ I andre Lande bruges tillige Kvartsporfyrr, Diorit, Diabas, Basalt og Dolerit.

V. Lervarer ¹⁾.

A. Lerets Egenskaber.

890. Lervarer fremstilles af de i Naturen forekommende lerholdige Jordarter.

Ler er et Forvittringsprodukt af feidspatholdige Sten (§ 796) og har derfor ligesom disse en meget forskellig Sammensætning, idet det ved Siden af det egentlige Ler, Aluminiumsilikatet ²⁾, i større eller mindre Mængde indeholder uforvitrede Dele, Sand, Kalciumkarbonat, Jærnilter, Alkalier, Svovlkis og organiske Rester.

Leret er i Stand til at opsuage store Mængder Vand og holde det fast i Porerne (herpaa beror dets Betydning for Landbruget), og ved denne Vandoptagelse bliver det **plastisk** og kan formes. Ved Tørring bevarer det Formen, men det kan altid gøres plastisk igen ved fornyet Vandtilsætning. Hvis man derimod opvarmer Leret stærkt ³⁾, bliver det kemisk omdannet, idet det afgiver sit Krystalvand. Denne Opvarmning kaldes Lerets Brænding. Brændt Ler er haardt og klangfuldt og kan ikke gøres plastisk igen, selv om det maales til Pulver og blandes med Vand.

Disse to Egenskaber, at det først i ubrændt Tilstand kan formes og derpaa ved Brændingen bliver haardt og stærkt, betinger Lerets Anvendelighed til Byggemateriale.

891. Urenhedernes Natur og Mængde paavirker i høj Grad Lerets Egenskaber.

Ganske rent Ler (ren Kaolin) kan ikke smeltes i almindelige Ovne, men brændes blot haardt. Jo flere fremmede Iblandinger, der er i Leret, des lettere smelter det sammen til et glasagtigt Legeme, og særlig forøger Alkalier, Kalk og Jærnoxid Lerets Smeltelighed og forringer altsaa Ildfastheden. Naar Leret indeholder saa ringe Mængder af disse Stoffer, at det først smelter ved en Temperatur over ca. 1650°, kaldes det **ildfast**.

At Ler ved Tilsætning af Metalilte, Alkalier m. m. bliver glasagtigt i tilstrækkelig høj Temperatur benytter man sig af ved Fremstilling af Glasurer.

Jo renere Leret er, des mere plastisk, fedt er det, mens navnlig Sandet forringer Plasticiteten og gør Leret magert. Fedt Ler er let at forme, men svin-

¹⁾ Forskellige Oplysninger vedrørende Lervarer er velvilligst meddelt af Ingeniør A. Foss.

²⁾ $Al_2Si_2O_5 + 2aq$: 47,2% Kiselsyre + 39,1% Aluminiumilte + 13,7% Krystalvand.

³⁾ mindst til ca. 400°.

der meget ved Tørringen og lader sig vanskeligt gennembrænde; magert Ler forholder sig omvendt. For at give gode Sten, maa Leret derfor hverken være for fedt eller for magert.

Fedt Ler, der er mættet med Vand, holder saa stærkt paa dette, at en Gennemstrømning ikke kan finde Sted, og bruges til at gøre Fangedæmninger tætte; magert Ler kan ikke bruges paa denne Maade, da det lader Vandet sive igennem.

Leret indeholder ofte store Mængder **Kalciumkarbonat**; der kan uden Skade være indtil 30%, forudsat at det er fint fordelt. Findes det derimod som mer eller mindre store Korn, vil disse efter Brændingen suge Fugtighed fra Luften og læske sig, og ved deres Udbulning sprænge Stenen. Saadanne Kalkkorn maa enten fjernes (f. Ex. ved Slæmning) eller gøres uskadelige ved Vaadlæskning. I sidste Tilfælde kan man stable Stenene paa Tipvogne umiddelbart efter Brændingen og trække dem gennem et Vandbassin; Kalken vil da læske sig uden at gøre Skade, da den store Vandmængde faar den til at flyde ud. Undertiden indskrænker man sig til en ganske kortvarig Vandbehandling (1—2 Minutter), der ikke naaer ind i Stenens Indre, men de derværende Korn er ogsaa mindst farlige, da de, naar Stenen er stærk, ikke har Magt til at sprænge den.

Er Leret rigt paa findelt Kalk, vil det have Tendens til at brænde sig gult, mens et stort Indhold af Jærnoxid giver en rød Farve.

Alkalierne forringer Stenenes Vejrfasthed, idet de, hvis der er Svovlkis i Leret, eller hvis Stenene brændes med svovlholdige Kul (§ 905), danner Natrium- eller Kaliumsulfat, der bægge er opløselige i Vand og udblomstrer som **Mursalpeter**¹⁾. Naar Stenene bliver vaade, tørrer de nemlig ved at Vandet fordampes fra Overfladen, og Vandet fra den indre Sten trækker da ud i Overfladen og afsætter der, hvad det har haft opløst, som Krystaller. Laget voxer stadig i Tykkelse, og tilsidst kan Stenen være bedækket med et tommetykt Lag af disse Udblomstringer, der ligner Sne, men er traadede og mere luftige; undertiden har Udslaget en anden Karakter og fremtræder som et tyndt, kalkliggende Lag. Er Stenen ubedækket, skæmmes den af disse hvide Pletter, og er den pudset, kan Pudsen springe af, ligesom Tapeter og Maling ødelægges af disse Udblomstringer.

Selv om Udblomstringerne regner af, vil de atter komme igen, indtil Stenene er tømt for Alkalier, eller indtil Murværket er tørt. Undersøger man nyopførte Teglstensfacader, vil man bemærke, at Udblomstringerne holder sig længst paa Steder, hvor der tilføres Murværket meget Vand, f. Ex. under Saalbænke, hvor al den Regn, der træffer Vinduet, løber ud over Saalbænken og af Vinden føres ind paa Muren; ligeledes paa fritstaaende Gavlkamme og Murkroner, der er afdækkede med Granit, Beton eller lign., og hvor Forholdene er tilsvarende.

Udblomstringerne kan imidlertid foruden fra Stenene ogsaa komme fra Mørtlen, idet det kalkholdige Mørtelvand udskiller Kalciumkarbonat (foruden de i Mørtlen værende Alkalier) paa Stenenes Yderside, og naar Udblomstringerne fortsætter sig i Aarrækker uden at ville høre op, som det undertiden er Tilfældet paa de nysnævnte Steder, kan man være sikker paa, at de kommer fra Mørtlen, og at denne ikke er en ren Kalkmørtel, men indeholder Cement, hvis

¹⁾ Dette gælder navnlig Natriumsulfatet, af hvilket 1 kg opløses i 3 kg koldt Vand; Opløseligheden er størst ved 33° (1 kg i 0,3 kg Vand); Natriumsulfat er det samme som Glaubersalt, der udgør Hovedbestanddelen af Karlsbadersalt. 1 kg Kaliumsulfat opløses af 12 kg Vand ved 0°.

Eyne til at udskille Kalk synes udtømmelig. Slige Steder bør man derfor aldrig bruge Blandingsmørtel¹⁾.

Er der større **Stenkorn** i Leret, vil de ikke deltage i Svindet under Tørringen og Brændingen, hvorved der opstaar Rids i Stenen. I Leveringsbetingelser forlanges derfor at Stenene skal være fri for Flint.

Organiske Dele som Rødder og Blade brænder naturligvis bort i den høje Temperatur, men efterlader Hulrum, der ikke ser godt ud.

Om en Lersort er anvendelig til Lervarefabrikation, kan kun afgøres ved en praktisk Prøve. Slæmningsanalyser og kemiske Analyser giver naturligvis værdifulde Oplysninger, men de kan f. Ex. ikke afgøre Lerets Ildfasthed; denne er nemlig ikke blot afhængig af Renheden, idet mange Bestanddele, som Sand, ingen Skade gør, naar de blot forekommer som saa grove Partikler, at de er kemisk uvirksomme. Lerets Brugbarhed afgøres sikrest ved at prøve, hvorledes det lader sig forme, hvor stærkt det svinder ved Tørringen og Brændingen, og hvilken Farve det antager, samt Styrken af det brændte Produkt. Bliver Stenene tætte, revnede og skæve, er Leret for fedt, bliver de klangløse og bløde, saa de kan gnides til Smuld, er det for magert.

892. Under **Brændingen** vil for det første Vandet og den eventuelt tilstedeværende Kulsyre udrides og alle de organiske Stoffer brænde bort, hvorved Massen bliver porøs. Senere, naar Temperaturen har naaet sin rette Størrelse²⁾, vil en Del af Lerets Bestanddele (Kalk- og Jærnforsindelserne) være saa nær ved deres Smeltepunkt, at de bliver bløde og sammenkitter Kaolinen og Sandet, idet nogle af Hulrummene udfyldes.

Stiger Temperaturen endnu højere, bliver alt Leret blødt og flydende, mens Sandet endnu staar sig og bevarer Genstandens Form, men alle Mellemrummene mellem Sandskornene bliver udfyldte med smeltet Ler, og samtidig lejrer disse sig tættere, saa at Rumfanget formindskes. Lervarer af denne Beskaffenhed er uigennemtrængelige for Vand og kaldes **Klinker**.

Jo højere Temperatur Brændingen sker ved, des mere forsvinder altsaa Lerets Perasitet, men des stærkere og vejrfastere bliver samtidig Produktet.

Den Temperatur, ved hvilken Klinkbrændingen sker, kaldes **Sintringspunktet** og maa ikke forveksles med Smeltepunktet; Klinker kan kun brændes af særlig rent Ler med stor Afstand mellem de to Punkter. Hos det danske Mergeller ligger de saa nær hinanden, at der skal stor Øvelse til at træffe Sintringstemperaturen, uden at hele Massen smelter og skrider sammen. Det danske Rødler egner sig slet ikke til at klinkbrændes, da det blærer, naar Temperaturen bliver for høj.

893. Den **Farve**, Leret antager, afhænger dels af Lerets kemiske Sammensætning, dels af Brændingstemperaturen.

Jo renere Leret er, des hvidere bliver Farven. De almindelige jærn- og kalkholdige Lersorter brænder sig enten røde eller gule, eftersom Jærnet eller

¹⁾ Magnesia virker ganske paa samme Maade som Alkalierne, idet der dannes sig Magniumsulfat (engelsk Salt), hvoraf 1 kg er opløselig i 1 kg koldt Vand.

²⁾ Gibs gør ingen Skade, hvis Leret brændes ved saa høj en Temperatur, at Svovlsyren udviger; men hvis Gibsen kun mister Krystalvandet, vil den senere atter optage det og derved sprænge Stenen. Gibs er for tungopløselig til at give nævneværdige Udblomstringer, men man har i Tyskland gentagne Gange haft Exempler paa, at Cementmørtel er bulnet ud ved at være i Berøring med gibsholdige Sten; i en muret Afvandingskanal Mørtel fandtes sine Steder indtil 20% Gibs, der skrev sig fra Stenene, hvis Indhold var 0,9%.

³⁾ Svovlkis (FeS) er som tidligere nævnt en uheldig Indblanding, ogsaa fordi der efter Brændingen kan dannes sig Jærnsulfat, hvorved Stenen ødelægges.

⁴⁾ 900—1100° C.

Kalken har Overtaget¹⁾. De kalkrige Lersorter, der brænder sig gule, kræver dog særlige Forholdsregler ved Brændingen, hvis ogsaa Overfladen skal blive ren gul; thi hvis Røgen faar Lejlighed til at afsætte Svovlsyre paa Væerne f. Ex. Murstenene, bliver disse flammede o: røde paa de for Røgen tilgængelige Flader og gule, hvor de har været dækkede af andre Sten; Forskellen mellem gule og flammede Sten ligger derfor kun i Brændingen, mens Leret er det samme. Hvad enten Leret brænder sig rødt eller gult, vil Tonen afhænge af Brændingen og blive des mørkere, jo højere Temperaturen har været.

894. Efter Lerafflejringens Renhed skelner man mellem de ildfaste Lersorter og de smeltelige Lersorter.

Til de **ildfaste Lersorter** hører Kaolin, Pibeler og almindeligt ildfast Ler.

Kaolin (Porcelænsjord) er ganske rent Ler. Det er et støvfint, blændende hvidt Pulver, der forbliver hvidt ved Brændingen og ikke smelter i almindelige Ovne. Det bruges til Porcelæn²⁾.

Den raa Kaolin er dannet paa selve de Steder, hvor den findes, ved Forvitring af feldspathoid Sten (§ 796) og indeholder derfor skarpkantede Kvartskorn og halvforvitret Feldspat, der gør Farven grønlig, gullig, rødlig eller graa. Den renses ved Slæmning. Ved Rønne er en Del af Granitten omdannet til Kaolin, der haade i raa og slæmmet Tilstand bruges til ildfaste Lervarer (Kaolinsten³⁾).

Pibeler er næsten rent Ler, der i Særdeleshed er omtrent frit for Jærnoxid. Det bliver hvidt ved Brændingen og bruges til Kridtpiber og Fajance.

Almindeligt ildfast Ler er lidt mere forurenat, mørkere farvet og bliver ved Brændingen hvidgult; i brændt Tilstand benævnes det **Chamotte**. Det bruges til ildfaste Sten (Chamottesten) og ildfast Mørtel; særlig berømt er det belgiske, engelske og skotske Ler.

Paa Bornholms Vestkyst og ved Høganæs findes ildfast Ler i de kulførende Juradannelser og det graves i stor Udstrækning i Omegnen af Hasle og Rønne. Det er ganske kalkfrit og bruges til ildfaste Sten⁴⁾ og fine Skalmuringssten (§ 937). Grunden til dette Lers fortrinlige Beskaffenhed er blandt andet, at det er aflejret i fersk Vand, og at der har været en rig Plantevæxt paa det, der har opsuget en Del af Alkalierne.

895. Til de **smeltelige Lersorter** hører Klinkerleret og det almindelige Teglværksler.

Klinkerleret er næsten frit for Kalciumkarbonat, men indeholder noget større Mængder Jærnilter og en Del fint fordelt Kvartssand. Det taaler dog en temmelig stærk Hede, før det smelter, og kan betegnes som halvildfast. Det faar ved Brændingen en gullig, rødlig eller brunlig Farve, og i tilstrækkelig høj Temperatur bliver det helt læt. Saadant Ler findes sammen med det ild-

¹⁾ Er Leret kalkfrit, men indeholdende mindst 1 Del Jærnilte paa 3 Dele Aluminiumilte, bliver Farven rød, dog kan den, hvis Temperaturen bliver for høj, gaa over i det grønne eller sortagtige, idet Jærntveitte omdannes til Jærnforilte. Er der ogsaa Kalk tilstede, vil Farven kun blive rød, saalænge Kalkmængden er under 1,5 Gange Jærniltemængden; er Kalkmængden 1,5—3 Gange Jærniltemængden, bliver Farven rødgul, og er Kalkmængden endnu større, bliver Farven gul, idet der dannes et farveløst Kalk-Jærn-Silikat.

²⁾ Vægtfylden er 2,2.

³⁾ Saadanne Sten fremstilles dels paa Stedet, dels af Frederiksholms Teglværker. Ved at blande Kaolinen med andet Ler faas mindre skore, men ogsaa mindre ildfaste Sten. Den slæmmede Rønnekaolin bruges desuden i Papirfabrikker samt i ringe Mængde til Porcelæn og Fajance.

⁴⁾ af Hasle Klinker- og Chamottestensfabrik.

faste paa Bornholm og ved Høganæs og bruges til Klinker, Fliser, Skalmuringssten og saltglaserede Lerrør.

Teglværksleret er meget urent, idet det indeholder 20—60 % fint Sand foruden Kalciumkarbonat, Jærnilter, Alkalier, Magnesia, Svovlkis, Gibs, Sten og organiske Dele. Ved Brændingen bliver Farven rød eller gul efter Forureningernes Art. Det bruges til Mursten, Tagsten, Drænrør og simple Fliser. Lerets Beskaffenhed kan iøvrigt være meget forskellig, noget kan bruges til fine Facadesten, andet kun til simple Bagmuringssten. Smeltepunktet ligger lavt, og det brændte Produkt er mer eller mindre porøst.

I Danmark, bortset fra Bornholm, findes kun disse letsmeltelege Lersorter. Mest brugt er **Istidsleret**, der dels forekommer i udtømmelige Mængder som stenholdigt **Moræneler**, og da gerne maa slæmmes, dels som naturligt slæmmede **Aflejringer**. De sidste giver naturligvis den billigste Fabrikation, men i Nærheden af større Byer oparbejdes dog ogsaa det stenede Ler i Mangel af bedre, skønt de ringere Transportudgifter og Indtægten ved Salg af det fraslæmmede Grus- og Stenmateriale har ondt ved at dække Udgifterne til Slæmningen¹⁾.

Istidsleret er gerne delt i to Lag, et øvre, lidet mægtigt, der er farvet smudsigt gulbrunt paa Grund af Jærnforbindelsernes Ilting, mens Regnen, har udvasket Kalken, og et nedre, tykkere Lag, der er blaagraat og rigt paa Kalk. Af det øvre Lag, Rødleret, faas røde Sten, af det nedre, Blaaleret eller Mergeleret, faas gule (eller flammede) Sten.

896. **Yoldialer** og **Dryasler** er naturlig slæmmet Moræneler og bruges hægge til Teglbænding. Yoldialer er en Havdannelse, der findes oppe i Vendsyssel. Dryasler er en Ferskvandsdannelse med Rester af Dryas (Rypelyng).

De danske Teglværker bruger foruden Istidsler ogsaa **tertiært Ler**, hvortil hører det plastiske Ler og Glimmerleret, der hægge er Havdannelse.

Det plastiske Ler er det stiveste Ler, der findes i Danmark; det er ganske frit for grovere Bestanddele, næppe nok fine Sandskora forekommer deri, og det indeholder liden eller ingen Kalk, giver derfor røde Sten. Blødes det op af Regn, bliver det paa Grund af dets Finkornethed stærkt plastisk, og hvor der findes Klinker af det, kan det flyde ud og forårsage store Skred. Det graves nogle Steder til Teglværksbrug, men dets Finhed og Stivhed vanskeliggør en Blanding med andet Ler eller Sand. Derimod er det fortrinlig til Cement og bruges af Cementfabrikkerne ved Mariagerfjord.

Glimmerleret er en stærkt sandet, men stenfri, oftest brugraa Lerart med fine Glimmerstæcl. Naar det ikke er altfor sandet, egner det sig godt for Teglværket, af hvilke det bruges i Vestjylland. De bekendte Jydepotter fremstilles især af denne Lerart.

B. Fremstilling af Lervarer.

1. Lerets Forberedelse.

897. Det afgravede Ler kan som Regel ikke umiddelbart bruges til Stenfabrikation; det plejer at være lagdelt, sandrige Striber vexler med sandfattige, og hvis denne Struktur gik over i Stenene, vilde disse ved Tørringen og Brændingen revne og kaste sig, idet Svindet blev forskelligt i Stenens forskellige Partier. Leret maa derfor under alle Omstændigheder først sammenlætes til en fuldkommen ensartet Masse.

Ofte har Leret imidlertid slet ikke en saadan Konsistens, at det kan æltes og formes, det er for vaadt eller for tørt, for fedt eller for magert, og det maa

¹⁾ Af Teglværker ved København, der slæmmer deres Ler til Bagmuringssten, skal nævnes Frederiksholms, Dyssegaards og Tjørnegaards Teglværker.

da blandes med Ler, der har de modsatte Egenskaber. Er der Sten i Leret, maa disse fjernes.

Meget fedt og stift Ler lader sig vanskeligt ælte og blande med andet Ler og bliver derfor underkastet en **Vintring** (Vintergravning). Det oplægges om Efteraaret i lange Bede¹⁾, der i Vinterens Løb ligger udsat for Vejret. Det frysende Vand vil da sprænge Lerklumperne, saa at Massen bliver mere ensartet og lettere at behandle. Samtidig udvittr Alkaliene og samler sig paa Bedenes Overflade, hvorfra de maa fjernes, inden Leret bruges²⁾.

Indeholder Leret Sten og andre grove Urenheder, maa det slæmmes. **Slæmningen** udføres i murede Gruber, der holdes fyldte med Vand, i hvilket Leret efterhaanden kastes; midt i Gruben roterer en lodret Axel, hvis vandrette Arme er forsynede med Harver, saa at Leret stadig holdes opslæmmet, mens Stenene synker til Bunds, hvorfra de fra Tid til anden fjernes³⁾. Lervællingen løber af gennem et Udløb foroven og ledes hen til store, flade Grave, hvor Leret bundfælder sig, mens Størsteparten af Vandet løber bort gennem tilstødende Græfter. Leret staar i Graven Vinteren over, hvorved Resten af Vandet fordampes eller synker i Jorden, saa at Massen om Foraaret er tør og gennemtrukket af brede Svindrevner. Ved Slæmningen fjernes ikke blot de grove Bestanddele, men ogsaa Alkaliene, der er opløselige i Vand.

Baade Vintring og Slæmning er dyre Processer, navnlig den sidste, og bruges i Almindelighed kun til Façadesten. Teglværker, der arbejder med Moræneler, maa dog slæmme alt deres Ler⁴⁾.

898. Efter at Leret er afgravet og eventuelt undergaaet een af de beskrevne Processer, skal det **ælt**es, saa at Lagdelingen forsvinder, og man faar en ensartet Masse, men det har ikke altid den passende Konsistens og maa i saa Fald blandes med andet Ler eller oplødes. Er Leret for fedt, tilsættes Sand eller magert Ler, er det for magert, tilsættes fedt Ler, er det for vaadt (f. Ex. i en Regnperiode), blandes det med tørret Lerpulver, er det for tørt, vandes det. Blandingen og Æltningen skete i gamle Dage ved, at Mennesker og Dyr travede rundt i det, men nu næsten altid ved Lermøller og Valseværker⁵⁾.

Lermøllerne benyttes som Forælttere og kan enten være staaende eller liggende. De første dannes af en lodret hul Cylinder eller firkantet Kasse, der er helt aaben foroven og har et Hul i eller ved Bunden. Midt i Cylinderen er der en lodret, drejelig Axel, paa hvilken der i forskellige Højder er anbragt vandrette Knive med lodrette Knive paa Enderne. Leret fyldes i foroven gennem en stor Ladetragt, hvori Tipvognene tømnes sammen med de eventuelle Tilsætninger, gennemskæres af de roterende Knive og kommer ud for neden.

¹⁾ ca. 0,6 m høje og 1,5 m brede.

²⁾ En lignende Virkning har **Somringen**, s: det afgravede eller afløjede Lers Udsættelse for Sommerens Sol og Regn.

³⁾ F. Ex. ved at aabne Lemme i Bunden og lade Harverne feje dem ned gennem disse i Tipvogne, der holder underenden. Man kan ogsaa inde ved Axlen anbringe en lodret Spandkæde, der deltager i Rotationen og kontinuerligt fjerner Stenene.

⁴⁾ Moræneleret kan dog ogsaa oparbejdes ved Knusning, idet man lader det passere meget kraftige Kollergange og Valseværker, der knuser alle Stenene saa fint, at de ingen Skade gør. Denne Metode blev indført for nogle Aar siden paa Frederiksholms Teglværker, men er atter forladt, da Leret blev for magert.

⁵⁾ Ler til Bagmuringssten bliver sammen med det eventuelle Tilslag fyldt direkte i Foræltteren, som nedenfor beskrevet, mens man ved Fremstilling af flere Sten ofte først tilvejsbringer en mere ensartet Fugtighedstilstand eller Blanding ved at underkaste Raastofferne en **Sumpning**. Sumpen er en lille, muret, firkantet Grube, hvori Leret udbredes i tynde Lag afvædende med det Materiale, der skal iblandes. Efter at Leret har været sumpet $\frac{1}{4}$ Dag eller længere Tid, fyldes det i Foræltteren. Sumpning bruges som Regel ved Fremstilling af røde Façadesten, da disse meget let revner, naar Fugtigheden ikke er ganske jævnt fordelt.

De liggende Lermøller er indrettede paa samme Maade, kun er Knivene stillede efter en Skrueflade, saa at de ved deres Bevægelse presser Leret ud gennem Hullet (Fig. 228, 10-11).

Valseværkerne, der knuser de Knolde og Sten, som Foræltteren ikke har kunnet findele, bestaar af to **keglestubformede Vals**er (Fig. 228, 1), der er stillede sammen med et lille Mellemrum¹⁾ og vendt modsat, saa de ikke blot knuser Smaastenene²⁾, men ogsaa tværer Leret ud.

Jo daarligere Leret er, eller jo større Krav der stilles til det færdige Produkt, des flere af den Slags Homogeniseringsapparater maa det passere. Er Leret meget let at behandle, kan man fremstille Sten af det ved blot at lade det passere en enkelt liggende Lermølle, der sammen med det tilhørende Formeapparat benævnes en Murstensmaskine; men vanskeligere Ler maa først passere en Forælter (Lermølle), og er der mange Smaasten eller haarde Knolde, maa et enkelt eller dobbelt Valseværk anvendes.

Fra det sidste Ælteapparat træder Leret ud som en firkantet Streng, der skal være fuldstændig ensartet (»fri for Struktur«) og ikke maa være sammensat af udenom hinanden liggende Lag af federe og magrere Ler (Fig. 234).

2. Lerets Formning til Sten.

899. For at Stenen skal faa den rette Størrelse efter Brændingen, maa den formes noget større³⁾. Formningen kan ske ved Maskinstrygning, Haandstrygning eller Maskinpresning.

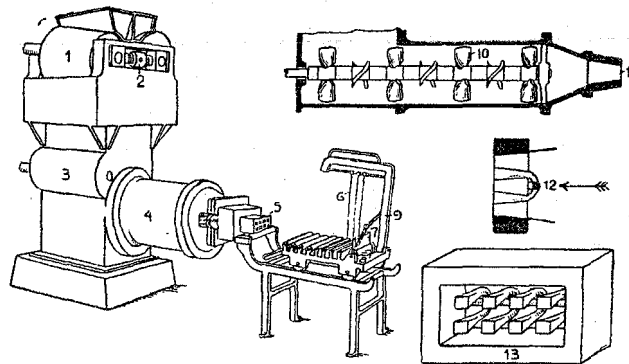


Fig. 228⁴⁾.

Maskinstrygning er, som den hurtigste og billigste Fremgangsmaade, mest benyttet. Paa større Teglværker bestaar Maskineriet gerne af en **Forælter**, der blander Leret, et **Valseværk** (Fig. 228, 1), der knuser de haarde Knolde og Stenene, og endelig en **Lermølle** (4), der blander Leret og har et Mundstykke, hvis Lysning svarer til Stenens Liggeflade. Lerstrængen (5) presses gennem

¹⁾ Dette kan varieres ved at skruer paa Møtrikken 2.

²⁾ Man har ogsaa stensudskillende Valseværker, der frasorterer de større Sten (over 25 mm), som man ikke behøver at slæmme.

³⁾ Det lineære Svind kan f. Ex. være 10% men maa bestemmes for hver enkelt Lersort ved en Prøvebrænding.

⁴⁾ Billedet er med Arkitekt Ad. Henselins Tilladelse fremstillet efter een af dennes Vægplaner.

Mundstykket ud paa et Afskærebord, der er indrettet som en Brødmaskine, kun er Kniven erstattet af en Staaltraad eller rettere sagt 2 eller 3 Staaltraade (6), hvis indbyrdes Afstand er lig Stentykkelsen, saa at Arbejderen ved een Bevægelse afskærer 2 eller 3 Sten. Afskærebordet kan køres frem og tilbage i Lerstrængens Retning; naar Stenene er afskaarne, føres det et Stykke ud, saa at en Dreng kan fjerne dem, derpaa skydes det atter ind, til Anslaget 7 møder Lerstrængen, 3 nye Sten afskæres o. s. v. De afskaarne Sten transporteres hen til Tørrepladsen, hvor de tørrer hvilende paa en Langside. I Maskinens Mundstykke er der Tilførselskanaler for Vand, der formindsker Friktionen og giver Lerstrængen ganske glatte Sider med Undtagelse af den underste, der glider paa Friktionsruller eller Zinkplader og er mere ujævn. Stenenes Ender og ene Langside bliver altsaa glat, den anden Langside og Liggefladerne ru; paa de sidste ser man altid koncentriske Cirkelbuer furede af Stenkorn, som Staaltraaden har ført foran sig¹⁾.

Maskinens Mundstykke kan ombyttes med andre, saa at der kan fremstilles Formsten, hule Sten (12 og 13), Tagsten (§ 940), Drænrør o. lign.

900. Ved **Haandstrygning** bruges en løs Form (Fig. 229), bestaaende af en Fyrretræsramme med Tværvægge for 1, 2 eller 3 Sten. Formen stilles paa Arbejdsbordet og fugtes med Vand for bedre at slippe Leret, der derpaa smækkes ned i den med stor Kraft for at faa Hjørnerne ordentlig udfyldte. Det overflødige Ler afstryges med en Lineal, hvorefter Formen vendes paa Siden og flyttes hen paa et kort Brædt, hvor den atter vendes, saa at Stenene falder ud. Brædtet med Stenene anbringes derpaa i Tørreladen²⁾.

For at kunne formes paa denne Maade maa Leret være særlig godt og blødt; det vintergraves eller slæmmes ofte, og der tilsættes meget Vand, hvilket imidlertid medfører, at Leret svinder stærkt ved Tørringen. For at modvirke Svindet maa der bruges magrere Ler end til Maskinsten. Stenene bliver fuldkommen fri for Struktur, da det vaade Ler lader sig ælte langt bedre end det halvtørre, og de bliver derfor mere vejrfaste end Maskinsten, forudsat at de brændes tilstrækkelig stærkt, thi jo magrere Leret er, des højere Temperatur kræver det for at naa en vis Styrke.

Haandstrøgne Sten er oftest lidt dyrere end Maskinsten og bruges sjældent til Bagmur, men i stor Udstrækning til Façader (se f. Ex. Københavns Raadhus). En væsentlig Grund til deres Anvendelse er, at Siderne er ujævne, saa at Façaden ikke faar det kedsommelige, slikkede Udseende, som Maskinsten giver. Desuden binder Puds bedre til dem³⁾.

c. 2000 Sten pr. Dagen

¹⁾ Ved eet Afskærebord kan der formes 20—35000 Sten daglig (11 Timer).

²⁾ Ved eet Formbord kan der formes 3—5000 Sten om Dagen.

³⁾ Man har ogsaa maskinelle Indretninger, **Blødstensmøller**, der muliggør maskinmæssig Fremstilling af Sten med haandstrøgen Karakter. Slige Sten (fra Hillerød Teglværk) er brugt til Københavns ny Personbanegaard i Flæng med haandstrøgne Sten.

Klapsten er en særlig Slags haandstrøgne Sten, der formes af et Ler, der er stivere end det, der bruges ved almindelig Haandstrygning, men lindere end det, Maskinstenene laves af. Leret er saa stift, at Stenene kan tørres paa Højkant, og det kan ikke bringes til at udfylde Formen ved blot at smækkes ned i den, men Formen, sammen med et underliggende Brædt, maa dunkes — klappes — ned imod Formbordet. Formen smøres med Olie eller Petroleum. Metoden bruges ved saa smaa Bestillinger af særligt formede Sten, at det ikke kan betale sig at lave et nyt Mundstykke til Maskinen, samt til Sten af en saadan Form (f. Ex. med hældende Sideflader), at de ikke kan skæres af en Lerstræng med konstant Tværnit.

901. Maskinpresning bruges dels til vaadt, dels til tørt Ler. Ved **Vaadpresning** bliver Leret fra Forælteren skaaret i Skiver og lagt ind i en Presse mellem Stempler, der giver det den ønskede Form. Metoden bruges til Lervarer, der skal have en særlig regelmæssig og glat eller mønstret Overflade som Fals-tagsten og Fliser.

Tørpresning af næsten tørt Ler anvendes derimod, naar Materialet er for uplastisk til at kunne behandles paa anden Maade. Saadant Ler tørres og pulveriseres, hvorpaa det fugtes saa meget, at det netop klæber sammen ved Presningen. Stenene bliver ikke tørrede, men sættes strax ind i Ovnen og brændes ved en meget høj Temperatur, thi ellers bliver den overordentlig tætte Masse ikke gennembrændt. Tørpresning bruges til Fliser, der skal være særlig tætte (**sintrede Fliser**), og i visse Lande (navnlig England og Nordamerika) til Mursten. I Danmark bruges Metoden ikke.

3. Stenenes Tørring.

902. I de vaadt formede Sten er ca. $\frac{1}{3}$ af Vægten Vand, som maa fjernes inden Brændingen, for at Stenene kan blive faste nok til at stables i Ovnen.

Ved Tørringen svinder Leret, og hvis Svindet ikke er ens overalt, vil Stenene revne. Tørringen maa derfor ske meget langsomt; Fordampningen fra Overfladen maa ikke foregaa hurtigere, end denne er i Stand til at suge Vand fra det indre, ellers vil Overfladen svinde mere end det indre og revne. Stenene maa derfor ikke blot være beskyttede mod Regn, men ogsaa mod Sol og Blæst.

Tørringen foregaa i **Tørrelader**, overdækkede Rum, der er aabne til alle Sider, saa at der let kan finde Luftformyelse Sted, mens Slagreg, Sol og Vind¹⁾ holdes borte ved flyttelige Maatter eller lignende. Stenene stilles paa Højkant i aabne Reoler, og efter 1—4 Ugers Forløb, efter Vejret, er de lufttørre og kan brændes²⁾.

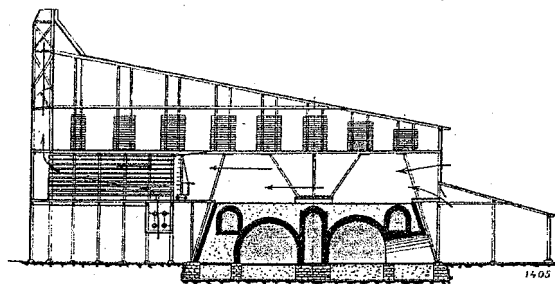


Fig. 230. Langovn med Tørreanlæg³⁾.

I Frostvejr vilde Stenene fryse i Stykker, og de Teglværker, der ikke har kunstige Tørreanlæg, kan derfor ikke forme Sten om Vinteren, men kun brænde Sommerens Produktion. Større Teglværker benytter imidlertid ofte den Varme, der stiger op fra Ovnen, til kunstig Tørring af Stenene. Disse kan f. Ex. stab-

¹⁾ De danske Mergelsten kan dog godt taale Blæst uden at revne.

²⁾ Hvis der ikke er Plads i Ovnen, bliver Stenene midlertidig klampede (s: stablede tæt) i Klampelader.

³⁾ Klichéen er velvilligt udlaant af F. L. Smidth & Co.

les op paa et Gulv (Fig. 230), der ligger i Højde med Langovns Loft langs dennes ene Langside, saa at den frie Luft stryger paa tværs hen over Ovnens, hvor den opvarmes, derpaa ind mellem Stenene og saa op gennem en Aftrækskanal¹⁾.

Fine Lervarer, som Terrakotta, stilles ind i særlige Tørrekamre, hvis Tilførsel af Varme og ny Luft kan reguleres.

4. Stenenes Brænding.

903. Den mest primitive Maade at brænde Stenene paa er i *Miler*. Paa aaben Mark stables Stenene op i store Bunker med kvadratisk Grundrids og 3—4^m høje, idet der mellem hvert Lag Sten og i de lodrette Fuger anbringes et 1,5^{cm} tykt Lag Kulsmuld. Naar Milen er færdig, tættes Fugerne foroven og paa Siderne med vaadt Ler. Nede ved Jorden er der udsparret nogle vandrette, gennemgaaende Fyrkanaler fyldte med Brænde, og naar dette antændes, forplanter Ilden sig efterhaanden rundt i hele Milen. Skønt Brændslet udnyttes daarlig, er Metoden ofte meget billig, idet der kan spares store Transportudgifter, men Stenene er af højst forskellig Beskaffenhed; de i Milens Indre er stærkt gennembrændte, delvis smeltede og skæve, mens de ydre Sten ikke kommer i Glød, saa de faar en hvidlig Farve og ofte indeholder brændt Ler i deres Indre.

904. Af *Ovne* til Teglbænding haves mange forskellige Konstruktioner. I deres simpleste Form bestaar de af et muret overhvelvet Kammer, i hvilket Stenene stables med Mellemlum for Trækken, mens Ildstedet findes under Gulvet, der er gennembrudt, saa at Flammen kan slaa op imellem Stenene og ud gennem Røghuller i Hvælvingen.

Brændingen maa ledes med Forsigtighed, fyres der for stærkt i Begyndelsen, vil Fordampningen fra Stenenes Overflade ske saa hurtig, at den indre Fugtighed ikke faar Tid til at trække ud, og Stenene vil da faa Revner i Overfladen. Den stærke Fyring vil ogsaa bevirke, at de nederste Sten bliver meget varme, mens de øverste endnu er kolde, og den store Dampmængde fra de nederste Sten vil da fortætte sig paa de øverste, og det dannede Vandlag vil optage Sod, Aske og Svovlsyre fra Røgen, saa at Stenenes Farve bliver uren.

Man begynder derfor med at smøge Stenene: opvarme dem langsomt til en saadan Temperatur (ca. 120°), at der ikke mere kan fortætte sig Vand paa dem; derpaa bringes Varmen op til den rette Højde, og naar Stenene er gennembrændte, lukkes der for Lufttilførslen, saa at Afkølingen sker ganske langsomt. Ved hurtig Afkøling svinder Stenen hurtigere i Overfladen end i Midten, hvorved der opstaar indre Spændinger, der gør Stenen skrøbelig. Hele Brændingsprocessen med Indsætning og Udtagning varer gerne ca. 3 Uger.

Disse Ovne er uøkonomiske, idet al den Varme, der ved Fyringens Ophør er i Stenene og Ovnens Murværk, gaar til Spilde, og det betød derfor et mægtigt Fremskridt, da Hoffmann i 1858 opfandt Ringovnen, en Ovn med mange Kamre og kontinuerlig Drift, hvor Luften, der køler det ene Kammeres Sten, benyttes til Brændingen i det næste, saa at Brændselsforbruget kan reduceres til $\frac{1}{4}$.

¹⁾ Undertiden tages Teglværkets Spildedamp til Hjælp, idet den bruges til Opvarmning af Vand, der cirkulerer i Rørledninger under Stenene.

905. Ringovnen (Fig. 231) bestaar af en ringformet, overhvelvet Kanal, der ved Hjælp af Jærnskodder eller Papirsvæge kan inddeles i Kamre. Kamrenes Antal er 12—20, og hvert af dem har en Aftrækskanal til Skorstenen og en Dør til det fri, gennem hvilken Stenene kan køres ind og ud, mens der i Loftet findes en halv Snes runde Aabninger, gennem hvilke Kullene kastes ned, men som ellers er lukkede. I Kamrene opstables Stenene med tilstrækkeligt Mellemlum for Trækken (se Fig. 232, hvor *a* viser Stenene set fra oven), og under Fyrhullene udsparres der lodrette Schakter, gennem hvilke Kullene kan falde, idet man dog lader enkelte Sten springe frem, saa at Brændslet bliver fordelt over hele Stablens Højde.

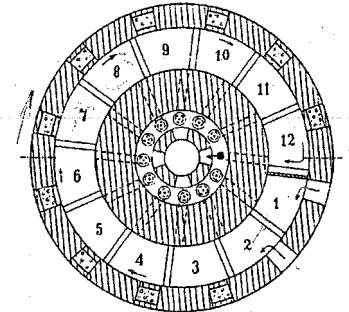
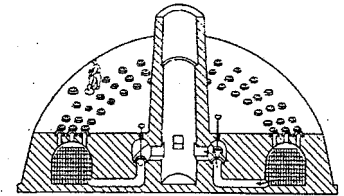


Fig. 231.

Naar der fyres i Kamrene 7 og 8, er alle Døraabninger tilmurede undtagen i Kamrene 1 og 2, og alle Aftrækskanaler lukkede undtagen Kammer 12's, og mellem dette Kammer og Kammer 1 er Skoddet anbragt. Luften suges altsaa ind gennem Dørene 1 og 2, passerer gennem hele Ovnens hen til Kammer 12, hvor den gaar i Skorstenen. De raa Sten stables op i Kammer 1, samtidig med at Kammer 2 tømtes for brændte Sten; i Kamrene 3—6 staa de brændte Sten til Afkøling, og Temperaturen er stadig stigende indtil Kamrene 7 og 8, hvor Kullene kastes ned. Forbrændingsprodukterne fra disse Kamre passerer derpaa de raa Sten i 9—12, og afgiver deres Varme til dem.

Varmen i de brændte Sten forvarmer altsaa Luften, saa den kommer meget hed til Brændingsstedet, og de raa Sten forvarmes af Forbrændingsprodukterne, saaledes at Brændslet udnyttes saa fuldkomment som mulig. Samtidig spares Tid, idet Stenenes Ophold i Ovnens kun er ca. 12 Døgn.

Naar Kammer 7 er brændt færdig, standses Fyringen her, og Kullene kastes nu ned i 8 og 9. Samtidig er man bleven færdig med 1's Fyldning og 2's Tømning, Skillevæggen mellem 12 og 1 flyttes hen mellem 1 og 2, Kammer 1's Døraabning tilmures, og dens Aftrækskanal aabnes, mens Kanalen fra Kammer 12 lukkes. Kammer 2 kan derpaa fyldes med raa Sten, mens 3 tømmes, saaledes at Luften nu passerer fra disse Kamre rundt gennem Ovnens og hen til Kammer 1. Paa denne Maade fortsættes uophørlig, indtil Ovnens skal repareres.

Naar Kamrenes Antal er stort, bygges Ringovnen ofte oval, da denne Form kræver mindre Grundareal end den cirkulære. I Fig. 230 og 232 er en saadan **Langovnen** med Smøgesystem (hvorom nedenfor) og relliniet Røgkanal til en udenfor Ovnens staaende Skorsten vist i Snit.

906. Ved den i § 905 beskrevne Ovnkonstruktion bliver de raa, kolde Sten pludselig udsatte for den varme Forbrændingsluft, hvis Vanddampe fortættes paa dem, og det dannede Vand optager Røgens Svovlsyre, som suges ind og omdanner Alkaliene og Magnesiaen til Sulfater, der senere udbloomstrer. Svovl-

syren er ogsaa Skyld i, at Sten, der ellers vilde brænde sig gule, faar **røde Flammer**. Den gule Farve skyldes nemlig et Kalkjærntveitesilikat, hvis Dannelse forhindres af Svovlsyren, idet denne danner Gibs med Kalken, mens Jærntveiten bliver fri og farver Stenen rød. Den røde Farve kommer kun paa de af Røgen trufne Steder, altsaa ikke inde i Stenene og ikke paa Stenenes Berøringsflader.

Denne Misfarvning af Stenene kan undgaaes ved at forsyne Ovnens med en Smøgekanal (Fig. 232), der lægges foroven i Murværket og løber rundt gennem hele Ovnens, og som kan sættes i Forbindelse med et hvilket som helst Kammer ved Hjælp af flyttelige Jærnrør. Ovnens Drift ændres da saaledes, at det sidst fyldte Kammer — lad det være Kammer 1 — ikke strax skydes ind i Kredsløbet, men afspærres baa- de fra 12 og 2 og sættes i Forbindelse med Skorsten og Smøgekanal; naar samtidig Ventilen mellem denne og et af Afkølingskammerne 4—6 aabnes, vil en Del af

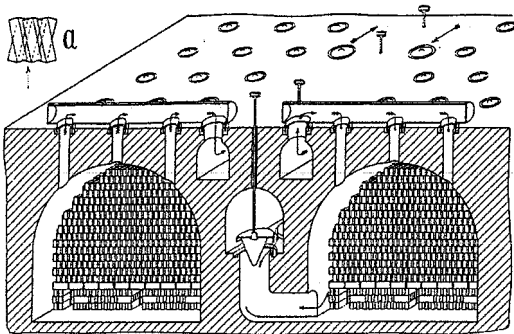


Fig. 232.

den rene, forvarmede Luft fra disse Kamre suges ind til de kolde Sten. Først naar Stenene paa denne Maade er blevne opvarmede til over 100° , saa der intet Vand kan slaas sig ned paa dem, bliver Kamret indskudt i det almindelige Kredsløb.

907. Ringovnen kan indrettes til **Gasfyring**, saa at Stenene hverken kommer i Berøring med Kul eller Aske. Gasen ledes da til Fyrhullerne, der fortsætter sig ned i Ovnens som lodrette Rør af ildfast Ler, og gennem Smaa-aabninger paa disse Rør træder Flammen ud¹⁾.

Paa de større Teglværker har Ringovnen ganske fortrængt de gammeldags Teglovne ved Brænding af almindelige Lervarer, navnlig Mursten²⁾, men ogsaa Tagsten (§ 940) og Drænrør.

908. Derimod bruger man **periodiske Ovne** af nyere Konstruktion, naar en ringe Mængde særlige Produkter skal brændes, f. Ex. blaa Sten, glaserede Sten, fine Façade- og Formsten, Tagsten og saltglaserede Rør. Fig. 233 viser Tværsnit i en saadan periodisk Ovn med **overslaaende Flamme**; fra en Række Ildsteder i Ovnens Langside slaar Flammen ind i Ovnens øvre Del og derfra ned gennem de stablede Varer til Aftrækket ved Gulvet. De fineste Lerfliser og Skalmuringssten maa slet ikke komme i Berøring med Forbrændingsprodukterne og brændes enten i Kapsler eller Muffler.

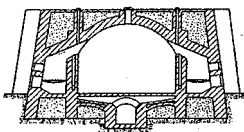


Fig. 233.

¹⁾ Skromberga Teglværk brænder alle sine Varer paa denne Maade ved Generatorgas, som de fremstiller af deres egne Kul.

²⁾ Man regner, at der kræves en Produktion af 1—2 Millioner Sten aarlig, for at en Ringovn skal kunne betale sig.

Kapsler er smaa Æsker af ildfast Ler, der navnlig bruges ved Brænding af Porcelænen, men ogsaa til Mosaikfliser. I hver Kapsel lægges der to Fliser, og Kapslerne stables derpaa ligesom Sten i een af de beskrevne Ovne.

Muffelovne har et helt Kammer af ildfast Ler (Mufflen) indbygget i Ovnens, og Flammen passer dels hen under Mufflens Gulv, dels gennem lodrette Kanaler i Væggene og fritstaaende Skorsten i Kamret. Muffelovnen giver en i højeste Grad ensartet Brand og Farve og bruges til fine Skalmuringssten.

909. Ved Brænding af saadanne finere Lervarer samt Klinker og ildfaste Sten kontrolleres Temperaturen i Ovnens ved Hjælp af **Segekegler**, smaa Tetraedre af særlig rene Stoffer blandede i vexlende Forhold og nummererede, saaledes at Nummeret voxer med Ildfastheden. Paa forskellige Steder i Ovnens anbringes tre paa hinanden følgende Kegler, af hvilke den midterste har et Smeltepunkt, der svarer til den tilstræbte Temperatur. Naar den første Kegel begynder at smelte, fyres forsigtigt, saaledes at den mellemste Kegel netop bringes til Smeltning, mens den tredje holder sig uforandret.

Segekeglerne fremstilles ved Blanding af Kaolin, svensk Feldspat, norsk Kvarts og carrarisk Marmor. Nr. 39 smelter ved 1910° , Nr. 38 ved 1890° o. s. v., idet der stadig er 20° mellem Numrene; Nr. 1 smelter altsaa ved 1150° . Kegler med lavere Smeltepunkt benævnes 01 (1130°), 02 (1110°) o. s. v. indtil 010 (950°), derefter bliver Afstanden 30° : 011 (920°), 012 (890°) 022 (590°). Ler, der smelter før Kegel 26 (1650°), regnes ikke for ildfast. For lavere Temperaturer kan man selv fremstille saadanne Kegler ved at blande sit Ler med Mønje.

5. Engobering, Glasering, Blaadampning.

910. Ønsker man, at den brændte Sten skal fremtræde med en smukkere Overflade eller kønner Farve, end det anvendte Ler faar ad naturlig Vej, kan man **engobere** den, o: bestryge den raa, tørrede Sten med en Vælling af særlig fint, slæmmet Ler, der brændes fast i Ovnens. Faar Engoben ikke af sig selv den ønskede Farve, kan den farves ved Til sætning af Metaller. Den røde Farve, der hyppigt kræves hos Tagsten, fremstilles undertiden ved Engobering, men iøvrigt er det mest Skalmuringssten, der engoberes. Hvide Engober bruges ofte som Underlag for gennemsigtige Glasurer, farvede (§ 954) eller ufarvede, naar Bagmassen skal skjules, og man ikke vil bruge en dækkende Glasur. De engelske **Fireclay** Varer, der har en hvid eller gullig Glasur, er saaledes engoberede. (Fireclay, der er den engelske Betegnelse for alm. ildfast Ler, bruges til svære Vadskekammer o. lgn., til hvilke man ikke vil bruge Fajance.)

911. **Glasering** anvendes enten for at forskønne Stenen eller for at gøre Overfladen glattere og uigennemtrængelig for Vand. Glasuren er en Glasmasse, hvis Sammensætning er meget variabel og maa afpasses nøje efter Skærven (hvorved man forstaaer de glaserede Varers Bagmasse) og blandt andet have samme Udvidelseskoefficient, da den ellers beskadiges ved Afkølingen; svinder den nemlig mere end Skærven, faar den Haarridser og svinder den mindre, springer den af. En tynd Glasur springer mindre let af end en tyk, naar de øvrige Forhold er ens, hvilket fremgaar af følgende Betragtning. Hvis Stenens Sammentrækning pr. Længdeenhed under Afkølingen er ϵ_s og Glasurens ϵ_g , bliver Forholdet det samme, som hvis Glasuren ikke forandrede sig, mens Stenens Sammentrækning var $\epsilon = \epsilon_s - \epsilon_g$; da Glasuren maa følge med Stenen, faar den Trykspændingerne $\sigma = E \cdot \epsilon$ hvor E er Glasurens Elasticitetskoefficient, og samtidig opstaar der forskydende Spændinger i de to Stoffers Berøringsflader; jo tykkere Glasuren er, des større er ogsaa den Flade, paa hvilken Spændingen σ optræder, og des større bliver derfor den forskydende Kraft.

Rør af Klinkerler (saltglaserede Rør) gøres vandtætte ved en **Saltglasur**, der fremstilles ved at kaste **Kogsalt** ind i Ovnens, naar Heden er stærkest. Kogsaltet fordampes og forener sig med Leret til et **Natriumaluminiumsilikat**, der danner et tyndt, men tæt og holdbart, glasagtigt Overtræk over Røret¹⁾.

Ellers sammensmeltes man først Glasmassen af dens Bestanddele²⁾ (f. Ex. Kvartssand, Kaolin og et **Flusmiddel**), pulveriserer den og udrører Pulveret

¹⁾ Kogsaltdampene gaar først i Forbindelse med Forbrændingsproduktens Vanddamp og danner Klorbrinte og Natron ($2NaCl + H_2O = 2HCl + Na_2O$), hvorefter den sidste forener sig med Leret.

²⁾ Billige Glasurer bliver dog ikke sammensmeltede (frittede) forud.

med Vand, hvorpaa Glasurvællingen smøres paa Stenen, der i Forvejen er brændt. Stenen maa da brændes paa ny ved saa høj en Temperatur, at Glasuren smelter.

Til disse Glasurer hører **Jordglasurerne**, hvor Flusmidlet er en Jordart (f. Ex. Kalciumkarbonat). De er ligesom Saltglasuren tungsmeltelige og kan derfor kun bruges paa en temmelig ildfast Skærv, ikke paa vore hjemlige Ler-sorter. De findes ofte paa importerede, tyske Tagsten.

I Danmark fremstilles kun **Blyglasurer**, hvor Flusmidlet er Mønje. De er letsmeltelige og har en stærk Glans, men er ikke saa haarde og vejrfaste som Jordglasurerne.

Baade Jordglasurer og Blyglasurer kan farves med Metalilte, og man har dem i alle mulige Kulører, dels uigennemsigtige, dels gennemsigtige, saa Skærven er medbestemmende for Farven, og endelig helt vandklare, saa de blot giver Skærven Glans¹⁾.

Glaserede Sten bruges dels til Dekoration, dels paa Steder, hvor almindelige Sten vilde blive snavsede eller bemalede, samt paa fugtige Steder.

Glasuren forøger ikke Stenens Frostfasthed, tværtimod kræver den en særlig frostfast Sten for at være holdbar. Skærven maa enten være sintret, saa den ikke suger Vand, eller ogsaa maa den være saa porøs, at det Vand, der uundgaelig trænger ind i den gennem Mørtelfugerne og Glasurens Revner, har Plads til at udvide sig, naar det fryser; i modsat Fald vil Glasuren sprænges af. Halvtætte Sten, der i uglaseret Tilstand taaler Frosten, fordi Iskrystallerne frit kan træde ud igennem Yderfladen, er ikke holdbare, naar denne tættes med Glasur.

912. Blaadampning eller Dæmpning er en Gennemfarvning af Stenen, der udføres i Ovnen (§ 908), idet der, naar Heden er stærkest, indbringes frisk Ved eller nu om Stunder hyppigere Raapetroleum eller Tjære, hvorpaa al Lufttilførsel standses. Ovnen fyldes derved med Røg, der trænger ind i Stenene og afliter Jernteivittet til Jernforlitle, samtidig med at der udskilles Grafit i Porerne. Gule Sten bliver derved lysegraa, røde Sten mørkegraa eller blaalig skifferfarvede. Blaadampningens Formaal er rent æstetisk, de tekniske Egenskaber forbedres ikke, ja Frostfastheden kan endogsaa nedsættes, idet Overfladens Porer i særlig Grad tættes med Kulstof, der forhindrer Isens Udtræden. Det er navnlig Tagsten, der blaadampes, sjældnere Mursten og Fliser.

C. De forskellige Lervarers Egenskaber og Anvendelse.

1. Klassificering.

913. Efter Skærvens (Bagmassens) og Overfladens Beskaffenhed kan Lervarerne inddeles paa følgende Maade²⁾:

Lervarer med tæt Skærv.

- a. Brandfarven hvid:
 - α. Massen gennemsinnelig: Glaseret Porcelen og Biscuit-Porcelen.
 - β. Massen uigennemsinnelig: Fint, hvidt, glaseret og uglaseret Stentøj.
- b. Brandfarven kulørt:
 - α. Glaserede Varer: Alm. glaseret Stentøj (f. Ex. visse Vægfliser, saltglaserede Rør).
 - β. Uglaserede Varer: Alm. uglaseret Stentøj (f. Ex. sintrede Fliser), Klinker.

Lervarer med porøs Skærv.

- a. Brandfarven hvid:
 - α. Glaserede Varer: Fin Fajance (f. Ex. hvide Fajance Fliser).
 - β. Uglaserede Varer: Pibelpersprodukter (f. Ex. Kridtpiber), visse ildfaste Sten.

¹⁾ Hvid Glasur bruges ikke paa Rødler.

²⁾ Efter H. Fischer-Møller: Teglværkskemi, Side 218.

b. Brandfarven kulørt:

- α. Glaserede Varer: Glaserede Teglværks- og Pottemagervarer (Mursten, Tagsten, visse Vægfliser), alm. Fajance, Majolika.
- β. Uglaserede Varer: Alm. ildfaste Sten, alm. uglaserede Teglværks- og Pottemagervarer (Mursten, Tagsten, Drænrør, Urtepotter), Terrakotta, lakerede Varer (Terralit o. lgn.).

I det følgende er der dog valgt en Inddeling hovedsagelig efter Varesnes Anvendelse, nemlig i Mursten, Tagsten, Fliser, Rør, ildfaste Sten og Terrakotta.

2. Mursten.

a. Almindelige Façade- og Bagmuringssten.

α. Brændingsgrad og Farve.

914. Stenenes Egenskaber og Anvendelse betinges foruden af Lerets Kvalitet navnlig af Brændingsgraden, og de almindelige, danske Mursten, der brændes i Ringovn, sorteres derfor efter Brændingen i halvbrændte, fuldbrændte, haardbrændte, klinkbrændte og Ildsten eller Vragsten.

Det Produkt, der tilstræbes, er som Regel fuldbrændte eller haardbrændte Sten, og naar de andre Brændingsgrader fremkommer, skyldes det enten en for stærk eller for svag Fyring i et enkelt Kammer eller ogsaa den uensartede Fordeling af Varmen, som det, selv ved normal Fyring, er umulig at undgaa³⁾.

915. Naar Fyringen har været rigtig, er kun de underste Sten, der er blevne begravede under Asken, for svagt brændte⁴⁾. Slige halvbrændte Sten er blege og afsmittende, har en ringe Styrke, opsuger meget Vand, er ikke frostfaste og giver stærke Udblomstringer. De kan derfor kun bruges i Indermure, hvor de ikke udsættes for Fugtighed og Frost eller store Tryk, derimod ikke til Façader, ikke engang til pudsede Façader, da det kan hælde, at Frosten sprænger Pudsen af sammen med den yderste Skal af Stenen.

Til almindeligt, godt Murværk bruges fuldbrændte Sten, mens haardbrændte Sten anvendes, hvor der stilles større Krav til Vejrfastheden (Façadesten) eller Styrken (Sokler, fritstaaende Piller, Dampskorsten).

Klinkbrændte Sten eller **Klinker** er stærkt sammensintrede og uporøse, saa de ikke suger Vand. Mens man paa Bornholm og i Udlandet har Ler-sorter, der giver fortrinlige Klinker (se § 936), egner de almindelige danske Ler-sorter sig ikke til en saa stærk Brænding; for Mergellerets Vedkommende kan man dog ved omhyggelig Fyring træffe Sintringspunktet uden at komme op paa Smeltepunktet, men disse danske Klinker, **Mergelklinker**, der er mørkegraa, er ofte revnede og skæve, selv efter at de mest deformerede Sten er frasorterede, og de bruges derfor ikke, hvor Udseendet spiller nogen Rolle, men mest til Kældermure og stærkt belastede Piller⁵⁾.

Ildsten eller **Vragsten** er de deformerede, halvsmeltede Sten, der har dannet Fyrshakternes Begrænsning. De er skæve og krumme, og noget regelmæssigt Murværk kan der ikke fremstilles med dem, men da de er billigere end de regelmæssigere Klinker og iøvrigt har disses Egenskaber, bruges de i primitive Bygninger paa samme Maade.

Til Fuldbrænding af det danske Rødler kræves en Temperatur af 900—1000°, mens Mergelsten maa op paa 1000—1100°, for at Kulsyren kan blive helt uddrevet.

Naar Fyringen har været mangelfuld, er det gerne de øverste Sten, der har faaet for lidt varme.

Prisen afhænger ganske af Sorteringen; Frederiksholms Sortering B2, der gerne bruges i Bygningen til Mure, der skal pudses, koster ca. 26 Kr. pr. 1000 Sten.

916. Stenenes Brændingsgrad kan bedømmes ved Hjælp af **Klangen**. Halvbrændte Sten giver en dump Lyd fra sig, naar man slaar paa dem, mens fuldbrændte Sten er klangfulde, og Klinker endnu mere klingende. Klangen er dog ikke alene afhængig af Brændingen, men magre Sten er mindre klangfulde end fede, og vaade Sten klinger ikke.

917. Til Udhuse paa Landet anvendes undertiden raa **Lersten**, der blot er tørrede (helst i flere Aar), men ikke brændte. De bruges baade som selvstændigt Materiale og til Udmuring af Bindingsværk og giver billige og varme Mure, men Leret udvædskes let af Vand, og Ydermure maa derfor beskyttes ved et langt fremspringende Tag eller et Pudslag.

918. Naar Stenene ikke er synlige i Bygværket, er **Farven** uden Betydning, og til saadanne Bagmuringssten bruges derfor flammede Sten eller Sten, der er spættede, fordi de er fremstillet af en Blanding af Rød- og Mergeller. Façadestenen skal derimod have en smuk, ensartet Farve, saaledes at forstaa, at hver enkelt Sten er ensartet, mens Farvens Tone gerne maa variere noget fra Sten til Sten, hvorved der kommer mere Liv over Façaden.

Danske Façadestenen er enten røde eller gule. De er ca. 50 % dyrere end Bagmuringsstenene paa Grund af den omhyggeligere Fabrikation (§ 897-8, 900), og de røde Sten er lidt dyrere end de gule, da Rødleret forekommer mindre hyppigt end Mergelleret¹⁾. Gule Sten er porøse end røde og bliver derfor hurtigere snavsede.

Af bornholmsk Ler fremstilles gulbrune Sten, der vil blive omtalte under Skalmuringssten²⁾.

Farvens Afhængighed af Lerets Sammensætning og af Brændingsgraden er omtalt i § 893.

β. Struktur, Porøsitet, Vægt og Frostfasthed.

919. Gode Sten skal være **fri for Struktur**: de være fuldkommen homogene, dels af Hensyn til Frostfastheden og Styrken, dels fordi Mureren ellers har vanskeligt ved at tilhugge dem med Murhammeren, idet Brudfladen ikke bliver plan, men følger Lagdelingen. I denne Henseende er de haandstrøgne Sten bedst.

Fig. 234 viser Tværsnittet af en meget uhomogen Sten fra det nedrevne Christiansborg; ved at staa i Stabel paa Byggepladsen er den bleven beskadiget af Frosten, og man ser, hvorledes Sprængningerne følger Lagdelingen.

Magre Sten er lette at tilhugge og som Regel vejrfaste, da de let bliver gennembrændte, mens Sten af **fedt Ler** er meget haarde

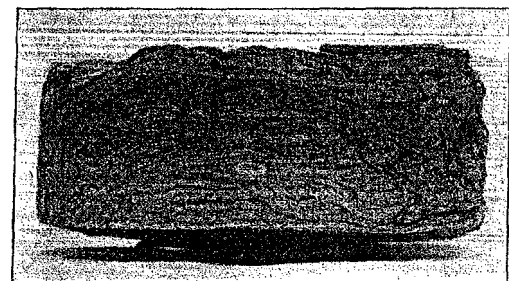


Fig. 234³⁾.

at hugge i og paa Grund af deres Tæthed kræver mere Varme for at blive

¹⁾ Prisen paa Bagmuringssten svænger mellem 17 og 28 Kr. pr. 1000 Stkr. efter Byggeriets Livlighed, man har Exempel paa, at Prisen er stegen 7 Kr. i Løbet af 3 Fjerdingaar. Den normale Pris er 17—20 Kr.

²⁾ Blandampede Sten indføres hertil fra *Rennberg* Teglværkerne i Slesvig og fremstilles ogsaa i Danmark, men bruges ikke meget. Som Baand i en gul Façade kan de ses paa Frederiksberg Papirfabrik.

³⁾ Klichéen er velvilligt udlånt af Statsprøveanstalten.

gennembrændte; ved mangelfuld Brænding bliver kun den ydre Skal haard og tæt, og denne vil da let sprænges af, naar det Vand, der altid vil trænge ind i Stenen, fryser¹⁾.

Stenene skal være fri for **Flint** og **Kalkklumper**, der bægge viser sig som hvide Korn. Kalkkornene kan sprænge Stenen, naar de læsker sig²⁾, mens Flintkornenes Tilstedeværelse er forbunden med Revner (§ 891).

920. De almindelige Teglsten er stærkt **porøse** og derfor daarlige Varmeledere, der giver lune Huse i Modsetning til Natursten og Beton. Man kan nemt blæse gennem en Mursten, stærk Blæst kan endog drive Regnvand gennem en 1 Stens Mur, saa der vil ogsaa kunne finde en naturlig Ventilation Sted gennem Teglstensmure f. Ex. i Stalde, hvor Indersiden ikke er tapetseret eller malet.

Mens Bagmuringsstenene saaledes gerne maa være porøse og ikke fremstillede af for fedt Ler, maa Façadestenenene helst være tættere og skarpere brændt, hvorved de bliver mindre vandsugende og mindre modtagelige for Snavs.

Porøsiteten bestemmes som Middeltal af 10 Sten, der tørres og vejes og derpaa lægges i Vand, først halvt neddyppede i et Døgn, saa helt neddyppede i endnu et Døgn, hvorpaa de aftørres og vejes³⁾. Den Mængde Vand, der indsuges, kan variere fra 500 til 800 pr. m³; for en god, haardbrændt Sten vil Indsugningen være ca. 250 pr. m³, svarende til 25 % Porevolumen. Vandoptagelsen opgives hyppigst i Procent af de tørrede Stens Vægt, og udtrykt paa denne Maade ligger den for vore almindelige Teglsten mellem 15 og 25 %, højest for gule Sten; da Vægtfylden gennemsnitlig er 1,6, svarer disse Tal til et Porevolumen paa 24—40 %⁴⁾.

Murværks Vægt regnes gerne lig 1600 kg/m³, men det er for lavt. For etaarigt Murværk af fuldbrændte Bagmuringssten i henholdsvis Kalkmørtel, Blandingsmørtel og Cementmørtel fandt jeg Vægtene: 1710, 1770 og 1830 kg/m³⁵⁾.

921. Stenenes **Frostfasthed** bedømmes paa samme Maade som de naturlige Stens; til Laboratorieforsøg kræves mindst 6 Sten. Naar Stenene er fuldbrændte og homogene, beskadiges de ikke af Frosten.

γ. Styrke.

922. Som Regel undersøges kun **Knusningsstyrken**⁶⁾, og denne bestemmes paa en særlig Maade, idet man saver Stenen midt over og sammenmurer de to Halvdele med Cementmørtel, saa at der fremkommer et omtrent tærningeformet Legeme, hvis Trykflader udjævnes med en lignende Mørtel for at blive fuldkommen plane. Efter at Mørtlen er bleven tilstrækkelig haard, knuses Tær-

¹⁾ En mager Sten kræver en højere Temperatur, men færre Varmeenheder, for at blive gennembrændt, end en fed.

²⁾ Om der er læskningsdygtig Kalk i Stenene kan afgøres ved at afhugge et Stykke paa ca. 100 cm³ og behandle det 3 Timer i en Autoclav med Damp af ca. 1/2 at Overtryk, hvorved det ikke maa tage Skade. Prøven udføres med 5 Sten.

³⁾ For klinkbrændte Lervarer, hvis Porer er meget fine, er denne Prøve ikke paalidelig (§ 959).

⁴⁾ Vægtfylden kan svinge mellem 1,5 og 1,7. Som Regel vejer en almindelig Mursten af Normalformat ca. 2 1/4 kg, og der gaar 720 Stkr. paa 1 m³. Paa god Vej gaar der 800—1000 Stkr. paa 1 m³.

⁵⁾ Ved Forsøg paa Berlinerlaboratoriet er Vægten af Murværk i Kalkmørtel funden til 1760 og 1735 kg/m³ efter henholdsvis 1 og 3 Maaneders Hærdning (Mitt. 1907, S. 177).

⁶⁾ Bøjningsstyrken er 40—70 at.

ningen, og Brudstyrken angives i kg pr. cm² af de to Trykfladers Middelflader og som Middeltal af 10 Forsøg ¹⁾.

923. Den Styrke, man saaledes finder, afhænger ikke blot af Stenene, men ogsaa af **Mørtien**. Burchartz ²⁾ har gjort Forsøg med forskellige Slags Teglsten og Kalksandsten og brugt forskelligt Materiale til Sammenmuring af de to Stenhalvdele; sættes den gennemsnitlige Knusningsstyrke for Sten sammenmurede med sandfri Cementmørtel lig 100, blev den relative Middelse styrke af de andre Tærninger følgende:

Fugens Beskaffenhed:	Relativ Knusningsstyrke:	Fugens Beskaffenhed:	Relativ Knusningsstyrke:
Sandfri Cementmørtel	100	Tørt Cementpulver	83
Cementmørtel 1:3	100	Kalkmørtel	78
Slethe Flader uden Mørtel	100	Flint Sand, fugtigt	77
Fugtigt Savsmuld	87	Flint Sand, tørt	73

I de tre første Tilfælde indtraadte Bruddet pludseligt, i de fem sidste opstod der Revner, inden Maximalbelastningen var naaet, et Tegn paa at Trykket ikke har været ensformigt fordelt. De fem svage Materialer pressesedes noget ud under Trykket, og efter Forsøget dannede de sammenhængende Kager, hvis Styrke var størst i Midten og aftagende ud mod Randen.

Saver man Tærninger ud af de enkelte Sten, viser disse Tærninger større Styrke end de med Cementmørtel sammenmurede ³⁾; Fugen forringer altsaa Stenenes Styrke, og Forringelsen er størst for de stærkeste Sten, hvorved den virkelige Forskel mellem Stenenes Kvalitet tilsløres noget ⁴⁾.

Naar der i det følgende tales om Stenenes Styrke, menes altid Styrken af en sammenmuret Tærning.

924. Styrken afhænger først og fremmest af **Brændingsgraden**, men **Lerets Kvalitet** spiller ogsaa en stor Rolle; f. Ex. kan det danske Rødler ikke bringes op paa samme Styrke som Mergelleret, og fedt Ler bliver stærkere end magert. Er Lersorten givet, vil Styrken stige med Brændingstemperaturen, men fuldbrændte Sten fra eet Teglværk kan godt være stærkere end klinkbrændte Sten fra et andet. Den udstrakte Brug der i København gøres af Mergelklinker til Piller, der er stærkt belastede, er derfor umotiveret; fuld- eller haardbrændte Sten af samme Styrke kan faas væsentlig billigere, og naar Styrken kontrolleres, burde der ikke lægges Hindringer i Vejen for deres Benyttelse. Disse stærke Sten er i Sammenstillingen nedenfor betegnede haardbrændte Sten II i Modning til haardbrændte Sten I, hvortil f. Ex. Sten af Mergeller henhører, naar de er haardbrændte uden at være sintrede. Stenene kan derefter passende deles i tre Styrkeklasser, af hvilke man kan forlange de nedenfor anførte Minimalstyrker; det første Tal angiver Middelse styrken for 10 Sten, udtagne samtidig blandt de tilsyneladende svagest brændte, mens det andet Tal, som er $\frac{2}{3}$ af det første, betegner det absolute Minimum, som ingen af de 10 Sten maa komme ned under:

¹⁾ Stenenes Snitflader vendes modsat, hver til sin Side. Sammenmuringen foretages med sandfri Cementmørtel, og Fugen gøres saa tynd som mulig, hvilket forøger Styrken. Til Udjevning af Trykfladerne bruges samme Mørtel (Statsprøveanstalten) eller lige Vægtdele Cement og Sand. Tærningernes Styrke stiger noget med voxende Alder; Statsprøveanstalten prøver dem i en Alder af ca. 10 Dage.

²⁾ Luftkalk og Luftkalkmørtel S. 119.

³⁾ For Bagmuringsten kan Tallene f. Ex. være 130 og 158^{at}, for Klinker 382 og 639^{at}.

⁴⁾ Meget svage Sten kan endog vise sig stærkere med end uden Cementmørtelfugen.

	Minimalstyrke af 10 Sten	Absolut
	Gennemsnitlig	
Fuldbrændte Sten af enhver Art ¹⁾	150 ^{at}	100 ^{at}
Haardbrændte Sten I	225 ^{at}	150 ^{at}
Haardbrændte Sten II og Mergelklinker ²⁾	300 ^{at}	200 ^{at}

I vaad Tilstand kan de fuldbrændte Stens Styrke synke til Halvdelen af Styrken i tør Tilstand, mens Styrken af haard- og klinkbrændte Sten ikke påvirkes nævneværdig ³⁾.

925. Styrken af **Murværk** afhænger ikke blot af Stenene, men i lige saa høj en Grad af Mørtlen, Forbandtet og Udførelsen. Murværk i Kalkmørtel opnaar aldrig nogen stor Styrke, selv om Stenene er nok saa ypperlige, og omvendt kan man i høj Grad raade Bod paa at Stenene er daarligere ved at formure dem i Cementmørtel.

Er Stenstyrken (bestemt som ovenfor beskrevet) *S*, kan Styrken af **Murværk i Cementmørtel** sættes til $\frac{1}{2} S$ ved extra godt Forbandt og til $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{4} S$ ved almindeligt, godt Forbandt uden gennemgaaende lodrette Fuger. Regner man med den sidste Værdi og en Sikkerhedskoefficient af 3,75, altsaa med en Sikkerhedskoefficient af 15 i Forhold til Stenstyrken, bliver de tilladelige Belastninger for Murværk i Cementmørtel henholdsvis 10, 15 og 20^{at}, svarende til Sten af de ovenfor nævnte tre Styrkeklasser ⁴⁾.

¹⁾ F. Ex. Bagmuringsten, røde og gule, haand- eller maskinstrøgne Façadesten.

²⁾ Ved Bygningen af Christiansborg er man gaaet op til 400 og 267^{at} for Mergelklinker, hvilket Teglværkerne godt kan levere, men hvor man ikke overskrider de almindelige, tilladelige Belastninger er 300^{at} fuldt ud tilstrækkelig.

³⁾ For Sten (10 af hver Slags) fra Københavns Omegn er fundet:

	Tørre Sten			Vandmættede Sten		
	Middel	Min.	Max.	Middel	Min.	Max.
Røde, maskinformede	146	116	175	110	76	140
do., haandformede	148	126	187	116	71	171
Flammede	128	68	183	71	49	111
Gule, haardbrændte	196	150	226	192	147	236
Mergelklinker	255	170	314	257	208	318

(A. Ostfeld: Teknisk Elasticitetslære, 2' Udg., Side 325).

⁴⁾ Det preussiske Ministerium for offentlige Arbejder tillader ⁽²¹⁾, 1910: For alm. Murværk i Kalkmørtel (1 Maal Kalk + 3 Maal Sand) indtil 7^{at}, for haardbrændte Sten i Blandingsmørtel (1 Maal Cement + 2 Maal Kalk + 6 à 8 Maal Sand) 12—15^{at}, for Klinker i Cementmørtel (1 Maal Cement + 3 Maal Sand med Tilsætning af noget Kalkmælk) 20—30^{at}, for porøse Sten 3—6^{at}; de høje Spændinger maa kun bruges i Forbindelse med en omhyggelig Beregning.

¹⁾ Forslag til Bygningsvedtægt for København er fastsat:

	I	II	III
Murværk af alm. Mursten i Kalkmørtel	7 ^{at}	4 ^{at}	
do., do., Blandingsmørtel	8 ^{at}	5 ^{at}	
do., do., Cementmørtel	11 ^{at}	8 ^{at}	5 ^{at}
do., Klinker i Blandingsmørtel	11 ^{at}	8 ^{at}	5 ^{at}
do., do., Cementmørtel	20 ^{at}	15 ^{at}	10 ^{at}
do., Granitkvadere i Cementmørtel og Granitsojler	50 ^{at}	35 ^{at}	20 ^{at}
do., Sandstenskvadere i Cementmørtel, efter Haardheden	15—30 ^{at}	10—15 ^{at}	
do., haarde Kalkstenskv. i Cementm. og Marmorsøjler	20 ^{at}	15 ^{at}	
Beton af Granitkærver 1:3:6	18 ^{at}	14 ^{at}	
do., do., 1:4:8	14 ^{at}	10 ^{at}	
do., Murstenskærver 1:4:8	7 ^{at}	5 ^{at}	

Blandingsmørtlen forudsættes ikke at være særlig cementfattig.

Tallene under I gælder for Mure af mindst 45 cm Tykkelse og for Piller og Søjler, hvis mindste Tværmaal er mindst $\frac{1}{6}$ af Højden.

Tallene under II gælder for tyndere Mure og for Piller og Søjler, hvis mindste Tværmaal er mindst $\frac{1}{8}$ af Højden.

Tallene under III gælder for Piller og Søjler, hvis mindste Tværmaal er mindst $\frac{1}{12}$ af Højden samt (for murede Piller) mindst 33,5 cm.

For **Murværk i Kalkmørtel** sættes den tilladelige Belastning til 7^{at} uafhængig af Stenkvaliteten, da en stor Stenstyrke ikke kan gøre sig gældende i saa svag en Mørtel. Til Bedømmelse af den Sikkerhedsgrad man her har, skal anføres nogle Forsøg med 6 Murværkstærninger (30^{cm} Sidelinie) fra Christiansborg, udsavede 1908 ved Nedbrydningen af det gamle Murværk, der var opført omkring Aar 1733:

Første Revne ved:	38	40	49	53	55	62 ^{at}
Brud ved:	80	72	68	78	73	72 ^{at}

altsaa gennemsnitlig første Revne ved 50 og Brud ved 74^{at}). For nyopført Murværk skal man næppe paaregne højere Værdier end henholdsvis 20 og 30^{at}, uden Hensyn til om Murværket er mer eller mindre friskt; mellem Styrken efter 3 og efter 1 Maaned er der ingen paaviselig Forskel.

Styrken af Murværk i Cementmørtel er ogsaa kun i ringe Grad afhængig af Alderen.

Murværk i Cementmørtel knuses, uden at Fugerne forud viser noget Tegn til Ødelæggelse. Ved Murværk i Kalkmørtel begynder Mørtlen derimod paa et tidligt Tidspunkt at knuses og falde ud af Fugerne.

Murværks Styrke stiger, naar det er belastet under Hærdningen, og Styrken er navnlig stor for Murværk i Kalkmørtel²⁾.

Styrken aftager med voxende **Fugetykkelse**, selv om Mørtlen er stærk; dette fremgaar af følgende Forsøgsrække med to hele Mursten liggende ovenpaa hinanden:

Fugetykkelse	1	1,5	2	3	5 cm
Revnedannelse ved	181	156	132	106	54 at
Knusning ved	230	224	174	146	96 at ³⁾

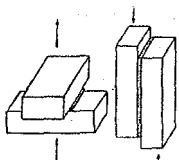


Fig. 235—36.

926. Stenenes **Adhæsionsevne til Kalkmørtel** kan bestemmes ved at sammenmure to Sten over Kors (Fig. 235) og efter en passende Hærdningstid trække dem fra hinanden ved et Træk normalt paa Fugen. Styrken er kun ca. 0,3^{at}).

Den tangentielle Adhæsion, bestemt som Fig. 236 viser, har en lignende Størrelse³⁾, mens den for Cementmørtel er 10 til 40 Gange saa stor.

927. Ved Genopførelsen af *Christiansborg* er der udført en Del **Knusningsforsøg med Mursten**, og Resultaterne findes nedenfor. For Bagmuringsssten og gule Façadesten var de forlangte Minimumstyrker 150 og 100^{at}, henholdsvis som Middeltal for 10 Sten og som absolut Minimum; for Klinker var de tilsvarende Tal 400 og 267^{at}. For hver 10 Sten bestemtes Middeldimensionerne og disses Ydergrænser var for Bagmuringsssten fra Frederiksholm: 22,3—23, 10,9—11,1,

¹⁾ 10 gamle Sten fra Slottet blev prøvede enkeltvis paa almindelig Maade og viste Brudstyrker mellem 109 og 291^{at}, i Middeltal 171^{at}.

²⁾ Se *Burchartz*: Luftkalk og Luftkalkmørtel, S. 132.

³⁾ Tallene er Middeltal af 10 Forsøg med 28 Døgn gamle *Legemer*; Mørtlen bestod af 1 Maal Cement + 1 Maal hydraulisk Kalk + 3 Maal Mursand, og dens Trykstyrke efter 28 Døgn Luft-hærdning, men iøvrigt behandlet efter Cementnormerne, var 254^{at} (*Burchartz*: Luftkalk og Luftkalkmørtel, S. 151 og 132).

⁴⁾ Blandt de Bagmuringsssten, hvis Styrke er angivet i § 927, bestemte Statsprøveanstalten Adhæsionsevnen for de med ¹⁾ og ²⁾ mærkede Sten. 20 Sten af hver Sort blev parvis sammenmurede over Kors og derefter henlagte ca. 100 Dage i Anstaltens Kælder. Mørtlen (københavnsk Maskinmørtel) indeholdt i tørret Tilstand 8% Kalkhydrat og i Indleveringstilstanden (med 8,8% Vand) 7,3% Kalkhydrat. Ved Benyttelsen forøgedes Vandindholdet til 18,9%. For Frederiksholm Stenene var Adhæsionsevnen 0,09—0,74 gennemsnitlig 0,31^{at}, for Maarum Stenene: 0,19—0,79, gennemsnitlig 0,29^{at}.

For kalkrigere Mørtel har *Burchartz* efter 1, 3 og 12 Maaneder fundet henholdsvis 0,8, 1,2 og 2^{at}.

⁵⁾ Efter 1, 3 og 12 Maaneder fandt *Burchartz* henholdsvis 1,0, 1,4 og 2^{at}.

5,5—5,6; fra Maarum: 23—23,4, 10,9—11,2, 5,1—5,3; fra Nivaagaard: 22,9—23,1, 10,9—11, 5,2—5,6. For Mergelklinker fra Frederiksholm: 21,9—22,6, 10,4—10,9, 5,2—5,5. Saa godt som alle Stenene bestod Frost- og Autoclavproven og gav meget lidt Udslag. Flere Styrketal findes i *Ingeniøren* 1907, Side 170.

Bagmuringsssten						Mergelklinker					
fra Frederiksholm			fra Maarum			fra Frederiksholm			fra s Andr. Rud. Petersen		
Middel	Min.	Max.	Middel	Min.	Max.	Middel	Min.	Max.	Middel	Min.	Max.
180	73	436	269	124	522	309	244	389	408	324	518
182	108	295	271	131	397	318	267	439	423	329	518
183 ¹⁾	147	213	282 ²⁾	210	383	340	254	441	485	357	584
192	135	262	311	195	436	341	294	408	505	401	601
200	119	251	375	262	526	359	249	425	fra Tjørnegaard		
213	129	244	390	236	606	368	295	425	336	216	446
225	169	264	473 ³⁾	312	675	392	293	515	495	423	578
227	146	280	fra Nivaagaard			395	331	446	fra Blovstrød		
228	159	305				406	296	566	531	308	587
228	172	393	271	174	485	419	254	626	fra Gule Façadesten ⁴⁾		
229	172	328	284	202	370	422	328	589	fra Frederiksholm		
249	160	386	295	206	412	446	274	722	205	160	340
264	204	380	300	224	443	454	381	563	238	156	309
277	228	375	300	245	434	458	321	624	254 ⁵⁾	199	333
278	173	418	347	245	434	466	350	589	308 ⁶⁾	293	454

5. Tilbøjelighed til Udblomstring.

928. Svagt brændte Sten vil ofte indeholde opløselige Salte, navnlig svovlsure (§ 891), der senere udblomstrer. Man kan udtage en Prøve fra Stenens Indre (der er svagest brændt), pulverisere den og koge den i destilleret Vand og ved Inddampning hestemme, hvormed den er gaaet i Opløsning⁷⁾. Denne Prøve har dog liden Værd, da Udblomstringens Styrke ikke staar i Forhold til Mængden af opløselige Salte, men er langt mere afhængig af Porenes Fordele, f. Ex. vil store Porer af flere Millimeter Diameter modvirke Udblomstringerne. En bedre Prøve er derfor at mætte Stenen med Vand og lade den tørre i Luften, hvorved eventuelle Udblomstringer viser sig.

e. Form.

929. For at Murstenene skal kunne samles i regelmæssigt Forbandt, maa Længden være lig med det dobbelte af Bredden plus en Fugetykkelse (Fig. 237). Stenenes Tykkelse spiller derimod ingen Rolle for det almindelige Forbandt, og det samme gælder de absolute Dimensioner, men da det er ubekvem, at hvert Teglværk holder sit Format, har de fleste Lande hver for sig vedtaget bestemte Normalformater.

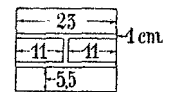


Fig. 237.

Det danske **Normal-Murstensmaal af 1896**, der nu er indført paa de fleste større Teglværker, er 23·11·5,5^{cm}; da Fugetykkelsen er ca.

Opløselige Salte: 0,24%, 10 Stens Vandindtagning i Vægtprocent: 15,5—17,6 (Middel: 17,0).
 Pen Sten skulde stærkt ved Frostproven. : 0,14%, 10 : 14,9—19,7 (: 17,8).
 Pen Sten skulde ved Autoclavproven.
 Disse Sten var haardbrændte.
 Hjørne under 1/2° (§ 927). Stenen deles efter de 3 Symmetriplaner i 8 Stykker, hvis Hjørne staas af og benyttes til Proven.

1 cm, har man altsaa $2 \cdot 11 + 1 = 23 \text{ cm}^1$. Formatet gælder for Façadesten af enhver Art, mens Bagmuringsssten kan være mindre²⁾; disse maa derimod aldrig være større, da Forskellen saa maatte udlignes ved at gøre Façadens Fuger tykkere, og man netop tilstræber at faa saa tynde Fuger som muligt.

Maalene gælder ikke for Mergelklinker, der gerne er mindre som Følge af Sammensintringen.

Selv Façadestenenes Dimensioner er altid noget variable, og ved Opførelsen af $\frac{1}{2}$ Stens Mur eller 1 Stens Mur kan derfor kun den ene Flade blive plan, mens den anden bliver mer eller mindre ujævn; en Mur, der ikke skal pudses, men fuges paa begge Sider, maa mindst være $1\frac{1}{2}$ Sten tyk, saa at der ingen gennemgaaende Sten bliver³⁾.

930. Ved Siden af Normalformatet gaar ogsaa de gamle, store⁴⁾ **Munkesten** i Handelen, men de er **vanskelige at tørre og gennembrænde** og tunge at haandtere og bruges derfor kun, hvor man ønsker at give Murværket et middelalderligt Præg.

Førend de almindelige, glatte Mursten fremstilles ogsaa Mursten med bølgeformede **Rifler** i Sidefladerne, hvorved disse bliver særlig egnede til at fastholde et tyndt Pudslag⁵⁾.

931. Undertiden **gennemhuller** man Stenene, hvorved de bliver lettere og mere isolerende, og samtidig bliver de bedre gennembrændte, saa Styrken forringes ikke saa meget, som man skulde vente.

Hullerne kan løbe paa langs af Stenen (Fig. 247), der da kun kan bruges som Løber, og saadanne Sten anvendes til lette Mure og til lette Hvelvinger mellem Jærndragere samt til Mure, der skal være særlig lune. Normalformatet er temmelig lille til at gennemhulles paa denne Maade, og Stenene gøres derfor ofte 12 cm tykke, saa de svarer til 2 Normalsten + 1 Fuge (Fig. 238), mens de øvrige Dimensioner er de normale⁶⁾.

Skal Muren ogsaa have Bindere, maa disse være massive eller lodret gennemhullede eller gennemhullede efter Bredden.

Gesimssten er lange rørformede Sten, der bruges som Bindere i langt udragende Gesimser (Fig. 239)⁷⁾.

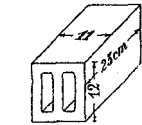


Fig. 238.

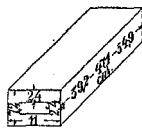


Fig. 239.

Lodret gennemhullede Sten (Fig. 246) er

stærkere end vandret gennemhullede og kan bruges baade som Løbere og Bindere, men de sluger temmelig megen Mørtel, da en Del gaar ned i Hullerne.

¹⁾ Hvis Tykkelsen var bleven sat til 5 cm, havde man opnaaet, at et Rulskifte (o: et Skifte paa Højkant) og to almindelige Skifter fik samme Højde, mens et Rulskifte nu maa gennemføres i hele Murens Tykkelse. Dette Hensyn tager dog kun det østrigske Normalformat. Det tyske Normalformat er betydelig større end det danske, nemlig $25 \cdot 12 \cdot 6,5 \text{ cm}$.

²⁾ Indtil $22,6 \cdot 10,8 \cdot 3,3 \text{ cm}$. Om de faktiske Dimensioner se § 927.

³⁾ Naar man anvender Sten af Normalformat og 1 cm tykke Fuger, bliver Murtykkelserne udtrykt i cm:

Antal Sten	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$	2	$2\frac{1}{2}$	3	$3\frac{1}{2}$	4	$4\frac{1}{2}$
Tykkelse i cm	11	23	35	47	59	71	83	95	107

⁴⁾ f. Ex. $29 \cdot 14 \cdot 8$ eller $31 \cdot 15 \cdot 10 \text{ cm}$.

⁵⁾ De fremstilles paa Gl. Antvorskov Teglværk ved Slagelse.

⁶⁾ Disse hule Dobbelsten fremstilles paa Knabstrup Teglværk som Bagmuringsssten og gule Façadesten.

⁷⁾ Lignende Sten, men med 2 Kanaler og 102 cm lange, oplægges undertiden mellem Jærnhjelker i Stedet for en hvelvet Kappe.

Denne Gennemhulningsmaade bruges navnlig til Skalmuringssten (Fig. 243) og Skorstenssten (Fig. 240-1)¹⁾.

I Stedet for at gennemhulle Stenene kan man ogsaa faa dem lette ved at blande Leret med Tørv, Savsmuld eller Kokksmuld, der brænder bort, saa at Massen bliver stærkt porøs og faar ringe Styrke. Disse **porøse Sten** bruges til Karnapper, Hvelvinger og lette Vægge, der ikke er udsatte for Fugtighed²⁾.

932. Ved **Skillerumssten** forstaar man Bagmuringsssten, der er ca. 16 cm brede; de bruges til Indermure, som man hverken vil gøre $\frac{1}{2}$ eller $\frac{1}{4}$ Sten tykke.

Kilesten med trapezformet Tvær- eller Længdesnit bruges til saadanne Hvelvinger, hvis Radius er mindre end 10 Gange Tykkelsen, naar Forbruget er saa stort, at det ikke kan betale sig at tilslibe almindelige Mursten.

Brøndsten af Form som Cirkelringsektorer bruges til Opmuring af runde Brønde.

Radialsten (Fig. 240—41) med trapezformet vandret Snit bruges til runde Skorsten og er gerne lodret gennemhullede, hvorved Mørtlen faar bedre fat i Stenene, saa at Skorstens Bøjningsstyrke forøges. De faas baade som Façadesten og Bagmuringsssten og skal i hægge Tilfælde være haardbrændte³⁾.

Ved **Formsten** forstaar man Sten af en mere dekorativ Form end den normale. De bruges til runde Hjørner, Saalbænke, Gesimser, Baand og Indfatning om Vinduer. De fremstilles ofte efter særlig Tegning.

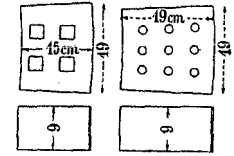


Fig. 240.

Fig. 241.

7. Leveringsbetingelser og Anvendelse.

933. Vil man foretage en rationel Undersøgelse af en Stenleverance, maa man udtage de svagest brændte Sten og underkaste dem de tidligere nævnte Prøver for Knusningsstyrke, Porøsitet, Frostfasthed og Udblomstringstilbøjelighed samt for læskningsdygtig Kalk. Ved Udbydelse af større Leverancer bør man foreskrive en Minimumstyrke (se § 924), hvilket alfor ofte forsømmes. Som Regel forlanges Prøvesten tilsendt som Norm for Leveringen. Som Eksempel paa Leveringsbetingelser skal iøvrigt anføres:

Samtlige Sten skal være velbehandlede Teglværksprodukter, fuldbrændte, klangfulde, fuldantede, frostfaste, fri for Kalk- og Flintkorn og af et ensartet, strukturfrit Brud; de maa kun give svage Udblomstringer.

Murstenene skal holde det danske Murstensmaal af 1896, henholdsvis for Façadesten og Bagmuringsssten, mens Mergelklinkernes Længde, Bredder og Tykkelse kan være indtil 12, 6 og 3 mm mindre end Façadestenenes⁴⁾.

Ikke over $2\frac{1}{2}\%$ Sten af hvert Læs maa være knækkede. Sten, der er vaade af Søvand, modtages ikke (da de aldrig bliver tørre igen).

Røde Façadesten skal være haardt brændte, uden Hensyn til, at Farven derved bliver mindre ensartet; Sorteringen skal gaa ud paa at fjerne skæve, krumme og ufuldstændigt brændte Sten.

Glaserede Skalmuringssten skal være haardt brændte og have et tæt Brud; Farven skal være blødt og Glasuren tæt og blank.

Ved Modtagelsen stables Murarbejdsmændene Stenene i Stabler, saa de let kan tælles. For Façadestenenes Vedkommende lægges der Halm mellem Lagene⁵⁾.

¹⁾ Murværk af hule eller porøse Sten i Kalkmørtel regnes gerne at veje 1200 kg/m^3 .

²⁾ Den konvexe Flade er altid $19 \cdot 9 \text{ cm}$, mens Stenens Dybde varierer fra 13 til 28 cm efter Skorstensens Diameter.

³⁾ Ved Genopførelsen af Christiansborg var Tolerancen kun 6, 3 og 3 mm.

⁴⁾ Undertiden tillades 5%.

⁵⁾ Af de almindelige Mursten tilvirkes Størsteparten her i Landet, kun en mindre Del indføres fra Hveen, Egnen og Kristianiafjord og Flensborg (hvor Teglværksindustrien fra gammel Tid har staaet meget højt). Paa Danmarks ca. 500 Teglværker produceres aarlig omkring 600 Millioner Mursten.

934. Mursten bruges hovedsagelig i Husbygningen, hvortil deres Billighed og Porositet gør dem godt egnet. Paa særlig udsatte Steder, som Husets Sokkel, staar de sig ikke, men stødes i Stykker ved Færdslen og sprænges af Frost, og Sokkelen beklædes derfor ofte med Granit. For at Jordfugtigheden ikke skal suges op i Bygningen gennem de porøse Sten, maa der indlægges et vandstandsende Lag over Sokkelen, ligesom Kældermurværk maa isoleres mod den til Jorden vendende Side. Hvis Regnen faar Lov at trænge ned fra oven i Murværkets Fuger, vil Frostene sprænge Stenene fra hverandre, og Muren maa derfor afdækkes med et tæt Materiale som Natursten eller Betonsten i lange Stykker, altsaa med faa Fuger, eller Tagsten.

Hvælvinger over Kloaker bliver af Hensyn til Tætheden ikke murede i almindeligt Hvælvingsforbandt, men som $\frac{1}{2}$ Stens Hvælvinger med en gennemgaaende tæt Mørtelfuge imellem.

Stenene formures hyppigst i Kalkmørtel, kun hvor man vil undgaa Sætninger, eller hvor der stilles særlige Krav til Styrken, bruges Blandings- eller Cementmørtel. Det er i alle Tilfælde godt at mure med vaade Sten, navnlig hvis Vejret er varmt.

Murstensskærver bruges undertiden til Beton samt til Underlag i Gangstier¹⁾

b. Klinker.

935. Ved Klinker forstaar man Sten, der er fuldstændig sammensintrede, saa de ikke opsuger Vand (§ 892)²⁾. Trykker man en Klinker mod Tungen, klæber den ikke saaledes som en porøs Sten, hvis Haarrør suger Spytet til sig. Klinker adskiller sig ogsaa fra porøse Sten ved at være mere syrefaste.

De fremstilles af forholdsvis rent Ler, der har et højt Smeltepunkt, men som dog indeholder saa mange Urenheder, at Massen bliver fuldstændig sintret ved en lavere Temperatur.

Som tidligere nævnt kan der ikke brændes Klinker af det danske Rødder, og **Mergelklinkerne** (§ 914-16) er ofte revnede og af mangelfuld Form, saa de ikke kan bruges til Murværk, hvis Sten skal staa synlige. Derimod finder de stor Anvendelse i Husbygningen til Kældermure og Isoleringsslag³⁾ samt til stærkt belastet Murværk⁴⁾. Styrken er omtalt i § 923-7, Leveringsbetingelser i § 933.

936. Paa Bornholm, i Høganæs og Skromberga brændes derimod Klinker af de kalkfrie, halvildfaste Lersorter (§ 895), og disse Klinker, hvis Farve er graaug til mørkebrun, har et fuldkommen tæt og stentøjsagtigt Brud, regelmæssig Form og høj Klang og er meget haarde og mindst dobbelt saa stærke som Mergelklinkerne⁵⁾.

¹⁾ f. Ex. i et 8 cm tykt Lag, dækket af 3 cm Gangstigrus.

²⁾ Grænsen mellem porøse Lervarer og Klinker (Stentøj) sættes gerne ved en Vandoptagelse af enten 2 eller 5 Vægtprocent.

³⁾ Kældermure kan f. Ex. opføres af 2 Skifter Klinker ovenpaa Betonfundamentet, derpaa et Lag kunstig Asfalt, atter 2 Skifter Klinker og saa flammede Sten med Klinkerbeklædning paa Jordsiden. Fra Overkant af Fundament til Underkant af Sokkel berappes Muren udvendigt i Blandingsmørtel, der stryges med kunstig Asfalt, hvorefter Muren pudses i Blandingsmørtel.

⁴⁾ Naar de undtagelsesvis bruges til fuget Mur, maa de sorteres meget stærkt, og Prisen, der normalt er 26—28 Kr. pr. 1000, stiger da til ca. 35 Kr. Disse sorterede Klinker svarer nærmest til 2^o Sort af de bornholmske.

⁵⁾ Skromberga Klinker har $S_c = 850-1440$ at, og man har Klinker, der er langt stærkere; Berlinerlaboratoriet har saaledes i et enkelt Tilfælde fundet $S_c = 4640$ at for et terningsformet Prøvelegeme (4 cm Sidelinie) uden Mørtel (Mitth. 1909, Side 397).

Disse Klinker bruges i Stedet for Granit til Beklædning af Kajmure og Piller i Vand- og Brobygningen¹⁾ og til Belægning af Fortøve.

Klinker revner lettere end porøse Sten, naar de udsættes for stærke Temperaturvariationer, men staar sig dog langt bedre mod Ild, end Granit (§ 802). De formures altid i Cementmørtel eller Blandingsmørtel, da Kalkmørtel ikke hærdner mellem de uporøse Sten.

Klinker er meget slidfaste (de staar mellem Granit og Kalksten (§ 790)) og bruges til Brolægning af Kørebane i Lande som Holland og Oldenburg, hvor Natursten mangler. Til denne Anvendelse kræves særlig seje Klinker, der taaler Færdslen uden at stødes i Stykker. De maa derfor afkøles meget langsomt, og Leret maa være af en særlig Beskaffenhed.

Til Guly- og Fortovsbelægning bruges Klinker i de fleste Lande, og det er navnlig paa denne Maade, at de bornholmske og svenske Klinker anvendes i Danmark, hvorom nærmere under Fliser (§ 943-6).

c. Skalmuringssten.

937. Af arkitektoniske Grunde bliver Façader undertiden beklædte med Sten af særlig fin Beskaffenhed. De fremstilles af Ler, der faar en smuk Farve ved Brændingen, og som taaler en høj Brændingstemperatur, saa de bliver meget tætte, frostfaste og uimodtagelige for Snavs; undertiden glaseres de. Leret maa ofte gennemgaa omfattende Homogeniseringsprocesser, og for

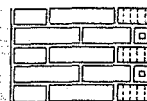


Fig. 242.

at Formæn skal blive absolut regelmæssig og Størrelsen den rette, bliver Stenene undertiden efterpresede, naar de ved Tørring er bragt i en læderhaard Tilstand. For at spare Materiale gøres Stenene hule, og de Sten, der i det ydre fremtræder som Bindere (Kopper), gaar kun $\frac{1}{4}$ eller $\frac{1}{2}$ Sten ind i Muren (Fig. 242). Da Stenenes Flader er meget glatte,

forsynes Lejeffladerne ofte med Riller for at forøge Mørtlens AdhæSION.

Paa Frederiksholms Teglværk fremstilles Skalmuringssten af bornholmsk Ler (§ 894-5). De er gulbrune og faas som lodret gennemhullede Løbere af Normalformat (Fig. 243) og vandret gennemhullede $\frac{1}{4}$ og $\frac{1}{2}$ Stens Kopper (Fig. 244—45); foruden de uglaserede, fabrikeres ogsaa glaserede i alle mulige Farver²⁾.

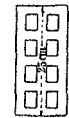


Fig. 243.



Fig. 244—45.

d. Molersten.

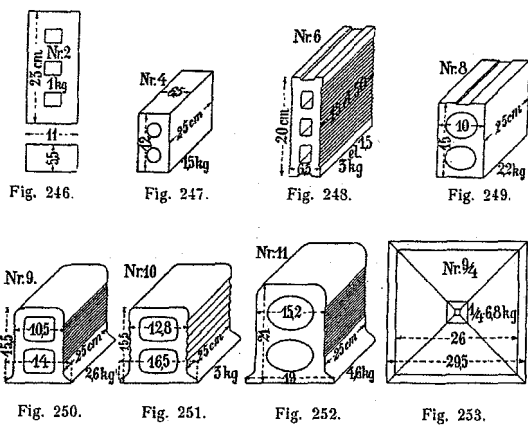
938. Af det i § 845 omtalte Moler fremstilles Sten til forskellig Brug. De er gulrøde, meget porøse og lette (Vægtfylden er ca. 1) og har dog en Gennemsnitsstyrke af 156 at. De egner sig derfor til lette Hvælvinger og belastede Vægge, der selv skal bæres, men ikke til Façadesten, da de er stærkt vand-sugende og ikke frostfaste.

I Ildfasthed staar de paa Højde med almindelige Mursten: de taaler en Temperatur af ca. 1100°, og deres varmeisolerende Evne er væsentlig større end almindelige Murstens og ildfaste Stens, hvorfor de er udmærkede til Indmuring af Dampkedler³⁾ og til Isolering af Varmekamre, Iskældere o. lign.

¹⁾ Gule Skromberga Façadeklinker (21,5 · 10,3 · 5 cm) koster Kr. 85 pr. 1000. Til Knippelsbro Piller er brugt Mergelklinker fra Frederiksholm Teglværk med Beklædning af Hasle Klinker.

²⁾ De brændes i Muffelovn ved 1000—1100°. I Skromberga fremstilles engoberede Skalmuringssten. Om Leveringsbetingelser for Skalmuringssten se § 933.

³⁾ Saaledes er de benyttede paa Sundholm. Trækkanalerne maa udføres med ildfaste Sten.



skræet for Enderne og stille 4 Stykker løst sammen, en Fremgangsmaade som bruges ved krydsarmerede Plader. Stenenes Vægt er paaskrevet Figureerne¹⁾.

3. Tagsten.

939. Tagsten maa være tynde²⁾, for at Tagkonstruktionen ikke skal blive for svær, og de maa tillige være saa uigennemtrængelige for Vand, at dette ikke drypper fra Bagsiden. Det er navnlig Overfladen, der skal være tæt, mens Bagmassen gerne maa være porøs, for at Stenen ikke skal blive for god en Varmeleder; desuden maa Overfladen være saa glat som mulig, for at Vandet hurtigt kan løbe af. Baade Tæthed og Glathed forøges ved Glasering (§ 911).

Tegltagsten er et billigere Tækkemateriale end Skifer, naar de da ikke er glaserede, men der er den Ulempe ved dem, at de skal vedligeholdes med Understrygning.

Uglaserede Sten er hyppigst røde³⁾, men faas ogsaa graa og blaasorte; glaserede Sten leveres i næsten alle Farver.

Tagsten er som Følge af deres Beliggenhed langt mere udsatte for at ødelægges af Frost end Mursten og kræver derfor en særlig omhyggelig Fabrikation. Leret maa være ganske frit for grovere Urenheder og ikke for magert, da Stenene saa bliver skøre og porøse; det danske Mergeller, der brænder sig gult, kan ikke bruges paa Grund af dets Porøsitet. Stenene maa altid være fuldbændte af Hensyn til Styrken og Frostfastheden⁴⁾.

Tagsten hænges løst op paa Lægter, idet de paa Bagsiden er forsynede med en Knast, Nakken, der forhindrer Nedglidning. Efter Oplægningen tættes Fu-

¹⁾ Prisen pr. 1000 Sten er for Nr. 1 (dansk Normalformat, Vægt 1,3 kg): Kr. 30, for Nr. 2: Kr. 28, for Nr. 3 (tysk Normalformat, Vægt 1,85 kg): Kr. 40, for Nr. 4: Kr. 38, for Nr. 5 (svarer til Nr. 4, men 15 × 7,5 × 30 cm, Vægt 2,6 kg): Kr. 60, for Nr. 6: Kr. 45 eller 100, for Nr. 7 (svarer til Nr. 8, men 20 × 11 × 23 cm og uden Not, Vægt 2,8 kg): Kr. 90, for Nr. 8: Kr. 70, for Nr. 9: Kr. 85, for Nr. 10: Kr. 105, for Nr. 11: Kr. 180, for Nr. 9/4: Kr. 240/4. Stenene fremstilles paa Frederiksholms Teglværk.

²⁾ Tykkelsen er gennemsnitlig 1,5 cm.

³⁾ Undertiden engoberes Stenene med rødt Ler, naar deres naturlige Farve ikke er tilfredsstillende.

⁴⁾ I Leveringsbetingelser indskrænker man sig ofte til at forlange, at Stenene skal være frostfaste, fuldbændte og velforarbejdede.

gerne indefra med Kalkmørtel blandet med Fæhaar; Cement maa ikke tilsættes, da Mørtlen derved bliver for stærk og binder Stenene sammen til een Flade, saa at disse revner paa langs ved Temperaturvariationer¹⁾.

940. Tagsten fremstilles i mange forskellige Former.

I Danmark har tidligere den **hollandske Form** været mest benyttet (Fig. 254).

Stenene oplægges saaledes, at de i Længderetningen overdækker hinanden 5—8 cm, mens i Sideretningen den nedadbøjede Kant lægges over Nabostenens opstaaende Kant²⁾.

Til Dækning af Tagrygge og Grater benyttes **Rygningssten** (Fig. 261—3)³⁾.

Plane Tagsten, Bæverhaler, bruges meget i Tyskland (Fig. 255). Det er aflange Plader, hvis nederste Kant er afrundet eller tilspidset, for at Vandet kan samle sig i Midten og dryppe af. I Sideretningen støder de stumpet til hinanden, og af Hensyn til Tætheden maa de derfor lægges i et dobbelt Lag. Denne

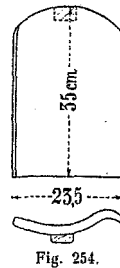


Fig. 254.



Fig. 255.

Tækkemaade staar tilbage for den hollandske, bl. a. fordi Vandet suges ind i de tynde Fuger ved Haarrørskraften⁴⁾.

I Stedet for de beskrevne Sten bruges nu mere og mere **Falstagsten**, der langs alle 4 Sider griber ind i hverandre, saaledes at man, tilrods for at Overdækningen er ringere end ved den hollandske Form, faar et tættere Tag, hvis Understrygning kræver liden Vedligeholdelse, da Mørtlen paa Grund af Fugernes Form sidder godt fast. Mens almindelige Tagsten daarlig kan bruges til Tage, hvis Rygningsvinkel er over 90°, kan man med Falstagsten gaa til 120°⁵⁾.

Fig. 256—63 viser forskellige, danske Former af røde Falstagsten.

Glaserede Falstagsten i mange forskellige Former og Farver indføres hovedsagelig fra Holland og Tyskland⁶⁾. De er gerne fremstillede af særlig godt Ler, der kun i ringe Grad kaster sig under Brændingen, saa at Stenene er mere regelmæssige end de danske.

¹⁾ En Tilsætning af hydraulisk Kalk (§ 1215) er mindre farlig.

²⁾ Stenene er gerne 35 cm lange og 23,5 cm brede. Danske, røde Sten koster Kr. 60—75 pr. 1000, hollandske, blaadampede Sten Kr. 100. De kan formes paa Maskine, idet de kommer ud af Mundstykket paa Pladen, og Staaltraaden, der afskærer dem, føres maskinelt saaledes, at Hånden bliver buet; Afskæreapparatet besørger ogsaa Nakkens Forming. De tørres paa en Træblok, hvis Overflade svarer til Stenens Underflade. I Reglen passerer Leret først en Forrelter og derpaa et Valseværk, der presser det ud paa Afskærebordet gennem Formhullet. Stenene brændes enten i periodiske Ovne (§ 908) eller i Ringovne og i sidste Tilfælde sammen med Mursten, saaledes at disse anbringes i den underste Del af Ovnen og omkring Fyrshakterne, mens Tagstenene lægges øverst, hvor Trykket er ringere.

³⁾ Deres Pris er gerne dobbelt saa stor som de tilsvarende almindelige Stens. De formes med Hånden, idet der først indenfor en Træramme formes en Plade af saa stift Ler, at den med Hænderne kan løftes over i en hul Form, svarende til Stenens Yderside; her formes Nakken, og et Træstykke, der svarer til Stenens indvendige Runding, lægges ovenpaa, det Hele vendes, Formen tages af, og Stenen hæres paa Træstykket hen til Tørreroelen, hvor Træstykket trækkes ud saa at Stenen tørrer staaende som en Bue.

⁴⁾ Bæverhaler formes enten paa Maskine eller ved Haandstrygning; i sidste Tilfælde bestaar Formen af Baandjern, og Nakken paasættes særskilt.

⁵⁾ Ved Fabrikationen deles Lerstrængen, naar den kommer ud af Forrelteren, ved udspændte Træde i tynde Skiver, der formes i Skrueslagpresser eller Spindelpresser mellem Stempler forede med Gibs; derefter tørres de paa Træforme. Nogle Falstagsten har dog kun Fals langs Længdesiden og kan derfor fremstilles paa Murstensmaskine. Da det er meget vigtigt, at Stenene ikke kaster sig ved Brændingen, kræver de bedre Ler end alm. Tagsten. Stenene er 35—43 cm lange, 23—25 cm brede og 1,0—1,5 cm tykke. Vægten af et Tag excl. Hovedspær regnes gerne til 85 kg pr. m² Tagflade (for alm. Tagsten derimod 85 kg).

⁶⁾ Ex. Ludowici Tagsten fra Bayern, Briesnitzer Tagsten. Glasuren paa Overfladen skal naturligvis være ubeskadiget, derimod kan det vistnok vanskeligt undgaaes, at Kanterne er lidt beskadigede.

941. Tagsten undersøges paa samme Maade som Mursten, idet man dog i Stedet for Knusningsstyrken bestemmer Bøjningsstyrken, overensstemmende med at Stenene i Praxis paavirkes til Bøjning. Paa Stenens Underside støbes til Lister af Gibs eller ren Cement, 20 eller 30^{cm} fra hinanden, og en lignende Liste støbes midt imellem dem paa Oversiden. Paa denne Liste udøves Tryk- ket, mens Stenen hviler paa de to andre, og Brudbelastningen opgives i kg.

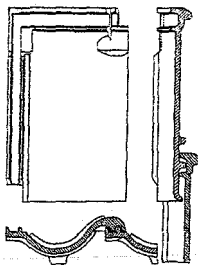


Fig. 256. Hollandsk Model.

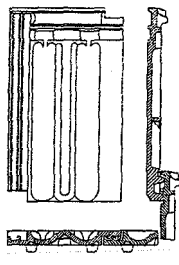


Fig. 257. Flad Model.

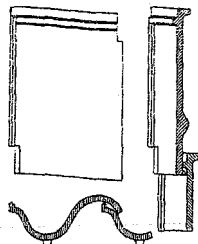


Fig. 258. Munkesten.

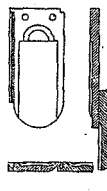


Fig. 259. Taarnsten.

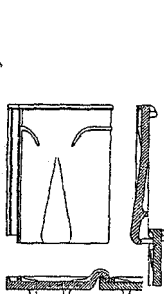


Fig. 260. Frederiksholms Model.

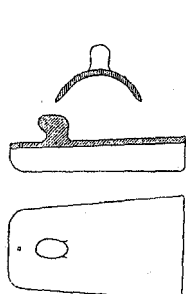


Fig. 261. Rygningssten til Fig. 260.

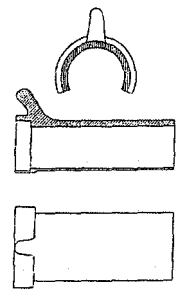


Fig. 262. Rygningssten til Fig. 259.

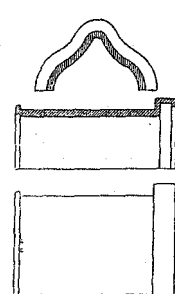


Fig. 263. Rygningssten til Fig. 256, 257 og 258.

Af stor Betydning for Anvendelsen er Stenenes Gennemtrængelighed for Vand. Den bestemmes ved af 6 Sten at udlage Prøvestykker af en saadan Størrelse (ca. 10^{cm} i Kvadrat), at de hver kan optage 20—25^{cm}³ Vand. Midt paa disse Stykkers Overflade paakittes et Glas- eller Messingrør, 20^{cm} højt og 10^{cm}² i Tværsnit, og samtidig parafineres Stykkets Brudflader, saa der ikke kan trænge Vand ud den Vej. Derpaa fyldes 10^{cm}³ Vand i Røret, og man iagttager den Tid, der medgaar, indtil de er indslugede; saa fyldes der atter Vand i Røret (10—15^{cm}³), og man ser, hvorklængde det varer, inden Stenens Underside bliver vaad, og inden der viser sig Draaber. Hvis der i Løbet af 6 Timer finder Gennemdrypning Sted, er Stenen ikke egnet til Brug.

¹⁾ Svarer omtrent til Kählers ny Model.

²⁾ De gamle Munkesten havde Form omtrent som Fig. 261; Halvdelen, Nonnerne, lagdes med Hulheden opad, saa de dannede Render, mens den anden Halvdel, Munkene, lagdes omvendt, dækkende de forstes Rande.

4. Fliser.

942. Fliser er flade Sten, der bruges til Belægning af Fortove og Gulve og til Beklædning af Vægge. De fremstilles ved Presning.

a. Gulv- og Fortovsfliser.

943. Gulv- og Fortovsfliser skal være haarde for ikke at slides og seige for ikke at knække. I Sammenligning med Beton er de mere slidfaste og navnlig langt mere syrefaste; i Bryggerier, Sukkergogier, Akkumulatortrum og andre Steder, hvor der spildes Vædske, der angriber Beton, bruges derfor Flisegulve (Klinkergulve), skønt disse er ca. dobbelt saa dyre som Betongulve.

Fliserne er ofte forsynede med indpressede Riller eller Mønstre, dels for at ligge fast¹⁾, dels for ikke at være for glatte at gaa paa, samt for Udseendet Skyld. Mønstrets Beskaffenhed er uden Indflydelse paa Prisen. Til Gulve, hvor der er Færdsel med meget snavset Fodtøj, er saadanne Riller ikke heldige, da de er svære at holde rene, derimod gør de god Nytte paa rene, men vaade, Gulve ved at optage Vandet. Fliserne er hyppigst kvadratiske med 14—31,4^{cm} Sidelinie eller rektangulære af Form som et halvt Kvadrat. Tykkelsen afhænger af Færdsels Karakter, Gulvfliser er gerne 1,5—3^{cm} tykke, Fortovsfliser 3—5,2^{cm}. Af Hensyn til Slidfastheden er Fliserne enten haard- eller klinkbrændte; en Undtagelse danner de saakaldte **Tegfliser**, der presses af samme Ler, som bruges til Mursten, og slides meget stærkt, hvorfor de kun finder ringe Anvendelse og mest til Kirkegulve²⁾. De mere slidfaste Fliser kan inddeles i simple og finere.

a. Simple Fliser.

944. Til simple Fliser regnes her Fliser til Fortove og Fabriksrum, hvor Udseendet spiller en underordnet Rolle. Tykkelsen er mindst 3^{cm}. Leret formes i vaad Tilstand ved et meget stærkt Pres, der driver den indesluttede Luft vandret ud og gør Flisen **lagdelt**, hvilket kan ses paa en Brudflade. Er det øverste eller underste Lag tyndt, kan den tiloversblevne Luft under det presse del op i en **Bule** under Brændingen, og i saa Fald maa Flisen kasseres, men det er ikke altid, at en luftfyldt Revne nær Overfladen røber sig paa denne Maade, og den giver sig da først tilkende under Brugen, ved at det overliggende knuses. De derved opstaaende Fordybninger er gerne paa Størrelse med en Tokrone og kan meget ofte ses paa Gaderne.

Fliseres Form varierer paa de forskellige Fabrikker, dog faas de alle i **Ironbrickformatet** (330—264—67). Ironbricks var oprindeligt Navnet paa et bestemt engelsk Fabrikat, men er nu gaaet over til at være Handelsbetegnelse for alle Fliser af Formatet ca. 30·15^{cm}.

945. En Mængde af de herhen høvede Fliser kommer fra **Skromberga**³⁾, hvor der baade findes Kul, Klinkerler og ildfast Ler af fortrinlig Kvalitet (§ 895). Hovedproduktet er ganske lyst af en kold, graagul Farve, men der fremkommer

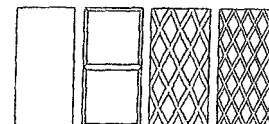


Fig. 264. Fig. 265. Fig. 266. Fig. 267.

³⁾ Fortovsfliser lægges paa et stampet Sandfundament med et tyndt Dæklag af løst Sand, og Fliserne trykkes fast. Gulvfliser lægges i Cementmørtel paa et 10^{cm} tykt Betonfundament. Fra **Renberg** (Flensborg) indføres en Del af Størrelse 21,5·21,5·5,5^{cm}: Gule, kvadratiske koster Kr. 4,40 pr. m²; graa, kvadratiske koster Kr. 5,28 pr. m²; gule, ottekantede med graa koster Kr. 7,04 pr. m². Ved Ekeby i Skaane.

Sexkantede, hvide og sorte, 16 · 16 · 2 cm til 6,50 Kr./m²;

Ottekantede, hvide og gule med røde, sorte eller brune Tærner, 20 · 20 · 2¹/₂ cm til 6,60 Kr./m² og 16 · 16 · 2 cm til 6,50 Kr./m².

Alle Gulvfliserne er glatte, dog kan de kvadratiske mod 50 Øres Tillæg faas i romersk Imitation ³: med uregelmæssigt forløbende Smaafurer indpresset i Overfladen, der derved faar et terrazzo- eller mosaikagtigt Præg.

Ganske lignende Værelsesfliser leveres af **Utzschneider & Ed. Jaunez** i Zahna mellem Berlin og Dresden: fra denne Fabrik faas ogsaa de ovennævnte kvadratiske Gulvfliser kun ikke i romersk Imitation samt af Trottoirfliser:

Gule, 16 · 16 · 3,5 cm (Fig. 274), 14 · 14 · 3,5 cm (Fig. 274) og 16 · 16 · 3 cm (Fig. 273 og 275) til 6,00 Kr./m². Sorte, 16 · 16 · 3 cm (Fig. 273 og 275) til 6,40 Kr./m².

951. Sintrede Fliser fremstilles ved Tørpresning af slæmmet Ler blandet med Feldspat og Kvarts og er som Regel kunstig farvede ved Tilsætning af Metalliter; for at blive slidfaste maa de brændes i Hvidglødhede, saa de sintrer helt sammen og faar et flintagtigt Brud. De er ganske uimodtagelige for Fugtighed og Fedtstoffer og egner sig derfor til Brug i Køkkener og Maskinrum, da de holder sig pleffri. Overfladen er meget glat og i Reglen plan, men skal Fliserne bruges til Fortovsbelægning i det fri eller andre Steder, hvor deres Glathed kan blive farlig, bør de være riflede. Slidfastheden er ca. 4 Gange saa stor som de haardbrændtes. Man kan skelne mellem belagte Fliser og gennemfarvede Fliser.

952. I de belagte Fliser, der gerne henævnes Mettlacher Fliser, er kun Overfladen farvet i en Dybde af 2—4 mm¹⁾, mens Bagmassen er af simplere Ler. Overfladen kan enten være eenfarvet uden Mønster eller flerfarvet mønstret, i sidste Tilfælde benævnes Fliserne Mosaikfliser. Ved Fremstilling af en trefarvet Mosaikfliser som Fig. 276 a (lad den være sort, hvid og graa) bruges en Form, hvis Bund svarer til Flisens Overflade; i denne Form lægges en Zinkskabelon, b, sammenloddet af tynde Strimler, der skiller de enkelte Farver fra hverandre²⁾; ovenpaa den saaledes inddelte Form lægges Pladen c, gennem hvis Huller det sorte Ler ifyldes, hvorefter den ombyttes med Plade d, der har Udskæ-

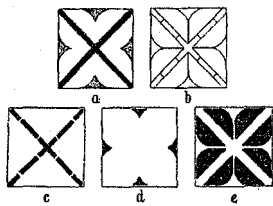


Fig. 276.

ringer for det graa Ler, og tilsidst ifyldes det hvide Ler gennem Plade e; derpaa trækkes Zinkskabelonen op, og efter at Formen er fyldt med Bagmassen, underkastes det hele et stærkt Pres.

De ægte Mettlacher Fliser fra **Villeroy & Boch** i Mettlach, syd for Trier, har en Bøjningsstyrke af 219—291 at; de i Vand opløselige Salte er 0,09 % Vandoptagelsen efter 150 Timers Neddypning højst 0,2 %; Haardheden er 9, og Sliddet, bestemt paa Bauschingers Skive (608 m Vej), er 9,6 z eller 4,0 cm³. De faas i følgende Former:

Hvidgraa Trottoirs, 17 · 17 cm, med Overfladen delt i 16 kvadratiske Felter eller riflet diagonalt eller normalt koster i 2, 3 og 4 cm Tykkelse henholdsvis 7,61, 9,26 og 12,70 Kr./m²; den mellemste Tykkelse faas ogsaa med 4 eller 8 Felter.

Tofarvede Trottoirs, 17 · 17 · 3 cm, diagonalt rifede, koster 12,70 Kr./m². Kvadratiske Gulvfliser, 15 · 15 · 1,5 cm, faas røde og brune (6,60 Kr./m²); sorte, hvide, graa og gule (7,61); sorte og hvide i romersk Imitation (8,12); blaa og grønne (9,52 Kr./m²).

Hvide, ottetkantede Gulvfliser, 17 · 17 · 1,5 cm, faas med sorte, graa, røde eller brune Tærner (7,61 Kr./m²); med blaa eller grønne Tærner (8,89); i romersk Imitation med sorte Tærner (8,12 Kr./m²). Mosaikfliserne er 17 · 17 · 2 cm og faas i over tusinde forskellige Mønstre til en Pris af 10,15—14,60 Kr./m².

Sinzig Fliser fra **Sinziger Mosaikplatten- und Thonwarenfabrik**, Sinzig am Rein, faas i følgende Former:

¹⁾ Paa de ægte Mettlacher Fliser er Belægningen 3 mm tyk.

²⁾ Tværstrimlerne i Korset er nødvendige for Sammenhængets Skyld.

Trottoirfliser, 17 · 17 · 3 cm, sribede, graa og hvide koster 12,96 Kr./m².

Kvadratiske Gulvfliser, 15 · 15 · 1,5 cm, røde, hvide, graa, sorte eller gule koster 7,92 Kr./m²; Størrelsen 17 · 17 · 2 cm leveres i samme Farver samt brune og koster 10,44 Kr./m²; tofarvede Fliser, 17 · 17 · 2 cm, lereres blaa og hvide (12,60 Kr./m²) samt gule og graa (11,52 Kr./m²). Ottetkantede Gulvfliser, 17 · 17 · 2 cm, hvide med sort eller rød Tærner koster 10,08 Kr./m². Mosaikfliser, 17 · 17 · 2 cm i forskellige Mønstre koster 10,80—21,50 Kr./m².

953. Gennemfarvede Fliser afviger kun fra de belagte ved at være af fint Ler helt igennem. Visse Fabrikker har nemlig saa store Aflejringer af Ler, der kan bruges uden Slæmning, at det bliver billigere at fremstille hele Flisen af dette Ler, forudsat at Farvepulveret ikke er for dyrt. Blaa og grønne Fliser saavel som Mosaikfliser fremstilles altid ved Belægning.

I Prislisten bruges Betegnelsen sintrede Fliser kun for disse Fliser og som Modsetning til Mettlacher og Sinzig Fliser, men i Virkeligheden er Brændingsgraden den samme. Saaledes leverer **Utzschneider & Ed. Jaunez** Sintrede Fliser, 14 · 14 · 1,5 cm i følgende Udvalg:

Kvadratiske: Gule, glatte eller i romersk Imitation (7,00 Kr./m²); Hvide, sortbrune eller røde, glatte eller i romersk Imitation (7,25 Kr./m²); Blaa eller grønne, glatte (ikke gennemfarvede) (11,50 Kr./m²); Diverse dekorerede Mønstre (ikke gennemfarvede) (10,00 Kr./m²). Ottetkantede, hvide med sortbrune eller røde Tærner (7,25 Kr./m²) og med blaa eller dekorerede Tærner (7,50 Kr./m²).

b. Vægfliser.

954. Vægfliser er kun ¹/₂—1¹/₂ cm tykke og altid glaserede. De er hyppigst kvadratiske med 7,5—20 cm Sidelinie eller ottetkantede til Anvendelse sammen med Tærner af en anden Farve; desuden haves særlige Fliser til Dannelse af Bordter, Gesimser, Fodlister og Hjørner. Fliserne kan enten være gennemfarvede, saaledes at Glasuren kun giver dem Glans, eller de kan være belagte med en dækkende, hvid eller farvet Glasur, hvis Farve afviger fra Skærvens. Skal Fliserne bruges til Fodpanel eller paa andre Steder, hvor de er udsatte for Overlast, er de gennemfarvede Fliser at foretrække, fordi disses Glasur kun stodes af, uden at det bliver altfor iøjnefaldende.

De gennemfarvede Fliser er enten af hvid¹⁾ eller lyseblaa²⁾ Fajance eller af sintret Ler (Stentøj) i mange forskellige Farver ligesom Gulvfliserne³⁾.

De farvebelagte Fliser kan ogsaa være af hvid Fajance, forsaavidt som de ovennævnte hvide Fajancefliser undertiden dekorerer med blaa Mønstre, men i Reglen er Skærven af almindeligt brugt Ler eller Chamotte. Chamottefliser med hvid Glasur indføres fra Spanien⁴⁾ og Holland; de sidste er ofte forsynede med blaa haandmalede Mønstre eller Landskaber, og som Følge af Haandmalingen, der udføres af Kvinder og Børn, er der aldrig to Fliser, der er ganske ens⁵⁾. Mønstrene paa de tyske Fliser er derimod paatrykte. De hollandske *antique enamelled* Fliser er af almindeligt Ler, der dog er belagt med en hvid Engobe for at give Glasurerne (der er grønne, blaa, brune, broncefarvede m. m.⁶⁾).

Vægfliser opsættes i Kalk- eller Cementmørtel og udfuges med Gibs eller Marmorcement. Væggene maa være ru, og Fliserne maa inden Opsætningen lægges et Kvarter i Vand.

5. Drænrør.

955. Drænrør skal være porøse, for at Vandet kan trænge ind gennem Væggen og ikke blot ved Stødene¹⁾.

De fremstilles af almindeligt Teglværksler og formes paa Murstensmaskine med et passende Mundstykke.

¹⁾ Hvide Fajancefliser indføres fra **Villeroy & Boch**, Dresden (14,6 · 14,6 · 1 cm, 10,15 Kr./m²), **Norddeutsche Steingutfabrik**, Grohn (15 · 15 · 1 cm, 9,46 Kr./m²), **Meissner Ofen- und Porzellan Fabrik**, Meissen (14,4 · 14,4 · 1 cm, 8,50 Kr./m²). Hvide, glaserede Forblændsten, 12 · 7 · 2 cm, der er frostfaste, saa de kan bruges i det fri, koster 17,70 Kr./m².

²⁾ Blaa Fajancefliser, 15 · 15 · 1 cm, fra **Boch frères**, **La Louvière** (Belgien) koster 15,40 Kr./m².
³⁾ Stentøjfliser i mange forskellige Farver indføres fra **Mettlach** (14,6 · 14,6 · 1 cm), **Utzschneider & Ed. Jaunez** (14 · 14 · 1,4 cm) og **Maw & Co. Ltd.**, Jackfield (England) (15 · 15 · 1 cm) og koster 11,75—15,00 Kr./m².

⁴⁾ Hvide, spanske Fliser, 20 · 20 · 1,3 cm, koster 7,25 Kr./m².
⁵⁾ Hvide, hollandske Fliser, 15 · 15 · 0,8 cm, koster 6,60—7,92 Kr./m²; hvide, dekorerede, 15 · 15 · 0,8 cm koster 7,08—23,78 Kr./m².

⁶⁾ De leveres i to Størrelser: 15 · 15 · 1,5 cm til 13,20 Kr./m² og 7,5 · 7,5 · 1,5 cm til 18,00 Kr./m². Gennemtrængeligheden for Vand kan bestemmes som ved Tagsten eller ved at lukke Rørets Ende og enten stille denne Ende i Vand eller ogsaa fylde Vand i Røret; man noter da den Tid, der forløber, inden den tørre Side bliver fugtig, og eventuelt den Mængde Vand, der i en vis Tid trænger gennem Rørvæggen.



Fig. 277.

Rørene mangler Muffe (Fig. 277) og er altid cirkulære og lige; har man Brug for Grenrør o. lgn., indlægges et saltglaseret Rør. Rørene skal have en god Klang, være fri for Kalk og Revner og af regelmæssig Form uden indvendige Fremspring fremkomne ved Afskæringen. For at fjerne saadanne Fremspring, der kan foranledige Forstoppelse, bliver Rørene efter nogen Tids Tørring efterpudsede i Enderne¹⁾. Rørene kan prøves paa samme Maade som saltglaserede Rør, men det sker sjældent²⁾.

6. Saltglaserede Rør.

956. Saltglaserede Rør bruges til Kloakledninger og skal være fuldkommen tætte, saa Kloakvandet ikke kan trænge ud i Jorden. De fremstilles derfor af Klinkerler, der sintres, og til yderligere Tætning og Glatning af Overfladen saltglaseres de (§ 911). Sintringen bør dog ikke være drevet for vidt, da Rørene saa bliver skørere end nødvendig. Leret blandes med Chamotte (knust, brændt, ildfast Ler) for ikke at svinde for meget og formes som Regel i lodrette Presser, hvorpaa Rørene efterpudsnes og forsynes med Riller om Spidsenden og indvendig i Muffen til Fastholdelse af Tætningsmaterialet³⁾.

Rørene er altid forsynede med Muffe og hyppigst cirkulære. Foruden lige Rør (Fig. 278) faas en Mængde Formstykker, hvis Udseende i Hovedsagen er som de tilsvarende af Støbejern (Fig. 52-3, S. 54), saaledes Bøjninger, Grenrør, Spidsrør, Vandlaase og Slamkistebrønde⁴⁾.

957. Muffens indre Diameter er ca. $2\frac{1}{2}$ cm større end Spidsendens ydre Diameter, og naar Rørene er samlede, fyldes det ringformige Rum med Mørtel, efter at der først er banket tjæret Værk ned i Bunden af Muffen for at centrere Rørene og hindre Mørtlen i at trænge ind i det indre. Samlingen⁵⁾ kan ske med plastisk Ler, Cementmørtel 1:2, eller Asfalt, og ofte lægges der en Vulst af Ler (15 cm tyk) eller Cementmørtel (1:2 eller 1:3) uden om Forbindelsen for at forøge Tætheden.

Tætning med Ler er ikke saa paalidelig som Tætning med Cement, men paavirkes i ringere Grad af Sætninger i Ledningen; Cementforbindelsen er ganske stiv, og hvis Cementen er udbulnende, sprænger den Mufferne⁶⁾. Det

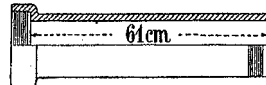
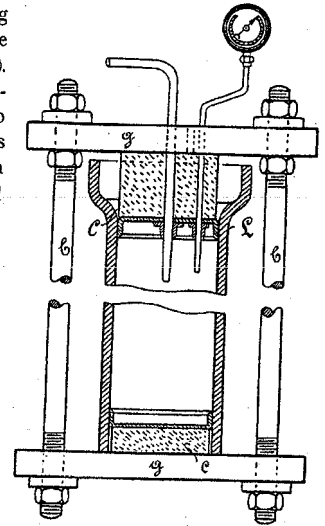


Fig. 278.

bliver mere og mere almindelig at forbinde Rørene med Støbeasfalt, idet Muffen omgives med en Lerpølse og støbes fuld med en flydende, varm Blanding af Asfaltmastix og Goudron; denne Forbindelse tillader Smaabevægelser af Rørene og er meget varig og tæt. En lignende, meget paalidelig Samling opnaas ved Brug af Doultons Rør med »selfadjusting joints«; de er indvendig i Muffen forsynede med en asfaltagtig Masse, som binder sammen med Spidsenden, naar denne stryges med en opvarmet Fedtsubstans og derpaa stikkes ind.

958. Saltglaserede Lerrør er skøre og bør derfor kun bruges paa god Grund, paa daarlig Grund er Monierløb fortrukket. Navnlig de store Lerrør er svage og anvendes ikke meget⁷⁾.

Lerrørs Styrke overfor ydre Kræfter prøves ved at lægge Rørene vandret mellem to Trykplader, adskilt fra disse ved to Fyrretræs Lister, der har Udskæringer for Muffen, saa at Trykket kun fordeles over den øvrige Del af Rørets Længde. Man opgiver i Reglen den simple Brudbelastning i kg pr. lb. cm af Nyttelængden, sjældnere Belastningen pr. m² af det vandrette Tværnsnitareal eller den største Fiberpaavirkning. Den største Trækspænding opstaar i Skæringslinierne mellem Rørets Inderflade og den lodrette Diametralplan; efter disse Linier sker Bruddet, og umiddelbart derefter revner Røret i den vandrette Diametralplan, saa det deles i 4 Kvadranter. Brudbelastningen i kg pr. løb. cm synes uafhængig af Diameterens Størrelse, et Tegn paa at de gængse Vægtykkelser staar i et passende Forhold til denne⁸⁾.

Fig. 279⁹⁾.

Styrken overfor indre Tryk prøves ved at tætte Rørets Ender med Lædermanchetter (Fig. 279, L), siddende paa Træklokker, C, der er indbyrdes forbundne ved Tværstykkerne g og Trækstængerne b, saa at Røret ingen axial Paavirkning faar, naar der presses Vand ind i det. Vandtrykket, p^{at}, der fremkaldes Bruddet, aflæses paa et Manometer, og Brudspændingen beregnes af $S = pD:2t$, hvor D er den indre Diameter og t Vægtykkelsen⁴⁾.

I København skal Spildevandsledninger i og under Husene være af Støbejern (§ 124). Statsbaneanlæggene tillader kun Brugen af saltglaserede Rør til Gennemløb under Jernbaneledninger, naar Bunden er fuldstændig fast og god, og naar Diameteren er lig eller mindre end 18 cm, og naar Ledningens Overkant ligger mindst 1 Fod under Planum; og 18 cm Rør maa kun bruges saaremt Dæmnings Højde over Terrainet er mindre end eller lig med 8 Fod.

Ved de af Københavns Vej- og Kloakanlæg i Aarene 1903-10 foretagne Styrkeprøver fandtes følgende Brudbelastninger i kg pr. løb. cm; Tallene er Middeltal, i Parentes er mindste og største Værdi angivet:

4" Rør: 29 (20-41) 6" Rør: 25 (18-34) 9" Rør: 23 (14-35) 12" Rør: 25 (17-35).

Styrken af de enkelte Fabrikater uden Hensyn til Rørdiameteren stillede sig saaledes: Harrismann: 28 (20-39), Skromberga: 28 (20-41), Högnås: 27 (19-35), Common Sale: 26 (20-30), Wallåkra: 23 (14-34), Blagaard: 21 (17-24), Suhrke: 18 (16-20). Det maa dog bemærkes, at Antallet af prøvede Rør er forskelligt for de forskellige Dimensioner og for de forskellige Fabrikker.

Undertiden prøves Rørens Modstand mod Slag ved at lade en Kugle falde ned paa dem for hver Slag forøge Faldhøjden et konstant Stykke.

Klicheen er velvilligt udlånt af Statsprøvestationen.

For Rør af Lysvidde under 20 cm bør p mindst være 5 at.

¹⁾ I Tyskland er der nylig taget Patent paa at give Rørene en hølgeformet Fortanding i Enderne, saa de ikke kan rulle i Forhold til hinanden.

²⁾ Drenerrør fremstilles i dansk Maal 12" lange og $1\frac{1}{4}$ ", $1\frac{1}{2}$ ", 2", $2\frac{1}{2}$ ", 3", 4", 5", 6" o. s. v. op til 10" i indvendigt Maal; Vægtykkelsen er $\frac{1}{8}$ "- $\frac{5}{16}$ ". $1\frac{1}{4}$ " og 6" Rør koster henholdsvis 2,80 og 22 Kr. pr. 100 Stkr.

³⁾ Rørene brændes ved 1250-1270° (Kegle 6-7) i en Ovn med overslaende Flamme. De fabrikeres ikke i Danmark, men indføres fra Sverrig, England og Skotland. Rørene fra Skromberga og Högnås fremstilles af samme Ler, som bruges til Klinkerne (§ 895) og er noget sterkere end Rørene fra Wallåkra, et Værk, der er paa danske Hænder. Af engelske og skotske Mærker skal nævnes Farnley, Doulton, Glenboig og James Goody.

⁴⁾ Rørene fremstilles i engelsk Maal og faas med en Lysningsdiameter af 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 21 og 24". For 15" Rør og derover er Nyttelængden $2\frac{1}{2}$ Fod, hvortil kommer 3" Muffe; for de mindre Rør er Nyttelængden 2 Fod, idet de mest brugte Dimensioner dog ogsaa faas 1, $2\frac{1}{2}$, og 3 Fod lange. Til Stikledninger i Gader bruges gerne 6" Rør. Godstykkelsen kan omtrentlig findes af Formlen: $t = 0,41D + 16$; naar Diameteren indsættes i engelske Tommer, faas t i mm. I Prussen er for 10, 12, 5, 15 og 20 cm Rør den mindste tilladte Vægtykkelse 1,5, 1,6, 1,7 og 1,9 cm. Prisen pr. 2 Fod er for 2" Rør 60 Øre, for 24" Rør 18 Kr.

⁵⁾ Lerrørs Samling med Blyrør er omtalt i § 440.

⁶⁾ I Følge Regultativ for Udørelsen af Spildevandsledninger i København skal Tætningen udføres med Cementmørtel, naar Ledningen ligger i Nærheden af Beplantninger eller krydser en lavere liggende elektrisk Ledning eller fører Afløb fra Vandklosetter.

959. Brudfladen af et saltglaseret Rør skal være tæt, uden Revner og af en graalig Farve, hvilket tyder paa skarp Brænding¹⁾. Røret skal give en metallisk Klang, naar man slaar paa det med en Hammer, og Materialet skal kunne bearbejdes med Hammer og Mejsel.

Skærvens Tæthed kan bedømmes ved at lade en Blækdraabe falde paa Brudfladen og se, hvor hurtigt den suges ind, eller ved en almindelig Porositetsbestemmelse, idet man mejsler et Stykke ud af Røret og vejer det i tørret og vandmættet Tilstand²⁾.

Inderfladens Slidfasthed, der navnlig har Betydning, naar Ledningen har stærkt Fald og fører meget Sand, undersøges bedst ved Sandblæst, mens Bau-schingers Skive ikke er egnet paa Grund af Prøvestykkernes runde Form.

960. Glasurens Syrefasthed kan undersøges ved i 48 Timer at udsætte den for Paavirkning i Stuevarme af 1-procentige Opløsninger af Saltsyre, Salpetersyre, Svovlsyre og Ammoniak (Kammerers Metode) eller ved at behandle den med Dampe af rygende Saltsyre; Modstandsevnen bedømmes ved Vægttabet og Udseendet.

Skærvens Syrefasthed bestemmes ved at knuse den saa fint, at alle Kornene passerer en Sigte med 64 Masker pr. cm², fjerne de fineste Korn ved Hjælp af en Sigte med 121 Masker pr. cm², vadske Resten med Vand for at fjerne Støvet, tørre den, indtil Vægten bliver konstant og derpaa behandle den 24 Timer med den dobbelte Vægt Salt- eller Salpetersyre, under jævnlig Rysten, hvorefter Vægttabet bestemmes (Seger & Cramers Metode).

De nævnte Syreprøver anbefales af det internationale Materialprøvningsforbund.

Skærvens Syrefasthed kan ogsaa undersøges paa følgende Maade: Det ved Porositetsbestemmelsen kogte Prøvestykke tørres ved 120°, kausnes og sigtes, som ovenfor omtalt. 100g af Pulveret koges i en Platinskaal med en Blanding af 25 Vægtdele koncentreret Svovlsyre, 10 VD Salpetersyre (Vf. 1,4) og 65 VD Vand, indtil Vandet og Salpetersyren er helt fordampede, og Svovlsyren ryger stærkt; efter Afkøling tilsættes forsigtigt og under Omrøring Vand blandet med 10% Salpetersyre (Vf. 1,4), der bringes i Kog og afhældes, hvorefter Pulveret vadskes til Syrereaktionen er forsvunden, tørres og vejes. Vægttabet maa højst være 2%.

961. I Leveringsbetingelser plejer man ikke at fordrø andre Egenskaber end saadanne, der kan kontrolleres ved en Besigtigelse, men forlanger Prøverer indsendte som Norm for Leveringen. Exempelvis foreskriver Københavns Vej- og Kloakanlæg: Samtlige saltglaserede Varer skal i enhver Henseende være 1^o Klasses Handelsvarer. Alle Rør, Forbindelsesstykker, Bøjninger etc. skal være af en stærk, velbrændt og ensartet Masse og have en regelmæssig Form med cirkulært Tværsnit og fuldstændig glatte indre og ydre Flader, der er velglaserede og fri for Brandrevner og Beskadigelser. Rørene kan leveres i Længder paa 2 og 2½ Fod. Efter nærmere Forlangende skal de Bydende indsende 2 Stk. lige Rør af hver af de Dimensioner, som Leverancen omfatter, for at der kan anstilles Undersøgelser og Forsøg med disse Rør; de skal leveres senest 10 Dage efter at de er rekvirerede og skal være forsynede med Leverandørens Navn og Segl og med Angivelse af den Fabrik, hvorfra de hidrører. Hovedleverancen maa ikke i nogen Henseende, heller ikke med Hensyn til Styrken, staa tilbage for Prøverørene.

7. Ildfaste Sten.

962. Ildfaste Sten bruges til Ovne. De skal kunne taale den i Ovnen herskende Temperatur uden at smelte og de forekommende Temperaturvexlinger uden at revne, ligesom de maa være modstandsdygtige overfor det kemiske Angreb af Forbrændingsprodukterne og Ovndindholdet (f. Ex. basiske og sure Slagger). Endvidere skal de have en regelmæssig Form samt tilstrækkelig Styrke³⁾ og Modstandsevne mod Slid og Slag.

¹⁾ Farven er dog intet paalideligt Kendetegn, thi ogsaa porøse Rør kan ved Blandampning (§ 912) hibringes en mørkegraa Farve.

²⁾ I Tyskland forlanges undertiden, at Rørene ved 24 Timers Henligger i Vand højst maa tiltage 2 eller 3% i Vægt, men denne Prøve er ikke paalidelig, thi den bestaas ogsaa af porøse Rør, naar de er godt glaserede.

Den bedste Maade at bestemme Porositeten paa er ved Hjælp af et udmejslet Stykke (ca. 10 cm i Kvadrat), der paa alle 4 Rande er fri for Glasur. Dette Stykke tørres i et Varmeskab ved 120° C og vejes, hvorefter det lægges i Vand og koges; efter 1 Times Kogning og 23 Timers yderligere Henligger i Vandet vejes det atter, og Vægten maa da højst være steget 5%. Vil man sammenligne forskellige Fabrikkers Rør, bør Prøvestykkerne saavidt mulig have samme Størrelse og Tykkelse og udtages paa tilsvarende Steder af Rørene.

³⁾ Styrken er aldrig stor. Prøvet i Form af 10 cm Tærninger uden Mørtel fandtes følgende Knusningsstyrker: Svejsønssten 47^u, Kupolønssten 48^u, Kedelsten 52^u, Kedelsten af prima Kvalitet (efterpresset?) 81^u, Kvartschamottesten 85^u, Koksovssten 116^u, Lerchamottesten 142^u.

Den stadige Varme, som Stenene er udsatte for, kan medføre blivende Volumændringer, enten Formindskelser eller Forøgelser¹⁾. Idealet er en fuldstændig Rumfangskonstans, og navnlig er en Sammentrækning uheldig hos Sten, der skal bruges til Ovnhvælvninger.

Da Stenenes Ildfasthed skyldes et meget ringe Indhold af sintrende Stoffer, vil deres Porøsitet og Skørhed som Regel voxe sammen med Ildfastheden²⁾.

Stenene formures i **ildfast Mørtel** bestaaende af knust Chamotte blandet med Kaolin eller almindeligt, ildfast Ler³⁾. Mørtlen maa altid være noget mindre ildfast end Stenene, thi disse maa ikke paavirkes af Driftstemperaturen, mens Mørtlen skal brændes fast ved denne Temperatur, da den ellers smulder. For at Murværket ikke skal sætte sig for meget, naar Mørtlen svinder, maa Fugerne være meget tynde, højst 5 mm, og ved Muring af Hvælvninger indskyder man derfor ganske tynde Udligningssten i Stedet for som ellers at variere Fugetykkelsen.

Af de forskellige Sorter ildfaste Sten er Chamottestenene mest brugte, saaledes til almindelige Kakkelovne, Dampkedler, Røgkanaler, Ringovne m. m. De fremstilles af ildfast Ler, der mægres med knust Chamotte, sjældnere med Sand, da dette nedsætter Ildfastheden.

a. Chamottesten.

963. Brændingen sker ved 1310—1370° og skal bringe Stenene en klar Klang og en gul til hvid Farve; en rødlig Farve tyder paa svag Brænding, altsaa ringe Styrke. Vægten ligger mellem 1800 og 2000 kg/m³.

Saadanne Sten bruges til de Cowperske Blæstvarmere (Taarne, hvori Højovnenes Blæseluft opvarmes), der kan naa en Højde af 35 m, og Berliner Laboratoriet har derfor undersøgt, om de glødende Sten kan bære denne Vægt uden Fare. Der blev af Stenene udbrøet smaa Cylindre, 5 cm høje og 5 cm i Diameter, og det viste sig, at disses Styrke var væsentlig større ved en Temperatur af 1000° end ved almindelig Temperatur; for eet Fabrikat var Tallene 218 og 169^u, for Murstensformet, dels sammenbredt to og to og afrettede med Cement, saaledes at Prøvestykkets Højde blev ca. 15 cm og Tværsnittet ca. 12-24 cm, dels prøvede hver for sig med Trykket virkende paa de tilslæbne Løbersider; i første Tilfælde laa Styrken mellem 67 og 394^u, i sidste mellem 84 og 449^u; de anførte Grænseværdier er ikke Enkeltresultater, men Middeltal for 20 Sten.

964. Chamottestenenes Struktur afhænger af Anvendelsen. Sten, der er udsatte for store Temperaturvariationer, maa være grovkornede og porøse, mens Sten, der særlig skal modstaa Syreangreb, skal være finkornede og tætte.

Stenene kan bestaa udelukkende af Chamotte og Ler uden Kvarts, og saadanne **Lerchamottesten** bruges i Smelteovne, hvor Temperaturen er meget høj og Slaggerne basiske (f. Ex. Jænhøjovnenes Underdel) (§ 962).

Andre Sten, **Kvartschamottesten**, indeholder tillige noget Kvarts, der gør dem mere modstandsdygtige mod Temperaturvæxlinger og mekaniske Angreb. De bruges f. Ex. i Højovnenes Schakt, der slides af det nedsynte Materiale (§ 962).

Endelig er der **Kvartsstenene**, hvis Hovedbestanddel er Kvarts, mens Leret kun er Binde-middel; de bruges til Smelteovne med sure Slagger og er tillige de mest modstandsdygtige overfor den stærke Varme og det Askeangreb, som Ovnhvælvningerne er udsat for.

965. Af de i Danmark benyttede Chamottesten skal nævnes:

Kaolinstenene fra Rønne, der er fremstillet af uslemmet Kaolin og er meget ildfaste, men skøre (§ 894).

Fredriksholms Teglværker fabrikerer to Slags ildfaste Sten, den ene laves af bornholmsk Ler og uslemmet Kaolin, den anden af ildfast Grus fra Bornholm og slæmmet Kaolin; den sidste er mest ildfast.

Fra **Skromberga** faas ildfaste Sten i to Kvaliteter, B og C, der bægge har Navnet Skromberga Indpresset; den bedste Kvalitet (B) var tidligere mærket med en Stjerne før og efter Navnet. En særlig ildfast Kvalitet, der kun leveres paa Bestilling, er mærket med en Krone før og efter Navnet. Stenene brændes ved 1350—70° (Kegle 11—12) og faas dels som Mursten i forskel-

¹⁾ Kvartsfri Sten er tilbøjelige til at svinde, kvartsrige Sten til at voxe.

²⁾ Paa Grund af Skørheden maa ildfaste Sten behandles forsigtigere end almindelige Mursten, og man maa regne med, at ca. 5% gaar i Stykker.

³⁾ F. Ex. 2 Maal ildfast Ler, 1 Maal knust Chamotte eller 1 Maal slæmmet Kaolin + 2½ Maal knust Chamotte.

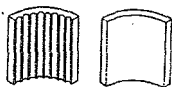


Fig. 280-81.

lige Formater, dels som Halvstens og Helstens Buesten, rifede eller glatte Kakkelovnssten (Fig. 280-81), Kupolovnssten, Bagerovnsfliser m. m.

Fra Billesholm-Bjufs Aktiebolags Teglværker i Bjuf ved Helsingborg faas lignende Varer som fra Skromberga, men lysere; de simpleste er stemplet K, de bedre F (bruges af Københavns Kommune til Opvarmningsanlæg) og de bedste F² (taaler de højeste Varmegrader og hurtige Temperaturforandringer). En undersøgt Billesholm Sten smeltede ved

1810° (Kegle 31, Vf. var 2,57, Vandoptagelsen 12,1 %).

Glenboig Stenene fra Glasgow er udmærkede, men ogsaa meget dyrere Sten, der bruges til Gasværkernes Ovne. De er navnlig berømte for at kunne taale store Temperaturvariationer, en glødende Glenboig Sten kan kastes i koldt Vand uden at tage Skade. Smeltepunktet ligger derimod ikke særlig højt. I Forhold til sin Godhed er Stenen billig, da Leret næsten ingen Forbedelse behøver. Smeltepunktet ligger ved 1730—1770° (Kegle 30—32), Vf. er 2,63, Vandoptagelsen 11,5 %. Den kemiske Sammensætning af disse og nogle andre Sten fremgaar af følgende Analyser:

Lucas	(1 Analyse)	30,5 %	Lerjord, 61,2 %	Kiselsyre
Höganäs	(do.)	32,1 %	„	61,9 %
Glenboig	(5 Analyser)	34,2 %	„	60,0 %
Bjuf	(1 Analyse)	42,7 %	„	54,2 %
Excelsior (Stettin)	(do.)	45,7 %	„	51,2 %

Ogsaa fra Kulmiz faas fortrinlige Sten, der bruges af Gasværkerne og af Københavns Kommune til Opvarmningsanlæg (1ste Klasses Chamottesten).

b. Andre ildfaste Sten.

966. Dinassten eller Silikasten adskiller sig fra Chamottesten ved at være fremstillede af malet Kvartsit¹⁾ (Sand duer ikke), blandet med Kalkmælk. De bestaar næsten udelukkende af Kiselsyre (ca. 95 %), taaler sure Slagger og er meget ildfaste, men maa ikke udsættes for pludselige Temperaturændringer. Da de opsuger meget Vand, maa de beskyttes mod Fugtighed inden Formureringen, og Ovnen maa tørres forsigtigt, at ikke Dampdannelsen skal sprænge Stenene. Som Mørtel bruges en Blanding af finmalet Kvarts og plastisk Ler.

Stenene bruges f. Ex. i Martinovne og Glasovne paa de Steder, f. Ex. Hvalvingen, der uden Aftrykning er udsatte for den højeste Temperatur, og som kun er i Berøring med Flammen. Engelske Dinassten bruges i Danmark af Gasværkerne.

I Tyskland fabrikteres de ogsaa; dér er det almindeligste Format 23 · 11,4 · 6,4 cm, og saadanne Sten vejer 3,2 kg. Trykstyrken kan være 130—280 μ ; Brændingen sker ved 1470—1490°. De bruges undertiden ligesom Kokssten til Højovnenes nederste Parti.

Magnesitsten er meget dyre og bruges kun, hvor der paa een Gang kræves en meget basisk Sten og stor Ildfasthed²⁾ eller hvor Stenen er udsat for et stærkt Angreb af Alkalier.

Kokssten af malet Koks og Tjære bruges til Jærnhøjovnenes nedre Partier og til elektriske Smelteovne. Deres kemiske Modstandsdygtighed er meget stor, og naar Luften ikke har Adgang til dem, kan de ikke smelte.

Dolomitsten bruges udelukkende til For i Thomaskonvertoren og basiske Martinovne.

Alle de her nævnte Sten maa beskyttes mod Fugtighed og kan ikke forsendes paa aabne Vogne, saaledes som Chamottestene.

8. Terrakotta.

967. Terrakotta (= brændt Jord) er en Betegnelse for nglaseret, brændt Ler af gulrød Farve, og som fremtræder i en mer eller mindre kunstnerisk Form.

Genstandene fremstilles i Forme af meget haardt Gibs, der ferniseres paa Overfladen for lettere at slippe Leret; dette indtrykkes i de modellerede Forme, tages ud, tørres forsigtigt (§ 902) og brændes ved 1100°; ved højere Temperatur sintrer det. Genstandenes Tykkelse maa være saa ensartet som mulig, for at Svindet ikke skal blive uregelmæssigt, og Brændingen maa foregaa i Gasovne eller Lerkapsler af Hensyn til Farvens Renhed.

Terrakotta er meget varigt og bruges til Kapitaler, Gesims og Fyldinger som en billig Erstatning for Billedhuggerarbejder. I Danmark benyttes det kun i ringe Grad til Façader.

P. Ipsens Terrakottafabrik og Frederiksholms Teglværker fremstiller Terrakotta af en bornholmsk Lerart, der er lettere smeltelig end Klinkerleret, og som ved Brændingen faar en stærkt rød Farve. Terrakotta af bornholmsk Ler er f. Ex. brugt til Tivolis Façadebygning.

¹⁾ Ogsaa fra **Stabbarp** kommer fortrinlige ildfaste Sten, mens **Höganäs** Stenene anses for noget ringere.

²⁾ Kvartsit bestaar af sammenvoxede Kvartskorn uden Bindemiddel; den kan opstaa ved Omdannelse af Sandsten.

³⁾ Magnesia smelter først i den stærkeste Hvidglødhede.

VI. Mørtelstoffer og deres Anvendelse til Mørtel og Beton.

968. Mørtlerne er Stoffer, der tjener til at forbinde Stenene i Murværk. De anbringes mellem Stenene i en grødagtig Tilstand og forbinder dem i Begyndelsen kun ved Adhæsionen, men efterhaanden bliver Forbindelsen fast, idet Mørtlen hærdner enten ved Udtørring eller som Følge af en kemisk Omdannelse.

Selv om Murværkets Tæthed ingen Rolle spiller, og selv om det kun er paavirket af et lodret Tryk, er det nødvendigt at have et Mørtellag mellem Stenene til at fordele Trykket, ellers vilde Stenene, der aldrig er helt plane, kun berøre hinanden i enkelte Punkter, og der vilde da indtræde lokale Knusninger og Sætninger. Mørtel kan kun undværes, naar Stenenes Lejeflader slibes plane, en Fremgangsmaade, der benyttedes ved Opførelsen af Søjlerne i de gamle græske Templer.

Desuden bruges Mørtlerne til at frembringe et tæt Overtræk (Pudslag) paa Vægge, Lofter og Gulve. Visse Mørtler, som Linotol o. Ign., bruges udelukkende til Gulve.

Endelig bruges den vigtigste af Mørtlerne, Cementmørtlen, i stor Udstrækning til Beton, hvorved man forstaar en Slags støbt Murværk af uregelmæssige Sten, hvis Mellemlum udfyldes af Mørtlen.

969. Mørtlerne skal ved Anvendelsen være plastiske; naar de bruges til Muring, skal de føje sig efter Stenene og vige ud til Siden, naar der trykkes paa Stenen; de maa ikke lægge sig paa denne som en død Masse, saaledes som vaadt Sand gør, men være levende; tillige skal de være fede, klæbrige og hæfte sig til Stenene eller til den Flade, der skal pudses. Jo mere fremtrædende disse Egenskaber er, des lettere er det at arbejde med Mørtlen.

Den Tid, der medgaaar, inden Mørtelen bliver fast, er meget forskellig; Mørtel af Kalk bruger Maanedere eller Aar, Portlandcement Timer, Romancement og Gibs kun Minutter.

Under Hærdningen maa Mørtlerne ikke forandre deres Volumen i nogen betydelig Grad; de maa navnlig ikke bulne ud, hvilket undertiden er Tilfældet med Cementmørtel og skyldes Cementens daarlige Fabrikation; derimod er et vist Svind naturligt for de fleste Mørtler og kan ikke forhindres, men ved Sandtilsætning kan det i Regelen formindskes saa meget, at det ingen Betydning faar.

970. Man skelner mellem **Vandmørtler** eller **hydrauliske Mørtler**, der hærder baade i Luft og Vand, og **Luftmørtler**, der kun hærder i Luften.

De Stoffer, der hyppigst benyttes til Mørtel, faas ved Brænding af Kalksten og Ler. Naar Kalken er lerfri, kan den kun bruges til Luftmørtel, men indeholder den Ler, faar den hydrauliske Egenskaber, og med stigende Lerindhold benævnes Produktet Kalk, hydraulisk Kalk og Romacement, der alle er brændte ved en lav Temperatur og derved skarpt adskiller sig fra Portlandcementen, der bestaar af de samme Stoffer, men er brændt indtil Sintring (§ 987).

A. Portlandcement.

971. Portlandcementen spiller en større Rolle end noget andet Mørtelmateriale navnlig paa Grund af dens hurtige Hærdning og den Styrke og Haardhed, som den opnaar. Den fremstilles ved at brænde en Blanding af Kalk og Ler indtil Sintring og male den indtil Melfinhed, og som Regel benyttes der ikke naturlige, lerholdige Kalksten, men Kalken og Leret blandes kunstig i det ønskede Forhold.

972. Skønt allerede Romerne brugte Vandmørtler, blev Aarsagen til disses hydrauliske Egenskaber først paavist 1756 ved Bygningen af *Edystone* Fyrtaarn, idet Ingeniøren *John Smeaton* opløste forskellige Kalkstenssorter i Salpetersyre og fandt, at de af dem, der ved Brændingen fik hydrauliske Egenskaber, alle efterlod en uopløst Rest af Ler.

Paa at fremstille kunstige Cementer tænkte man den Gang ikke, men det lykkedes 1796 *James Parker*, navnlig ved at forøge Brændingstemperaturen, at fremstille en særlig god hydraulisk Kalk, som han kaldte Romacement, hvilket Navn rimeligvis skulde antyde, at man af den kunde faa lige saa gode Mørtler som Romernes. Cementen blev malet efter Brændingen og var meget hurtigstørknende.

I Begyndelsen af det 19de Aarhundrede fremstillede *Vicat* i Frankrig for første Gang Cement af en kunstig Blanding af Kridt og Ler, men det var et Experiment uden praktisk Betydning, og det samme gælder forskellige engelske Forsøg, indtil det endelig 1824 lykkedes Mureren *Joseph Aspdin* i Leeds ved meget stærk Brænding af en bestemt Blanding af læsket Kalk og Ler at fremstille et fortrinligt Produkt, som han kaldte Portlandcement, fordi det i hærdet Tilstand, baade hvad Farve og Styrke angik, lignede en oolithisk Kalksten fra Øen Portland, der bruges meget som Bygningssten. Ogsaa en anden Englænder, General *Pasley*, arbejdede ivrig paa det samme Problem, og det blev saaledes England, der ca. 1830 førte Opfindelsen ud i Livet, og Englænderne forstod at hemmeligholde Fabrikationen indtil 1850, da de andre Lande begyndte at komme med.

1855 fik Tyskland sin første Portlandcementfabrik i Stettin, der ogsaa exporterede til Danmark, og snart efterfulgtes af flere.

973. Den første større Cementfabrik i Danmark var *Cimbria* (1874)¹⁾, derefter fulgte *Dania* (1887), bægge paa Sydsiden af Mariager Fjord, hvor ogsaa *Kongsdal* (1908) ligger. Omkring Aalborg opstod *Aalborg Portlandcementfabrik* (1891), *Danmark* (1898) og *Norden* (1901) samt paa Limfjordens Nordside *Nørresundby* (1907).

Alle de danske Fabrikker ligger umiddelbart ved store aabne Brud i flintfattigt Skrivekridt med oftest ca. 95% Kalciumkarbonat, mens de fleste maa hente Leret i nogen Afstand. Ved Aalborg bruges fortrinvis en graa, vandret lagdelt Istidsleret, sandsynligvis *Voldaler* (§ 896), og ved Mariagerfjord bruges overvejende det mørke, plastiske *Tertialer* (§ 896), som findes paa begge Sider af Fjordens indre Del og i Pramme føres ud til Fabrikkerne.

Fabrikernes samlede Produktionsevne 1909 var 2600 000 Tdr. eller ca. dobbelt saa stor som det indenlandske Forbrug. Export finder Sted til Sverrig, Norge, Tyskland, Rusland, Finland, England, Sydafrika, Sydamerika og Østasien. Til Gengæld indføres der Cement fra Nabolandene, f. Ex. fra Fabrikkerne *Lomma* og *Limhamn* ved Malme, *Stern*, *Lossius*, *Quistorp*, *Bredow* og *Krone* ved Stettin samt *Hemmoor* ved Hamburg. I 1908 indførtes 102 000 Tdr., mens den indenlandske Produktion var ca. 1380 000 Tdr., hvoraf 381 000 udførtes.

¹⁾ Dette og de følgende Aarstal angiver Tidspunktet for Fabrikationens Begyndelse. To ældre Anlæg, *Portlandcementfabrikken Hertha* i Ringsted og *Rødvig Portlandcementfabrik*, havde ringe Betydning og er nu nedlagte. Den første anlagedes 1868, og Driften ophørte omtrent 1887; den aarlige Produktionsevne var ca. 7000 Tdr. *Rødvigfabrikken* anlagedes 1870, og Driften ophørte midt i 80'erne; den arbejdede med Kridt fra Stevns og Ler fra Lomma, og den aarlige Produktionsevne var 10000 Tdr.

1. Portlandcementens Fremstilling¹⁾.

974. Raastofferne er paa den ene Side Kridt eller Kalksten, paa den anden Side mer eller mindre plastisk Ler, Lerskifer eller lerholdig Kalksten. Rent Kridt kræver sædvanlig en Tilsætning af nogle og tredive Procent Ler.

Fremstillingen kan inddeles i 3 Afsnit:

a. Raastoffernes Blanding og Maling samt eventuelt Raamelets Formning til Sten; b. Raamelets eller Stenenes Brænding til Klinker; c. Klinkernes Maling.

a. Raastoffernes Blanding og Maling.

975. Raastoffernes Findeling og Blanding kan enten ske ved Tørmaling eller Slæmning.

a. Tørmaling²⁾.

976. Ved denne Metode bliver Raastofferne først tørrede, hvilket letter Finmalingen. Tørringen sker i to høje, murede Tørretaarne (Fig. 282), eet for Kalken og eet for Leret, ved at der blæses varm Luft op igennem Stofferne. Disse fyldes i foroven og tages ud for neden, idet det overliggende da synker efter³⁾.

De tørrede Materialer føres med Transportbaand hvert til sin **Stenkuser** og derpaa til en fælles **Kværn**, idet de paa Vejen passerer **automatiske Vægte**,

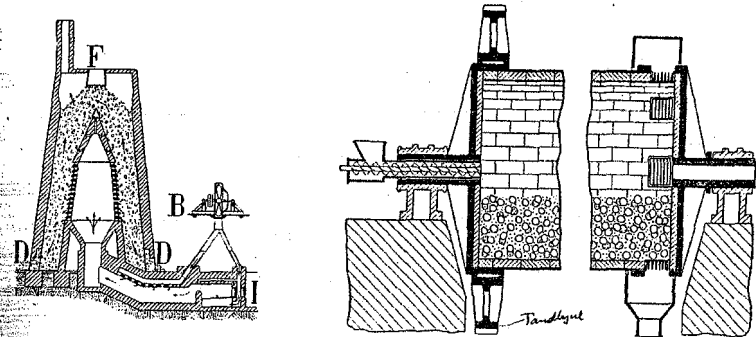


Fig. 282. Tørretaarn. F Indfyldningsstragt, D Døraabninger, B Blæser, I Ildsted.

Fig. 283.

der sørger for, at Ler og Kalk tilføres i det rette Blandingsforhold. Fra Kværnen løber Raamelet til en Silo (der ligesom de senere omtalte Siloer er indskudt for at regulere Driften) og derfra til en Rørmølle.

Rørmøllen (Fig. 283) er en lang, liggende Jærntromle (Længden er ca. 4 Gange Diameteren), der er halv fyldt med Flintkugler, og som roterer om sin Axe. Gennem den ene, hule Axeltap indføres Raamelet, der saa passerer gennem Tromlen og kommer ud mellem Ristestænger i Cylinderfladens modsatte Ende efter at være blevet blandet og findelt.

¹⁾ For forskellige Oplysninger vedrørende Cementfabrikation skylder jeg Ingeniør A. Foss Tak. Som Fabrikationen her er beskrevet, foregaar den paa *Limhamn* Cementfabrik ved Malme, hvilken der aarlig foretages en Excursion fra Polyteknisk Læreanstalt. *Limhamn* Fabrikken blev bygget 1888 af F. L. Smidth & Co. og var den første Cementfabrik, dette Firma anlagede. Tørretaarne er en for F. L. Smidth & Co. karakteristisk Konstruktion, i Tyskland bruges Tørrerotroer.

977. Efter at det findelte Mel har passeret en stor Silo, føres det til en skraa Rende, i hvis Midtlinie der roterer en Axel med Vinger, som skyder Raamelet frem og blander det yderligere, mens der fra en Hane over Renden sættes saa meget varmt Vand til, at Massen akkurat bliver fugtig nok til at kunne presses til Sten.

Presningen foregaar hyppigst i Slagpresser, der kan udøve et meget stort Tryk, saa at Stenene bliver tilstrækkelig sammenhængende til at kunne brændes. De behøver ikke at tørres, da der kun er tilsat saa lidt Vand.

Saaftent Masser er i Stand til at blive plastisk, kan man ogsaa tilsætte mere Vand¹⁾ og derpaa gaa frem som ved Teglstensfabrikation, idet man presser den gennem en liggende Mølle med Mundstykke og skærer den udtrædende Streng til Sten, der maa tørres inden Brændingen. Tørringen sker her altid kunstig enten ved Ringovens Spildevarme, som det er beskrevet i § 902 eller (naar der ikke bruges Ringovn til Brændingen) i Tørrekanaler. I sidste Tilfælde stables de friske Sten strax paa smaa Vogne og skydes ind i den vandrette Tørrekanal, som stadig gennemstrømmes af varm Luft. Vognene føres maskinelt frem gennem Kanalen og kommer ud ved dens anden Ende efter 12—24 Timers Forløb.

I Tilfælde af at Cementen skal brændes i Roterov, spares Stentilvirkningen ganske, og Raamelet føres lige fra Rørmøllen ind i Ovnen.

Kun rene Raastoffer kan oparbejdes ved Tørmaling, ikke stenholdigt Ler. Metoden bruges navnlig til haarde Kalksten²⁾.

β. Slæmning.

978. Hvis Raastofferne er bløde Kridt- og Lerarter, behøver de ikke at males, men kan umiddelbart slæmmes sammen, hvorved man samtidig bliver i Stand til at fjerne et eventuelt Indhold af Sten.

Kridtet og Leret afvejes i det rette Blandingsforhold og fyldes i Slæmme-gruben. Et meget kraftigt Røreværk sonderdelar Materialet og holder de fine Dele opslæmmede, mens eventuelle Sten lægger sig paa Bunden, hvorfra de fra Tid til anden fjernes. Ved stadig Tilførsel af Materiale opstaar tilsidst en tyk Slam, der, hvis den ikke er tilstrækkelig findelt, behandles paa Rørmølle, hvorpaa den enten direkte flyder ind i en Roterov eller blandes med tørt Raamel og formes til Sten paa en af de under Tørmaling nævnte Maader.

Alle de danske Fabrikker bruger nu denne Metode i Forbindelse med Roterov³⁾.

b. Brændingen.

979. Under Brændingen undviger først Fugtigheden, derpaa Kalkens Kulsyre, og ved Sintringen endelig spaltes Leret sig i Lerjord og Kiselsyreanhydrid, der hver for sig gaar i Forbindelse med Kalken⁴⁾.

¹⁾ 16—25 %.

²⁾ Haarde og rene Materialer bliver i den senere Tid ofte behandlede ved Vaadmaling i Stedet for ved Tørmaling. De blandes da med Vand og passerer først en Kominor (se § 981) eller anden Knusemaskine og derpaa en Rørmølle, hvorfra Vællingen flyder ind i Roterovnen. Ved Vaadmaling opnaas større Finhed end ved Tørmaling, og man er fri for den med Tørmalingen forbundne Støvplage.

³⁾ Tidligere nøjedes man med at fremstille en tyndere Slam, der blev ledet ud i Bassiner til Bundfældning og derpaa behandlede paa Murstensmaskine ligesom Teglisten. Da Metoden er langsom og dyr, er den de fleste Steder forlaadt. Dog bruges den endnu i England, hvor man har forhedret den ved at indføre kunstig Tørring af Slammen.

⁴⁾ Cementens Maximaltemperatur ved Brændingen er 1450—1550°.

Saaftent der er formet Sten af Raamelet, sker Brændingen i Ringovne eller Schaktovne, af hvilke Materialet kommer ud som graa Stenbrokker, Klinker, der er stærkt sammensintrede, haarde og mer eller mindre porøse.

Ringovnen er omtalt i § 905¹⁾. Schaktovne kan være indrettede som de tilsvarende til Raajærnsfremstilling, idet Brændsel og Sten indkastes foroven i vxlende Lag, men disse Ovne kan kun brænde Koks (og Antracit) og kræver derfor særlige Anlæg til Koks-fremstilling, hvorfor man ofte foretrækker nye Schaktovnsformer, der er indrettede til Kulfyring²⁾.

980. I de senere Aar gaar man mere og mere væk fra at forme Sten af Raamelet, men brænder dette direkte i de saakaldte Roterovne (Fig. 284)³⁾.

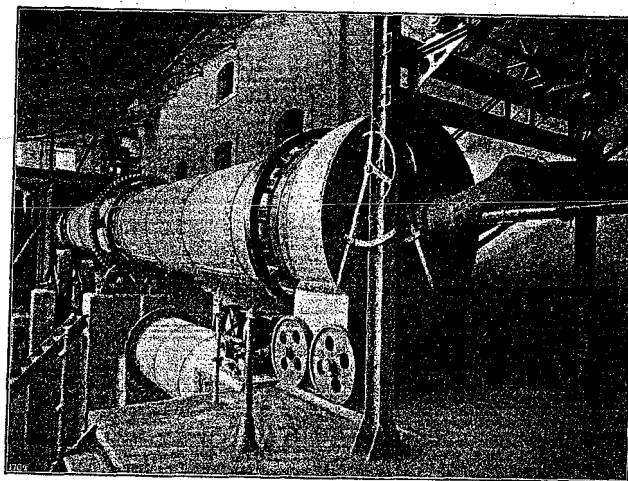


Fig. 284.

De bestaar af et langt, liggende Rør, sammennittet af Kedelplader; Længden er 25—50 m⁴⁾, Diameteren 2—3 m. Røret er forsynet med to à tre Løberinge, som hviler paa Hjul eller Ruller, samt med et paa Midten siddende Tandhjul, der drives fra en Forlagsaxel, saaledes at Røret bringes til at rotere $\frac{1}{2}$ —1 Omdrejning i Minuttet. Indvendig er Røret udført med ildfaste Sten eller Cement⁵⁾. Den ene Ende af Røret munder ud i Røgaftrækket, den anden er lukket med en forskydelig Endebund, der som en Vogn kan køres bort, naar man skal ind i Ovnen for at reparere. Røret er skraatliggende og hælder hen mod Endebunden, for at Raamaterialet, der indføres ved Røgaftrækket, kan vandre lang-

¹⁾ Ringovne bruges navnlig til tørpressede Sten. Disse kan ikke altid taale Trykket fra de overliggende Sten, men i saa Fald kan man stille nogle af dem ind i Ringovens Aftrækskanal, hvor de bliver fastere ved Tørringen, og disse Sten anvendes saa til de underste Lag.

²⁾ F. Ex. F. L. Smidth & Co's Konstruktioner: Aalborg Ovnen og R Ovnen. Schaktovne egner sig bedst til vandt pressede og derefter tørrede Sten.

³⁾ Roterovnen er opfundet i England, men navnlig udviklet i Amerika. Den første Roterov i Europa blev opstillet paa Aalborg Portlandcementfabrik i 1888 af F. L. Smidth & Co. Klichéen er velvilligst udlånt af nævnte Firma.

⁴⁾ undtagelsesvis indtil 70 m.

⁵⁾ Mørtlen fremstilles af raa Klinker og malet Cement.

somt ned gennem Ovn'en under Rotationen. Til Fyringen benyttes overordentlig finmalet Kul¹⁾, der blæses ind gennem Endebunden.

Er Raastoffet i Slamform, maa det ikke være altfor vaadt af Hensyn til Brændselsforbruget; i Almindelighed arbejder man med en Vælling, som indeholder ca. 36% Vand. Den indføres i Ovn'en som en fin Straale, der til en Begyndelse holder sig flydende, men snart tørrer og omdannes til smaa løse Knolde, der ruller videre og stadig faar højere Temperatur, indtil de ruller ud af Ovn'en fornedet som smaa glødende Kugler, Klinker, omtrent af en Nøds Størrelse.

Hvis Raastoffet indføres i Melform, sker akkurat det samme, idet Melet paa et vist Tidspunkt af Brændingen klumper sig sammen til Nødder.

Klinkerne falder ned i en Beholder, hvor en Luftstrøm afkøler dem; den derved forvarmede Luft føres til Ovn'en gennem et med Kulrøret konaxialt liggende Rør og benyttes ved Forbrændingen.

Cementen bliver bedre brændt i denne Ovn end i de gammeldags, og skønt der bruges mere Brændsel²⁾, bliver Fabrikationen billigere, fordi man sparer Murstenstilvirkningen og de dermed forbundne Transporter. Cement fra Roterovne er væsentlig stærkere end anden Cement, navnlig mod Tryk; man kan for 28 Døgn gamle Normalprøvelegemer komme op paa en Gennemsnitsstyrke af 450^{at}, og i et enkelt Tilfælde har man efter 3 Maaneders Hærdning fundet 700^{at} for et Normalprøvelegeme og 1250^{at} for et Legeme af ren Cement. Det er dog navnlig under den første Del af Hærdningen (ved 3, 7 og 28 Døgn's Prøven), at Roterovns Overlegenhed viser sig, senere udjævnes Forskellen noget.

c. Malingen.

981. Klinkerne fra Høj- eller Ringovnen fyldes i et Taarn med Aabninger fornedet, fra hvilke de skovles ud paa et roterende Fortov³⁾; paa dette drysses

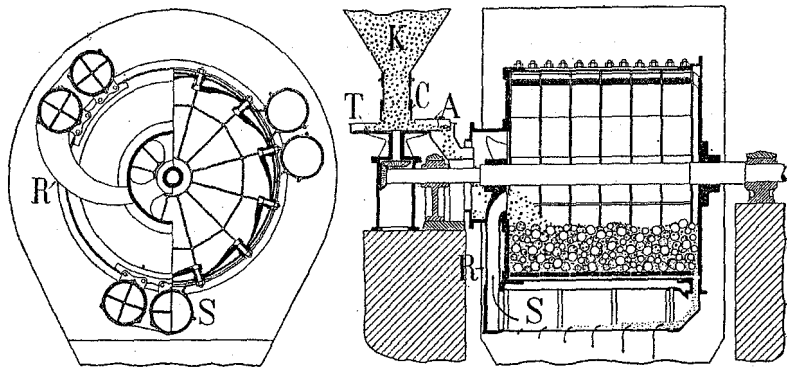


Fig. 285.

der samtidig lidt ubrændt Gibs og undertiden 1% Vand, der, ligesom Gibsen, bidrager til at forøge Cementens Stærkningstid. Det bevægelige Fortov aflæsser

¹⁾ eller Raaolie.

²⁾ Kulforbruget er 25% af Cementens Vægt, mens Aalborg Ovn'en kun bruger 13%. Brændingsmaadens Indflydelse paa Cementens Egenskaber er nævnt i § 1015, 1017, 1020 og 1023.

³⁾ Denne Konstruktion findes kun paa Limhamnfabrikken.

Klinkerne paa et Transportbaand, der fører dem videre gennem en **Stenknuse-maskine** til en Kuglemølle. De smaa Roterovnsklinker kan direkte føres til Kuglemøllen.

Kuglemøller haves i forskellige Konstruktioner, af hvilke *F. L. Smidth & Co.'s Kominør* er vist paa Fig. 285¹⁾. Den ligner en Rørmølle, men er kortere, har en større Diameter og arbejder med Staalkugler, der er saa store, at de ved deres Fald knuser Klinkerne. Fødeapparatet bestaar af en Tragtk *K*, fra hvilken Klinkerne glider ud paa den roterende Tallerken *T*, fra hvilken Afstrygeren *A* fejer dem ned i en tvedelt Fødetragt; Tilførslen reguleres med det forskydelige Rørstykke *C*. Fra Fødetragten ruller Klinkerne ind i Tromlen gennem Huller i dennes ene Endebund og passerer gennem Møllen hen til den anden Endebund, hvor det knuste Materiale glider ned i nogle cylindriske Sigter, *S*, der deltager i Rotationen, og som tillader det tilstrækkelig findelte Materiale at falde ud, mens det, der endnu er for groft, gennem Rørene *R* atter føres ind i Møllen.

Kominøren afleverer Cementen i Grynform til en **Rørmølle**, der er beskrevet i § 976. Her faar den sin sidste Findeling og føres saa med Transportbaand til Siloer.

Jo finere Cementen er malet, des stærkere bliver den, og navnlig vil en fint malet Cement langt hurtigere naa en bestemt Styrke, end en groft malet.

d. Lagringen og Pakningen.

982. Hvis Cementen ikke kan sælges strax, ophobes den i store Siloer beskyttet mod Fugtighed, og ved denne Lagring forbedres den, idet den bliver mere volumenbestandig og langsommere til at størkne²⁾. Ud paa Sommeren, naar Cementefterspørgslen er stor, og Fabrikkerne begynder at sælge deres friske Varer, hænder det ikke sjældent, at man faar en Cement, der størkner for hurtig.

I fugtig Luft taaler Cementen derimod ikke at ligge, da den saa begynder at hærde, klumper sig sammen og bliver stenløben; ved Lagring i stærk Varme kan den ogsaa tage Skade³⁾.

983. Man søger at forklare Lagringens Indflydelse paa Cementen ved en Indvirkning af Luftens Fugtighed og Kulsyre. Er Cementens Kalkindhold for stort i Forhold til Brændingstemperaturen, gaar ikke al Kalken i Forbindelse med Lerjorden og Kiselsyren, en Del bliver tilbage som fri, brændt Kalk, der i Forbindelse med Vand læsker sig til Kalkhydrat under Rumudvidelse, og denne Læskning kan fortsætte sig efter at Cementen er størknet, hvorved denne bulner ud og revner. Saadan udbulnende Cement kan ved længere Tids Lagring blive volumenbestandig, idet den brændte Kalk hydratiseres af Luftens Fugtighed; men den kan dog aldrig blive saa god som normal Cement.

Normal Cement indeholder ikke fri Kalk, men ogsaa den forbedres ved Lagring, idet dens mindst bestandige Forbindelser hydratiseres, hvorved der ligeledes udskilles Kalkhydrat, der senere hen af Luftens Kulsyre omdannes til

¹⁾ Navnet er afledet af det engelske to comminute, at finknuse. Møllen er opfundet af Ingeniør *Paul Lindhard*, og de tilhørende Fastasigter af Maskinkonstruktør *Fasting*.

²⁾ Man har enkelte Exempler paa, at Lagringen til at begynde med har forkortet Stærkningstiden og først senere hen har forlænget den: Ved Lagringen formindskes baade Vægtfylde, Litervægt (§ 1011) og Finhed.

³⁾ Varmt lagret Cement plejer at være hurtigstærkende ogsaa efter Afkøling; først ved længere Tids kølig Lagring bliver den atter langsomt størkende. Man regner, at Cementen efter 2-3 Maaneders Lagring har naaet sin største Godhed (§ 1034), og at den ikke har godt af at lagres udover 1 Aar. Selv toaargig Cement kan dog være ganske normal, forudsat at Lageret har været tørt og køligt.

Kalciumkarbonat. Disse kemiske Processer svarer paa det nærmeste til, hvad der senere sker ved Cementens Hærdning, dog er de saa svage, at de ikke skader denne, men blot giver Cementen en roligere Karakter.

Hvorvidt ovenstaaende Forklaring af Cementens Forbedring ved Lagring er rigtig, maa staa hen. Da en Luftcirkulation i det tæt lejrede Cementpulver kan betragtes som udelukket, er det i alt Fald kun den indesluttede Luft, der faar Lejlighed til at virke paa Cementen.

984. Naar Cementen skal sælges, pakkes den i **Tønder** eller **Sække**. Tønderne bruges mest ved Export samt til Cement, der skal opbevares længe under daarlige Lagringsforhold; de er ikke videre tætte og fores derfor med Papir¹⁾.

Cement, der er pakket i Sække, maa opbevares i et tørt, lukket Rum, hvor den hverken berører den bare Jord eller Murene, thi fra bægge Steder kan den suge Fugtighed. Naar disse Forsigtighedsregler iagttages, kan den holde sig Maaneder igennem.

2. De danske Cementnormer.

985. God Portlandcement vil, naar den udrøres med Vand og overlades til sig selv, størkne (d. vilde blive fast) i Løbet af højst 15 Timer, og for hver Dag, der gaar, vil den blive haardere og stærkere, og denne Hærdning vil foregaa, uden at Cementlegemet forandrer sit Rumfang. Om en Cement er god eller ej, kan man kun overbevise sig om ved at prøve den, men Prøvning af Cement er en vanskelig Sag, da mange Omstændigheder har Indflydelse paa Prøvens Udfald, og der er derfor i alle civiliserede Lande vedtaget bestemte Regler for, hvorledes Cementen skal prøves, og hvilket Resultat Prøverne skal give, for at Fabrikatet skal have Ret til at føre Navnet Portlandcement, saaledes at Fabrikanten ikke risikerer at faa sit Produkt antaget eet Sted og kasseret et andet Sted.

Disse Prøveregler, der er nogenlunde ens i de forskellige Lande, fyldestgør kun i ringe Grad det almindelige Krav til Materialprøvning, at Prøven skal foregaa under Former, der saa vidt mulig ligner dem, hvorunder Materialet anvendes i Praxis. Skønt saaledes Cementen i Praxis næsten udelukkende bruges blandet med Sand, udløres de fleste Prøver med ren Cement, fordi Sandet tilslører Cementens Egenskaber f. Ex. en eventuel Tilbøjelighed til Udbulning. Kun ved Styrkeprøverne anvendes en Sandtilsætning, men samtidig en saa ringe Vandtilsætning og saa stærk Komprimering, som det ingensinde bruges i Praxis. Ved saaledes at fjerne sig fra det praktiske Liv har man til Gengæld opnaaet at faa mere ensartede Resultater, hvilket naturligvis er af den største Betydning, naar det gælder Antagelse eller Kassation af store Leverancer.

986. Ved Udbydelse af Cementleveringer i Danmark forlanges gerne, at Cementen skal være i Overensstemmelse med de danske Bestemmelser af 1911 for ensartet Levering og Undersøgelse af Portlandcement, der foruden en Defi-

¹⁾ Tønderne er af Gran og fremstilles paa selve Cementfabrikken. Efter at Staverne er skaarne, stiller en Maskine dem sammen i Cylinderform, og der føres stærke Jærnringer ind over Enderne, hvorved Tøndeformen opstaar. For at fjerne de Spændinger, der derved fremkaldes i Staverne, sættes Tønden 5 Minutter over en varm Jærncylinder, saa at den svides svagt indvendig; paa Grund af denne indvendige Udtørring krummer Staverne sig udefter, saa at Tøndeformen bliver dem naturlig, og efter at have sat de midterste Tøndebaand paa, kan man fjerne de stærke Jærnringer ved Enderne og erstatte dem med almindelige Tøndebaand. Man er ivoerigt i Færd med at gaa over til Brugen af plojede Staver, saa at Tønderne ikke behøver at føres med Papir. Under Fyldningen anbringes Tønderne undertiden paa et mekanisk Rysteapparat, hvorved Cementen lejer sig meget tæt.

nition af Portlandcement omfatter 5 Punkter: Leveringsmaade, Størkningstid, Volumenbestandighed, Fimmling og Styrke. Disse Bestemmelser gengives nedenfor med Tilføjelse af forskellige Bemærkninger. Gengivelsen er for Hovedpunkternes Vedkommende ordret, mens Beskrivelsen af Prøvernes Udførelse er gjort noget udførligere end i Bestemmelserne¹⁾.

Definition.

987. »Ved Portland-Cement skal forstaaes et hydraulisk Bindemiddel, der er tilvirket ved Brænding indtil Sintring af en omhyggelig Blanding af Stoffer, hvis væsentligste Bestanddele er kalk- og lerholdige Materialier, og som derpaa er malet til Pulver.

En Tilsætning efter Brændingen af indtil 3% fremmede Stoffer for at regulere Bindetiden er tilladelig.

Den sidste Bestemmelse tager Hensyn til, at den brændte Cement maa blandes med lidt Gibs for ikke at blive for hurtigstørknende.

I. Leveringsmaade.

988. »Portland-Cement skal som Regel enten leveres i hele eller halve Normaltønder med en Bruttovægt henholdsvis af 180^{kg} og 90^{kg} og en Nettovægt af ca. 170^{kg} og ca. 83^{kg} eller i Sække med et Nettoindhold af ca. 85^{kg}. Bruttovægten skal være angivet paa Tønderne og Sækkene.

Muligt Tab ved Transport eller mulige Variationer i de enkelte Bruttovægte maa ikke overstige 2% af Bruttovægten.

Foruden Vægtangivelsen skal Tønderne og Sækkene have en tydelig Angivelse af Firma- eller Fabrikmærke samt endvidere være mærkede »Portland-Cement.

Klumpet eller stenløben Cement betragtes ikke som Normalvare.

Da de danske Cementfabrikker hævder Retten til at levere en anden Fabriks Cement i deres egne Sække, naar de ikke selv kan tilfredsstille Efter-spørgslen (en Opfattelse, der absolut ikke deles af Forbrugerne), kan man ikke fra Fabrikmærket slutte sig til Cementens Kvalitet²⁾.

II. Størkningstid.

989. »Portland-Cement skal i Reglen være langsomt størknende, men kan dog paa Forlangende leveres hurtig størknende.

Ved langsomt størknende Cement forstaaes en saadan, hvis Størkning ikke begynder før 1 Time efter Oprøringen, og hvis Størkningstid er ~~under~~ ^{over} 2 Timer; dog maa Størkningstiden ikke overstige 15 Timer.

Størkningstiden skal bestemmes med Vicats Normalapparat.

Størkningstiden er afhængig af Temperaturen, Vandtilsætningen og Mørtlens Gennemarbejdning, hvilket der maa tages Hensyn til ved Prøvens Udførelse; Luft, Vand og Cement skal saaledes have en Temperatur af 15—18° C, og Vandtilsætningen skal være en saadan, at Mørtlen faar en ganske bestemt Kon-

¹⁾ Til en fuldstændig Cementundersøgelse kræves der 5^{kg} Cement. Den udføres paa Statsprøveanstalten for 20 Kr.

²⁾ Undertiden sælges Cement ogsaa i 1/2 Tdr. à 45^{kg} Brutto, eller i Sække à 57^{kg} Netto (1/2 Td.). Da Tønderne fordyrer Cementen med ca. 24 Øre pr. 100^{kg}, leveres den hyppigst i Sække (§ 1034). Disses Vægt er ca. 1^{kg}. Ved større Licitationer er Prisen pr. 100^{kg} i Sække (der tilbageleveres) Kr. 3,00—3,60, svarende til Kr. 5,10—6,12 pr 1/2 Td. Regnes Cementens Vægt i løst Maal til 1400^{kg/m³}; bliver Prisen pr. m³: Kr. 42—50. 1 Overslag over mindre Arbejder regnes en Td. Cement med Kørsel ofte til Kr. 6.

sistens. Den til Opnaaelse af **Normalkonsistens** nødvendige Vandmængde er forskellig for de forskellige Cemente og maa først bestemmes, hvilket sker ved Hjælp af **Vicats Apparat** (Fig. 286).

990. Det bestaar af et Stativ, i hvilket en hul Stang med en Plade foroven kan glide op og ned. Forneden i Stangens Forlængelse fastskrues en cirkulær, cylindrisk Messingstang, 1^{cm} i Diameter. Paa Stativets Fodplade lægges en Glasskive, og paa denne stilles en konisk Metalring¹⁾.

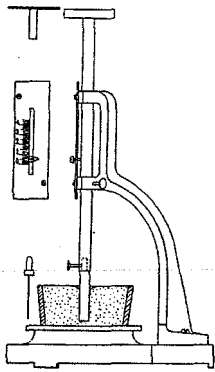


Fig. 286.

Man afvejer 400^g Cement og den Vandmængde, man antager vil passe²⁾, og gennemarbejder Massen med en Spatel. Æltningen maa være meget intensiv og skal for langsomt størknende Cement være nøjagtig 3 Minutter, for hurtigt størknende højst 1 Minut. Den stive Grød fyldes forsigtigt, uden Rystelser, i Metalringen, og Overfladen afstryges glat. Man lader derpaa Konsistensmaalerens Stang, der med Plade og Cylinder vejer 300^g, glide ned i Mørtlen; standser Stangen 4—6^{mm} oven over Glaspladen, har Mørtlen Normalkonsistens, i modsat Fald er den enten for stiv eller for lind, og Forsøget maa gentages med en anden Vandmængde. Stangen er forsynet med en lille Viser, der peger paa en Millimeterinddeling, saa man let kan iagttage dens Bevægelse.

991. Naar man paa denne Maade har faaet en Mørtel af Normalkonsistens, ombyttes Cylindren med en cylindrisk Naal af 1^{mm}² Tværsnit, samtidig med at Stangen belastes med en løs Skive, saa at den totale Vægt atter bliver 300^g. Denne Naal vil strax synke helt til Bunds, men efter nogen Tids Forløb vil den standse lidt over Bunden, idet Størkningen er begyndt. Prøven maa derfor gentages med smaa Tidsmellemrum, og naar Naalen standser ca. 5^{mm} fra Bunden, noteres Klokkeslettet, og man opgiver hvor lang Tid, der er hængaaet fra Udstøbningsøjeblikket og til **Størkningens Begyndelse**. Denne Bestemmelse har navnlig praktisk Betydning ved hurtig størknende Cement, thi hvis Cementen er begyndt at størkne, inden den anvendes, hærder den kun daarligt, og da man altid tilbereder større Partier ad Gangen, maa man vide, hvorlænge Mørtlen kan taale at staa inden Anvendelsen.

Størkningen regnes for fuldbyrdet, naar Naalen ikke mere giver et kende- ligt Indtryk paa Mørtlens Overflade, og Tiden fra Udstøbningsøjeblikket og indtil da er **Størkningstiden**³⁾.

992. Denne Maade at bestemme Størkningstiden paa kræver mange Observationer og indrømmer det personlige Skøn et vist Spillerum (med Hensyn til Indtrykkets Svagthed), og man har derfor foreslaaet i Stedet for den at benytte Mørtlens **Temperaturstigning** under Størkningen og konstrueret et Apparat, der selvstændig optegner denne. Mørtlen varmer sig nemlig under Størkningen, og ved hurtig størknende Cement kan Temperaturstigningen være 10° eller mer,

¹⁾ Underste Diameter: 7,5^{cm}, øverste Diameter: 8,5^{cm}, Højde: 4^{cm}. Tidligere brugtes en Ebonitring.

²⁾ gerne 23—28 Vægtprocent.

³⁾ De sidste, svage Indtryk er ikke helt runde, og naar de kun har Halvmaaneform, regner Statsprøveanstalten Størkningen for endt.

ved langsomt størknende derimod kun 2—3°⁴⁾. Imidlertid er det med Rette blevet hævdet, at Varmeudviklingen kun er et Fænomen, der ledsager Størkningen, og ikke kan identificeres med denne.

Derimod er der nylig gjort Forsøg paa at anvende **Brinells Haardhedsprøve** paa Cementen, og denne Metode synes overordentlig tiltalende, idet den muliggør at forfølge Cementens Hærdningsproces lige fra Begyndelsen til Enden og at karakterisere dens Forløb med bestemte Haardhedstal.

Inden man benytter Vicats Naal, orienterer man sig undertiden med Hensyn til Størkningstiden ved paa en Glasplade at udstøbe en rund Mørtelkage af Normalkonsistens. Naar et let Tryk med en Negl ikke længere efterlader noget Mærke, regnes Mørtlen for størknet.

III. Volumenbestandighed.

993. »Portland-Cement maa ikke bulne ud, og udstøbt Cementmørtel maa ikke forandre sit Rumfang ved efter fuldendt Størkning at lægges i Vand.«

Størknet Portlandcement udvider sig i Fugtighed og trækker sig sammen i Tørke ligesom Stenarterne, og det er ikke disse naturlige Formforandringer her er Tale om, men derimod en stærk Udbulning, hvorved den størknede Cements Sammenhæng ophæves, der opstaaer gabende Revner, og Mørtlen kan tilsidt helt smuldre. En saadan Cement er selvfølgelig ganske ubrugelig; anvendes den til Samling af saltglaserede Lerrør, sprænger den Mufferne, anvendes den til Muring eller Betonstøbning, sprænger den Stenene fra hverandre. Jo stærkere Udbulningen er, des før viser den sig, og ved Hærdning i Vand tidligere end ved Hærdning i Luft, men altid først efter Størkningen, naar Plasticiteten er ophævet.

Udbulningen kan skyldes en daarlig Maling og Blanding af Raamaterialerne, et for stort Indhold af Gibs (§ 1019) eller Magnesia (§ 1018), men den hyppigste Aarsag er, at Cementen er for kalkrig i Forhold til Brændingstemperaturen (§ 1016-7).

994. **Volumenbestandigheden undersøges** paa følgende Maade: 400^g Cement udrøres med Vand til Normalkonsistens og udstøbes paa to plane Glasplader til to runde Kager, ca. 1^{cm} tykke. Prøverne stilles 24 Timer til Størkning i en lukket Kasse, hvis Luft holdes fugtig fra vaade Klude, og kommer derpaa i Vand. Er Cementen ikke volumenbestandig, vil dens Overflade blive bedækket med et Næt af Ridser, og er Udbulningen stærk, vil Kagerne krumme sig og i Randen faa radiale Revner, der gaber udefter. God Cement vil derimod bevare sin Form og Sammenhæng fuldstændig²⁾. De to Kager løsner sig i Reglen selv fra Glasset, og ved at lægge deres Undersider sammen kan man let se, om de har holdt sig plane eller ej³⁾.

¹⁾ Ved Fremstilling af større Legemer kan Temperaturen stige langt højere paa Grund af det forholdsvis ringere Varmetab. Exempelvis er under Stampningen af 20^{cm} Terninger af lige Dele Cement og Sand Temperaturen steget 23°, mens den kun steg 1,5° for den rene Cement i Vicats Ring. Se ogsaa § 1023.

²⁾ Hvis Kagerne ikke beskyttes mod Fordampning under Størkningen, kan der opstaa Svindridser i dem, navnlig naar Cementen er meget langsomt størknende og udrørt med meget Vand; men disse Ridser kommer allerede under Størkningen og ligger navnlig midt i Kagen, saa med lidt Øvelse kendes de let fra de kriminelle. Hvis Kagerne lægges i Vand, inden Størkningen er afsluttet, kan der opstaa Revner i dem, der heller ikke maa forveksles med Udbulningsrevner, men er et rent mekanisk Fænomen.

³⁾ Velbrændte, kalkrige Cemente kan undertiden adhærere stærkt til Glasset og sprænge dette efter ca. 6 Mndrs Forløb uden selv at være synligt deformerede. Sprængningen skyldes naturligvis Cementens Rumfangsforandringer, som imidlertid kun behøver at være minimale og derfor er ufarlige, mens Sprængningerne paa den anden Side viser Cementens Styrke.

Udbulningen viser sig i Reglen i Løbet af 3 Døgn, men Prøven afsluttes først efter 27 Døgn Vandhærdning, er der da ingen Deformation sket, erklæres Cementen for volumenbestandig.

995. Hvis man ikke har Tid til at afvente Normprøvens Resultat, kan man benytte **forcederede Prøver**, der ved Hjælp af Opvarmning fremkalder en hurtigere Tilsynekomst af eventuelle Udbulningsfænomener, mens god Cement bliver overordentlig haard og klangfuld.

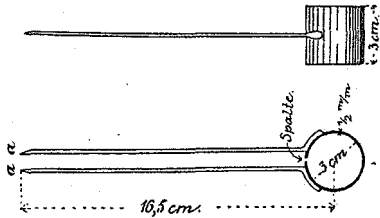


Fig. 287.

Blandt disse Prøver udmærker **le Chateliers** sig ved at give bestemte Talværdier for Volumenbestandigheden¹⁾. Apparatet (Fig. 287) bestaar af et cylindrisk Hylster af Messingblik, der er opskåret langs en Frembringer og forsynet med to Visere. Apparatet stilles paa en Glasplade, fyldes med Cementgrød af Normalkonsistens, idet Viserne holdes sammen med et let Tryk, og bedækkes derpaa med en anden Glasplade, der belastes svagt. Det hele stilles strax i Vand af 15°—18°C, og efter et Døgn Forløb tages det op, og Afstanden mellem Visernes Spidser maales. Derpaa stilles det atter i koldt Vand, der i Løbet af ca. 1/2 Time bringes i Kog og holdes kogende i 6 Timer, hvorefter det tages op og afkøles, og Afstanden mellem Spidserne atter maales. Differensen mellem de to Maalinger giver Mørtlens Udvidelse stærkt forstørret og er som Regel kun nogle faa Millimeter; i alt Fald maa den ikke overskride 10 mm.

I Danmark har tidligere **Erdmengers Højtryksdamprøve** været benyttet en Del, navnlig af Vandbygningsvesenet. Til denne bruges smaa Normalprøvelegemer (Fig. 288) dannede af 1 Vægtdele Cement og 3 Vægtdele Normalsand (§ 1000); naar disse er lærnede 1 Døgn i fugtig Luft og 2 Døgn under Vand, koges de i 6 Timer under et Damptryk af 10^a i en lille Dampkedel, og derpaa prøves deres Tryk- og Trækstyrke. Udbulnende Cementer viser kun ringe Styrke efter Kogningen eller koger helt i Stykker, mens volumenbestandig Cement bliver lige saa stærk som efter 28 Døgn Hærdning paa normal Maade eller endnu stærkere. Der er dog intet bestemt Forhold mellem Cementens 28 Døgn Styrke og dens Styrke efter Erdmengerprøven. Den sidste er for de i Danmark benyttede og af Statsprøveanstalten undersøgte Cementer gennemsnitlig ca. 27 og ca. 335^a henholdsvis for Træk og Tryk.

Af andre varme Prøver skal nævnes **Inddampningsprøven**, ved hvilken de døggamle Kager anbringes flere Timer i et Varmeskab ved en Temperatur af 100—120°. Ved **Kogepøven** lægges de i en Gryde helt nedsenkede i Vand, der langsomt bringes i Kog og holdes i kogende i ca. 3 Timer.

996. Alle de varme Prøver er overordentlig fintmærkende, og man kan derfor altid gaa ud fra, at en Cement, der har bestaaet dem, ogsaa vil bestaa Normprøven, mens det omvendte ikke er Tilfældet. Hvis Cementen skal bruges til Jærnbeton, hvor Volumenbestandigheden er særlig vigtig, eller hvis den skal udsættes for høje Temperaturer, gør man derfor klogt i at foreskrive **le Chateliers** Prøve, mens man under almindelige Forhold rolig kan lade sig nøje med Normprøven.

Det maa dog bemærkes, at hvis Udbulningen skyldes et stort Magnesiaindhold (hvad der er ukendt i Danmark, hvor udbulnende Cementer overhovedet meget sjældent forekommer), begynder den først efter ca. 1 Aars Forløb eller

¹⁾ Prøven anbefales af *I. M.* som forceret Normprøve ved Siden af 28 Døgn Prøven. I de danske Normer anbefales den ligeledes, dog kun som orienterende. I England bruges kun *le Chateliers* Prøve og slet ikke Koldtandsprøven.

endnu senere og kan følgelig ikke paavises ved Normprøven, men derimod ved de varme Prøver¹⁾.

IV. Finmaling.

997. »Portland-Cement skal være saa fint malet, at den i det højeste lader 3 % tilbage paa en Sigle med 900 Masker pr. cm², og hvis Traadtykkelse er det halve af Maskevidden.

Da Cement næsten udelukkende bruges i Forbindelse med Sand, og en saadan Mørtels Styrke — alt iøvrigt lige — bliver større, jo finere Cementen er, har Findelingen stor Betydning. Dog bør man ikke alene af Cementens Finhedsgrad bedømme dens Godhed, da ringere, blødere Cementsorter oftest forekommer meget finmalede, eftersom de meget lettere lader sig findele end gode, haardbrændte Sorter. Disse sidste vil, selv om de er mindre finmalede, dog som Regel udvise en større Bindekraft end hine.

Til hver enkelt Sigteprøve anvendes 100% Cement.

For yderligere at bedømme den afsigtede Cements Finhed anbefales det at foretage en Adskillelse med en Sigte med 5000 Masker²⁾ pr. cm².

998. Undertiden anvendes ogsaa en Sigte med 2500 Masker pr. cm². Traadtykkelsen i de tre Siger er henholdsvis 0,1, 0,07 og 0,05 mm, og Maskernes Lysvidde: 0,222, 0,13 og 0,09 mm. For de danske Cementer ligger Sigteresterne gerne henholdsvis mellem 0,0 og 2,3 % 4,3 og 22,6 % 6,1 og 27,1 %. I Tyskland er 5 % Rest paa 900 Maskers Sigten tilladt.

Det er vanskelig at fremstille saa fine Siger, som her er Tale om, ens, og hvis blot en Traad forskyder sig et Sted, saa der opstaar en enkelt stor Maske, er Sigten ubrugelig. Man har derfor søgt at erstatte Signingen med en Art **Luftslemning**, idet man fylder Cementen i en lang Glastragt og blæser op igennem den og vajer det Pulver, som forbliver i Tragten ved forskellige Blæststyrker. Denne Metode, der endnu er paa Forsøgsstadiet, muliggør ogsaa en Sortering af det Pulver, der gaar gennem den fineste af de nævnte Siger, og om hvis Finhedsgrad man iøvrigt intet ved, til Trods for at det udgør Hovedparten af Cementen.

V. Styrke.

999. »Portland-Cementens Styrke skal prøves ved en Blanding af Cement og Sand.

Styrkeprøven udføres saa vel ved Tryk som ved Træk efter ensartet Fremgangsmaade, saa vel hvad Prøvelegemernes Form og Størrelse som de dertil anvendte Apparater angaar.

Normprøverne skal udføres af 1 Vægtdele Cement og 3 Vægtdele Normalsand og opbevares en Dag i fugtig Luft, den øvrige Tid under Vand.

Trykprøverne foretages med Tærninger med 50 cm² Sideflade.

Trækprøverne foretages med Prøvelegemer, hvis Brudflade er kvadratisk med et Areal af 5 cm².

Normprøverne med langsomt størknende Cement skal efter 28 Dages Forløb udvise en Trykstyrke af mindst 200 kg/cm² og en Trækstyrke af mindst 16 kg/cm².

Ved hurtig størknende Cementer kan Styrketallene vise sig noget lavere, hvorfor disse altid skal være ledsagede af Angivelse af Størkningstiden.

De angivne Styrketal skal være Middeltal af Forsøg med 10 Prøvelegemer.³⁾

¹⁾ Hvis Udbulningen skyldes et stort Gibsindhold, fremskyndes den ikke ved de beskrevne varme Prøver, derimod træder den tydelig frem, naar Kagerne inddampes ved 200° og derpaa lægges i Vand. Undertiden kan Legemer af ren Cement, der lærnede i Luften, ligge og smuldre hen; det sker navnlig, naar Mørtlen er tilberedt med meget Vand og udtørres hurtigt, derimod sjældent, naar den holdes fugtig under den første Hærdning. Dette Fænomen har intet med Udbulning at gøre, men skyldes at der kommer Svindrevner i Mørtlen, som derpaa sprænges af Frost.

²⁾ Denne Betegnelse og Betegnelsen »4900 Masker pr. cm²« er ensbetydende, da Sigerne ikke kan fremstilles med en Nøjagtighed af 100 Masker pr. cm².

1000. »Normalsandet skal fremstilles af rent, skarpkantet Kvarssand, der omhyggeligt udvaskes og tørres: de groveste Dele frasigtes paa en Sigte af 0,25^{mm} tyk Metalplade med cirkulære Huller af 1,350^{mm} Diameter, og de fineste Dele paa en Sigte af samme Tykkelse Plade med Huller af 0,775^{mm} Diameter¹⁾.

Selv en saa skarpt defineret Sandsort viser sig imidlertid at give forskellige Styrketal, eftersom den graves det ene eller det andet Sted, og saavel Statsprøveanstalten som de danske Cementfabrikker bruger derfor det saakaldte tyske Normalsand, der anvendes af alle tyske Laboratorier. Det tilfredsstillende de ovennævnte Betingelser, bestaar næsten udelukkende af Kvarts og sælges i udvasket og tørret Tilstand²⁾.

1001. Ved **Prøvelegemernes Fremstilling** gaar man saaledes frem: Først blandes de afvejede Mængder Cement og Sand tørt med en Ske, derpaa tilsettes en bestemt Mængde rent, fersk Vand, og det hele gennemarbejdes 3 Minutter og fyldes i Formene³⁾.

Trækprøvelegemet ligner en lille Violinkasse, og Formen til det saavel som til Trykprøvelegemet er af Støbejern og til at skille ad, som vist øverst til venstre paa Fig. 288. Formene forhøjes ved Hjælp af Paasætningsstykker, og naar Mørtlen er fyldt i, dækkes den med en Jærnklo af samme Form som Prøvelegemet, blot lidt mindre, saa at et Slag paa Klodsen fordeles jævnt over Mørtlen.

Prøvelegemet komprimeres derpaa, hvilket sker ved Hjælp af **Böhmes Hammerapparat** (Fig. 288)⁴⁾. Dette bestaar af en Svanshammer, der vejer 2^{kg}, og som drives af et Tandhjul. Under denne Hammer befestes Formen paa et solidt Fundament, der ikke fjæres under Slagene. Prøvelegemet skal have 150 Slag, og Apparatet er saaledes indrettet, at det gaar i Staa af sig selv, naar de 150 Slag er faldne⁵⁾.

1002. Efter at Prøvelegemet er strøget af i Højde med Formens Kanter og glattet omhyggeligt, stilles det ned i en lukket Kasse, hvis Bund er bedækket

¹⁾ Tidligere brugtes Traadsigter med 60 og 120 Masker pr. cm² (Traadtykkelse henholdsvis 0,38 og 0,32^{mm}), hvorved samme Kornstørrelse fremkom, men Traadsigter er meget uensartede.

²⁾ Det er Bakkesand fra Freienwalde i Preussen; løst indsigtet vejer det 1,41 kg pr. l, sammenrystet 1,65 kg. Der har været Tale om at indføre det som internationalt Normalsand, men Bestrøvelserne i denne Retning vil næppe lykkes.

³⁾ Vandtilsætningen skal være saa stor, at de færdige Prøvelegemers Overside viser Vandudtrængning med begyndende Slamdannelse. Hertil kræves gerne 8—9 Vægtprocent Vand, men Mængden kan variere noget hos de forskellige Cementer og angives derfor altid i Prøveattesten. En konstant Vandmængde for alle Cementer vilde gøre enkelte saa plastiske, at Komprimeringen slet ikke virkede.

⁴⁾ I Tyskland blandes Mørtlen ikke for Haanden, men med *Steinbrück-Schmelzers* Mørtelblander. Det er en Slags Kollergang, hvis Tromle roterer paa Stedet om en vandret Axe, mens der under den roterer en Støbejernstallerken i samme Retning, men med mindre Hastighed, saa at Mørtlen, foruden at komprimeres af Tromlens Vægt, tværes ud, hvorpaa den af Skrabere løsnes og vendes. Naar Mørtlen er haandblandet 1/2 Minut tør og 1/2 Minut vaad, fordeles den jævnt i Blanderen, der roterer 8 Gange i Minuttet; efter 20 Omdrejninger lyder et Klokkeslag, og Mørtlen er da færdig.

⁵⁾ I Zürich bruges en fritfaldende Hammer (*Klebes*), større for Tryk- end for Trækprøvelegemernes Vedkommende, saaledes at Slagarbejdet pr. cm² Mørtel bliver ens for bægge Legemer.

⁶⁾ Tandhjulet og Kamhjulet, der løfter Hammeren, er fastkilede paa samme Axel og drives med Haandsvinget *H* eller ved Remtræk. Den lille Skive *S*, der har et Hak i Randen, og hvis Bagside er forsynet med 15 Tænder, indstilles, som vist i Figuren, ved Hjælp af Haandsvinget *h*. For hver Omdrejning af Kamhjulet, α : for hver 10 Hammerslag, vil Tandens *T* dreje Skiven een Tand frem, og naar alle 15 Tænder er passerede, vil Hakket i Skiven vende lodret nedad. Vippen *V*, der er belastet i den ene Ende, er i den anden forsynet med en Klo, der passer om Kamhjulens Kamme, men foran denne Klo har den en Klods, der slider mod Skiven *S*'s Rand og forhindre Kloen i at slaa op om Kamhjulet; først naar de 150 Slag er faldne, og Hakket i Skiven staar lige over Klodsen, sker Indgribningen, hvorved Kamhjulet standses.

med fugtige Klude. Her forbliver det 24 Timer, hvorefter det lægges i Vand, og efter 27 Døgn **Vandhærdning** prøves Styrken umiddelbart efter Optagelsen¹⁾. Det anbefales dog at udstrække Styrkeprøverne udover 28 Døgn f. Ex. til eet eller flere Aar²⁾.

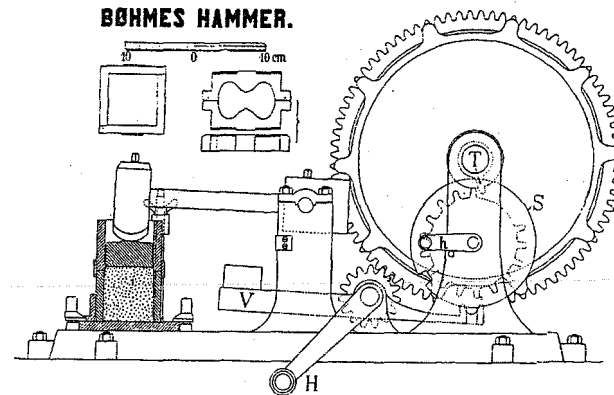


Fig. 288.

Da den meste Cement bruges til Luftmørtel og kun holdes vaad i de første 8—14 Dage, svarer den beskrevne Hærdningsmaade kun daarligt til de praktiske Forhold, og de ny tyske Cementnormer har derfor kun bibeholdt den for Vandbygnings Cement og indført Lufthærdning for Cement til anden Brug³⁾.

1003. Trykstyrken kan bestemmes ved Hjælp af en hydraulisk Presse, som beskrevet i § 18. Knusningen skal udføres saaledes, at Trykket virker paa to af Tærningens Sideflader, der under Komprimeringen har indtaget en lodret Stilling⁴⁾. Brudformen er vist i Fig. 28 og omtalt i § 62—5.

1004. Trækstyrken bestemmes hyppigst ved Hjælp af *Frühling-Michaëlis'* Apparat (Fig. 289). Det er et Vægtstangsapparat med Omsætningsforhold 50, idet den nedre og øvre Vægtstang er delte henholdsvis i Forholdet 1:5 og 1:10. Prøvelegemet anbringes mellem de to Kløer, af hvilke den nedre ved Hjælp af en Skruer med Haandhjul kan hæves eller sænkes, indtil den lange Vægtstangs Overside staar noget over en Streg paa Opstanderen bagved; Stregen angiver Vægtstangens vandrette Stilling, i hvilken Stangen helst maa befinde sig i Brudøjeblikket. Den lange Vægtstang bærer en Spand, over hvilken Udlobet for en Beholder med Hagl befinder sig. Aahningen ind til Beholderen lukkes og aabnes ved Hjælp af en Skyder, der er fastgjort til en tung Ramme (se Snit A—B), i hvis Underside der sidder en Stang med et Hak i Enden. Naar Skyderen løftes helt op, svipper en Spærhage ind i dette Hak

¹⁾ Hvis Trækprøvelegemerne faar Lov at ligge nogen Tid og tørre, opstaar der indre Spændinger, der forringer Styrken (§ 1028).

²⁾ For Trækprøvelegemernes Vedkommende fjernes Formen umiddelbart efter Fremstillingen, mens Trykprøvelegemerne bliver i Formen, til de sættes i Vand. Vandets Temperatur skal være 15—18°, og i de første 28 Døgn skal det fornyes hvert 7ende Døgn.

³⁾ Efter 1 Døgn Hærdning i Luften og 6 Døgn i Vand skal Tærningerne holde 120^{at}, og efter yderligere 21 Døgn i Luften 250^{at}.

⁴⁾ Spændingstilvæksten kan sættes til 10^{at} pr. Sekund.

og holder Skyderen løftet, indtil Bruddet sker, og Spanden ved sit Fald udløser Spærhagen. Efter Bruddet hægtes Spanden af og vejes; vejer den 1,6 kg. har

FRÜHLING-MICHAELIS' APPARAT TIL PRØVNING AF CEMENTS TRÆKSTYRKE.

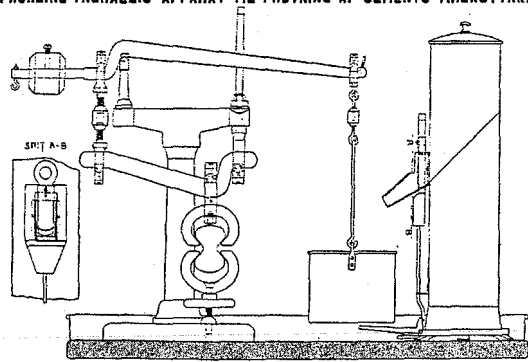


Fig. 289.

Trækket i Prøvelegemet været 1,6·50 kg, og da dettes Brudtværsnit er 5 cm², bliver Brudspændingen $1,6 \cdot 50 : 5 = 1,6 \cdot 10^4$, altsaa lig det 10dobbelte af Spandens Vægt¹⁾.

1005. I Følge Normerne skal der udføres 10 Tryk- og 10 Trækforsøg, og Middelstyrken maa herved ikke vise sig mindre end henholdsvis 200 at og 16 at for

langsomt størknende Cement, for hurtig størknende Cement er der ingen Styrketal fastsat.

De nævnte Styrketal er sat ret lavt. Som Aarsgennemsnit for de paa Statsprøveanstalten undersøgte Cementer fandtes:

Tryk	3 Døgn 7 Døgn 28 Døgn 3 Mndr.				Træk	3 Døgn 7 Døgn 28 Døgn 3 Mndr.										
	1905	1906	1907	1908 ²⁾		1905	1906	1907	1908 ²⁾							
	109	84	97	104	14,3	12,2	13,1	13,6	17,2	19,9	18,7	19,7	22,1	26,2	24,0	31,1
	167	191	187	194	255	305	296	313	359	378	407	383	359	378	407	383

Skal Cementen bruges til stærkt belastede Konstruktioner, har dens Styrke naturligvis stor økonomisk Betydning, da en stærk Cement taaler en større Spænding eller en større Sandtilsætning end en svag. Det er navnlig Trykstyrken, der har Betydning, da Mørtlen i Praxis hovedsagelig paavirkes til Tryk¹⁾.

Jo stærkere Cementen er brændt (§ 980, 1017), og jo finere den er malet (§ 981, 997, 1013), des stærkere bliver den; endvidere afhænger Styrken af Kalkindholdet (§ 1016) og Størkningstiden (§ 1022, 1027).

1006. Man gør ofte Forsøg med yngre Legemer, f. Ex. 7 Døgn gamle, og saadanne Forsøg har stor Værdi for Cementfabrikkerne, der kender Forholdet mellem 7 og 28 Døgn Styrken af deres Produkt, og altsaa hurtigere kan konstatere, om Kvaliteten er normal; men ogsaa Forbrugerne har Nytte af denne Prøve, naar de kender det paagældende Forhold. Derimod kan man ikke slutte, at to forskellige Cementer, der har samme Styrke efter 7 Døgn, ogsaa har det efter 28 Døgn, thi Hærdningen foregaar med forskellig Hastighed.

¹⁾ Før Forsøget maa man overbevise sig om, at Apparatet er i Ligevægt uden Prøvelegeme og uden Spand. Hagtilførslen skal ske med 100 g pr. Sekund. Klørnes Gribeflade skal være konvex (ikke plan), saaledes at den kun berører Prøvelegemet i Midten, derved formindskes Faren for et skævt Træk.

²⁾ Minimumsværdierne for de 4 Aldersklasser var: 18, 46, 117, 185. Maximumsværdierne » 4 » » 191, 327, 551, 591.
³⁾ Minimumsværdierne » 4 » » 4,1, 6,9, 13,2, 19,7.
 Maximumsværdierne » 4 » » 23,5, 28,1, 35,7, 41,0.

⁴⁾ I de ny tyske Cementnormer er Trækprøven strøget.

Styrken voxer meget stærkt i de første Døgn, derpaa langsommere og langsommere, indtil den bliver konstant, hvilket ved Vandhærdning kan tage 10 Aar og mere¹⁾.

Trykstyrken efter 3 Døgn 7 Døgn 28 Døgn 3 Mndr. 1 Aar
 kan f. Ex. være 39 66 100 129 150 %
 af Styrken efter 28 Døgn, men Tallene er forskellige for de forskellige Cementer²⁾.

En Tilbagegang i Styrken fra det 7' til det 28' Døgn vil kun ske, naar Cementen ikke er volumenbestandig.

1007. Det ligger nær at spørge, hvorfor man gør sig den Ulejlighed at fremstille Normalsand i Stedet for at prøve den rene Cements Styrke. Grunden hertil er, at to Cementer, der har samme Styrke, naar de prøves uden Sand, kan have meget forskellige Styrker, naar de prøves med Sand, og da man i Praxis næsten altid bruger sandblandede Mørtler, har man ogsaa valgt en saadan til Prøvningen. Ganske vist kan der ogsaa være en væsentlig Forskel paa Mørtlens Styrke, eftersom den er fremstillet af Normalsand eller naturligt Sand, men Forskellen er dog ikke saa stor, som i det andet Tilfælde³⁾.

¹⁾ For Aalborg Cement er funden følgende Trækstyrke (A. Poulsen: Zement im Meerwasser, Side 55):

Mørtlens Alder	7 D.	28 D.	90 D.	180 D.	1 Aar	2 Aar	4 Aar	6 Aar	10 Aar
Blandingsforhold 1:3, S _{at}	17,0	24,3	28,4	29,3	34,5	36,6	36,9	36,1	36,8
» 1:1, S _{at}	33,0	35,9	45,9	47,9	51,0	58,4	56,5	55,5	64,5

Ved Forsøg med to forskellige Cementer og forskellige Sandmængder (vistnok Strandsand, Komprimering med Hammerapparat og Hærdning i Vand fandtes følgende relative Styrketal:

Cement	Blandingsforhold	Relativ Trykstyrke efter					Relativ Trækstyrke efter				
		7 D.	28 D.	3 Mndr.	2 Aar	4 Aar	7 D.	28 D.	3 Mndr.	2 Aar	4 Aar
A	1:1	69	100	134	161	196	87	100	114	128	132
	1:2	70	100	137	178	194	79	100	113	132	145
	1:4	63	100	129	193	204	72	100	127	162	111
B	1:1	65	100	137	169	180	84	100	136	147	156
	1:2	70	100	132	160	187	61	100	110	146	138
	1:4	61	100	157	253	272	73	100	136	187	197

Den absolute Trykstyrke efter 28 Døgn var henholdsvis: 367, 227, 76, 311, 196, 51, og den absolute Trækstyrke: 38,1, 26,3, 12,5, 28,5, 22,1, 9,4 (se Bising & Schumann: Der Portlandcement und seine Anwendungen im Bauwesen, Berlin 1905, S. 139).

²⁾ Som Middeltal for 11 Cementer, undersøgte paa Statsprøveanstalten 1906, fandtes:

Alder	3 Døgn	7 Døgn	28 Døgn	3 Mndr.
S _{at}	116	194	294	379
S _{at}	16,3	19,6	26,1	31,2

Trykstyrken voxer hurtigere end Trækstyrken, saaledes at Forholdet mellem dem, der efter 7 Døgn gennemsnitlig er 9,9 (men kan synke til 6), efter 28 Døgn er 11,1 og forøges yderligere i Tidens Løb. Forholdet er dog forskelligt for de forskellige Cementer og voksende med Trykstyrken; naar denne er 200 at, er Forholdet gerne 10. Trykstyrkens Tilvæxt mellem 7 og 28 Døgn Prøven svinger mellem 42 og 182 at og er gennemsnitlig 80 at, mens Trækstyrkens Tilvæxt svinger mellem 0,5 og 9,4 at og gennemsnitlig er 5 at. Trækstyrken paavirkes i højere Grad end Trykstyrken af Cementens større eller mindre Volumenbestandighed. Berlinerlaboratoriet (der i alt væsentligt arbejder som den danske Statsprøveanstalt, og af hvis Meddelelser 1907, Side 79—81 de ovennævnte Oplysninger om Styrketilvæksten er tagne), har saaledes fundet, at Cementer, der ikke bestod Kogepróven (§ 995), havde en ringe Trækstyrke, og at denne kun voksede lidt mellem 7 og 28 Døgn Styrken, mens Trykstyrken var forholdsvis stor og voksede stærkt i det paagældende Tidrum.

³⁾ I Følge Berlinerlaboratoriets Meddelelser (1907, Side 79) er den rene Cements Styrke efter 28 Døgn gennemsnitlig 1,85 og 2,32 Gange saa stor som Normalmørtlens henholdsvis for Tryk og Træk. Til Prøver med ren Cement bruges gerne en Vandtilsætning af ca. 20 %.

1008. De ved Normprøverne fundne Styrketal er et Maal for Cementens Godhed, men man maa ikke vente, at den samme Cement i det samme Blandingsforhold bliver lige saa stærk i Praxis, thi der kan Komprimeringen aldrig drives saa vidt som med Böhmes Hammer.

De Mørtler, der bruges i Praxis, indeholder saa meget Vand, at de er mer eller mindre plastiske i Modsætning til Normalmørtlen, hvis Konsistens nærmest svarer til fugtig Jords. Da Cementens Forhold er forskelligt i en plastisk og i en jordfugtig Mørtel, vilde det være en stor Fordel, om Cementens Bæddelse ogsaa skete ved Hjælp af plastiske Mørtler, saaledes som Tilfældet er i Frankrig.

Til Forsøg med plastisk Mørtel bruges gerne smaa kvadratiske Prismer, 16 cm lange med 4 cm Sidelinie. For at faa sammenlignelige Resultater maa man sørge for, at Legemernes Vægtfylde altid er den samme, hvilket kan opnaas ved forud at afpasse Vægten af Vand, Sand og Cement saaledes, at Formen netop bliver fyldt og ved at bruge en saa tæt Form, at intet Vand kan undvige.

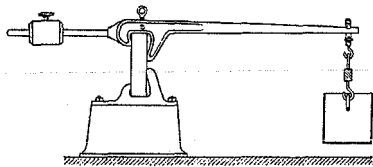


Fig. 290.

Prismernes Bøjningsstyrke bestemmes ved Hjælp af Ferets Apparat (Fig. 290). Prismet fattes af to Kløer, af hvilke den øverste er løs og forlænget til en Vægtstang, der belastes med Hagl ganske som paa Fig. 289¹⁾. Efter at Prismet er knækket, kan Brudstykkernes Knusningsstyrke bestemmes ved at lægge Stykket vandret mellem to plane Staalplader, der er 4 cm i Kvadrat. Prismets udragende Ender forøger ikke Styrken (§ 787), saa man finder samme Brudspænding, som hvis Legemet var tærningeformet.

Ved denne Prøve maade faar man en anden Klassifikation af Cementerne end ved Normprøverne og en større Styrketilvæxt fra det 7' til det 28' Døgn.

3. Portlandcementens Egenskaber.

a. Farve, Vægt, Vægtfylde, Glødningstab.

1009. Cementpulveret har en graa Farve med grønligt Skær og er ru at føle paa. Den hærdnede Cement er ligeledes grønlig, saalænge den ikke ud-

¹⁾ Gennem Øsknen i den øvre Klo er der trukket en Kæde, hvis Ender er fastgjort i en Galge (udeledt paa Figuren), og i hvilken Vægtstangen bliver hengende, naar Bruddet er sket. Hvis Spanden med Haglene vejer P kg og hænger L cm fra Prismets Axe, og hvis Resten af Vægtstangen + Halvdelen af Prismet vejer p kg og har Tyngdepunktet liggende l cm fra Prismets Axe, bliver Spændingen i Prismets strakte Side $\sigma = \frac{P+p}{F} - \frac{PL+pl}{W}$, hvor F og W er Primets Tværnsnit og Modstandsmoment. Indføres $F = a^2$ og $W = \frac{1}{6} a^3$, faas

$$\sigma = \frac{P+p}{a^2} - \frac{PL+pl}{\frac{1}{6} a^3} = \frac{Pa+pa-6PL-6pl}{a^3} = \frac{P(a-6L)+p(a-6l)}{a^3}$$

og vælges $l = \frac{a}{6}$, faar P ingen Betydning, saaledes at σ bliver proportional med P : $\sigma = \frac{P(a-6L)}{a^3}$.

Vægtstangens Tyngdepunkt er derfor lagt i Afstanden $\frac{a}{6}$ fra Prismets Axe; paa dette Sted er der foran og bag Øsknen indsat et Par Smaaskruer endende i Kørnspidser, og Vægtstangen er gennembrudt med en cirkulær Aabning, saa at en Stang kan stikkes igennem til Understøtning for Kørnspidserne. Ved at anbringe Vægtstangen paa denne Maade uden Spanden, overbeviser man sig om, at den er i Ligevægt og retter en eventuel Fejl ved Hjælp af Kontravægten. Apparatet udføres med $L = 54$ cm, der i Forbindelse med $a = 4$ cm giver $\sigma = 5P$.

sættes for Luften, men naar Luften kommer til, bliver den graa eller hvidlig af Kalciumkarbonat²⁾.

1010. Cementpulverets Vægt afhænger ganske af, hvor tæt det er lejet. Ved Sammenligning af forskellige Cementer maa man derfor bruge ens Maal og fylde dem paa ensartet Maade. I Reglen bestemmes Vægten af 1^l, og I. M. anbefaler at bruge et cylindrisk Litermaal, hvis Højde er lig Diameteren, og at fylde det gennem det i Fig. 291 viste Tragtapparat. Midt i Tragten er der en gennemhullet Blikplade med Huller af ca. 2 mm Diameter. Paa denne Plade fyldes Cementen i Portioner paa 3—400 g, der ved Omrøring med en Træspatel drives gennem Hullerne ned i Literen. Cementen lægger sig som en Kegle i Maalet, og naar Foden af denne Kegle har naaet Karrets Rand, standses Paafyldningen, hvorefter Toppen afstryges, og Indholdet vejes.

Skal det sammenrystede Pulvers Litervægt bestemmes, maa Literen stødes regelmæssigt mod Bordet under Fyldningen, mens man ved Bestemmelse af det løst lejrede Pulvers Vægt omhyggelig maa undgaa enhver Rystelse. Det sammenrystede Pulvers Tæthed svarer omtrent til Cementens Tæthed, som den ligger i Tønderne. Berlinerlaboratoriet har ved Undersøgelse af 100 Cementer fundet følgende Litervægte³⁾:

	Middel	Min.	Max.
Løst lejet	1,18	0,98	1,35 kg
Sammenrystet	1,94	1,66	2,13 »
Løst lejet i et 10 ^l Maal.	1,11	1,11	1,36 »

I større Maalekar, der direkte fyldes fra Sæk eller Tønde, lejrer Cementen sig tættere, og ved Udmaaling af Cement til Mørtelblandinger regnes derfor gerne med en Vægt af 1400 kg/m³.

1011. En ringe Litervægt kan tyde paa, at Cementen er svagt brændt eller har været længe lagret, men i disse Henseender er dog Cementkornenes Vægtfylde mere vejledende. For friskbrændt Cement ligger Vægtfylden mellem 3,10 og 3,25, des højere jo stærkere Cementen er brændt. Alle andre Mørtelstoffer er brændte ved en lavere Temperatur og har derfor ogsaa en lavere Vægtfylde, hvilket ligeledes gælder alle de Stoffer, der kan bruges til Forfalskning af Portlandcement. En Vægtfylde af 3,1 eller derover er derfor et sikkert Tegn paa, at Cementen er ublandet.

Finder man en ringere Vægtfylde, behøver Cementen dog ikke at være forfalsket, den er blot ikke friskbrændt. Ved Lagring optager Cementen nemlig Fugtighed og Kulsyre, hvorved Kornene forøger deres Volumen, saa at Vægtfylden kan gaa ned under 3,1; Fugtigheden forener sig med noget af Cementens Kalk til Kalkhydrat, der af Kulsyren langsomt omdannes til Kalciumkarbonat. De optagne Stoffer kan imidlertid fjernes ved Udgødning af Cementen, og

¹⁾ Et gulligt eller brunligt Skær saavel før som efter Hærdningen kan tyde paa, at Cementen er daarligt brændt eller meget lerholdig.

²⁾ Mitteilungen 1907, Heft 2.

³⁾ Ved to forskellige Lejligheder har jeg fyldt Cement skovlvis i en Spand af ca. 14^l Rumfang og fundet en Vægt af 1345 og 1347 kg/m³. Cement lejet i Siloer kan antages at veje 1500 kg/m³. For hærdnet Cement, udstøbt med 24,3 Vægtprocent Vand og hærdnet 3¹/₂ Maaned under vaade Sække, fandt jeg en Vægt af 2190 kg/m³.

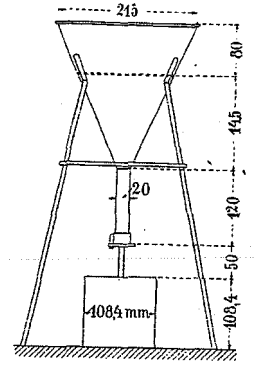


Fig. 291.

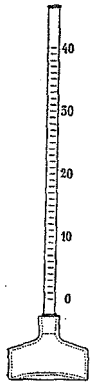


Fig. 292.

hvis man derefter finder Vægtfylden mindre end 3,1, er Cementen sandsynligvis forfalsket.

Ved lang Tids Lagring mister Cementen noget af sin Bindekraft, men de færreste Cementnormer indeholder dog Bestemmelser om Glødningstab og Vægtfyldte, da de øvrige Prøver er tilstrækkelige til at sikre en god Vare¹⁾.

1012. Vægtfylden kan f. Ex. bestemmes ved Hjælp af *Sohumanns Volumemeter* (Fig. 292). Det bestaar af en lille bred Glasflaske, i hvis Hals der nøjagtig er indslæbet et langt Glasrør, inddelt i Tiendele af Kubikcentimeter. Apparatet renses og tørres omhyggeligt, og Røret trykkes meget fast ned i Flasken, efter at Berøringsfladerne er besmurt med Tælle. Apparatet fyldes derpaa med Terpentingolie (der ikke paavirker Cementen) til lidt over nederste Delestreg og henstilles, til al den Olie, der sidder paa Rørvæggen, er sunken ned, derpaa aflæses Oliens Stand. Imidlertid har man paa Glaspapir meget nøjagtig afvejet 100,00 g Cement, der fyldes i Apparatet, og naar Vædskenes Stand ikke ændrer sig mere, aflæses atter. Differensen mellem de to Aflæsninger er Cementens Volumen, der divideret op i de 100,00 g giver Vægtfylden. Man maa naturligvis sørge for, at Luftens Temperatur er den samme ved begge Aflæsninger, og at Varmen fra ens Hænder har fordelt sig, inden man aflæser; førend sidste Aflæsning maa Apparatet henstaa længe, saa at den med Cementen indbragte Luft kan faa Tid til at undvige.

b. Finmaling.

1013. Cementen er en Blanding af grovere og finere Korn, og jo finere den er malet, des hurtigere hærdner den, og des stærkere bliver den. Dette fremgaar tydelig af nedenstaaende Styrketal tagne fra Professor *Borchs* og *Docent Gndtzmanns* i 1891—94 udførte Mørtelundersøgelser. Tallene angiver Brudstyrken i at af Normalprøvelegemer (1 C + 3 NS, komprimeret med Böhmes Hammer) fremstillede af Cimbria Cement. Til Halvdelen af Prøverne anvendes Fabrikens normale Produkt (9,7 % Rest paa 4900 Maskers Sigten)²⁾, til den anden Halvdelen en særlig finmalet Cement (2,2 % Rest paa do.)³⁾:

		Hærdningstid							
		1 Uge	4 Uger	3 Mndr.	6 Mndr.	1 Aar	2 Aar	3 Aar	
Tryk	Vandhærdning	Normal	207	296	352	422	479	501	
	Finmalet		319	388	474	542	593	675	690
Tryk	Luft hærdning ⁴⁾	Normal	201	263	288	238	328	390	
	Finmalet		288	326	390	404	407	427	421
Trek	Vandhærdning	Normal	23	29	36	39	40	40	
	Finmalet		27	33	36	40	45	46	50
Trek	Luft hærdning ⁴⁾	Normal	23	30	31	40	50	57	
	Finmalet		26	33	40	42	49	64	64

De grove Korn, der bliver liggende paa 900 Maskers Sigten, forholder sig nærmest som iblandet Sand, i alt Fald er det paa et meget sent Stadium, at de tager Del i Hærdningen, i Begyndelsen er de næsten kemisk uvirksomme, idet kun Overfladen paavirkes af Vandet. Det er hovedsagelig det Pulver, der

¹⁾ I Norge maa Glødningstabet ikke overstige 5%, og Vægtfylden skal mindst være 3,0 og 3,1 henholdsvis i Leveringstilstanden og i udglødet Tilstand. Et Glødningstab paa over 3% forekommer sjældent, med mindre der er sprøjtet Vand paa Klinkerne inden Malingen.

²⁾ Dette Tal saavel som Styrketallene er Middeltal for to normale Cementer.

³⁾ Andre Forsøg, hvor een og samme Cement blev malet ned til tre forskellige Finhedsgrader, er offentliggjorte i Statsprøveanstaltens Meddelelse XVII.

⁴⁾ i Stue, uden Vanding.

gaar gennem 4900 Maskers Sigten, der er kemisk virksomt, idet disse Korn frembyder en i Forhold til deres Rumfang meget stor Overflade for Vandets Angreb, og samtidig lejer de sig meget tæt om Sandet. Rimeligvis er det kun ca. Halvdelen af Cementen, der for Alvor tager Del i Stærkningen og Hærdningen, i alt Fald kan man ved fornyet Maling og Oprøring af hærdnet Cement opnaa en Styrke af indtil ca. 50 % af den oprindelige¹⁾.

1014. En finmalet Cement adhrerer mere til Omgivelserne, f. Ex. til Jærn, end en grovmalet, men iøvrigt er Spørgsmaalet om Cementens Finhed af større Interesse for Fabrikanten end for Forbrugeren, idet det kan være denne ret ligegyldigt, om den forlangte Styrke er tilvejebragt ved en særlig fin Maling eller paa anden Maade. Selv bortset fra at en stor Finhed lige saa godt kan skyldes svag Brænding som god Maling, er der ingen Grund for Forbrugeren til at forlange særlig smaa Sigterester, tværtimod har en meget fin Maling sine Ulemper, idet Cementen hurtigere bliver knollet ved Lagring og lettere faar Sviudrevner, naar den bruges i fri Luft og i fede Blandingsforhold, f. Ex. til Puds. Det skal ogsaa nævnes, at der i franske Leveringsbetingelser for Cement til Brug i Havvand foreskrives en Minimumsgrænse²⁾ for Sigteresten paa 4900 Maskers Sigten af Hensyn til, at det fine Pulver let dekomponeres af Havvandet.

c. Portlandcements kemiske Sammensætning.

1015. Portlandcement er opløselig i Saltsyre og andre stærke Syrer; bliver der en uopløst Rest tilbage, er det Dele, der ikke er brændt tilstrækkelig, og Mængden af dem er derfor et godt Kendetegn paa, hvor stærkt Cementen er brændt³⁾.

Den tyske Portlandcementfabrikant-Forenings Laboratorium undersøgte i Aaret 1903 ialt 91 Cementer stammende fra 79 tyske Fabrikker med følgende Resultat:

	Middel	Minimum	Maximum
Kalk, CaO	63,14	57,26	67,64
Kiselsyre, SiO ₂	22,20	20,05	28,82
Lerjord, Al ₂ O ₃	7,39	4,43	9,64
Jærnoxid, Fe ₂ O ₃	3,00	0,69	5,99
Magnesia, MgO	1,65	0,83	3,55
Svovlsyre, SO ₂	1,66	0,70	3,01
Glødningstab	2,52	0,95	6,78
Vægtfyldte	3,112	3,049	3,213
S _{ca} efter 28 Døgn	245	162	437
S _{ca} » 28 »	21,8	16,4	30,7

Foruden de nævnte Stoffer findes der gerne smaa Mængder Alkalier⁴⁾, der ikke er medtagne her.

1016. Som man ser, udgør Kalken ca. 65 % af Cementen, mens Resten hovedsagelig er Kiselsyre, Lerjord og Jærnoxid. Det er disse 3 Stoffer, der gør Cementen til et hydraulisk Bindemiddel, og de benævnes derfor under eet de hydrauliske Faktorer. Dividerer man deres Vægt ind i Kalkvægten, faar

¹⁾ Beton & Eisen 1908, Side 65.

²⁾ vistnok 40%.

³⁾ Mens hydraulisk Kalk og Romancement kan indeholde flere Procent, bør Portlandcement aldrig efterlade over 1,5%.

⁴⁾ indtil 2,5%.

man **den hydrauliske Modul**, der af Hensyn til Cementens Styrke og Volumenbestandighed maa ligge indenfor visse Grænser¹⁾.

Jo større den hydrauliske Modul og Kalkmængden er, des stærkere bliver Cementen, men des stærkere maa den ogsaa brændes for at blive volumenbestandig; ved lav Brændingstemperatur gaar kun en Del af Kalken i Forbindelse med de hydrauliske Faktorer, Resten bliver tilbage som fri, brændt Kalk, der i Forbindelse med Vand læsker sig og bulner ud²⁾. Denne Udbulning viser sig i Løbet af et Par Dage efter Mørtlens Fremstilling. Saadan Cement kan forbedres noget ved Lagring (§ 982-3).

1017. Cementen er naturligvis ingen enkelt kemisk Forbindelse, men ligesom Granitten bestaar af forskelligartede Mineralkorn, saaledes er Cementklinkerne en mekanisk Blanding af forskellige Stoffer, der ved Afkølingen har udskilt sig i Form af mikroskopiske Korn. Disse Korn bestaar formentlig af mer eller mindre kalkrige Kalciumsilikater, hvori mer eller mindre kalkrige Kalciumaluminater er opløste, men iøvrigt er Sammensætningen omstridt³⁾. De fleste er dog enige om, at Cementens Hovedbestanddel og den vigtigste Aarsag til Hærdningen er et Trikalciumsilikat ($\text{SiO}_2 \cdot 3 \text{CaO}$). Vanskeligheden ligger navnlig i at forklare, hvorledes dette Stof er opstaaet, thi direkte af Bestanddelene kan det kun dannes i en Temperatur, der ligger langt over Cementovnsens. Der maa derfor først have dannet sig lettere smeltelige Stoffer, der har opløst Kiselstyren for sig og Kalken for sig og indvirket saaledes paa dem, at de udkrystalliserer som Trikalciumsilikat.

Denne Teori⁴⁾ forklarer, at de kalkrige og stærkt brændte Cementer er de stærkeste, idet de indeholder meget Trikalciumsilikat, mens en altfor kalkrig Cement ikke er volumenbestandig, da den indeholder for faa sintrende Stoffer til at omdanne al Kalken, og at en altfor kalkfattig Cement ikke er stærk, idet den indeholder for lidt Trikalciumsilikat.

Ved Siden af Kalken og de hydrauliske Faktorer indeholder Cementen noget Magnesia og Svovlsyre, der bægge kan fremkalde en Udbulning af Cementen og derfor kun maa være til Stede i smaa Mængder.

1018. Magnesia, MgO, opstaaer ved Brænding af Magniumkarbonat, af hvilket der ofte findes noget i Leret, og det forener sig ikke med dette ved Brændingen, men ligger frit i Cementen. Er Magnesiaen brændt ved lav Temperatur, hærdner den meget hurtigt og uden skadelig Volumenforøgelse, naar der kommer Vand til, derfor kan Romacement og hydraulisk Kalk uden Skade indeholde store Mængder. Er Magnesiaen derimod brændt til Sintring, hærd-

¹⁾ For de ovennævnte tyske Cementer laa den hydrauliske Modul mellem 1,55 og 2,27 og var gennemsnitlig 1,92. I de ny tyske Cementnormer er 1,7 fastsat som Minimum. Over 2,2 bør den ikke være af Hensyn til Volumenbestandigheden, dog kan visse naturlige Portlandcementer: Portlandcementer, der er fremstillede af lerholdige Kalksten, taale en Modul paa 2,4, fordi den naturlige Kalk-Ler-Blanding er intimere end den kunstige.

²⁾ Kalkindholdet bør derfor ligge mellem 60 og 68 %, af den udglødede Cements Vægt. De kalkrige Cementer egner sig i særlig Grad til magre Mørtler, dels paa Grund af deres Styrke og dels fordi den store Sandtilsætning modarbejder Tendensen til Udbulning. Til fede Blandingsforhold kan derimod de mindre kalkrige Cementer med en roligere Karakter være at foretrække, skønt deres Styrke er ringere.

³⁾ De to vigtigste af Klinkernes Bestanddele benævnes Alit og Cellit. I Følge Richardson er Aliten en fast Opløsning af Trikalciumpulminat ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO}$) i Trikalciumsilikat ($\text{SiO}_2 \cdot 3\text{CaO}$), mens Celliten er en lignende Opløsning af Dikalciumpulminat ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{CaO}$) i Dikalciumsilikat ($\text{SiO}_2 \cdot 2\text{CaO}$). Naar Aliten kommer i Berøring med Vand, omdannes den til Belit, der kitter sammen. Alitens fuldstændige Omdannelse tager dog lang Tid; naar man polerer og ætser hærdnet Cement, ser man under Mikroskopet de uomdannede Alitpartier ligge mellem Aarer af Belit. Ved stærkere Forstørring opløses Alitpartierne i sexkantede Alitkrystaller; Belitkornene er derimod altid runde.

⁴⁾ der er opstillet af *le Chatelier*, men bestrides af *Törnebohm*, *Michaëlis* o. a.

ner den langsommere og bliver mere haard, men efter et halvt Aars Tid eller senere begynder den at udvide sig stærkt og revne, forudsat at den har Lejlighed til at optage Vand, i tør Luft sker der derimod intet.

Da den Magnesia, som findes i Portlandcement, er meget stærkt brændt, kan den gøre stor Skade, særlig da den normerede Volumenbestandighedsprøve ikke røber den, men kun de varme Prøver. Man har Exempler paa, at stærkt brændte Cementer med 5—6 % Magnesia efter 4—5 Aar er begyndte at bulne ud, og jeg har selv set et Prisme af magnesiaholdig Cement, hvis Længde var voxet fra 12 til ca. 14 cm. I de danske Cementer er der aldrig for megen Magnesia, og ogsaa de indførte Cementer er yderst sjældent for magnesiariige¹⁾.

1019. Svovlsyren i Cementen er næsten udelukkende til Stede i Form af Kalciumsulfat, hvad enten den skriver sig fra Raastofferne og Kulleene eller direkte er tilsat i Form af Gibs. Som tidligere nævnt tilsættes der saa godt som altid noget ubrændt Gibs inden Malingen, da Cementen uden en saadan Tilsætning vilde blive meget hurtigstærkende.

Gibsens Virkning berøer paa, at den opløser sig i Mørtelvandet og derpaa udskiller sig som en tynd Hinde om Cementkornene, hvorved Vandets Angreb paa disse hæmmes.

Men Gibsen har ogsaa en kemisk Virkning, idet den, hvis Hærdningen sker i Vand, sammen med en Del af Cementen danner et Kalcium-Aluminium-Sulfat, der optager Vand og udkrystalliserer under stærk Udvidelse. Denne Udvidelse virker gavnlige, naar der kun dannes sig smaa Mængder af Saltet, idet den forøger Mørtlens Tæthed og Styrke, men er der tilsat væsentlig over 3 % Gibs, bulner Cementen ud og sprænges. Dobbeltsaltet kan kun danne sig i Vand; Cement, der hærdner i tør Luft og holdes tør, tager ikke Skade af store Gibstilsætninger, men er Mørtlen udsat for Regn, eller hærdner den i Vand, maa man være varsom med at tilsætte for megen Gibs²⁾.

1020. Da $\frac{1}{2}$ —3 % Gibs forslaaer til Stærkningstidens Regulering og virkelig forbedrer Cementen, tillader de danske Normer, at der efter Brændingen tilsættes indtil 3 % fremmede Stoffer³⁾. Ved denne Bestemmelse udelukkes en **Forfalskning** af Cementen ved Tilsætning af større Mængder mer eller mindre værdiløse Stoffer som graa Kalksten og Højovns slagge.

Saadanne Forfalskninger er dog meget sjældne. I Tyskland har der tidligere gaaet megen Portlandcement i Handelen, der var blandet med malet Højovns slagge, uden at Køberen underrettedes derom, men nu om Stunder vedkender disse Cementer sig deres Sammensætning ved at føre Navnet Jærn-Portlandcement (§ 1178). Visse Cementer forbedres ved en saadan Tilsætning, men ofte virker Slaggen udelukkende som Fyldstof⁴⁾.

¹⁾ Hvor megen Magnesia en Cement kan taale, afhænger af Cementens Brændingsgrad. De ny tyske Normer foreskriver $\frac{5}{100}$, som Maximum. Det er naturligvis navnlig ved Brugen af et dolomitisk Raamateriale, at man risikerer at faa et for stort Magnesiaindhold.

²⁾ At der undertiden kan vandre Gibs over i Mørtlen fra gibsholdige Teglstene er nævnt i § 891. Til Arbejder i Havvand bruges undertiden gibsfri Cement af Hensyn til Gibsens Opløselighed (§ 1169).

³⁾ De ny tyske Normer tillader ligeledes en Tilsætning af 3 %, men fastsætter samtidig Indholdet af Svovlsyreanhydrid i den færdige Cement til højst 2,5 %.

⁴⁾ Er Cementen forfalsket, kan det ofte mærkes paa Vægtfylden (§ 1011). Er Cementen forfalsket med **kalksten**, bruser den stærkt med fortyndet Saltsyre (1:4), mens ren Cement kun bruser svagt, og kun naar den har været længe lagret. Opstaaer der ved denne Behandling en stærk og vedholdende Svovlbrintlugt, tyder det paa Tilsætning af Højovns slagge, der nemlig indeholder langt mere Svovl end Portlandcementen. En sikker Bestemmelse af tilstedeværende Slagge er ret omstændelig. Man har tidligere nøjedes med at bestemme Cementens Evne til at reducere manganoversurt Kalk, idet denne Evne er langt større hos Slagge end hos ren Portland-

d. Portlandcementens Størkning.

1021. Naar Cementen udrøres med Vand og stilles hen, størkner den i Løbet af kortere eller længere Tid. For de almindeligst anvendte, langsomt størknende Cements er **Størkningstiden** ca. 8 Timer, men man kan godt faa Cement, der størkner i Løbet af et Par Minutter, saa man knapt kan faa Tid til at røre den op. De danske Normer sætter Grænsen mellem hurtig og langsomt størknende Cement ved en Størkningstid af 2 Timer og forlanger, at Størkningstiden aldrig maa overstige 15 Timer¹⁾.

Størkningen beroer i Hovedsagen paa, at Vandet fremkalder en Udskillelse af **Kalkhydrat** i Form af Smaakrystaller, der sammenkitter de uangrebne Cementkorn; i det Øjeblik, den første Krystal danner sig, begynder Overgangen fra den grødagtige til den faste Form²⁾.

1022. Under Størkningen maa Mørtlen være i fuldkommen **Ro**. De kemiske Processer foregaar vel nok lige saa godt, selv om man rører rundt i Mørtlen, men de udskilte Kalkkrystaller kan naturligvis kun sammenkitte Omgivelserne, naar disse er i Hvile. Ryster man Cementen med Vand i en Flaske, forbinder Kornene sig slet ikke; man faar en Grød uden Sammenhæng.

Man maa derfor sørge for at anvende Mørtlen, inden Størkningen begynder, thi ellers bliver den ikke stærk; Sammenkitningen sker nemlig hovedsageelig ved Størkningen, mens den paafølgende Hærdning nærmest bestaar i, at den under Størkningen tilvejebragte Forbindelse mellem Delene forstærkes.

Ved intensiv Gennemarbejdning af en Mørtel, der er begyndt at størkne, kan man godt faa den plastisk igen, men den naar ikke den Styrke, den ellers vilde have faaet.

I den Tid, der forløber, inden Mørtlen størkner, lejrer dens faste Dele sig tættere, idet Vandet fortrænges og stiger til Vejrs; derfor vil den endelige Styrke som Regel blive større for langsomt størknende end for hurtig størknende Cements; en Cement, der størkner i Løbet af nogle Minutter, vil, selv om den røres op med saa meget Vand, at den bliver ganske flydende, beholde det alt sammen i sig ved Størkningen og bliver følgelig meget porøs.

1023. Om **Fabrikationens Indflydelse** paa Cementens Størkningstid kan der ikke siges noget almenlydigt udover, at saa godt som alle Portlandcementer af Naturen er mer eller mindre hurtigstørknende og maa gøres langsomt størknende ved en Gibstilsætning (§ 1019) og eventuelt en Vandtilsætning (§ 981)³⁾.

cement, men de moderne Roterovns-Cementer indholder ofte større Jærnoxidulmængder, end man tidligere kendte, og virker derfor stærkere reducerende, saa Proven bliver misvisende. En ganske ny Metode er angivet af *Stern*; han sliber og polerer den hærtnede Cement og ætser med Flusssyre; under Mikroskopet vil de smaa Slaggede da fremtræde med pragtfulde Interferensfarver (Mittellungen aus dem K. M. A. 1909, Side 13).

¹⁾ Den gennemsnitlige Størkningstid for de af Statsprøveanstalten undersøgte langsomt størknende Cements var i 1906, 1907 og 1908 henholdsvis $7\frac{1}{2}$, $7\frac{1}{4}$ og $7\frac{1}{2}$ Time.

²⁾ Om Størkningsprocessens egentlige Natur er Meningerne delte. Nogle antager, at Vandet gaar i kemisk Forbindelse med Trikaliumsilikatet under Dannelse af Kalkhydrat og et kalkfattigere Silikat. I Følge *Richardson* forener Vandet sig ikke direkte med Cementens Bestanddele, men forstyrrer Livevægstilstanden, der kun bringes til Veje igen ved Udskillelse af fri Kalk. Kalken opløser sig strax i Vandet, der hurtig bliver overmættet med Kalkhydrat og derfor udskiller dette i Form af de nævnte Krystaller. Da Kalken er løsere bunden i Aluminaterne end i Silikaterne, er det de førstes Kalk, der bevirker Størkningen, mens den senere indtrædende Hærdning skyldes Silikaternes Kalk. Endvidere er det næsten udelukkende Alitens Kalk, der frigøres, og Cementen bliver derfor des stærkere, jo mere Alit den indeholder.

³⁾ Er Raamaterialet rigt paa Lerjord og fattigt paa Kiselsyre, bliver Cementen ofte hurtig størknende, mens det omvendte Forhold gør den langsomt størknende. Svagt brændte Cements er gerne hurtig størknende, men bliver langsomt størknende ved Lagring. Dog er mange Roter-

Lagring forøger som Regel Størkningstiden (§ 982).

Naar man arbejder med Cement i Praxis, maa man ikke vente, at den netop har den ved Normprøven fundne Størkningstid, thi Temperaturen, Vand- og Sandmængden spiller en stor Rolle.

Jo **varmere** Cementen, Sandet, Vandet og Luften er, des hurtigere sker Størkningen, derfor langt hurtigere om Sommeren end om Vinteren; og jo større den tilsatte **Vand- og Sandmængde** er, des langsommere sker Størkningen.

Under Størkningen varmer Mørtlen sig, des mere jo hurtigere den størkner og jo større Mørtelmængden er (§ 992). Paa nystøbte Jærnbeton-Etageadskillelser, der var dækkede af Sne, har jeg set denne smelte væk over de svære Bjælker, mens den blev liggende over de tynde Plader.

1024. Ved Tilsætning af **Vandglas** fremskyndes Størkningen¹⁾, hvilket man kan benytte sig af, naar man kun har Brug for en ringe Mængde hurtig størknenne Mørtel. Hvis f. Ex. en Udgravning med Vandtilstrømning skal fores med Beton, kan man blive nødt til at pumpe under hele Arbejdet og maa derfor lade et Hul staa i Betonbunden uden om Pumperøret. Naar Arbejdet er færdigt, og Røret skal fjernes, maa dette Hul stoppes hurtigt, hvilket man opnaar ved at blande noget Vandglas i Mørtlen²⁾.

Ved Tilsætning af Klorkalcium, Gibs og andre svovlsure Salte, der danner Gibs med Cementens Kalk, hæmmes Størkningen stærkt.

Om de forskellige fremmede Stoffe sættes direkte til Cementen, eller de findes i Mørtelvandet, er ligegyldigt, saaledes virker haardt (navnlig gibsholdigt) Vand samt Havvand (§ 1164) hæmmende.

e. Portlandcementens Hærdning.

1025. Efter at Cementen er størknet, hærdner den videre og voxer stadig i Styrke, som omtalt i § 1006. Hærdningen beror ligesom Størkningen i Hovedsagen paa Udkrystallisering af Kalkhydrat, dog bidrager Cementens øvrige Bestanddele ogsaa til Hærdningen, men paa en hidtil uopklaret Maade. Sker Hærdningen i Luften, vil dennes Kulsyre omdanne det udskilte Kalkhydrat til Calciumkarbonat saa dybt, som Kulsyren kan trænge ind.

Cementens Alkalier er opløselige i Vand og bindes ikke ved Hærdningen. Holdes Mørtelen vaad, vandrer de ud paa Overfladen, og naar Vandet her fordamper, efterlades de som hvide Skjolder, der kan afhørstes med svagt salt-syreholdigt Vand, men undertiden kommer gentagne Gange tilbage. Udslaget kan ogsaa skyldes Kalkhydrat, og jo federe Mørtlen er, desto tilbøjeligere er den til at slaa ud. Naar Mørtlen tørrer hurtig, plejer disse Skjolder ikke at komme. Hvis Mørtlen bruges i Forbindelse med porøse Mursten og Fliser, vil disse indsuge det alkaliske Mørtelvand og derved faa lignende skæmmende Udslag (§ 891).

1026. Ved **Hærdning under Vand** vil Alkalierne og en Del af Kalkhydratet efterhaanden udludes. I Cementstøberiernes Vandbeholdere, hvor Beton-

ovns-Cementer særlig hurtigstørknende til Trods for deres stærke Brænding, et Forhold, man har søgt at forklare enten ved den store Askemængde eller ved en reducerende Virkning af grove Kulparkler, som i glødende Tilstand falder ned paa Klinkerne (*Baumaterialienkunde* 1907, Side 378).

¹⁾ Lignende Virkninger, men svagere, har Natron, Soda (Natriumkarbonat), Calciumkarbonat og Alun.

²⁾ Denne bør tilberedes med sparsomt Vand.

rør og lign. stilles til Hærdning, bundfælder der sig i Tidens Løb store Mængder af Kalciumkarbonat, som Luftens Kulsyre udskiller af det med Kalkhydrat mættede Vand. Under normale Forhold er Kalktabet for hver enkelt Genstand saa ringe, at det er uden praktisk Betydning, men hvis Cementen hærdner i rindende Vand, der er meget blødt (o: frit for Mineralsalte), kan Overfladen efterhaanden blive fuldstændig udlødet, og Vand, der indeholder fri Kulsyre, virker i endnu højere Grad opløsende.

Ogsaa Mineralvande angriber Cementen, naar de indeholder svovlsure Salte¹⁾, derimod er rene Alkalier uden Indflydelse, og kulsure Alkalier, som Sodaopløsninger, begunstiger endogsaa Hærdningen. I Kogsaltopløsninger²⁾ og Hesturin sker Hærdningen lige saa godt som i Vand, mens Havvand hæmmer Hærdningen noget (§ 1164).

Ved **Lufthærdning** vil Mørtlens Vægt i Begyndelsen aftage som Følge af Vandets Fordampning, men senere kan den atter stige noget som Følge af Kulsyreoptagelsen.

1027. Cementens Trykstyrke bliver langt større ved Vandhærdning end ved Lufthærdning, navnlig naar Mørtlen kun er jordfugtig (§ 1013). Vandet har imidlertid foruden den kemiske ogsaa en fysisk Virkning. Hvis lufthærdnet Mørtel gennemblødes af Regn eller lægges i Vand, aftager Styrken af samme Grund som ved Stenarterne (§ 785), men ved længere Tids Forbliven i Vandet stiger den atter paa Grund af en Efterhærdning, og ved derpaa følgende Tørring naturligvis yderligere³⁾.

Paa samme Maade vil vandhærdnet Mørtels Styrke stige, naar Mørtlen tørres og faar Lejlighed til at optage Kulsyre. Den absolut største Styrke vil derfor antagelig naas ved Vandhærdning, indtil Styrken er bleven konstant, og derpaa Lufthærdning. Da den Styrkeilvæxt, der skyldes Udtørringen, er uafhængig af Mørtlens Alder, mens den Styrkeilvæxt, der skyldes den kemiske Vandhærdningsproces, er i stadig Aftagen, spiller det ikke stor Rolle, om man faar den sidste Del af denne Proces med, mens det er meget vigtigt, at Mørtlen holdes vaad under den første Del af Hærdningen. Hvis alle Cementer forholdt sig ens, og alle de Faktorer, der har Indflydelse paa Hærdningens Forløb, var konstante, vilde man ligefrem kunne regne sig til, hvornaar man skulde afbryde Vandhærdningen for i Løbet af en given Tid at naa den størst mulige Styrke, men i Virkeligheden er Forholdene for variable til, at dette la-der sig gøre.

Stærk Varme under Hærdningen kan gøre Skade ved for tidlig Udtørring af Mørtlen, men holdes denne vaad, virker Varmen kun fremmende.

En hurtig størknende Cement har man som Regel kun Fordel af at bruge, hvor det gælder om meget hurtig at naa en bestemt Styrke. Ved Lufthærdning er allerede 7 Døgns Styrken hyppigst større for de langsomme end for de hurtige Cementer. Hvis Mørtlen derimod lægges i Vand, inden den er stærk-

¹⁾ som Natrium- og Magniumsulfat.

²⁾ i alt Fald naar Koncentrationen er under 18 %.

³⁾ Bach fremstillede 45 Trækprøvelegemer efter Cementnormerne og lod dem hærdne 1 Døgn i fugtig Luft, 6 Døgn i Vand og 21 Døgn i Luft. Efter 28 Døgns Hærdning blev 5 af Legemerne undersøgt, mens Resten lagdes i Vand og først blev prøvet paa de nedenfor angivne Tidspunkter (Mitt. über Forschungsarbeiten, Heft 72—74, S. 107):

Vandhærdning	0Timer	3Timer	6Timer	9Timer	24Timer	2Døgn	3Døgn	7Døgn	14Døgn
Trækstyrke i at	48,8	26,8	24,8	24,0	25,9	28,0	31,2	31,7	33,6

net, vil den hurtig størknende Cement bevare sin Overlegenhed i en Maanedstid.

1028. Under normal Hærdning forandrer Mørtlen kun sit Rumfang i en ringe, men dog maalelig Grad, der voxer med Mørtlens Fedme.

Ved **Lufthærdning vil Mørtlen svinde**, efterhaanden som Vandet i dens Hulrum fordampes, og Svindet voxer derfor med Mørtlens Vandrigdom. Til at opnaa en vis Plasticitet kræves der des mere Vand, jo finere Mørtelbestanddelene er, og Svindet voxer derfor med Cementens og Sandets Finhed. Da Sandet altid er grovere end Cementen, vil en stor Sandtilsætning, og i endnu højere Grad en Tilsætning af større Sten, forringe Svindet.

Svindet er størst i Begyndelsen og bliver derpaa mindre og mindre, og jo magrere Mørtlen er, des tidligere bliver Volumnet konstant¹⁾. I fede Mørtler, som de bruges til Terrazzogulve, kan der opstaa Svindrevner efter flere Aars Henliggen.

Ved Maalinger udstrakte over flere Aar har man fundet, at sandfri Cementmørtel efter at være størknet svinder 1,5—2 mm pr. m, og sandblandet Mørtel og Beton 0,3—1,2 mm pr. m².

Naar Mørtlen bruges til Slidlag paa et allerede hærdnet Betongulv eller til Pudslag paa en Mur, kan Svindet ikke foregaa uhindret, og meget fede Mørtler vil derfor revne eller trække sig løs fra Underlaget; i saadanne Tilfælde bør Cementen derfor blandes med mindst 2 Maal Sand. I øvrigt er Faren for, at Pudsen skal løsne sig, des større, jo tykkere Laget er, hvilket fremgaa af de over Stenglasering anstillede Betragtninger (§ 911).

¹⁾ Schumann har for forskellige Mørtler fundet følgende Svind (mm pr. m):

	Hærdningstid:		
	4 Uger	1 Aar	2 Aar
1 Portlandcement + 3 Sand	0,42	0,58	0,62
1 " + 7 " + 1/2 Kalkhydrat	0,50	0,50	0,50
1 " + 2 " + 4 Singel	0,26	0,25	0,26
1 hydraulisk Kalk + 3 Sand	0,54		
1 Puzzolancement + 3 "	0,96	1,24	1,33
1 Trass + 1 hydr. Kalk + 1 Sand	0,55	0,83	0,89
4 " + 3 Kulkekalk + 2 "	1,33	1,39	1,39

Man ser heraf, at Portlandcementmørtel svinder mindre end de andre Mørtler, og at de magre Blandinger 1:7 og 1:2:4 efter 4 Ugers Forløb ikke svinder yderligere.

²⁾ I efterfølgende Tabel findes Schüles Resultater (Mitteilungen der eidgen. Materialprüfungsanstalt in Zürich, 13. Heft, 1909) med plastisk Mørtel og Beton. 1 Maal Betonsand (0—2 mm) blev blandet med 2 Maal Ærtesten (8—12 mm) og til 1 m³ af denne Blanding sattes henholdsvis 150, 300 og 450 kg Cement. Mørtlens Blandingsforhold er opgivet efter Vægt, Sandet var her det samme som brugtes til Betonen, kun var Kornstørrelsen indtil 5 mm. Vandtilsætningen angivet 1 % af Tørstoffernes Vægt var for Betonen henholdsvis 6 1/4, 7 og 7 1/4, for Mørtlen henholdsvis 9, 9 1/2 og 14 1/4. Efter at Legemerne havde ligget 48 Timer i Luften, begyndte Maalingerne. Nogle af Mørtellegemerne var armerede med Jærnstænger, der formindskede Længdeændringerne:

	Svind i mm pr. m ved Lufthærdning			Udvidelse i mm pr. m ved Vandhærdning		
	28 Døgn	1 1/2 Aar	Tilvæxt	28 Døgn	1 1/2 Aar	Tilvæxt
Mørtel 1:1	0,70	1,10	0,40	0,40	0,81	0,41
" 1:2	0,51	0,82	0,31	0,20	0,32	0,12
" 1:3	0,48	0,72	0,24	0,12	0,18	0,06
Beton med 450 kg Cement	0,29	0,53	0,24	0,06	0,25	0,19
" 300 "	0,24	0,40	0,16	0,11	0,16	0,05
" 150 "	0,37	0,42	0,05	0,01	0,03	0,02
Mørtel 1:3 med 1,22 % Jærn	0,35	0,45	0,10	0,16	0,25	0,09
" 1:3 " 2,41 % "	0,33	0,36	0,03	0,07	0,11	0,04

Sammensætningen efter Rumfang af de tre Betonsorter er ca. 1:3,1, 1:4,7 og 1:9,4

Store Betonmasser som Fundamenter, Etageadskillelser og lignende kan heller ikke frit trække sig sammen, da de hindres af Friktionen mod Jorden eller fastholdes af Husmurene, og Svindet fremkalder derfor Trækspændinger i dem, der eventuelt giver sig Udslag i Revner, og Revnerne kommer da som Regel i den paagældende Konstruktions svageste Tværnsnit. Er Tværnsnittet konstant, optræder Revnerne med en indbyrdes Afstand, der er nogenlunde ens, og som afhænger af Friktionens Størrelse og Betonens Trækstyrke.

Mindre Betongenstande (f. Ex. Rør), der er af samme Masse helt igennem, og som hærder trangfrit, vil ikke faa gennemgaaende Revner, men hvis de udsættes for Sol og Blæst, kan Fordampningen fra Overfladen blive saa stærk, at der kommer Svindrevner i denne paa samme Maade, som der kommer Svindrevner i Træ og i raa Lersten¹⁾. En Cementkage af den Slags, der bruges til Undersøgelse af Volumenbestandighed, kan ved hurtig Udtørring faa radiære Revner i Randen, der atter lukker sig, efterhaanden som Skivens Midtparti tørrer.

Som Følge af disse Forhold bør man i fri Luft aldrig bruge federe Blandinger end 1:1 og helst betydeligt magrere som 1:2 og 1:3. De fede Blandinger er ikke vejrfaste, thi Svindrevnerne udvider sig i Tidens Løb og sprænges større af frysende Vand. Ogsaa ved Samling af Lerrør og Faststøbning af Jærn i Sten bør Cementen blandes med 1—2 Maal Sand og saa tørt som mulig, da Mørtelen ellers trækker sig løs fra de Flader, den skulde forbinde.

1029. Ved Vandhærdning er Forholdene lige omvendte; her vil ren Cement udvide sig 1—2^{mm} pr. m, og sandblandet Mørtel og Beton indtil 0,8^{mm} pr. m. Fig. 293 viser Resultaterne af Schumanns Forsøg med ren Cementmørtel og Mørtel 1:3. Man ser, at det navnlig er i Begyndelsen, at Udvikelsen sker, og at den for Mørtlen 1:3 kun er 25 % af, hvad den er for den rene Cement, i Overensstemmelse med at den kun indeholder 25 % Cement.

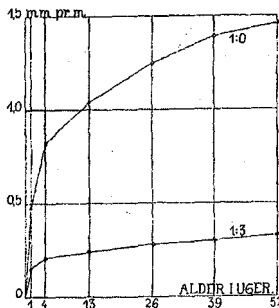


Fig. 293.

Ved en kombineret Vand- og Lufthærdning er man selvfølgelig i Stand til at begrænse Mørtlens Volumenændringer, hvilket er af stor praktisk Betydning for Beton, der hærder i Luften. Ved at vande saadan Beton tilstrækkelig længe kan Svindets Indtræden udskydes til et Tidspunkt, paa hvilket Betonen er bleven

¹⁾ Selv om Overfladens Udtørring ikke medfører Revner, vil der opstaa Trækspændinger i den, der i visse Tilfælde kan forringe Trækstyrken betydeligt. Dette Forhold spiller en stor Rolle for de smaa Normalprøvelegemer, ved hvis Overtrækning Spændingen i Forvejen er uensformig fordelt og størst ude, hvor Kloerne griber fat. Bach fremstillede 45 af disse Legemer og lod dem hærde under Luft paa vanlig Vis. Da de var 28 Døgn gamle, blev 5 undersøgte, mens Resten anbragtes i Vand og først blev prøvede paa de nedenfor anførte Tidspunkter:

Lufthærdning	0 Timer	6 Timer	14 Timer	24 Timer	2 Døgn	3 Døgn	4 Døgn	6 Døgn	12 Døgn
Trækstyrke i at	34,5	38,4	32,1	26,3	21,5	24,5	28,0	34,4	43,2

Bortset fra Uregelmæssighederne i de første Tal synker Styrken stærkt som Følge af de overfladiske Trækspændinger; efterhaanden som Udtørringen naar længere ind, forsvinder Trækspændingerne atter, og den gavnlige Virkning af Udtørringen gør sig da gældende. Jo større Legemets Tværnsnit er, des senere mærkes naturligvis Udtørringens gavnlige Virkning. (Mittellungen über Forschungsarbeiten, Heft 72—74, S. 104.)

stærk nok til at optage de af Svindet fremkaldte Trækspændinger uden at revne¹⁾.

Hvor stor en Del af Mørtlens Volumenændringer, der skyldes den kemiske Hærdningsproces, og hvor stor en Del, der er af rent fysisk Natur, lader sig ikke sige, thi den fuldstændig hærdede Mørtel er underkastet de samme Love som naturlige og brændte Sten med Hensyn til Udvikelse i Fugtighed og Sammentrækning ved Udtørring. Ved at lægge et Prisme af ren Cement i Vand, efter at det havde ligget 2 Aar i Luften, fandt man efter 3 Ugers Forløb en Forlængelse af 0,24^{mm} pr. m, og omvendt svandt et Prisme af 433^{kg} Cement til 1^m Sand, som havde ligget 15 Maaneder i Vand, 0,50^{mm} pr. m ved at ligge 2 Maaneder i Luften; for de ovennævnte Stenarter er Volumenændringerne af lignende Størrelse.

De ovenfor omtalte Svindrevner kan derfor ogsaa godt opstaa i fuldstændig hærdet Mørtel, naar den f. Ex. først bliver gennemblødt af Regn, og Overfladen derpaa tørrer hurtig; og ogsaa her er det de fede Mørtler med deres talrige Smaaporer, der staar sig daarligst.

4. Portlandcimentens Anvendelse.

a. Anvendelsesomraade.

1030. Portlandcement bruges baade til Vand- og Luftmørtler, og hvad Styrke og hurtig Hærdning angaar, existerer der ingen bedre.

Til Vand-, Vej- og Brøhygning anvendes i Danmark næsten udelukkende Cementmørtel, og ogsaa i Husbygningen bruges den overalt, hvor Kalkmørtel ikke kan hærde eller hærder for langsomt eller er for svag.

Cementmørtel, der ikke bruges til Muring eller Pudsning, men til Støbning af Cementvarer eller hele Bygværker, kaldes **Beton** og indeholder da i Reglen større Sten enten i Form af Grus eller som Skærver.

Strængt taget er Beton en Masse fremstillet ved Blanding af Sten med en vilkaarlig Mørtel, man har saaledes Tjærebeton, Kalkbeton, Gibsbeton, Trassbeton o. s. v., men efter Portlandcimentens Opfindelse har denne de fleste Steder fortrængt de andre Mørtelstoffer ved Betonfremstillingen, saa naar man nu om Stunder taler om Beton slet og ret, underforstaar man altid Cementbeton.

Grunden til, at Beton paa mange Omraader har fortrængt Murværk, er for det første, at den ofte er billigere, hvilket dels skyldes, at Støbningen kan foretages af Arbejdsmænd, mens Muring kræver Mursvende, dels at Grus og Rullesten eller Skærver oftest er billigere end brændte Sten. Ved at ændre Cementtilsætningen er man desuden i Stand til at afpasse Styrken efter Anvendelsen og derved undgaa unødigt Ødslen med Materialerne.

Endvidere er det lettere at fremstille vandtæt Beton end vandtæt Murværk, ligesom Ildfastheden er større end de fleste naturlige Stens. Beton er ogsaa mere elastisk end Murværk, hvilket har vist sig ved Fæstningsbygninger, hvor Betonen kastede Kuglerne tilbage, mens de trængte ind i en Teglstensmur.

1031. I Vandbygningen beror dens Betydning dels paa Vandtætheden, dels paa at man kan arbejde med den uden at forlægge Arbejdsstedet, idet man blot sænker den ned i Vandet, og endelig muliggør den Fremstillingen af

¹⁾ Svindet bliver desuden mindre, naar Betonen vandes i den første Uge (Mitt. der eidgen. Materialprüfungsanstalt, Heft 13, S. 54).

saa mægtige Blokke, at Havets Bølger ikke formaar at rokke dem; man er i denne Retning gaaet saa vidt som til en Vægt af 350¹ (ca. 160 m³).

I **Vejbygningen** bruges Beton dels som Underlag for Asfalt og Træbrolægning samt Stenbrolægning med stærk Færdsel, dels ogsaa til selve Slidlaget samt til Fortovsfliser. Brolægnings Fuger udstøbes ofte med Cementmørtel enten af Hensyn til Styrken eller af Hensyn til Tætheden (f. Ex. omkring Brønde); ogsaa til Samling af Kloaker bruges Cementmørtel (§ 957).

Da Betonens Trækstyrke er meget ringe, har dens Anvendelse tidligere været indskrænket til Konstruktioner, der ikke er paavirkede af Trækspændinger, men efter at man har fundet paa at armere den med Jærnstænger, der kan optage Trækspændingerne, bruges den i udstrakt Maalestok til **Etageadskillelser** og lignende Konstruktioner med Bøjningsspændinger. For Jærnbetons Anvendelse i Husbygningen taler navnlig dens Uforgængelighed, dens Modstandsdygtighed i Ildebrandstilfælde, der langt overgaar Træs og Jærns, og den Lethed, hvormed den kan tilpasses efter Arkitekturens Fordringer; den bruges derfor ikke blot til Etageadskillelser, men ogsaa til Søjler, Vægge, Tage og hele Bygninger, mens den uarmerede Betons Anvendelse i Husbygningen hovedsagelig er indskrænket til Fundamenter, Kældergulve, Gulvfliser og Hvelvinger mellem Jærndragere.

I **Brobygningen** var Betonens Anvendelse tidligere indskrænket til hvelvede Broer, støbte i eet eller opbyggede af Betonkvadere, mens den nu i Form af Jærnbeton ogsaa bruges til Bjælkebroer, der kan fremstilles betydelig billigere end tilsvarende af Jærn.

1032. For et Cementarbejdes heldige Udfald er ikke blot Udførelsen af Betydning, men man bør lægge megen Vægt paa at faa gode Raastoffer, saaledes som det vil fremgaa af de følgende Afsnit.

b. Valg af Cement.

1033. I Almindelighed bruges **langsomt størknende Cement**, da den er lettest at behandle og opnaar den største Styrke. Navnlig ved Støbning af tynde Etageadskillelser er det af Betydning at kunne gøre et større Areal færdigt, inden Størkningen begynder, da man ellers risikerer, at Rystelserne fra Stampningen forplanter sig hen til den Beton, der er i Færd med at binde af, og beskadiger denne.

Hurtig størknende Cement (med under 2 Timers Størkningstid) bruges kun i specielle Tilfælde og navnlig, naar Størkningen skal foregaa i Vand, f. Ex. naar det gælder om hurtigt at dæmme op for frembrydende Vand (Stopning af Kilder), eller naar Betonen udstøbes i Vand, eller til Kystarbejder, der udføres ved Ebbe og oversvømmes ved Flod; endvidere ved Udstøbning af Fuger, hvilket sker med en saa vandrig Mørtel, at der kan være Fare for, at de faste Stoffer bundfælder sig inden Størkningen, naar denne lader vente længe paa sig. Ogsaa ved Pudsarbejder og Trækning af Gesimser bruges undertiden en hurtig størknende Cement, men Arbejdet maa da udføres med særlig Omhu, og navnlig i varmt Vejr forledes Murerne let til at bruge for meget Vand, og Resultatet bliver da daarligt. Overhovedet bør man om Sommeren være varsom med at bruge de hurtige Cementer, mens det om Vinteren, og navnlig i Frostvejr, er en Fordel, at Cementen ikke er for langsomt størknende.

1034. Ved **Køb af større Cementmængder** vil man herhjemme som Regel benytte de danske Cementnormer af 1911, eventuelt skærpede paa enkelte Punkter, navnlig med Hensyn til Styrken, eller forøgede med særlige Fordringer, som Anvendelsen kan nødvendiggøre. Da Cementfabrikkerne kun garanterer for selve Cementen og ikke for de Tab, Brugen af en daarlig Cement iøvrig forvolder, bør man absolut lade Cementen undersøge inden Brugen, og desuden maa det anbefales Forbrugeren jævnlig selv at **kontrollere Cementen** ved at udrøre en Haandfuld med Vand og udstøbe den paa en Glasplade, Jærnplade, Tallerken eller lignende; ved fra Tid til anden at stikke i den, kan man følge Størkningens Forløb, og i de paafølgende Dage vil en eventuel Tilbøjelighed til Udbulning vise sig; efter 3 Døgn's Forløb kan man brække Kagen mellem Fingrene og derved danne sig et Begreb om Styrken. Ved disse nemme Prøver kan man altid sikre sig mod virkelig daarlig Cement¹⁾.

c. Tilslagstoffernes Rumvægt og Hulrumsprocent.

1035. Vægten af 1 m³ Grus eller Sand afhænger navnlig af tre Faktorer, nemlig af:

- 1) om Materialet fyldes løst i Maalekarret eller sammenrystes deri,
- 2) Fugtighedsgraden,
- 3) om Kornstørrelsen er ensartet eller uensartet.

a. Tørre Stoffer.

1036. Vi vil foreløbig forudsætte, at **Materialet fyldes løst i Maalekarret** og er kunstig tørret, i saa Fald har Maalekarrets Form og Størrelse en underordnet Indflydelse paa Rumvægten, saaledes at denne alene afhænger af Kornenes Vægtfylde og af Kornstørrelsens Variation. Kornenes Vægtfylde kan naturligvis variere, men indenfor de danske Grussorter, der hovedsagelig bestaar af Kvarts, Feldspat og Kalk, er Variationen saa ringe, at man ikke behøver at tage Hensyn til den, men kan regne med en konstant **Vægtfylde** af 2,65²⁾.

1037. Fig. 294 viser, hvorledes en Grussorts Vægt pr. m³ varierer med Forholdet mellem de Vægtmængder af groft og fint Materiale, som den indeholder. Forsøgene er udførte af *Feret*³⁾ med Strandsand, der havde passeret en Sigte med 4 Masker pr. cm², og som blandedes med Sten, der blev liggende paa denne Sigte efter først at have passeret en Sigte med 20^{mm} runde Huller. Vægten af de forskellige Blandinger bestemtes ved at veje 50^l og er afsat som Ordinator, medens Abscisserne regnet fra venstre til højre angiver Blandings Indhold af Sand. I Begyndelsen stiger Rumvægten omtrent

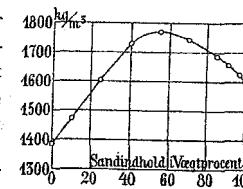


Fig. 294.

¹⁾ Til Jærnbeton-Konstruktioner forlanges undertiden, at Størkningstiden skal ligge mellem 6 og 9 Timer. Cementen skal leveres i ubeskadigede Tønder eller Sække og maa ikke være stenloben. Det stilles ofte Sælgeren frit, om han vil levere Cementen i Tønder eller Sække, men han skal opgive, hvormed han vil betale for den tomme Indpakning, naar han selv skal hente den. Ved Modtagelsen vejes 5% af Tønderne eller Sækkene, og Betalingen ydes paa Grundlag af disse Vejninger. I ældre Leveringsbetingelser fordrer ofte, at Cementen skal være lagret mindst 2 Maanedre paa Fabrikken, men dette Forhold kan ikke kontrolleres og er jo ogsaa ret uvæsentlig, naar Cementen blot er tilstrækkelig volumenbeständig.

²⁾ Se § 1059 og *Ingeniøren* 1910, S. 419.

³⁾ *Annales des ponts et chaussées* 1892, II, S. 28.

proportionalt med Sandtilsætningen, idet Sandet finder Plads mellem Stenene uden at paavirke disses Lejringsstæthed, men efter at Sandindholdet har overstøget ca. 50%, begynder det at trænge Stenene ud af Kubikmeteren, og Vægten aftager da igen, idet 1 cm³ Sand er lettere end en Sten paa 1 cm³.

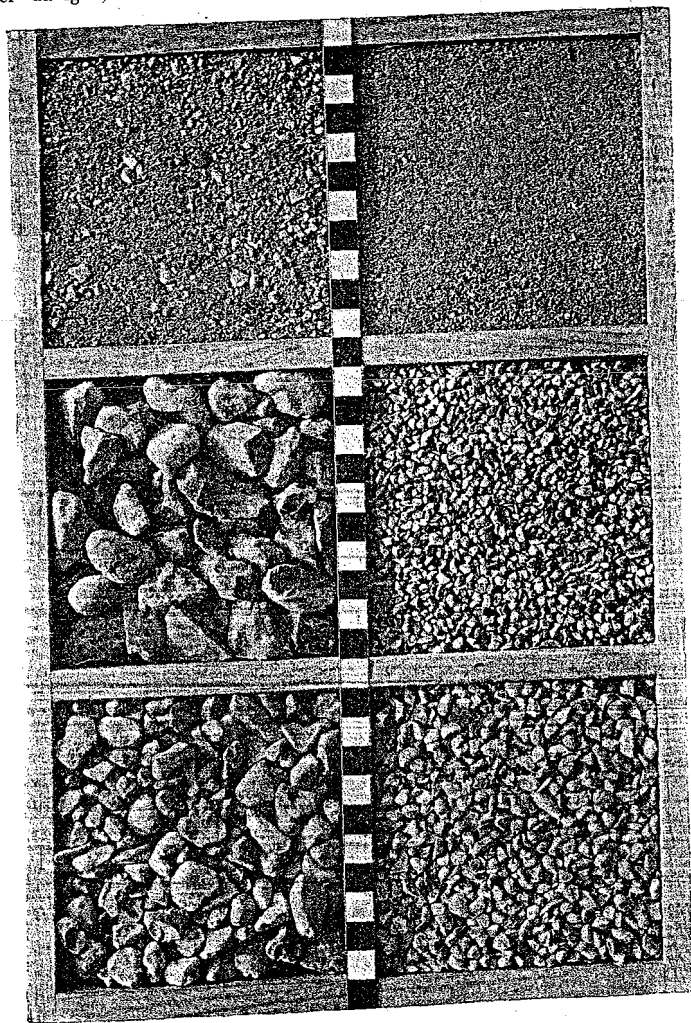


Fig. 295.

1038. Jeg har selv eksperimenteret med Bakkegrus fra Hedehusene¹⁾, som ved omhyggelig Sortering paa Sigter med dels runde, dels firkantede Huller deltes i følgende Kornstørrelser.

¹⁾ Ingeniøren 1910, S. 415.

Sigte med 29 mm runde Huller
Nøddesten
Sigte med 16 mm runde Huller
Ærtesten¹⁾
Sigte med 5,3 × 5,2 mm Huller
Perlesten¹⁾
Sigte med 3,4 × 3,2 mm Huller
Grynsten
Sigte med 1,5 × 1,5 mm Huller
Sand.

Figur 296 viser de forskellige Stoffer sammen med et Fingrus (øverst til højre) blandet af 3,3 Vægtprocent Perlesten, 21,7% Grynsten og 75,0% Sand. Centimeterinddelingen midt i Billedet muliggør en Bedømmelse af Kornstørrelsen.

1039. Grusets naturlige Blandingsforhold fremgaar af Fig. 296 og 297. I Fig. 296 forholder Rektanglernes Højder sig som Vægtmængderne af de forskellige Stoffer, og i Fig. 297 er som Abscisser afsat Kornstørrelsen og som

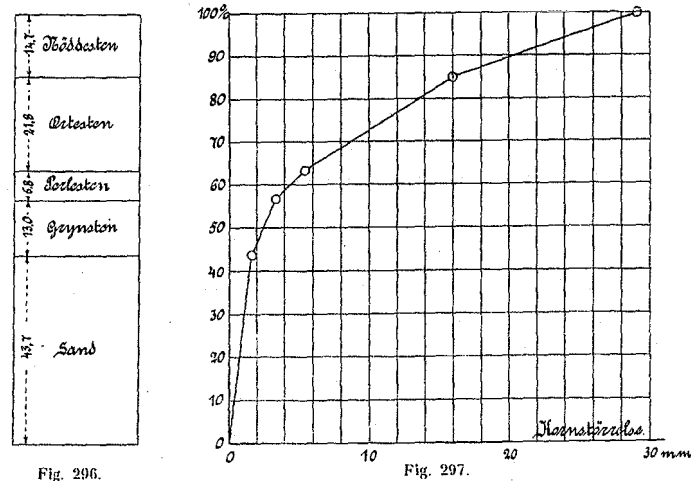


Fig. 296.

Fig. 297.

Ordinater Vægten af de Korn, hvis Størrelse er ringere end den tilsvarende Abscisse angiver; ved Hjælp af den fremkomne Kurve, som man kunde kalde Grusets **Kornkurve**, er man i Stand til at bestemme Grusets Indhold af en hvilken som helst Stenstørrelse.

1040. Ved at øse Materialerne over i en cylindrisk Spand, der vejedes før og efter Fyldningen, og som rummede 19,8^l, og ved dels at fylde forsigtig uden Kast, dels at fylde samtidig med at Spanden rystedes, fandtes følgende Rumvægte:

¹⁾ Materialet svarer ikke til den gængse Handelsvare af dette Navn (§ 859).

	Vægt i kg/m^3		Tilvæxt i	
	løse	sammenrystede	kg/m^3	%
Nøddesten	1380	1510	130	9,4
Ærtesten	1400	1560	160	11,4
Perlesten	1340	1500	160	11,9
Grynsten	1350	1520	170	12,6
Sand	1580	1810	230	14,6
Fingrus	1630	1830	200	12,3

Mens de fire første Stoffer, hvis Kornstørrelse er ensartet, omtrent vejer det samme, er Sandet og Fingruset med deres blandede Kornstørrelser langt tungere¹⁾. Jo finere Stoffet er, des mere forøges Vægten ved Sammenrystning.

1041. Ønsker man at bestemme det samlede Volumen af Kornenes Mellemrum, kan man veje eller maale den Vandmængde, der kan være i Karret samtidig med Gruset, men denne Metode giver let for smaa Værdier, idet man ikke faar al Luften uddrevet²⁾, og i de fleste Tilfælde vil man opnaa større Nøjagtighed og i alt Fald tilstrækkelig Nøjagtighed ved at beregne Hulrummets Størrelse under Forudsætning af, at Kornenes Vægtfylde er 2,65. Hvis 1 m^3 Grus saaledes vejer $P \text{ kg}$, vil den indeholde $\frac{P}{2650} \text{ m}^3$ Stenmasse og følgelig $(1 - \frac{P}{2650}) \cdot 100$ Procent Hulrum. I efterfølgende Tabel er sammenhørende Værdier af Rumvægt, Masseprocent og Hulrumsprocent indført:

Grusets Vægt	1900	1800	1700	1600	1500	1400	1300	1200	1100 kg/m^3
Stenmasse	71,7	67,9	64,2	60,4	56,6	52,8	49,1	45,3	41,5 %
Hulrum	28,3	32,1	35,8	39,6	43,4	47,2	50,9	54,7	58,5 %

Hulrumsprocenten er altsaa, ligesom Rumvægten, stærkt paavirket af, om Kornstørrelsen er ensartet eller uensartet, men uafhængig af Kornenes absolute Størrelse, hvilket let forstaas, naar man betænker, at fint Sand synes groft under et Forstørrelsesglas³⁾.

1042. De tre fineste Stoffer: **Perlesten**, **Grynsten** og **Sand** blev sammenblandede efter Vægt i forskellige Forhold, og Rumvægten bestemt ved Vejning af $19,8^1$ af det løse Materiale. Forholdene er fremstillede grafisk i Fig. 298, hvor hvert Punkt indenfor den ligesidede Trekant svarer til et bestemt Blandingsforhold mellem Sand, Grynsten og Perlesten, idet Punktets Afstand fra Trekantens sider repræsenterer Blandingsens procentiske Indhold af de tre Stoffer. De tre Vinkelspidser svarer følgelig til de ublandede Materialer, og Systemet er valgt saaledes, at højre Spids svarer til Sand, venstre til Perlesten og øverste til Grynsten. Den nederste vandrette Linie repræsenterer alle de Blandinger, der ingen Grynsten indeholder, den næstnederste Linie alle Blandinger med 20 % Grynsten o. s. v. For de Blandingsforhold, som Liniernes Skæringspunkter repræsenterer, er Rumvægten bestemt, og ved Interpolation i alle tre Retninger er der indlagt Kurver gennem de Punkter, der svarer til samme Rumvægt, saaledes at der mellem to paa hinanden følgende Kurver er en Forskel af $20 \text{ kg}/\text{m}^3$.

¹⁾ Formsand maa derfor helst bestaa af lige store Korn, da det skal være porøst.

²⁾ For at faa Fejlen saa lille som mulig maa den afmaalte Grusmængde tømmes ud af Karret, hvorefter der hældes Vand i dette og Gruset atter tilsættes i smaa Portioner.

³⁾ Dette gælder naturligvis kun for Sandsorter, hvis Korn har samme geometriske Form, thi ganske bortset fra Størrelsen lejrer runde Korn sig tættere end kantede Korn. I Virkeligheden plejer fint Sand at have en lidt større Hulrumsprocent end groft, netop fordi det er mere kantede, da det har været opslæmmet i Vandet og ikke er blevet rullet, som det grove.

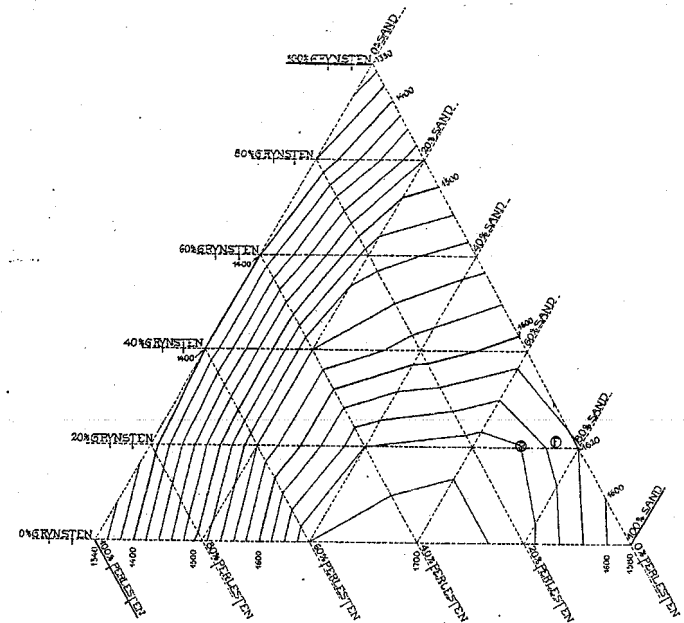


Fig. 298.

Som man ser, vejer den tungeste Blanding $1700 \text{ kg}/\text{m}^3$, og den bestaar af 40 % Perlesten og 60 % Sand efter Vægt; i Henhold til Tabellen ovenfor er Hulrumsprocenten 35,8. Da 1 m^3 af denne Blanding indeholder $0,4 \cdot 1700 = 680 \text{ kg}$ Perlesten og $0,6 \cdot 1700 = 1020 \text{ kg}$ Sand, medgaar der til Fremstillingen $680 : 1340 = 0,51 \text{ m}^3$ Perlesten og $1020 : 1580 = 0,65 \text{ m}^3$ Sand, der altsaa ved Sammenblanding svinder $0,16 \text{ m}^3$. For en hvilken som helst anden Blanding kan man paa lignende Maade beregne Hulrumsprocent, Svind og Blandingsforhold efter Maal.

Ingeniør A. Poulsen har foretaget samme Forsøg med Kystsandet ved Thyborøn. Ved Sifter med kvadratiske Masker blev det delt i groft Sand ($4,3 - 1,4 \text{ mm}$), middelfint Sand ($1,4 - 0,7 \text{ mm}$) og fint Sand ($< 0,7 \text{ mm}$), der ved Sammenblanding i væxlende Forhold lejrrede sig med de i Fig. 299 angivne Hulrumsprocenter, som gælder for tørt Sand blandet efter Rumfang og en Indfyldningsmaade, der nogenlunde svarer til den, paa hvilken et Sandmaal fyldes i Praxis. Maalekarret var en høj Blitkdaase, der blev banket paa Siderne under Fyldningen. Bankningen bevirkede, at Rumfanget svandt $6 - 10 \%$. Se iøvrig Zement in Meerwasser S. 6.

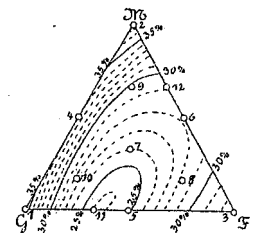


Fig. 299.

1043. Paa ganske tilsvarende Maade blev der fremstillet Blandinger af det tidligere nævnte **Fingrus**, **Ærtesten** og **Nøddesten**, og Resultaterne ses af Fig. 300. Det fremgaar af disse Vejninger, at man faar de tætteste Blandinger ved et Fingrusindhold af 50—60 Vægtprocent, og at Blandinger af Ærtesten og Nøddesten ikke lejrer sig væsentlig tættere end de ublandede Stoffer, idet Ærtestenene aabenbart er for store til at finde Plads i Nøddestenes naturlige Mellemrum. Først naar man kommer op i Nærheden af det Fingrusindhold, der giver størst Tæthed, faar Forholdet mellem Ærtesten og Nøddesten Betydning.

Den tætteste Blanding bestaar af 47,5 % Nøddesten og 52,5 % Fingrus og vejer $1890 \text{ kg}/\text{m}^3$. Sættes Kornenes Vægtfylde til 2,65, bliver Hulrumsprocenten: $100 \cdot (1 - \frac{1890}{2650}) = 28,7$. Da 1 m^3

af Blandingen indeholder $0,475 \cdot 1890 = 893$ kg Nøddesten og $0,525 \cdot 1890 = 992$ kg Fingrus, medgaar der til Fremstillingen $898 : 1380 = 0,65$ m³ Nøddesten og $992 : 1630 = 0,61$ m³ Fingrus, der altsaa ved Sammenblanding svinder $0,26$ m³.

1044. Fig. 298—300 viser, at den tætteste Blanding, der kan fremstilles af tre forskellige Kornstørrelser, fremkommer, naar man udelukker Mellemstørrelsen, og Grunden er den, at Mellemrummene mellem de store Korn udfyldes bedre af et meget fint end af et mellemfint Materiale¹⁾. Et uendelig fint Mate-

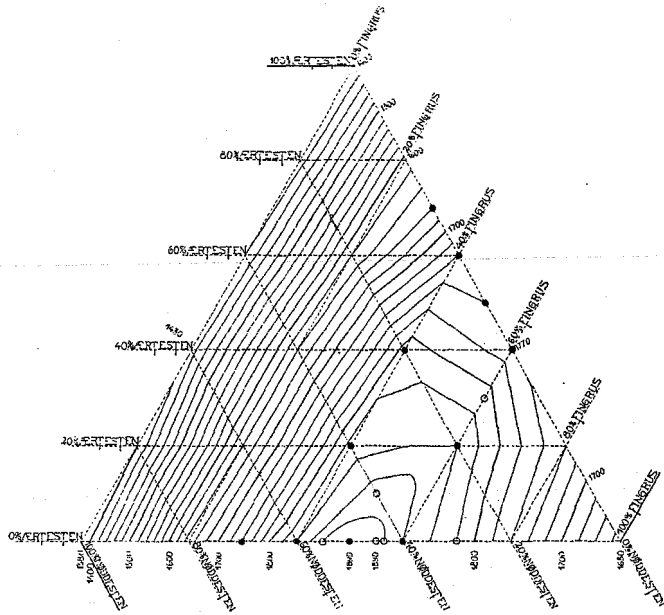


Fig. 300.

riale, f. Ex. Vand, vilde kunne fylde Nøddestenenes Hulrum uden at paavirke deres Lejringsstæthed, men blander man Nøddestenene med Fingrus, vil dette ikke blot lægge sig i Hulrummene, men ogsaa mellem Stenenes oprindelige Berøringspunkter. Fig. 304—05 viser skematisk Stenenes Lejringsmaade før og efter Grustilsætningen. I Praxis kan man ikke faa Hulrummene udfyldt uden samtidig at indføre disse Grusfuger, der naturligvis formindsker Blandings Rumvægt des mere, jo tykkere de er. Tykkelsen voxer med Fingrusets Kornstørrelse, men er uafhængig af Stenenes Størrelse, og den maa derfor have samme Værdi i den tungeste Blanding af Fingrus og Nøddesten, men da Fugernes Antal er større i Ærtestensblandingen end i Nøddestensblandingen, bliver den første lettest.

1045. Det blev i Indledningen til dette Afsnit bemærket, at **Maalekarrets Form og Størrelse** kun havde en underordnet Indflydelse paa det tørrede Materiales Rumvægt, men selvfølgelig vil Materialet lejre sig noget tættere i et

¹⁾ Dette Forhold er vistnok først fremhævet af Feret, der fandt, at det Punkt, der svarede til den største Rumvægt, forskød sig til højre, naar Gruset sammenrystedes i Stedet for at fyldes løst i Maalekarret (Annales des ponts et chaussées 1892, II, S. 31).

højt end i et lavt Maalekar. Ogsaa Forholdet mellem Maalekarrets Rumfang og Overflade spiller en Rolle, som følgende Betragtning viser. Naar man vil bestemme Vægten af 1 Liter Nøddesten, burde man veje alt det Materiale, der falder indenfor Væggen af en Tærning med 10 cm Sidelinie, som tænkes indtegnet i Stenbunken; naar man i Stedet for fylder Stenene i en materiel Tærning, gaar man glip af de Stenender, som rager ind i den tænkte Tærning, og følgelig findes Rumvægten des mindre, jo større Karrets Overflade er i Forhold til dets Rumfang. Den samme Virkning maa gøre sig gældende, naar Fingrus blandes med Sten; langs Stenenes Overflade forringes Grusets Tæthed, og jo større Summen af Stenenes Overflade er, des mere mærkes Forringelsen. Dette er sikkert Forklaringen paa, at Fingrusets Rumvægt bliver større ved Tilsætning af x % Nøddesten end ved Tilsætning af x % Ærtesten (Fig. 300).

1046. Hvorledes Tætheden voxer, naar fint og groft Materiale blandes, fremgaar ogsaa tydeligt af følgende Vejninger, som Bach har foretaget:

Tørt Rhinsand af 0—5 mm Kornstørrelse	vejede	1574 kg. m ³
Tør Rhinsingel, 5—15 »	»	1653 »
1 Maal Sand + $\frac{2}{3}$ Maal Singel sammenblandet	»	1826 »
4 Maal af denne Blanding + 1 Maal Cement	»	1902 »

Sandet og Singelen var omtrent lige tætte, Hulrummenes Størrelse udgjorde i begge Tilfælde ca. $35,6$ %; Kornenes Vægtfylde har altsaa været forskellig.

1047. Ligesom groft og fint Materiale svinder i Rumfang ved at sammenblandes, vil et Materiale med blandet Kornstørrelse naturligvis voxer i Rumfang, naar det sorteres (§ 1048).

β. Fugtige Stoffer.

1048. Dersom Gruset er fugtigt, lejrer det sig langt løsere, end naar det er tørt. Fig. 301 viser, hvorledes raat Bakkegrus voxer ved Sortering, og hvorledes

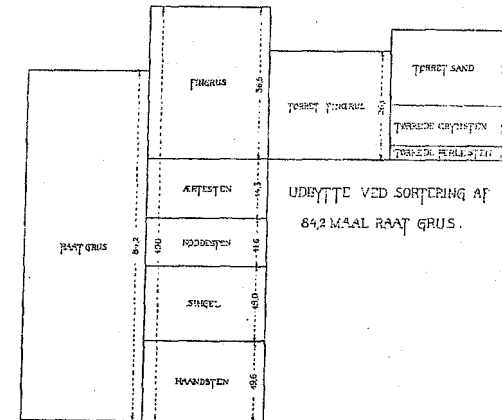


Fig. 301.

Fingruset svinder ved Tørring for atter at voxer ved Sortering; Rektanglerne er proportionale med Materialernes Rumfang i løst Maal.

Vandindholdets Størrelse har overordentlig meget at sige. Fig. 302 viser, hvorledes Sandets Vægt pr. m³ varierer med dets Fugtighedsgrad; Kurverne

kræves der atter en Cementfuge o. s. v.; jo mere man sønderdeler Blokken, desto mere Cement kræves der til atter at hele den.

1053. Som Bevis paa det fine Sands skadelige Indflydelse paa Styrken anføres følgende Forsøg med 20^{cm} Tærninger af 28 Døgn gammel Beton blandet efter Maal i Forholdet 1:4 af Cement og henholdsvis Sandet og Grynstenene fra Fig. 295:

Sandsort	Kornstørrelse	Rumvægt	Trykstyrke
Sand	0—1,5 ^{mm}	1580 kg/m ³	92 st
Grynsten	1,5—3,4	1350	212

1054. Den **Vandmængde**, Sandet kræver for at blive plastisk, følger ganske samme Lov som den Cementmængde, det kræver for at blive tæt, thi den plastiske Konsistens er betinget af, at hvert Sandskorn er omgivet af en Vandhinde. En Mørtel af fint Sand behøver derfor langt mere Vand for at blive smidig end en Mørtel af groft Sand¹⁾, og en saadan vandrig Mørtel hærdner langsomt og bliver ikke stærk, da en stor Del af Vandet fordamper og efterlader Hulrum.

Desuden **svinder** en Mørtel af fint Sand langt mere end en Mørtel af groft Sand. Hvis Sandskornene berørte hinanden umiddelbart, vilde Mørtlen ikke kunne svinde; det er de tynde Cementfuger mellem Kornene, der svinder, og af disse Fuger er der langt flere i fint end i groft Sand, mens Tykkelsen er ens i begge Tilfælde. Gaar vi ud fra, at størknet Cementgrød svinder 2^{mm} pr. m, før dens Volumen bliver konstant (§ 1028), kan det lineære Svind for de fire ovenfor nævnte Mørtelsorter beregnes. For at lette Beregningen forudsættes, at Lejringsmaaden er som Fig. 305 viser, med 0,03^{mm} tykke Fuger.

Antallet af Fuger pr. lb. m. er da $\frac{1000}{d+0,03}$ eller henholdsvis 100, 971, 1887 og

7692. Da hver Fuge svinder $\frac{0,03 \cdot 2}{1000} = \frac{0,06}{1000}$ ^{mm}, bliver Svindet for de fire Mørtler: 0,006, 0,058, 0,113 og 0,462^{mm} pr. m.

En Mørtel af groft Sand er ogsaa bekvemmere at mure med end en Mørtel af fint Sand, idet den er mere levende, saa man bedre kan trykke Stenen i Leje.

1055. Har man **Valget mellem forskellige Sandsorter**, der hver især er af ensartet Kornstørrelse, vil derfor den groveste være at foretrække.

De naturlige Sandsorter har som Regel en variabel Kornstørrelse, men ogsaa her vil den Sandsort, der indeholder mindst fint Materiale, give størst Styrke, naar et vist Volumen af den blandes med en given Mængde Cement

¹⁾ Hvor variabel den Vandmængde er, der kræves for at frembringe en given Plasticitet med forskelligt Sand, ses af nogle Forsøg, *Feret* har udført (Baumaterialienkunde 1906, S. 1) med fint Klitsand (1460 kg/m³) og groft Seinesand (1635 kg/m³, Kornstørrelse: 1—10^{mm}). Tallene angiver Vandmængden i Vægtprocent af den tørre Blanding:

Plasticitet	300 kg Cement pr. m ³ Sand		700 kg Cement pr. m ³ Sand	
	Fint Sand	Groft Sand	Fint Sand	Groft Sand
Meget tør	8,5—11,3		10,4	7,5
Tør		6,5	12,7	8,6
Temmelig tør	14,2		15,0	9,6
Plastisk	17,0	7,8	17,3	10,7
Vaad	19,8	9,1	19,6	11,8
Meget vaad	22,7	10,4		

Man maa ikke lade sig vildlede af de Resultater, man er kommen til for Mørtler, hvis Blandingsforhold efter Vægt var konstant, thi ved saadanne Forsøg er de sandrige Grussorter særlig gunstig stillede paa Grund af deres store Rumvægt¹⁾.

Det skal dog bemærkes, at grovkornet Sand kan forbedres ved Tilsætning af en ringe Mængde fint Sand, selv om Blandingen sker efter Maal, naar nemlig Cementtilsætningen er for ringe til at tætte de grove Kornes Hulrum, og *Feret*²⁾ angiver, at man faar den tætteste og dermed den stærkeste Mørtel, naar Summen af de grove Kornes Volumen er dobbelt saa stor som Summen af de fine Kornes Volumen + Summen af Cementkornenes Volumen. Vil man fremstille den bedst mulige Mørtel af c ^{kg} Cement og $(P+p)$ ^{kg} Sand, maa man derfor tage P ^{kg} grove Korn (f. Ex. 2—5^{mm}) og p ^{kg} fine Korn (f. Ex. fint Klitsand) og vælge P og p saaledes, at $\frac{P}{2,65} = 2 \left(\frac{P}{2,65} + \frac{c}{3,15} \right)$. Alle de Blandinger, der følger denne Lov, er omtrent lige tætte, men jo mere c forøges paa p 's Bekostning, des større bliver Styrken.

β. Andre Forholds Betydning.

1056. Stærkt **lerholdigt** Sand bør ikke bruges til Mørtel, navnlig ikke naar Leret hæfter fast paa Sandskornene og forhindrer disses Berøring med Cementen, men heller ikke naar Leret ligger frit mellem Sandet, hvilket direkte følger af de ovenfor gjorte Bemærkninger angaaende Betydningen af Sandets Finhedsgrad. Det er ganske vist en Kendsgerning, at en Lertilsetning kan forøge Mørtlens Styrke ved at forøge dens Tæthed, men en saadan Mørtels Svindforhold og Vejrfasthed er ikke nærmere undersøgt.

Ved Siden af Sandskornenes Størrelse har naturligvis ogsaa deres **Styrke** Betydning. Rent Kvarssand er udmærket, men ogsaa Sand, der indeholder andre Mineraler, f. Ex. Kalk, er godt, naar blot de enkelte Korn er faste og stærke.

Organiske Indblandinger i Sandet gør altid Skade, saaledes skal kun 4—5% Muldjord eller Tørv være nok til at forhindre Mørtlens Hærdning, idet Cementens Kalk angribes af Humussyren. Halm, Træsplinter, Tang, Sneglehuse, Muslingeskaller o. lign. medfører en lokal Forringelse af Styrken og bør derfor undgaaes.

Runde Sandskorn giver mindre Træksstyrke end kantede, fordi disse i højere Grad kiler sig ind mellem hverandre, derimod kan der ikke siges noget almenlydigt om Kornformens Indflydelse paa Trykstyrken. Hvad Overfladens Beskaffenhed angaar, da er en ru Overflade altid at foretrække for en glat.

Af ovenstaaende vil det fremgaa, at Sandet har en lige saa stor Indflydelse paa Mørtlens Godhed som Cementen. Dog kan man naturligvis fremstille saa

¹⁾ Normalsandet, der jo har en meget konstant Kornstørrelse, bliver derfor forbedret ved en passende Tilsætning af finere Sand, saaledes som følgende Normprøver viser:

	Trykstyrke		Trækstyrke	
	7 Døgn	28 Døgn	7 Døgn	28 Døgn
Normalsand	146	217	18,3	23,9
Blandingssand	175	237	21,0	28,0

²⁾ Annales des ponts et chaussées, 1892, II, S. 157.

fedde Mørtler, at Beskaffenheden af den ringe Sandtilsætning er umærkelig. Styrken af Mørtler 1:1 afhænger som Regel kun af Cementen, men allerede i Blandingsforholdet 1:2 er Sandets Indflydelse stor (§ 1167). Bortset fra de Tilfælde, hvor Vandtætheden eller Rustbeskyttelsessevnen er af Betydning, maa af to Mørtler med samme Styrke den cementfattigste foretrækkes, fordi den svinder mindst og koster mindst og er mest vejrfast. Sandets Godhed kan til dels bedømmes efter Udseendet, men den sikreste Fremgangsmaade er naturligvis at gøre **Styrkeprøver** med de Sandsorter, der staar til Raadighed, inden man træffer sit Valg¹⁾.

1057. I Leveringsbetingelser for Mørtelsand (Mursand, Murgrus, Betongrus) forlanges gerne, at Sandet skal være skarpt²⁾, groft og frit for Muldjord, Ler, Plantedele, Dyreskaller og andre skadelige Stoffer. Skal det bruges til Muring bør det kunne passere en Sigte med kvadratiske Masker af 5^{mm} Lysvidde, skal det bruges til Beton, er den øvre Grænse for Kornstørrelsen mindre vigtig, ofte nøjes man med at forlange, at det ikke maa indeholde større Sten. Som Norm for Leveringen bør man forlange en Prøve indsendt. Det sælges efter Maal, og naar det leveres pr. Vogn, tæller man Læssene og maaler nogle enkelte af dem, hvis Indhold da lægges til Grund ved Betalingen.

γ. Danske Sandsorter.

1058. Til Sandsorterne henregnes i dette Afsnit Materialer, der i Hovedsagen bestaar af Korn mindre end 5^{mm}, selv om de desuden indeholder smaa Mængder af større Sten (op til 10—15^{mm}). Det sidste er som Regel Tilfældet med de Sandsorter, der bruges til Beton, og som i Praxis benævnes Betongrus, men Stenindholdet er næsten altid ringe, og Betongruset Opgave er netop at være et relativt fintkornet Materiale, der kan udfylde Mellenrummene

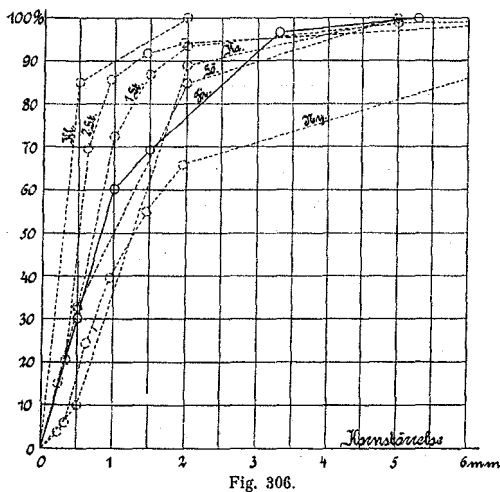


Fig. 306.

mellem de større Sten, der som Regel udgør Betonens Hovedbestanddel. Man kan selvfølgelig godt fremstille Beton alene af Betongrus; og det gøres, naar Godstykkelser er saa ringe, at større Sten virker generende (Rør, Kunststen og andre Cementvarer, spinkle Jærnbetonkonstruktioner), men Betonen bliver baade bedre og billigere ved en passende Stentilsætning.

1059. Fig. 306 viser **Kornkurverne** for nogle danske Sandsorter. Som Abscisser er afsat Kornstørrelsen og som Ordinator Mængden af de Korn,

hvis Størrelse er ringere end den tilsvarende Abscisse angiver; Angivelserne er i Vægtprocent. Den fuldt optrukne Kurve (*Fi*) gælder det i § 1038 nævnte Fingrus; af de punkterede Kurver svarer *Kl* til Klitsand, *2St* og *1St* til Strandgrus af den Kvalitet, som hyppigst bruges i København til Beton, *Ka* til Sand fra Kalvebodstrand, *Sø* til Sand fra Sønder sø og *Ny* til Betongrus fra Nymølle Skærvefabrik ved Roskilde³⁾.

Man ser, at ca. 90 Vægtprocent af Strandgrusets Korn er mindre end 1,5^{mm}, og at de andre Strandmaterialer ikke er væsentlig bedre; jo før og jo mere Kurverne fjerner sig fra Ordinataxen, des bedre er Kvaliteten. Bakkegruset (*Ny*) ses at være det bedste, og sammenlignende Styrkeforsøg udført med dette og med *2St* viste en stor Overlegenhed for Bakkegrusets Vedkommende²⁾. Ved Blanding efter Maal vilde Styrkeforskellen være bleven væsentlig ringere. Iøvrig er det værd at lægge Mærke til, at Nymøllegruset kun afviger fra de øvrige ved at indeholde ca. 20 % Smaasten større end 5^{mm}; fjernes disse, hæves Kornkurven op mellem de øvrige.

1060. I København bruges overvejende Strandsand (Strandgrus) baade til Muring og Støbning, mens der ude paa Landet bruges Bakkesand (Bakkegrus).

En særlig fortrinlig Grussort, **Skærvegrus** af Granit ($\frac{1}{8}$ " Granitkærver), der danner Affaldet fra Skærveknusemaskinerne, vilde være udmærket til de allerfleste Anvendelser, men er meget dyr og bruges derfor hovedsagelig kun til Slidlag.

Slaggessand bruges undertiden til Beton og kan enten være almindelig Koks-lagge eller Renovationslagge. Det egner sig navnlig til mager Beton, da det selv er i Besiddelse af hydrauliske Egenskaber³⁾. Til vigtige Konstruktioner

¹⁾ *Ka* (Kvartssand, middelgrove og runde Korn, Vt. 2,64), *Sø* (noget kalkholdigt, Korn af uens Form, Vt. 2,63) og *Kl* (Kvartssand, fine og runde Korn, Vt. 2,63) blev sorteret paa Sigter med runde Huller af 5, 2 og $\frac{1}{2}$ mm Diameter (Undersøknings rørende R. Feret's metod for Cementprofingar utförd af Skandinaviska Portlandcementfabrikantföreningen, Malmö 1899, S. 13) og saafremt *Ka* og *Sø* har indeholdt Korn større end 5 mm er de bortkastede, men det er sikkert uvæsentlige Mængder; *1St* er ligeledes sorteret paa Sigter med runde Huller (*Ingeniøren* 1910, S. 418); *2St* og *Ny* er derimod sorteret paa Traadsigter, altsaa med kvadratiske Masker, der naturligvis lader en Del mere gaa igennem end runde Huller af samme Tvermaal; da de fine Maskers Lysvidde kun lader sig opgve med Tilnærmelse, er den nederste Del af disse to Kurver mindre nøjagtig.

	Vandtilsætning	S _c ²⁰	S _c ²⁵	S _c ³⁰
Nymøllegrus 1:3	9 1/2 %	234	399	31,6
Strandgrus 1:3	9 "	159	241	26,3
Nymøllegrus 1:4	8 1/2 "		355	
		Cement A	Cement B	

Ved Slæmmeprøver fandtes Lerindholdet at være 0,908 % i Nymøllegruset og 0,574 % i Strandgruset (*Ingeniøren* 1901, S. 322).

²⁾ Statsprøveanstalten har gjort sammenlignende Forsøg med Slaggessand fra Frederiksberg Forbrændingsanstalt og bornholmsk Grus. Forsøgene udførtes efter Cementnormerne med en Vandtilsætning af henholdsvis ca. 14 og ca. 7 %. Efter 28 Døgn Hærdning var Styrken i at:

Cement: Sand	1:3		1:7		1:10	
	Træk	Tryk	Træk	Tryk	Træk	Tryk
Grus	23,8	460,8	5,0	13,2	0	0
Slaggessand	27,4—35,6	128,4—208,4	13,4—17,0	42,6—65,2	11,0—12,3	25,2—50,8

¹⁾ Se Statsprøveanstaltens Aarsberetning 1909—10, S. 8.

²⁾ Ved skarpt Sand forstaar man Sand med kantede, og navnlig ikke for smaa Korn. Saa-dant Sand føles skarpt, naar det ruller mellem Fingrene, idet man mærker Indtrykket af hvert enkelt Korn, og Kornene knaser ved den indbyrdes Berøring. Fint Sand er derimod blødt at føle paa, nærmer sig til Mel.

maa man være forsigtig med at bruge det, da det kan indeholde brændt Kalk som bulner ud, naar der kommer Vand til; i alt Fald bør Slaggerne lagres nogen Tid eller overhældes med Vand inden Brugen¹⁾.

e. Valg af Sten til Beton.

1061. Naar Mørtel bliver stærkere ved Iblanding af større Sten skyldes det, at Stenene er stærkere end Mørtlen; Brudfladerne, f. Ex. ved et Trykforsøg, maa enten gaa gennem Stenene eller bugte sig uden om dem, og i begge Tilfælde kræver de en forøget Kraft for at danne sig. Samtidig er Stenene billigere end det tilsvarende Rumfang Mørtel, saa at Betonens Pris forringes.

α. Størrelsens Betydning.

1062. Stenene maa ikke være saa store, at man ved Haandblanding har ondt ved at magte dem, eller at de ved Maskinblanding slaar Blandemaskinens Skovle i Stykker; i Reglen forlanges, at hver Sten skal kunne passere et cirkulært Hul med 5^{cm} Diameter²⁾. Til spinkle Konstruktioner maa man dog bruge mindre Sten, da man ellers ikke faar en tæt og homogen Støbning; ved Jærnbetonarbejder vil en Maximalstørrelse af 3^{cm} som Regel være passende. Der er den Fordel ved at bruge smaa Sten, at Betonen ikke blot efter Hærdningen, men ogsaa under Transporten og Støbningen forholder sig som en homogen Masse, mens store Sten har Tilbøjelighed til at skille sig ud fra Mørtlen, idet den Overflade, Mørtlen har at adhærere til, er for lille i Forhold til Stenens Vægt.

1063. I meget massive Konstruktioner indlægges undertiden **store Sten**, hvorved der spares en Del Mørtel; det bør dog kun gøres, naar man arbejder med en plastisk Beton, der sikrer en fuldstændig Indhylning af Stenene, og disses Mængde maa ikke være for stor³⁾.

1064. Om Stenene er af **ensartet eller uensartet Størrelse** spiller formentlig en underordnet Rolle, da den Variation, der kan blive Spørgsmaal om, som Regel er for ringe til at faa væsentlig Indflydelse paa Hulrumsprocenten. Ved at blande Nøddesten (29-16^{mm}) med vexlende Mængder Ærtesten (16-5,2^{mm}) fandt jeg, at Hulrumsprocenten ved løs Lejrning kun varierede mellem 47,5 og 44,5 % (Fig. 300).

1065. Hvorvidt man skal tilstræbe en jævn Overgang mellem Sandet (Betongruset) og Stenene eller et pludseligt Spring maa staa hen. Teoretisk vilde et stort Spring vel nok være at foretrække, thi tænker man sig Stenene som Kugler af ens Størrelse lejrede som Fig. 303 viser, er der i deres Mellemlum kun Plads til Kugler, hvis Diameter er 0,22 Gange de stores, og Sandskornene bør naturligvis være langt mindre. I Praxis er Forholdet imidlertid det; at Sand med Smaasten i (Betongrus) helt igennem er grovere end Sand uden Smaa- sten, og vilde man sætte Maximalstørrelsen til f. Ex. 5^{mm}, vilde man faa en

¹⁾ Slaggerne kan ogsaa indeholde Svovl, som kan angribe Jærn, der er indstøbt i Mørtlen, eller som kan danne Gibs og fremkalde en Udbulning.

²⁾ Dog kan man maaske nok gaa op til 7^{cm} i Betragtning af, at Hovedparten af de leverede Sten nødvendigvis maa være mindre end forlangt. Undertiden foredrer, at Stenene i ingen Retning maa overskride det fastsatte Maximalmaal, men dette er et urimeligt Forlangende, thi Leverandøren kan ikke hindre, at enkelte lange Sten gaar gennem Sigtesoldets Huller paa langs. Statsbaneanlæggene forlanger, at der til Betonunderlaget paa afstærkede Viadukter højst maa bruges 3/4" Granitkærver og til Viaduktunderbygninger og Beklædningsmure højst 2 1/2".

³⁾ Undertiden foreskrives, at Mængden ikke maa overskride 40 % af Betonens samlede Volumen.

finkornet Sandsort af ringe Værdi. Men ved Fastsættelsen af Blandingsforholdet mellem Skærver eller Rullesten og Sand maa man tage Hensyn til, at det kun er de Korn, der er mindre end ca. 5^{mm}, der giver den egentlige Mørtel, mens de større Korn maa medregnes til Stenene.

β. Styrke, Frostfasthed, Form, Renhed.

1066. Stenene maa være af en **stærk og frostfast** Stenart; porøse Kalksten sprænges ofte af Frosten, naar de ligger i Betonens Yderflade, og denne er udsat for Vejret. Overhovedet bør porøse Sten undgaaes, da de suger Vand fra Mørtlen. Porøse Sten kan kendes paa, at de klæber paa Tungen, og synger, naar de lægges i Vand. Overfladen maa helst være ru, da Mørtlen saa binder bedre til den, end hvis den er glat.

Kantede Sten (**Skærver**) giver større Trykstyrke end runde Sten (**Rullesten**) og formentlig ogsaa større Trækstyrke, hvilket er af Betydning for Undgaaelsen af Svindrevner.

I alle Tilfælde maa Overfladen være **fri for Støv** og fastsiddende Ler, da Mørtlen ellers binder til dette i Stedet for til Stenene.

Stenene bør leveres **rene**: ikke blot med rene Overflader, men overhovedet fri for Grus og Sand, da der ellers fremkommer et galt Blandingsforhold, naar man stadig blander dem med samme Sandmængde, uafhængig af om der i Forvejen er mer eller mindre mellem Stenene. Imidlertid er det i regnfulde Perioder umulig for Leverandøren at fremskaffe Stenene helt rene, i alt Fald ikke uden at harpe dem flere Gange, men man kan da danne sig et Skøn over, hvor meget Grus de indeholder og gøre Grustilsætningen saa meget mindre¹⁾.

Jo kortere en Strækning af Sigtesoldet, Stenene har passeret, des ringere Lejlighed har Gruset haft til at falde fra; Renheden voxer derfor med Stenstørrelsen.

Til Beton, der skal bruges i **Havet**, er det naturligt at anvende Strandmaterialer, da disse i Forvejen har vist deres Modstandsdygtighed mod Havets Paavirkninger.

Til Beton, der kan blive udsat for **høje Temperaturer**, bør Kalksten undgaaes, da disse bliver til brændt Kalk og bulner ud, hvis der kommer Vand til.

γ. Danske Stensorter.

1067. Om **Rals** Anvendelighed til Beton er talt i § 853.

Singel, Nøddesten og **Ærtesten** er omtalt i § 859-60, 1049, 1064; de faas dels fra Grusgrave dels fra Søen; i sidste Tilfælde svarer de nærmest til Ral, der er rene, men glatte. Singel benyttes f. Ex. meget til Husfundamenter²⁾, Nøddesten og Ærtesten til Jærnbetonkonstruktioner.

Beton af de nævnte Stenarter kaldes under eet for **Grusbeton**. Grusbeton er lettere at blande end Skærvebeton og kræver mindre Stampearbejde for at blive tæt; den bliver ikke saa stærk, men staar sig bedre overfor Stød, da den

¹⁾ Paa denne Maade faar man det oprindelige Blandingsforhold, men man kan naturligvis ogsaa holde Grustilsætningen konstant og forøge Cementtilsætningen, hvorved man faar samme Mørtel som tidligere, men en stenfastere Beton.

²⁾ Ofte forlanges Singelen af ensartet Størrelse ikke over 5^{cm}, renharpet uden Iblanding af Sand, Ler, Plantede eller lignende. Blandingsforholdet er gerne 1 C + 4 Sa + 8 Si.

kun beskadiges rent lokalt; det sidste bevirker, at den ofte foretrækkes ved Fæstningsbygning.

1068. Skærver giver større Styrke end runde Sten, selv om Materialet er det samme, dels fordi de bedre kiler sig ind mellem hverandre, og dels fordi Mørtlen binder bedre til deres ru Overflade.

Skærver af **Granit** og lignende Eruptivbjærgarter giver den største Styrke, fordi disse Bjærgarter er stærkere end Kalksten og Sandsten og ikke er vand-sugende. I Danmark bruges de derfor overordentlig meget til stærke Beton-konstruktioner. De skal være slaede af stærk Granit og have en frisk, uforvitret Overflade (de maa ikke være »rustne«), samt være fri for Støv, Jord og Sand. Der er ingen Grund til at bruge haandslaede Skærver, thi de maskinknuste er billigere og lige saa gode¹⁾. Hvis Granit kun bruges af Hensyn til Frostfastheden, kan det ved Fremstilling af massive Konstruktioner betale sig kun at udføre de yderste 30 cm af Granitskærver og bruge Blandingsskærver eller Singel til Bagmassen.

Kalkstensskærver giver ringere Styrke end Granitskærver, men er iøvrig fuldt anvendelige, naar de blot er tilstrækkelig frostfaste²⁾. Smaa Kalkstens- og Marmorskærver bruges til Terrazzo og Gulvfliser, da de er lette at slibe.

Sandstensskærver bruges meget lidt i Danmark. Ofte er de for vand-sugende og for lidt frostfaste til at give en god Beton.

Flintskærver er heller ikke gængs Handelsvare, og man er bange for, at deres glatte og fuldkomne uporøse Flader ikke kan forbinde sig intimt med Mørtlen. Ved en enkelt Forsøgsrække har man fundet, at Flintskærver gav 28 % mindre Styrke end Granitskærver, men Forholdet trænger til at oplyses mere³⁾.

¹⁾ Ved Forsøg med Kalkstensskærver, dels maskinknuste (M), dels haandslaede (H), har Bach fundet nedenstaaende Knusningsstyrker. Sandet var Flodsand, mindre end 7 mm i det første og tredje Blandingsforhold, mindre end 5 mm i det andet og fjerde Blandingsforhold, der blev fremstillede paa en anden Fabrik end de to førnævnte. Cementen var i alle Tilfælde den samme.

Tilslag i Maal til 1 Maal Cement			Vandtilsætning i % af Hørstofernes Vægt	Skærvernes Art	Betonens Alder			
Sand	Ærtesten 5—15 mm	Skærver 20—50 mm			28 Døgn		100 Døgn	
			S _c at	Forsøgenes Antal	S _c at	Forsøgenes Antal		
2,5	1,75	3,5	4,0—5,7	M H	276 276	12 6	331 322	12 6
2,5	2,25	3,0	3,5—5,6	M H	289 294	8 4	337 314	8 4
4	2,8	5,6	3,7—5,6	M H	200 225	15 6	255 260	15 6
4	3,6	4,8	3,7—5,6	M H	217 205	8 4	240 226	8 4

²⁾ Københavns Kommune bruger undertiden Kalkstensskærver til Betonunderlag for Støbeasfalt; Skærverne skal være mindre end 4 1/2 cm, og Blandingsforholdet er 1:4:8.

³⁾ De nævnte Forsøg, der velvilligst er mig meddelt af Kaptajn *Grut*, omfattede 6 Tærninger (20 cm Sidelinie), 4 med Flint og 2 med Granit, alle støbte i Begyndelsen af August, samme Cement, Blandingsforholdet ukendt. Efter ca. 8 Ugers Hærdning knustes tre af Tærningerne, og Resultatet var for Flinten 135,6 at (142,7 og 128,3 at) mod 190,0 for Granitten; efter ca. 14 Ugers Hærdning fandtes for Flinten 177,2 (175,1 og 179,2) mod 244,3 for Granitten.

Blandingsskærver af Granit, Kalk og Flint (§ 863) egner sig godt til Beton, og specielt er 1/2" Blandingsskærver meget søgte til Jærnbeton-Konstruktioner¹⁾. Ved sammenlignende Forsøg med Beton af 1/2" Blandingsskærver og af 1/2" Granitskærver (§ 1114) fandt jeg, at den første Beton var ca. 20 % stærkere end den sidste, hvilket antagelig skyldes dels Blandingsskærvernes større Komprimeringssevne, dels Flintens store Styrke, dels at der er fine Revner fra Knusningen i de smaa Granitskærver.

1069. Murstensskærver egner sig i Almindelighed kun til tarvelig Beton, baade paa Grund af deres ringe Styrke og fordi de suger Vand fra Mørtlen; navnlig er de uheldige, hvor Betonen er udsat for Fugtighed og Frost, da de vaade Skærver kan fryse i Stykker. De anvendes ofte sideordnet med Kalkstensskærver og Singel f. Ex. til Husfundamenter²⁾ og Betongulve³⁾; undertiden til Fundamenter under Beklædningsmure⁴⁾ og Fortove af Støbeasfalt⁵⁾. Endvidere bruges Murstensskærver lige som Slagger til meget mager Beton (1:6:12 eller endnu magrere), der tjener til Udfyldning af Rum, som af een eller anden Grund ikke kan fyldes med Sand eller andet løst Materiale.

Hvis Skærverne slaas af gamle Mursten fra nedrevne Huse, sidder der altid mer eller mindre Kalkmørtel paa dem, og de rangerer da absolut lavere end de naturlige Sten, uden at der dog er noget til Hinder for at bruge dem paa de nysnævnte Maader, hvor baade Styrke og Frostfasthed spiller en underordnet Rolle. Til god Beton maa Skærverne derimod slaas af friske, klinkbrændte Sten, der er fri for læskningsdygtig Kalk og ikke blomstrer ud.

1070. I Stedet for naturlige Sten bruges ogsaa **Koks- eller Renovations-slagger**. Slaggebeton bliver ikke saa stærk som almindelig Beton, men er lettere⁶⁾ og leder Varme og Lyd daarligere. Som nævnt under Slaggesand (§ 1060) maa man sikre sig, at der ikke er læskningsdygtig Kalk i Slaggerne. Til mager Udfyldningsbeton kan man anvende den usorterede Blanding af Slaggesand og grov Slagge, men hvor Styrken har Betydning, maa man hellere frasigte Slaggesand og bruge en Mørtel af naturligt Sand⁷⁾.

f. Valg af Stengrus til Beton.

1071. Den meste Beton fremstilles ved kunstig Blanding af Sand (Beton-grus) og enten Rullesten eller Skærver, men i visse Grusaflejringer kan det naturlige Blandingsforhold mellem groft og fint Materiale være saa gunstigt, at man blot behøver at tilsætte Cement for at faa en god Beton. Grus, som bruges paa denne Maade, og som derfor indeholder langt flere og større Sten end det almindelige Betongrus, betegner jeg her, for at undgaa Forveksling, med Navnet Stengrus.

Det er navnlig raat Bakkegrus, som bruges paa denne Maade. Det giver en billig Beton, da man hverken har Udgift til Sortering eller Skærveslaaning⁸⁾.

¹⁾ I København er Efterspørgslen ofte større end Tilbudet.

²⁾ i Blandingsforhold 1:4:8. ³⁾ i Blandingsforhold 1:4:8 eller 1:3:6. ⁴⁾ 1:3:6.

⁵⁾ Hertil forlanger Københavns Kommune nyslaede 4 1/2 cm Skærver af klinkbrændte Sten. Blandingsforholdet er 1:4:8.

⁶⁾ 1100—1300 kg/m³.

⁷⁾ Frederiksberg Forbrændingsanstalt sælger raa Slagger til 25 Øre pr. Læs og knuser Resten, hvorefter den sorteres i tre Størrelser: Slagge Nr. I er under 1 cm i Kornstørrelse, Slagge Nr. II mellem 1 og 3 cm og Slagge Nr. III mellem 3 og 5 cm. De sorterede Slagger vejer ca. 825 kg/m³ og koster 1 Kr. pr. 1000 kg (83 Øre pr. m³). I de Slagger, der er brændt om Sommeren, træffes ofte ubrændt Papir.

⁸⁾ Det bruges f. Ex. af Københavns Kommune til Betonunderlag i Kørebane og Fortove, og det forlanges, at der til hver m³ Grus mindst skal sættes 1 Td. Cement (170 kg), altsaa ca. 12 Rum-

Sættes Grusets Vægtfylde til 2,65 og Cementens til 3,15, bliver Betonens Sammensætning efter Rumfang som angivet i Spalterne 17—21, naar der ses bort fra, at Cementen og Vandet har indgaaet en kemisk Forbindelse. Luftindholdet er intet Maal for Porositeten, da en Del af Vandet er frit og svækker Styrken i lige saa høj en Grad som Luften. Derimod har man i Summen af Cementmasse og Grusmasse (Spalte 21) et Maal for Betonens Tæthed; som rimeligt er, vokser denne Sum sammen med Betonens Rumvægt og altsaa ogsaa sammen med Styrken.

1075. De kunstige Blandinger af Fingrus og Ærtesten har givet langt større Styrke end de naturlige Blandinger, begrundet i, at Fingrusindholdet er mindre; ogsaa her aftager Styrken med voksende Fingrusmængde, mens Betonens Vægt og Masseprocent (Spalte 21) varierer paa samme Maade som Styrken.

Beton 7, der i Blandingskarret syntes passende vaad, var vanskelig at faa stampet tæt som Følge af dens ringe Indhold af Fingrus. Ikke desto mindre er den bleven tungere end alle de andre, hvilket skyldes Stampningens større Virkning under disse Forhold. Ved den tilsvarende Beton af Nøddesten (Nr. 11) var der intet unormalt, skønt Vandtilsætningen var den samme, men dette er meget naturligt, thi jo større Stenene er, des færre Mørtelfuger bliver der, og des mindre Mørtel kræves der til at gøre Betonen tæt. Fig. 304—05 giver en skematisk Fremstilling af Stenenes Lejringsmaade i Maalekarret og i Betonen; da Mørtelfugernes Minimumstykkelse ifølge Sagens Natur maa blive den samme, hvad enten Stenene er smaa eller store, er det indlysende, at Mørtelbehovet aftager med voksende Stenstørrelse.

Ved de fire Betonsorter 7—10 varierer Grusets Rumvægt paa omvendt Maade af Styrken; Grusets Rumvægt vokser nemlig her med Fingrusindholdet, mens den ved Betonsorterne 1—5 aftog med Fingrusindholdet, begrundet i, at de to Grusgrupper ligger hver paa sin Side af Maximumpunktet 1770 kg/m³ i Fig. 300.

1076. For de kunstige Blandinger af Fingrus og Nøddesten (Beton 11—14) er Forholdene ganske analoge, men Styrken er overalt ringere end for de tilsvarende Betonsorter af Ærtesten. Dette skyldes Nøddestensgrusets større Rumvægt, der bevirker, at Betonens Blandingsforhold efter Vægt (Spalte 4) bliver magrere. I Beton 8 er f. Ex. 350 kg Cement blandet med 0,4 · 1740 kg Fingrus og 0,6 · 1740 kg Ærtesten, mens for Beton 12's Vedkommende 350 kg Cement er blandet med 0,4 · 1840 kg Fingrus og 0,6 · 1840 kg Nøddesten. Antagelig spiller ogsaa Nøddestenes mindre Mørtelbehov en Rolle; naar de alligevel blandes med samme Fingrusmængde som Ærtestenene, bliver Mørtelfugerne tykkere og Styrken mindre. Konsekvensen af den sidste Bemærkning er, at den gunstigste Fingrusprocent er større for Ærtestenene end for Nøddestenene.

1077. For alle Betonsorterne 1—14 gælder altsaa, at Styrken stiger med Grusets Indhold af groft Materiale; jo fjernere Gruset ligger Fingruspunktet nederst til højre paa Fig. 300, des større Styrke giver det, dog foreligger der ingen Forsøg med mindre end 30 % Fingrus. Bevæger vi os fra Fingruspunktet over til den modstaaende Side, vil Betonens Styrke og Grusets Rumvægt voxe samtidig, indtil Fingrusindholdet er sunket til 60—50 % (de naturlige Grussorter), derefter vil Rumvægten aftage, mens Styrken vedbliver at stige.

Styrkens Variation er fremstillet grafisk i Fig. 307, hvor Abscisserne angiver Grusets proportional Indhold af Sten større end 5,3 mm; Nøddestensbetonens Styrke vokser ligefrem proportionalt med Grusets Stenindhold, og Ærtestensbetonen forholder sig meget nær paa samme Maade. Beton 9's ringe Styrke skyldes en for stor Vandtilsætning. Betonsorterne 1, 2 og 3 afviger fra de øvrige ved, at deres fine Materiale ikke er det almindelige Fingrus, men Perlestensgrus (altsaa lidt rigere paa Perlesten), hvilket aabenbart er uden Betydning. Til Trods for, at Gruset i Beton 1 indeholder 14,7 % Nøddesten og kun 21,8 % Ærtesten, falder den lige i Ærtestenskurven og ikke mellem denne og Nøddestenskurven, som det var at vente¹⁾.

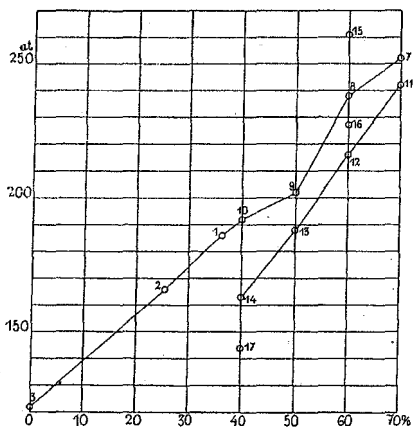


Fig. 307.

(Nr. 8, 12 og 16). Endvidere skal anføres, at Beton 15 støbtes i en Temperatur af 15¹/₂ ° C., medens Temperaturen de øvrige Støbedage svingede mellem 18° og 24¹/₂ °.

¹⁾ Hvis den relativt høje Styrke af Beton 1 skyldes det større Indhold af Perlesten, maatte ogsaa Punkterne 2 og 3 have ligget højere.

1078. I Fig. 308 øverst er Betonsorternes Styrke afsat som Abscisser og deres Vægt pr. m³ som Ordinater. Naar de Punkter, der henhører til ensartede Betonsorter, forbindes indbyrdes, faar man meget regelmæssigt forløbende Kurver, naar Ærtestenskurven undtages¹⁾. Grunden til, at ikke alle Betonsorterne kan samles paa een, jævnt stigende Kurve, ligger i Grussorternes Forskellighed. Betonens Vægtfylde kan aldrig blive et ubetinget Maal for Styrken, alene af den Grund, at de tætteste Grusblandinger godt kan stemples sammen uden Brug af Cement og altsaa uden at opnaa nogen Styrke til en Rumvægt, der er større end de letteste Betonsorters. Samme Vægtfylde kan derfor i eet Tilfælde skyldes ringe Grusmasse og megen Cementmasse, i et andet Tilfælde bliver Grusmasse og ringe Cementmasse, og det er umuligt at sige, i hvilket Tilfælde Styrken megen størst. Naar Nøddestensbetonen er bleven tungere end Ærtestensbetonen (Beton 7's store Vægtfylde skyldes som ovenfor nævnt den stærkere Komprimering), ligger det antagelig i de samme Forhold, som bevirker, at Blandinger af Fingrus og Nøddesten er tungere end Blandinger af Fingrus og Ærtesten (se § 1045), men da Komprimeringsvevnen (Spalte 10) er større for Grussorterne 7—10 end for Sorterne 11—14, bliver de første rigest paa Cement og giver derfor størst Styrke.

I Fig. 308 nederst er Betonsorternes Indhold af fast Masse afsat efter Spalte 21. Da Blandingsforholdet efter Vægt er nogenlunde ens (Spalte 4), varierer Masseprocenten omtrent paa samme Maade som Vægtfylden.

1079. Af Fig. 307 fremgaar, at Grusets Værdi som Betonmateriale vokser proportionalt med Indholdet af Sten større end ca. 5 mm²⁾. Hvis man faar Gruset leveret i blandet Tilstand, behøver man derfor kun at kontrollere Maximalstørrelsen (der maa rette sig efter Grusets Anvendelse) samt at bestemme Indholdet af Sten større end ca. 5 mm. Det gunstigste Stenindhold ligger formentlig ved ca. 80 % for Nøddestensgruset og ved ca. 70 % for Ærtestensgruset, men i Praktis bør man næppe gaa saa højt op, og en Del af Reduktionen kan passende foretages under den Form, at man benytter et Sold med 5 mm runde Huller i Stedet for kvadratiske Masker med 5,25 mm Sidelinje.

Som absolut Maximalstørrelse kan man passende sætte 35 mm for Nøddestensgrus og 20 mm for Ærtestensgrus; der er da taget meget rigeligt Hensyn til, at Soldenes Huller ved Slid bliver større, og man maa huske, at Maximalstørrelsen kun naas af ganske enkelte Sten.

Paa et Sold med 5 mm runde Huller bør Nøddestensgruset efterlade en Rest paa mellem 60 og 70 Vægtprocent, medens Ærtestensgruset bør efterlade 55—65 %. I Stridtilfælde maa Gruset tøres inden Undersøgelsen, men ved den daglige Kontrol kan Gruset undersøges i Leverings-tilstanden, og antagelig gives det lettest ved at fylde en afvejte Mængde i Soldet, skylle det fine fra under en Post og tørre Resten, naar Vandet er løbet fra.

Naar disse Grussorter blandes med Cement i Forhold 5:1 efter Vægt eller 4:1 efter Rumfang, kan man gøre Regning paa, at Middelstyrken ikke vil synke under Halvdelen af Cementens Normstyrke og sætte den tilladelige Trykpaavirkning til ¹/₁₀ af denne Normstyrke. Blandingsforholdene gælder tør Materiale; er Gruset fugtigt, vil det, blandet efter Maal i Forholdet 1:4, give væsentlig større Styrke. Ærtestensgruset og Nøddestensgruset vil formentlig kunne leveres til samme Pris. Ærtestensgruset vil give noget større Styrke og mindre Udbytte end Nøddestensgruset, og Ærtestensbetonen vil efter Stærkningen svinde mere end Nøddestensbetonen.

g. Vandets Art og Mængde.

1080. Vandet maa være rent, frit for Slam, Humusstoffer, Syrer og Salte. Drikkevand, Regnvand, Flodvand og Vand fra Søer er godt, mens det er for-

¹⁾ Beton 9's Vaadhed har aabenbart reduceret Styrken i højere Grad end Vægtfylden. Beton 7's stærke Komprimering har derimod hævet Vægtfylden mere end Styrken.

²⁾ Med et Indhold af p % Sten bliver Styrken af Betonsorterne 11—14: $S_{st} = 47 + 2,83 p$.

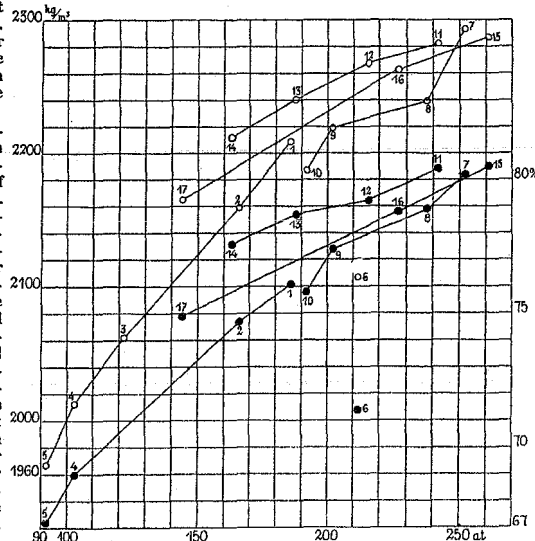


Fig. 308.

sigtigst at undgaa Mosevand¹⁾. Fedt- og syreholdigt Vand fra Fabrikker maa ikke bruges, og det samme gælder stærkt gibs-²⁾, kulsyre- og svovlholdigt Vand. Havvand (hvorom nærmere i § 1164) er ikke særlig egnet, da det indeholder hygroskopiske Salte, der holder Betonen fugtig og kan blomstre ud.

1081. Om Vandtilsætningens Størrelse gælder som Hovedregel, at den skal være saa ringe som mulig, thi al det Vand, der ikke forbruges til Hærdningen, fordampes og efterlader Hulrum, som svækker Betonen³⁾.

Fig. 309 viser Resultaterne af nogle Forsøg⁴⁾ med en Cement, der prøvet efter Normerne med Normalsand havde en Tryk- og Trækstyrke af 237,5^{at} og 21,7^{at}, mens den blandet med almindeligt Mursand og henholdsvis 10, 12 og 15 % Vand, men iøvrigt behandlet efter Normerne, gav de i Figuren viste Styrketal. Hærdningskurverne for Tryk er fuldt optrukne, mens Hærdningskurverne for Træk, hvis Ordinatorer er multiplicerede med 10, er punkterede. Man ser, at Trækstyrken paa- virkes i langt svagere Grad end Trykstyrken⁵⁾, og at dennes Føringelse er nogen- lunde konstant uafhængig af Hærdnings- tiden, hvorfor den mærkes mest i Begyndel- sen. Med 15 % Vand (og saa stor er Vand- tilsætningen ofte i Praxis) er Trykstyrken efter 7 Døgns Forløb kun $\frac{1}{4}$ af, hvad den er med 10 % Vand (hvilket omtrent svarer til Normprøvernes Vandmængde). Hvis Vandoverskudets eneste Virkning var at

gøre Mørtlen porøs, maatte Forholdet mellem den tørrere og den vaadere Mørtels Styrke være konstant uafhængig af Hærdningstiden, idet den vaadstøbte Tærning maatte forholde sig som en tørstøbt af mindre Tværsnit; imidlertid er Forholdet aftagende, hvilket viser, at Vandoverskudet, bortset fra den Porøsitet, det fremkalder, har en heldig Indflydelse paa Hærdningens Forløb.

Ved disse Forsøg maa det vel erindres, at Mørtlen blev komprimeret med Böhmes Hammerapparat, altsaa saa intensivt, som det ingensinde finder Sted i Praxis, og det er kun ved en saadan stærk Komprimering, at den halvtørre Mørtel viser sig overlegen, ved mindre stærk Komprimering bliver den ikke tæt og opnaar derfor kun en ringe Styrke.

1082. I Praxis kræves først og fremmest saa meget Vand, at det med den i det givne Tilfælde benyttede Blandingsmaade og Komprimering, gør Mørtlen plastisk. Jo mindre Vand, der bruges, des mere Arbejde kræves der til at

¹⁾ I Følge Berlinerlaboratoriets Undersøgelser har det ingen Betydning, om Cementen tilberedes med eller hærdner i Mosevand eller jærnholdigt Vand. Undertiden kan der imidlertid være Svovlsyre i Mosevandet (§ 1161).

²⁾ Et ringe Gihindhold forøger Styrken.

³⁾ Den Vandmængde, der bindes ved Hærdningen, voxer med Mørtlens Alder og er afhængig af Cementens Karakter; den kan svinge mellem 18 og 30 % af Cementens Vægt. Af det overskydende Vand vil ca. $\frac{1}{2}$ fordampes og ca. $\frac{1}{3}$ forblive i Mørtlen, fastholdt af Haarrørskraften (Annales des ponts et chaussées, 1892, II, S. 88).

⁴⁾ Se Büsing & Schumann: Der Portland-Cement, 1905, S. 24.

⁵⁾ Forholdet mellem dem kan gaa ned til 5,5.

frembringe Plasticiteten, men des større bliver ogsaa Styrken. Mørtel til Muring bliver kun i ringe Grad komprimeret efter Anbringelsen og maa derfor indeholde meget Vand, ogsaa for at være bekvem at arbejde med, men saadan Mørtel bliver ikke særlig stærk. Beton, der blot udstøbes uden at stemples, maa ogsaa være meget vaad, for at den skal lejre sig tæt uden Hulrum. Naar Betonen derimod stemples efter Udstøbningen, kan man nøjes med en ringere Vandtilsætning, og jo ringere den gøres, des bedre bliver Betonen, forudsat at Stampningen fortsættes, indtil der viser sig Vand paa Overfladen. Vandudtrædelsen er et Tegn paa, at der ingen Luftrum er i Betonen, saa at en yderligere Komprimering kun kan ske ved at presse Vand ud.

Er man ikke i Stand til at stampe Vand frem, saa er Mørtlen for tør og bliver ikke stærk, dels fordi Sandet og Cementen ikke lejrer sig tæt i en saadan Mørtel, dels fordi der ikke er Vand nok til Hærdningen; særlig er man udsat for, at enkelte Partier er for tørre, da det er vanskeligt at fordele saa smaa Vandmængder ensformigt.

Kræves der kun ringe Stampning til at drive Vandet frem, saa er der for meget af det; det virker adskillende mellem Cementen og Sandet, og naar det engang fordampes, efterlader det Hulrum, saa at Betonen bliver porøs og ikke stærk.

Naar Betonen er bragt i plastisk Tilstand, og Vandet er kommet frem, er der ingen Grund til at fortsætte Stampningen, thi Betonen lader sig da ikke yderligere komprimere, men kommer blot i en gyngende Bevægelse.

1083. Efter Vandtilsætningens Størrelse kan man skelne mellem tør, jordfugtig, plastisk og vaad (eller blød) Konsistens.

Tør Mørtel indeholder saa lidt Vand, at det ikke kan drives frem ved Stampning, og bruges til visse Cementvarer (f. Ex. Ventilationsrør) udelukkende med det Formaal strax at kunne fjerne Formen og bruge den paany. Endvidere anvendes tør Mørtel til Cementvarer (f. Ex. Stakitsolper), hvis Overflade ikke maa skæmmes af Cementslammen. Mørtlen opnaar kun en ringe Styrke og kan ikke bruges i Forbindelse med større Sten.

Skal Betonen blive stærk, maa den absolut indeholde saa meget Vand, at dette kan stemples frem, men iøvrigt er det et staaende Stridsspørgsmaal, hvilken af de tre nedenfor nævnte Konsistenser, der bør foretrækkes.

Jordfugtig Beton har en saadan Konsistens, at den akkurat hænger sammen, naar man knuger den i Haanden, og bevarer Sammenhængen, naar Haanden atter aabnes. Den kræver en meget intensiv Blanding og Stampning og er ikke Spor af levende, viger ikke ud under Støderen, men ender dog med at give Vand fra sig.

Plastisk Beton indeholder ca. 50 % mere Vand. Vandet skal træde frem, naar man knuger den i Haanden, men der maa paa den anden Side ikke være saa meget af det, at Mørtlen flyder ud under Haandens Tryk uden at kunne lade sig forme. Efter endt Stampearbejde, der omtrent udgør $\frac{2}{3}$ af det, der anvendes paa den jordfugtige Beton, er Betonen en blød Grød, der viger ud under Støderen.

Vaad Beton har fra Begyndelsen samme Konsistens, som den plastiske ender med at faa og lader sig ikke egentlig komprimere ved Stampning. Stampningen har her kun den Opgave at faa Formen helt fyldt og hindre Dannelsen af store Hulheder.

Man er nogenlunde enig om, at den vaade Beton bør anvendes overalt, hvor der ikke stemples, og at der til Jærnbetonkonstruktioner kræves en Beton, der staar paa Overgangen mellem den plastiske og den vaade, da man ellers ikke faar Jærnet godt indstøbt. Stridsspørgsmaalet er, hvorvidt man til almindelige Betonarbejder skal foretrække den plastiske eller den jordfugtige Beton, idet enkelte Fagmænd hævder, at den sidste bliver stærkest.

1084. De **Knusningsforsøg**, der er udførte, viser, at den jordfugtige Beton ved meget omhyggelig Stampning bliver stærkere end den plastiske, og navnlig er Begyndelsesstyrken større, mens Forskellen bliver mindre, efterhaanden som Hærdningen skrider frem. Men det er rigtignok kun opnaaet ved Hjælp af en saa intensiv Komprimering (12000 Stød pr. m³), at den samme Styrke billigere vilde kunne naaes med en federe, plastisk Blanding. Tilmed bliver Styrken kun større ved Maskinblanding, ikke ved Haandblanding; endvidere er den jordfugtige Betons Godhed fuldstændig afhængig af Arbejdernes Paalidelighed, er Stampningen mangelfuld, synker Styrken langt ned under plastisk Betons, selv om denne er skødesløst behandlet, og endog ved meget omhyggelig og ensartet Fremstilling af to jordfugtige Tærninger, kan Styrken vise sig højest forskellig. Man maa derfor hellere tilsætte en noget rigeligere Vandmængde, idet den mindre Styrke, man derved faar, opvejes af Produktets Ensartethed.

Iøvrigt har Forsøgene over Vandmængdens Indflydelse paa Betons Styrke kun givet det negative Resultat, at en ringe Forskel i Stenmaterialets Sammensætning og i Komprimeringsmaaden har langt større Indflydelse end Vandmængden.

Følgende Forsøg af *Brabandt*¹⁾ viser, hvorledes Trykstyrken af forskellige Blandinger varierer med Vandmængden. Materialet var Sand og Rullesten, Tærningerne var 30^{cm} i Sidelinie og blev knuste efter 28 Døgns Hærdning i fugtigt Sand:

Blandingsforhold efter Rumfang	Temperatur i °C ved Fremstillin- gen og ved Hærdningen		Trykstyrke i at, naar Vandtilsætningen, udtrykt i Rumfangsprocent af Cement og Sand, er:											Gunstigste Vandtilsætning i %	
	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	30	35	40			
1:3,5:7	3	2	48		57		56		40		28	24			13—14
1:3:6	7	10		65	67	71	65	60	44	41					15
1:2:4	2	3	52	110	122	98		98		60	46				15
do.	4	9		59	77	110	127	117		114	94	68	46		18
do.	10	17	31	59	63	73	81	119	138						17
1:2:2	4	9		134	148	158	172	148							16
1:3	12	15		86	94	111	115	80	66	67					15
1:2	4	9		156	181	192	172	142							21
1:1	14	18		124		132	156		140	136					30
1: 1/2	20	18		142		190	197		203	215			169		30
1: 1/4	10	11	23	77		119	197		222	264	172	176			30

Som man ser, voxer den gunstigste Vandmængde med Blandings Fedme og med Temperaturen (de to første Forsøg med 1:2:4). Ved det tredje Forsøg med Blandingen 1:2:4 hærtnede Tærningerne (i Modsætning til alle de andre) tørt i et Skur uden at blive vandede, hvilket, i Forbindelse med den højere Temperatur, har bevirket, at de vandrigeste Tærninger blev stærkest.

¹⁾ Zentralblatt der Bauverwaltung 1907, Nr. 30, S. 206.

1085. At fastsætte den passende Vandtilsætning i bestemte Tal lader sig imidlertid ikke gennemføre, thi ganske bortset fra at Sandet snart er tørt og snart vaadt, varierer den Vandmængde, der skal til for at frembringe en vis Plasticitet, i højeste Grad med Sandets Beskaffenhed, som omtalt i § 1054. Da det er Summen af Overfladernes Størrelse, der bestemmer Vandmængden, maa denne være des større, jo mere Cement og jo færre Sten Betonen indeholder. Ved Forsøgsstøbninger med tørret Bakkegrus har jeg fundet, at Cementen krævede ca. 25 Vægtprocent Vand, Fingruset (0—3,4^{mm}) ca. 10 % og Stenene ca. 2 %, lidt mere for Ærtestenene (5,2—16^{mm}) og lidt mindre for Nøddestenene (16—29^{mm}); naar Vandtilsætningen beregnedes paa denne Maade, fik Betonen en passende plastisk Konsistens¹⁾.

Endvidere maa Vandtilsætningen være større i varmt Vejr end i koldt, større ved hurtig størknende Cement end ved langsomt størknende. Ved Muring med Teglsten maa Mørtlen være vaadere end ved Muring med tætte Natursten, da selv vaade Teglsten vil opsuge en Del af Mørtlens Vand. Beton af Murstenskærver kræver af samme Grund mere Vand end Beton af Granitskærver.

Vandmængdens Indflydelse paa **Svindet** er omtalt i § 1054.

Ved Statsbaneanlæggenes Betonarbejder foreskrives, at den færdigblandede Beton skal være som en stiv Grød, der svarer godt, men ikke svupper under Støderen og ikke strax giver Vand fra sig.

Som Regel maa man prøve sig frem til den rigtige Vandtilsætning og finde sig i, at de første Blandinger bliver mer eller mindre mangelfulde. Vil man inden Udstøbningen kontrollere, om Konsistensen er passende, da kan det til dels ske ved en simpel Besigtigelse af Betonbunken, der ikke maa være som en Grød, men som en Bunke større og mindre, fugtige Knolde; nøjagtigere Oplysninger faar man ved at tage lidt af Betonen paa en Skovl og dunke denne mod Bræddeflagen, hvorved Betonens større eller mindre Tilbøjelighed til at antage Grødform viser sig.

h. Blandingsforhold.

1086. Blandingsforholdet opgives hyppigst efter Maal med Cementmængden som Enhed f. Ex. 1 Cement:2 Sand, 1 Cement:3 Sand, 1 Cement:3 Sand:6 Skærver. Denne Skrivemaade angiver umiddelbart, i hvilket Forhold de forskellige Maalekar skal staa til hinanden, og er derfor særlig bekvem for Arbejderne, men den egner sig ikke til at anskueliggøre Forskellen mellem to Blandingsforhold; dette opnaas langt bedre ved at sætte den groveste Bestanddel f. Ex. Skærvemængden lig 100 og angive Mængden af de andre Stoffer i Forhold hertil. Exempelvis afviger Blandingsforholdene 1 C:2 S:4 Sk og 1 C:3 S:6 Sk kun fra hinanden ved et forskelligt Cementindhold, mens det eneste Tal i Formlen, der ikke varierer, netop er det, der angiver Cementmængden; Skrivemaaden 100 Sk:50 S:25 C og 100 Sk:50 S:16,7 C viser Sammensætningen langt tydeligere. Paa samme Maade vil en overfladisk Betragtning af Formlerne 1 Cement:1 Sand, 1 C:2 S, 1 C:3 S, 1 C:4 S, 1 C:5 S bibringe Indtrykket af en Række Mørtler med jævnt aftagende Cementindhold, mens Skrivemaaden 100 S

¹⁾ Se *Ingeniøren* 1910, Side 422. *Feret* angiver (Annales des ponts et chaussées 1892, II, S. 45) for fint Sand (< ca. 1/2^{mm}) 23% Vand, for middelfint (ca. 1/2—ca. 2^{mm}) 9%, for groft (ca. 2—ca. 5^{mm}) 3%, og for Cement 22,5%, at det fine Sand skulde kræve saa meget Vand i Forhold til Cement, synes dog mærkeligt, selv om man tager Hensyn til Forskellen i Vægtfylde, og ved to Forsøgsrækker med Sand af anden Oprindelse, men samme Størrelse, finder han ogsaa andre Værdier, nemlig henholdsvis 20, 8, 4, 26%, og 18, 10, 5, 25%.

: 100 C, 100 S: 50 C, 100 S: 33 C, 100 S: 25 C, 100 S: 20 C tydeligt viser, at Forskellen mellem Cementmængderne i de to første Mørtler er 10 Gange saa stor som Forskellen mellem Cementmængderne i de to sidste. Den sidstnævnte Skrivemaade vil derfor ofte blive brugt i det følgende.

I Frankrig plejer man at angive Cementmængden efter Vægt, idet 1 m³ Cement i løst Maal regnes at veje 1400 kg, og denne Skrivemaade breder sig mere og mere; en Mørtel af 350 kg Cement pr. m³ Sand svarer altsaa til Mørtlen 1 C: 4 S blandet efter Maal.

α. Mørtels Blandingsforhold.

1087. Ren Cement uden Sand bruges sjældent. Den benyttes dog undertiden til at gøre Vandbeholdere tætte, idet man glitter de indvendige Pudsflader med paastrøet tørt Cementpulver; ogsaa til Stopning af Kilder kan ren (hurtigstørknende) Cement finde Anvendelse.

Men ren Cement er ikke vejrfast; den kan kun bruges under Vand, i fugtig Jord eller inde i lukkede Rum, thi i fri Luft revner den (§ 1028). Mørtel, der skal taale Vejrligets Indflydelse, maa altid tilberedes med mer eller mindre Sand, og den almindelige Murtørtel er altid sandblandet.

1 C: 1 S bruges til Slidlag (§ 1028) og vandtæt Mørtel (Puds i Vandbeholdere, Fugning af Kajmure). Ved Udstøbning af Fuger eller Revner i Beton og Murværk maa Mørtlen være meget tyndtflydende, og 1 C: 1 S er da den magreste Blanding, der kan anvendes, da Sandet ellers synker til Bunds inden Størkningen (§ 1033). En Vælling af samme Blandingsforhold bruges til Strykning af Betonkonstruktioner efter at Formene er borttagne, naar man ikke vil pudse Overfladen, men dog have den tæt og jævn.

1 C: 2 S bruges ligeledes til Slidlag og vandtæt Mørtel, til Samling af Lerrør samt til Fugning af Murværk i Luften, til Berapning af Mure i Jord og til Henmuring af Underlagsplader for Jærndragere og Jærnsøjler. Endvidere bruges denne Blanding til Murværk, hvis Styrke skal være meget stor, eller som skal tages tidlig i Brug¹⁾.

Til Muring af Kældermure og almindelige Mure i Luften og til Puds, der skal være vejrfast, bruges derimod 1 C: 3 S eller 1 C: 4 S efter Sandets Beskaffenhed²⁾.

Magrere Blandinger end 1 C: 4 S anvendes i Reglen kun i Forbindelse med Kalk, da de ellers bliver for døde at arbejde med, og da de i hærdnet Tilstand er for porøse til at være vejrfaste, idet de sprænges af Frost og opløses af gennemsvivende Vand.

1088. I Reglen holder man sig til de ovennævnte Blandingsforhold, der een Gang for alle er fastslaaede som hensigtsmæssige ved de paagældende Anvendelser, men hvis det udelukkende er Hensynet til Mørtlens Styrke, der bestemmer Blandingsforholdet, er det naturligvis rationellest, inden man begynder paa et Arbejde at fremstille nogle Tærninger af den Cement og det Sand, der skal bruges, og i forskellige Blandingsforhold for af **Knusningsstyrken** at kunne slutte sig til, hvilket Blandingsforhold der bør foretrækkes.

1089. Teoretiske Betragtninger over, hvor megen Cement Sandet kræver for at give en tæt Mørtel, har liden Værdi for Praxis, da Sandsorternes Korn-

¹⁾ Statsbaneanlæggenes Viaduktunderbygninger og Beklædningsmure opmures i 1 C: 2 S og fuges i 1 C: 1 S; en saa fed Fugemørtel kan dog ikke anbefales. Klinkerne i Knippsbros Piller formuleres i 1 C: 2 S.

²⁾ Til Kloaker og til den bagerste Del af Kajmure bruges ofte 1 C: 3 S.

størrelse og Lejringsmaade er saare variabel. Hvis Sandet indeholder 26 % Hulrum i sammenrystet Tilstand og har en gennemsnitlig Kornstørrelse af 1 mm, og hvis Beregningerne i § 1051 holder Stik, skal 1 m³ Mørtel indeholde 260 + 60,9 = ca. 320 l Cementgrød og 680 l Sandmasse for at være tæt. Imidlertid plejer sammenrystet tørt Mørtelsand at veje 1800 kg/m³ og indeholder altsaa $(1 - \frac{1800}{2650}) \cdot 100 = 32\%$ Hulrum og 6 % mere end forudsat. Hvis vi gaar ud fra, at denne Forskel skyldes Smaaafordybninger i Kornenes Overflade, og at disses Form og Lejringsmaade er den samme som før, skal 1 m³ Mørtel indeholde 320 + 60,9 = ca. 380 l Cementgrød og 620 l Sandmasse for at være tæt.

1 m³ Cement i løst Maal (og 1400 kg) vil give ca. 80 % Cementgrød, og 1 m³ af det nævnte Sand vil i løs, fugtig Tilstand veje ca. 1250 kg/m³ incl. ca. 4 % Vand, altsaa indeholde ca. 1200 kg tørt Sand og $\frac{1200}{2650} \cdot 100 = ca. 45\%$ Sandmasse. Til

Fremstilling af en tæt Mørtel kræves derfor 380:0,8 = 475 l løs Cement og 620:0,45 = 1380 l løst Sand, saaledes at Blandingsforholdet 100 S: 34,4 C (1 C: 2,91 S) skulde danne Grænsen mellem de tætte og de porøse Mørtler. Dette Blandingsforhold (1 C: 3 S) er som ovenfor nævnt meget benyttet til almindelige Arbejder, men hvor Tætheden spiller en særlig Rolle, bør man af Hensyn til Sandets variable Karakter og Vanskeligheden ved at fremstille en fuldkommen homogen Blanding mindst tilsætte 40 Maal Cement (1 C: 2½ S) og hellere 50. (1: 2).

β. Betons Blandingsforhold.

1090. Ved Fastsættelsen af Betons Blandingsforhold gælder det først og fremmest om at sørge for, at Mørtelmængden bliver saa rigelig, at Stenenes Hulrum bliver helt udfyldt ved den i hvert enkelt Tilfælde benyttede Kompimeringsmaade. At forøge Mørtelmængden derudover er unyttigt og maa fraaades paa Grund af Betonens stærkere Svind, og at formindske Mørtelmængden under hvad der behøves til en tæt Beton er dumt, thi man kan for en billigere Pris fremstille en magrere Mørtel i tilstrækkelig Mængde, og Betonens Styrke er i første Række betinget af, at Stenenes Hulrum er helt udfyldt, og først i anden Række af Cementindholdet.

1091. Stenenes Hulrum kan findes ved at sammenryste Stenene i en vandtæt Kasse, der f. Ex. kan rumme 100 l, og bestemme hvor mange Liter Vand, de kan optage; medgaar der 50 l, er Stenenes Hulrum 50 % af deres Volumen, og saa megen Mørtel skal der altsaa mindst tilsættes. Men naar Mørtlen blandes med Stenene, vil disse overtrækkes med et Mørtellag, og hvis de i Kassen laa som Fig. 304 viser, vil de i den støbte Beton ligge som Fig. 305 viser; Mørtelfugernes Tykkelse vil dels afhænge af Stampningens Intensitet og dels af Sandets Kornstørrelse, men paavirkes ikke af Stenenes Størrelse, derimod vil Fugernes Antal pr. m³ blive des større, jo mindre Stenene er. De i § 1051 anstillede Betragtninger over Cementforbrugets Afhængighed af Sandets Kornstørrelse kan direkte overføres paa Betonen: jo mindre Stenene er, des mere Mørtel kræver de for at give en tæt Beton. Gaar vi ud fra, at Stenene lejrer sig som Fig. 305 viser, og at Mørtelfugernes Tykkelse (Stendiameterens Tilvæxt) er f. Ex. 2 mm, kan Mørtelforbruget beregnes for forskellige Stenstørrelser, men Forudsætningerne ligger Praxis for fjernt til, at Beregningen kan lønne sig. Smaa Skærver er saaledes gerne udpræget lange og flade og kræver derfor mere Mørtel end smaa Rullesten.

1092. **Mørtelmængden** skal altsaa være lig med Stenenes Porevolumen plus et Tilslag, der kun kan bestemmes ved Forsøg med de paagældende Sten¹⁾.

Sammenrystede Rullesten og Skærver af ensartet Størrelse indeholder 40—50 % Hulrum, og i løs Tilstand 45—55 % (§ 865, 1041-4). Gaar vi ud fra de laveste Værdier, vil 1 m³ sammenrystede Sten indeholde 600¹ fast Masse og kræve 400¹ Mørtel for at blive mættet. Den paagældende Stenmængde vil i løst Maal fylde 600:550 = 1,09 m³, og 1 m³ løse Sten kræver altsaa 400:1,09 = 367¹ Mørtel plus det ovennævnte Tilslag. Sættes dette til 133¹, kommer vi til det Blandingsforhold, der gerne anses for passende under almindelige Forhold, nemlig 1 m³ Sten: 1/2 m³ Mørtel.

I Praxis udmaales Mørtlen imidlertid ikke som saadan, men man maaler Sandet for sig og Cementen for sig, og da Cementmængden hyppigst er ringe i Forhold til Sandmængden, lader man den ude af Betragtning, og blander 100 Maal Sten med 50 Maal Sand. Dette Forhold er konstant ved de fleste, almindelige Betonarbejder, mens Cementtilsætningen varieres efter den ønskede Styrke og f. Ex. kan være 25, 20, 16,7, 12,5 eller 10 Maal, svarende til de gængse Formler: 1 Cement: 2 Sand: 4 Sten, 1:2 1/2:5, 1:3:6, 1:4:8, 1:5:10.

Ganske bortset fra, om den gunstigste Mørteltilsætning er 50 eller muligvis 100 %, begaar man en Fejl ved ikke at tage Hensyn til Cementens Bidrag til Mørtelmængden. Man kan tilnærmelsesvis regne, at 1 m³ løs Cement (1400 kg) udrørt med Vand giver 0,8 m³ Mørtel, og at 1 m³ løst og lufttørt Strandsand giver 0,63 m³ Mørtel, hvorved de ovennævnte 5 Betonsorter ikke kommer til at indeholde 50 % Mørtel, men henholdsvis:

20,0	16,0	13,3	10,0	8,0
31,5	31,5	31,5	31,5	31,5
51,5	47,5	44,8	41,5	39,5 % Mørtel.

Blandingen 1:2:4 er herefter svagt overmættet, mens alle de andre er porøse. For at bøde herpaa tages ofte i Maal Sten mindre end angivet f. Ex. 1:3:5, 1:4:7, 1:5:9.

1093. Blandinger af 100 Maal Sten og 50 Maal Sand bliver altsaa for mørtelfattige, naar Cementtilsætningen er ringe, men ogsaa Blandinger af 100 Maal Sten med 50 Maal Mørtel er utvivlsomt for **mørtelfattige**, navnlig naar Stenene er smaa eller der bruges Skærver²⁾; i saadanne Tilfælde maa det anbefales at forøge Mørtelmængden, og det samme gælder, hvis Stampningen er mangelfuld eller helt undlades, eller naar man af særlige Grunde er nødt til at arbejde med en meget tør Beton; i sidste Tilfælde vil den større Mørtelmængde gøre Betonen mere levende, saa der mindre let kommer Hulrum.

Ved de i § 1073-9 refererede Forsøg var Vægtforholdet mellem Sten (Nøddesten eller Ærtesten) og Fingrus i de to stærkeste Betonsorter (Nr. 7 og 11, idet der ses bort fra Nr. 15 som unormal) 70:30, og dette Forhold er der derfor

¹⁾ Undertiden angives 15 % af Stenenes Porevolumen at være en passende Gennemsnitsværdi for Tilslaget, men det er ganske umotiveret at fastsætte dette i Forhold til Porevolumnet.

²⁾ Tyskerne følger den samme Regel, men de benytter oftest Stenblandinger med kun ca. 35 % Hulrum, idet de enten bruger naturlige Flodsten af blandet Kornstørrelse fra 7 mm opefter eller ogsaa sorterer deres Materiale i fine Rullesten (5—15 mm) og grove Rullesten (15—40 mm), eller smaa Skærver (5—20 mm) og store Skærver (20—50 mm) og tager 1/2 Maal groft Materiale plus 1/8 Maal fint Materiale til 1/2 Maal Sand. Hvis der derimod bruges ensartede Skærver med ca. 47 % Hulrum, angiver Dyckerhoff, at der skal 2/3 Maal Sand til 1 Maal Skærver.

Grund til at tilstræbe, naar man ikke selv vil foretage Forsøg med Materialet. Hvis det saaledes viser sig, at f. Ex. 35^{kg} af det foreliggende Betongrus indeholder 30^{kg} Fingrus (< ca. 5^{mm})¹⁾, da skal disse 35^{kg} blandes med 65^{kg} Sten, og bestemmer man de to Stoffers Rumvægt, kan Vægtforholdet omregnes til Maalforhold. Det vil da som Regel vise sig, at 100 Maal Sten kræver en Til-sætning af over 50 Maal Betongrus²⁾.

1094. Mens der saaledes næppe vil kunne blive Tale om at formindske Sandtilsætningen under 50 %, vil der ofte være Anledning til at forøge den; ud- over 100 % gaar man dog aldrig, og saa højt gaar man kun ved cementrige Blandinger som 1:3:3 eller endnu federe. Saadanne Blandinger benyttes ved **Udstøbning i Vand** og andre Steder, hvor Betonen ikke kan stemples, men dog skal være tæt, og de giver den under disse Forhold størst mulige Styrke som *Dyckerhoff* har vist ved følgende Knusningsforsøg med Tærninger udstøbte i Vand³⁾:

Hydr. Kalk								1	1	1	1
Cement	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sand	2	2	2	2	3	3	3	3	6	6	6
Singel	0	2	3	4	0	3	4	5	0	5	6
S _c ²¹ (28 Døgn) . . .	49,7	51,3	41,0	24,0	34,1	35,2	27,5	23,3	11,2	11,7	9,8

At Beton, der kun komprimeres af sin egen Vægt, maa være stenfattig for ikke at blive hullet, er jo meget forstaaelig, og Forsøgene synes at vise, at man overhovedet ikke kan komme op over Mørtelstyrken under disse Forhold.

1095. Hvilken Stentilsætning, der ved **stampet Beton** giver størst Styrke, lader sig ikke sige med Bestemthed, da de foreliggende Forsøg er indbyrdes modstridende. *Dyckerhoff* har saaledes ved Knusningsforsøg med 10^{cm} Tærninger (1 Døgn i Luften, 27 under Vand) og en Cement med 16,3^{at} Trækstyrke efter 28 Døgn fundet følgende Styrker:

Kalkdejg										1	1
Cement	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sand ⁴⁾	2	2	2	0	3	3	3	4	4	4	6
Singel ⁵⁾ (5—30 mm) . .	0	3	5	0	0	5	6,5	0	5	8,5	0
S _c ²¹ (28 Døgn) . . .	151,8	196,2	170,5	69,9	98,8	116,6	108,2	75,2	90,9	86,0	53,5

Herefter har altsaa selv meget stenrige Blandinger større Styrke end Mørtlen, men *Burchartz* har lige omvendt fundet, at en Mørtel 1:2 1/2 var væsentlig stærkere end den tilsvarende Beton 1:2 1/2:5⁶⁾. *Dyckerhoffs* Forsøg viser tillige Betydningen af at Mørtelmængden ikke er for ringe: Ved til Blandingen 1 Cement: 5 Singel at føje 2 Maal Sand stiger Styrken fra 69,9 til 170,5^{at}.

Formentlig faar man den til en given Mørtel svarende stærkeste Beton ved at gøre Stenmængden lig med Sandmængden (1:2:2, 1:3:3), og en saadan Betons Styrke er som Regel større end Mørtlens.

¹⁾ Forholdet 70:30 gælder tørret Materiale, men Betongruset kan godt vejes og sigtes i fugtig Tilstand, da Fejlen, der derved opstaar, er betydningsløs.

²⁾ Ved mine Forsøg svarede Vægtforholdet 70:30 til Maalforholdet ca. 100:36,5, men naar jeg, efter bedste Skøn (se *Ingeniøren* 1910, S. 425) tog Hensyn til Fingrusets langt ringere Rumvægt i fugtig Tilstand og til Mængden af de Smaasten, der altid følger med i Praxis, kom jeg til det Resultat, at man, for at frembringe ovennævnte Blandingsforhold (70:30) i Praxis, maatte blande 100 Maal Sten med 55,6 Maal Bakke-Betongrus.

³⁾ Cementens Stærkningstid var 1 Time og Trækstyrken efter 28 Døgn 16^{at}.

⁴⁾ Fra Rhinen.

⁵⁾ Materialerne var Flodsand, Flodsingel og Cement med S_c²⁸ = 272^{at}. Tærningerne var 30^{cm} i Sidelinie og hærdnede i fugtig Sand. Styrken efter 28 Døgn var som Middeltal af 10 Forsøg:

Betons Konsistens:	jordfugtig	blød
1:2 1/2	334,5	205
1:2 1/2:5	225	177

Lagringstid	0	1	2	3	5	8	12	16	24	Timer
S _{st} (28 Døgn)	100	96	99	95	91	83	57	28	11	

Disse Forsøg er ikke særlig afskrækkende, og den Angst, de fleste har for at bruge overgømt Beton, er uden Tvivl en Del overdrevet. I Hamburg har der nogen Tid eksisteret en Betonfabrik, hvorfra den blandede Beton køres ud i Byen for at bruges til Husfundamenter o. lgn., og der har intet været at udsætte paa den ¹⁾).

Ved vigtige Arbejder bør man dog anvende Betonen umiddelbart efter Fremstillingen, navnlig naar Vejret er varmt.

Ganske bortset fra de nævnte Forhold er det ikke heldigt ved Haandblanding at tage for store Mængder i Arbejde ad Gangen, da Blandingens Godhed lider derunder. Ved Beton sættes saaledes ofte $\frac{1}{2}$ m³ Sten som Maximum.

a. Betydningen af om Materialerne maales eller vejes.

1099. Det Ideal, der maa stiles henimod ved Betonens Fremstilling, er i første Linie, at den færdige Beton har konstant Sammensætning i alle sine Partier, og i anden Linie, at denne Sammensætning netop er den tilstræbte. Bæge Dele opnaas bedst, naar Blandingens sker **efter Vægt**.

a^{kg} Cement + b^{kg} Sand + c^{kg} Sten + d^{kg} Vand maa nemlig altid give samme Beton, saalænge der arbejdes med samme Materialer og komprimeres paa samme Maade. Den eneste Fejl, der her kan komme ind, er, at Sandets og Stenenes Vandindhold kan variere fra Dag til Dag.

Hvormeget Vand, Sandet kan fastholde, har *Bach* bestemt ved at fylde Rhinsand af 0—5^{mm} Kornstørrelse i et Kar og mætte det med Vand og derpaa lade Vandet løbe fra gennem et Hul i Bunden. En Time efter Tømningen fastholdt 100^{kg} tørt Sand 11,43^{kg} Vand, men Mængden aftog stadig, indtil den efter 5 Dages Forløb blev konstant (Fordampning var udelukket) og udgjorde 8,46^{kg}; for Rhinsten af 5—15^{mm} Tværmaal var de tilsvarende Tal 2,18 og 1,2^{kg}.

I Praxis vil man aldrig komme til at arbejde med helt tørt Sand (selv stærkt lufttørret Sand indeholder mindst 3% Vand) og sjældent med vandmættet, men selv om vi regner med Grænseværdierne, bliver den største Afvigelse i Blandingsforholdet, naar Materialerne afvejes, kun 11% for Sandet og 2% for Stenene.

1100. Hvis man derimod blander **efter Maal**, er der mange flere Fejlkilder.

For det første er et vist Maal Cement f. Ex. 100^l et meget vagt Begreb, thi alt eftersom Cementen er fyldt i Maalet paa den ene eller paa den anden Maade, kan de 100^l svare til højst forskellige Vægtmængder (§ 1010).

Stenenes Lejringsmaade kan ikke variere meget, men Sandets Forhold svarer til Cementens: Den Mængde fast Masse, der er i 100^l Sand, afhænger først og fremmest af Vandindholdet, dernæst af Sandskornenes Størrelsesforhold

større. De langsomt størknende Cementser kan forholde sig meget forskelligt, undertiden kan blot en Times Lagring forringe Styrken 30%, men mærkeligt nok synes det uden Indflydelse, om Størkningsen foregaar mer eller mindre langsomt (2—13 Timer). De fleste Forsøg viser først et stærkt Styrketab efter 8—12 Timers Lagring. Trækstyrken paavirkes i langt ringere Grad end Trykstyrken. Se iøvrigt Zentrablatt der Bauverwaltung 1905, S. 67 (*Mattern*) og Mitteilungen aus dem K. M. A. 1908, S. 192 (*Burchartz*).

¹⁾ Transportbetonens Opfinder, Regierungsbaumeister *Magens*, har Patent paa at transportere Betonen i frossen Tilstand, hvilket antagelig benyttes i varmt Vejrt. Se *Ingeniøren* 1909, S. 104, og *Beton & Eisen* 1909, S. 289.

og endelig af Indfyldningsmaaden samt af Maalekarrets Form og Størrelse (§ 1048).

Almindeligt Strandsand (Betongrus) til Mørtel eller Beton indeholder som Regel 4—5% Vand og kan regnes at veje 1250^{kg}/m³, naar det maales ud paa Byggepladsen. I tør Tilstand vil Vægten derimod være ca. 1550^{kg}/m³. Hvis man blander efter Rumfang og til en given Cementmængde sætter 1 m³ Sand, er den virkelige Sandtilsætning henholdsvis 1550^{kg} og 1200^{kg}, eftersom Sandet er tørt eller indeholder 4% Vand.

Saalænge man arbejder med samme Sand i samme Fugtighedstilstand og sørger for at fylde Sandmaalet paa ensartet Maade, vil den ene Blanding naturligvis blive ganske som den anden, men varierer Vandindholdet eller i al Almindelighed Rumvægten, vil Mørtlerne blive forskellige.

1101. Af hvad der ovenfor er sagt fremgaar, at mens Stenmængden ligesaa godt kan bestemmes ved Maaling som ved Vejning, vilde en Afvejning af Sandet og Cementen være at foretrække. At veje Sandet er imidlertid for besværlig, saa det maaler man altid. Cementen faar man jo derimod leveret afvejet i Tønder eller Sække, og da dens Vægt i løst Maal kan sættes til 1400^{kg}/m³, vil i Td. Cement à 170^{kg} rumme 122^l; man behøver derfor hverken at veje eller maale Cementen, naar man blot tilbereder saa megen Mørtel ad Gangen, at det svarer til en hel Sæk Cement. Rummer Sækkene saaledes $\frac{1}{2}$ Td. o: 85^{kg} o: 61^l, giver følgende Tabel, hvormeget Sand man skal sætte til en Sæk Cement for at faa det ønskede Blandingsforhold:

Blandingsforhold	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5
Sandtilsætning i l	61	122	183	244	305

Er det derimod kun smaa Mørtelmængder, der skal fremstilles, maa man have en Kasse med Bund til Udmaaling af Cementen.

1102. De Fejl, som Sandets Udmaaling i Stedet for Afvejning giver Anledning til, kunde man iøvrigt komme ud over ved at opgive Blandingsforholdet efter Vægt og først regne det om til Rumfang, efter at Sandets Vægt pr. m³ var bestemt. Hvis saaledes Blandingsforholdet 1:3 efter Vægt er forlangt, foretager man, inden Arbejdet paabegyndes, en Vejning af Sandet og finder f. Ex. 1250^{kg}/m³. Da $\frac{1}{2}$ Td. Cement vejer 85^{kg}, skal den blandes med $3 \cdot 85 = 255$ ²⁵⁵_{1,250} ^{kg} Sand eller = 204^l Sand.

β. Haandblanding.

1103. Ved Haandblanding begynder man altid med Cementen og Sandet, selv om Mørtlen skal bruges til Beton. At tage Stenene med strax, inden Cementen og Sandet er blandet, er absolut forkasteligt, thi dels faar man ikke de fine Stoffer blandet ordentlig, og dels er det besværlig at have den store Stenmængde med lige fra Begyndelsen.

Blandingen foregaar paa en tæt Bræddeflage, hvis Størrelse maa svare til Materialmængden, og som ved Betonblanding helst maa have Plads til Mørtlen og Stenene hver for sig ¹⁾. Paa udsatte Steder maa Flagen beskyttes mod Blæsten, der kan føre store Mængder af det fine Cementstøv bort.

Paa denne Bræddeflage opstilles Sandmaalet (en langagtig Ramme uden Bund og med to Hanke), fyldes med Sand til Strøgmaal og løftes af. Derpaa

¹⁾ Er der $\frac{1}{2}$ m³ Sten, vil ca. 3,5 m i Kvadrat være passende.

spredes Sandet ud i en lang Bunke, ca. 1^m bred og ca. 10^{cm} høj, Cementen fordeles jævnt over hele Bunkens Længde i et ca. 50^{cm} bredt Bælte og dækkes strax med Sand fra Bunkens Rande, hvorpaa 2 Mand skovler Bunken igennem, idet de begynder ved den ene Ende og vender Massen med Skovlene, saaledes at det nederste kommer øverst. Ved Berøringen med det fugtige Sand vil Cementen ofte danne Klumper, der triller ned ad Bunkens Sider; disse Klumper knuses med Skovlen og lægges ind paa Bunken sammen med det øvrige Materiale, der er spildt langs Randene, saaledes at der atter fremkommer en samlet Bunke; saa fortsættes Skovlingen i tilbagegaaende Retning, og Bunken afrettes atter. Processen gentages derpaa saa mange Gange, at Cementen bliver fuldstændig jævnt fordelt i Sandet (der foreskrives gerne 3—4 dobbelte Blandinger), hvorom man overbeviser sig ved med Skovlen at gøre et Stik ned i Bunken og betragte Snitfladen.

Man bør lægge megen Vægt paa, at Sandet og Cementen udlægges i Lag af konstant Tykkelse; ved sjusket Udlægning kan man risikere, at Blandingsforholdet i den ene Ende af Bunken er f. Ex. 1:2 og i den anden Ende 1:4, og selv nok saa mange Gennemskovlinger ændrer intet herved¹⁾.

1104. Skal Mørtlen bruges til **Beton**, udmaales Stenene i et stort Sandmaal og spredes ved Siden af Mørtelbunken i et ca. 15^{cm} tykt, jævnt Lag, der vandes, dels for at fjerne Støv og dels for at bringe Cementen til at klæbe fast paa Stenene. Derpaa fordeles den tørre Mørtel jævnt over disse, og mens en tredje Mand langsomt sætter Vandet til, helst fra en Vandkande med Bruse for ikke at skylle Cementen bort fra Sandet, gennemskovler de to andre Bunken, indtil Massen er bleven fuldstændig ensartet og har faaet den ønskede Konsistens; ofte foreskrives, at der skal blandes 3 Gange frem og 3 Gange tilbage²⁾.

Skal Mørtlen bruges til **Muring**, bliver den paa lignende Maade overbruset med Vand under Gennemskovling, indtil Vandet er ensformig fordelt. Da Murmørtel maa være ret flydende ved Brugen, kan den ikke gøres færdig paa Bræddeflagen, men maa yderligere blandes op med Vand i Mørtelbaljerne.

Ved **Betonblanding** bruger man undertiden ogsaa at gøre Mørtlen færdig med Vand, inden den kastes over de vaade Sten, men Resultatet bliver formentlig ikke saa godt. I stærk Blæst kan man dog paa den Maade indskrænke Cementtabet noget.

1105. Baade ved Haandblanding og navnlig ved Maskinblanding er det ofte en Nemhed at bruge **Trillebørene som Maalekar**. Disses Størrelse maa da afpasses efter den Cementmængde, der tages i Arbejde ad Gangen, og de 4 Rande bør ligge i samme Plan, saa at Børen kan stryges af. Endvidere er det en Fordel at have de tre Sider lodrette og kun den forreste hældende. Naar disse Forholdsregler iagttages, maaler man mindst lige saa nøjagtigt i Børe som i almindelige Sandmaal.

¹⁾ Hvor en særlig ensartet Mørtel ønskes, maa det derfor anbefales at ophæve den eventuelle Uhomogenitet i Bunkens Længderetning ved nogle extra Gennemskovlinger. F. Ex. kan man ved skiftevis at tage en Skovlfuld fra hver af Bunkens Ender danne en ny, rund Bunke, der atter gennemskovles.

²⁾ Ved Høfdearbejderne paa Jyllands Vestkyst, hvor der lægges stor Vægt paa Betonens Ensartethed, forlanges 6 tørre Dobbeltblandinger af Mørtlen, derpaa 3 Dobbeltblandinger af Betonen under Vandtilsætningen og yderligere 6 Dobbeltblandinger.

Omvendt sjuskes der ofte meget ved Blanding af Beton til Husfundamenter, hvor Styrken ganske vist som Regel ikke behøver at være særlig stor. Skal Blandingen 1:4:8 fremstilles, aflæses 2 Trillebøre Sand med Top (hvor Bør regnes til 4 Kubikfod) paa Flagen og blandes med 1 Sæk Cement, som ovenfor beskrevet. Derpaa laves der en Rende midt i Bunken, hvori Vandet hældes fra Spande. Efter en mer eller mindre omhyggelig Vaadblanding spredes Bunken atter noget og dækkes med 4 Børe Sten, som blandes med Mørtlen paa sædvanlig Maade.

Blandingens Udførelse er som tidligere nævnt af fundamental Betydning for Betonens Godhed, og man bør lægge megen Vægt paa, at Arbejdet bliver omhyggeligt gjort, først og fremmest Tørblandingen.

Hvis Mørtlen inden Brugen begynder at størkne, kan man faa den smidig igen ved fornyet Vandtilsætning og Gennemarbejdning, men selv om Laboratorieforsøg med stærk Komprimering har vist, at saadan Mørtel kan opnaa en betydelig Styrke, bør man dog være varsom med at overføre disse Resultater til Praxis og anvende en saadan Mørtel. Ligeledes maa man sørge for, at der ikke sidder størknet Mørtel paa Bræddeflagen, da den ved Iblanding i den friske Mørtel giver svage Partier i denne.

γ. Maskinblanding.

1106. Maskiner til Betonblanding haves i mange forskellige Konstruktioner. De første, der benyttedes, var **dobbelte**, saaledes at Mørtlen blandedes i den ene og derpaa førtes over i den anden, hvor Stenene tilsattes, men dette Princip, der er det eneste rigtige ved Haandblanding, passer ikke ved Maskinblanding, man faar mindst lige saa gode Resultater ved at blande i een Overgang, og den gamle Metode er nu ganske forladt.

Ogsaa den tidligere brugte **kontinuerlige** Tilførsel af Materialerne, f. Ex. ved Hjælp af Spandkæder, er i de allerfleste Tilfælde opgivet, da Tilførselsapparaterne ikke arbejdede tilstrækkeligt jævnt, saa at der snart kom magrere, snart federe Blandinger ud af Maskinen. Der er endvidere den Ulempe ved disse Maskiner, at Blandingens Grundighed ikke kan ændres; en mager Beton kræver en omhyggeligere Blanding end en fed, men Maskinen behandler dem ens³⁾.

I Almindelighed foretrækkes derfor de **periodisk** arbejdende Maskiner, der består af en Tromle eller et Kar, hvori de afmaalte Raastoffer kastes, og som man lader rotere, indtil Blandingen er færdig; derpaa tømmes Beholderen og fyldes atter med nye Raastoffer.

1107. En Maskine fra **Rhein und Lahn**, der benyttes en Del herhjemme, bl. a. ved Høfdeanlæggene paa Jyllands Vestkyst, og som roses meget, er vist paa Fig. 310. Raastofferne afmaales i Kasser og fyldes i en Elevatorspand, der staar forsænket i Jorden. Maskinen løfter derpaa Spanden og tømmer Indholdet ud i en Tragt, der leder det ind i den vandrette Blandetromle gennem dennes hule Axeltap. I Tromlens Axe sidder en Jærnstang forsynet med 4 Vinger, der roterer sammen med Tromlen og løfter Indholdet op for atter at sprede det over det underliggende. Jærnstangen bærer endvidere en løs Bøjle, der skal forhindre Betonen

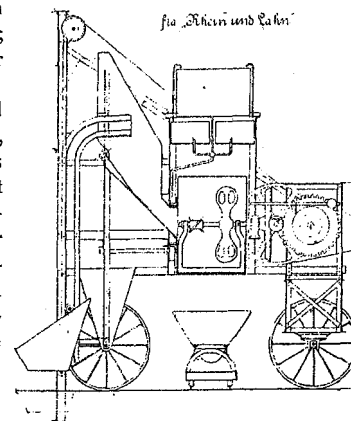


Fig. 310.

³⁾ Firmaet *Gauhe, Gockel & Co. (Rhein & Lahn)* i Oberlahnstein am Rhein, der bygger en Mængde forskellige Blandemaskiner, leverer ogsaa to Typer med kontinuerlig Tilførsel, som siges at arbejde tilfredsstillende.

i at klæbe sig fast paa Tromlens Vægge. Først blandes Materialet tørt, derpaa aabnes for en Vandhane, og en bestemt Vandmængde flyder langsomt til fra Beholderen ovenover; tilsidst trækkes et Skod ud, saa at der bliver en Aabning i Cylinderfladen, gennem hvilken Betonen falder ned i Tipvogne eller Trillebøre, der holder under Tromlen, og som kører Betonen til Støbestedet. Maskinen kan f. Ex. blande $\frac{1}{4}$ m³ Beton ad Gangen og bruger kun $1\frac{3}{4}$ Minut dertil (18 Omdrejninger), altsaa kun en Brøkdel af den Tid, der medgaar til Haandblanding; men Materialet er ogsaa i uafbrudt Bevægelse i disse Minutter, mens det ved Haandblanding ligger dødt hen med Undtagelse af de Øjeblikke, hvor Skovlene har fat i det¹⁾.

1108. Tromler af den beskrevne Konstruktion egner sig i mindre Grad for Mørtel end for Beton, da Stenenes Bevægelse i Massen i høj Grad bidrager til Cementens og Sandets Blanding. Naar Stenene mangler, erstattes de derfor undertiden af hærkede Staalkugler, men Tromlen kan da ikke have Skovle (de vilde blive slaede i Stykker), og Udtømningsaabningen maa forsynes med en Rist, der kan holde Kuglerne tilbage. Saadanne **Kugletromler** bruger mere Kraft end de almindelige, da Kuglerne skal slæbes med rundt, men leverer et fortrinligt Produkt ikke alene Mørtel, men f. Ex. ogsaa Grusbeton²⁾.

1109. De Maskiner, der for Tiden bruges mest i Danmark, er Ransomes og Smith-Milwaukees, der bægge er amerikanske.

Ransomes Betonblandemaskine (Fig. 311) bestaar af en roterende Tromle, der hviler løst paa 4 Ruller og har en cirkulær Udskæring i hver Side. Den ene Udskæring er forsynet med en Tragt, i hvilken Trillebørene tømmes³⁾, mens den færdige Beton tages ud gennem den anden. Udtagningen sker paa en meget sindrig Maade ved Hjælp af en skjoldformet Slidsk, der er ophængt i Aabningen, og som normalt kun rager et lille Stykke ind i Tromlen, men som, naar Tømningen skal ske, vippes helt ind, saa den danner en skraa Rende, der opsamler den nedfaldende Beton og leder den ned i Trillebøren. Paa denne Maade kan man altsaa tage lidt eller megen Beton ud af Tromlen, ganske som det passer, hvilket ofte er en Fordel. Tromlens Cylinderflade er besat med Skovle, der tager Materialet med tilvejs, og hvis Form er en saadan, at de først udtømmer sig i en meget højtliggende Stilling og sender Materialet som en Regn ned mod Bunden. Da Skovlene ikke er parallelle med Rotationsaxen, men hældende ind mod Tromlens Midterplan, vil Materialerne, samtidig med at de føres tilvejs, glide i Zigzag fra den ene Skovl til den anden, saaledes at der ogsaa i vandret Retning fremkommer en blandende Bevægelse. Hvis denne Bevægelse manglede, kunde man risikere, at Cementen

¹⁾ Firmaet (se forrige Fodnote) leverer Maskinen i forskellige Størrelser med en Produktions-evne af 2—40 m³ Beton i Timen. Den ved Høfderne brugte Maskine leverer ca. 8,5 m³ pr. Time og drives af en 12 HK Petroleumsmotor »Dan«. Blandetromlen roterer 10 Gange i Minuttet. Til Fyldningen medgaar 4 Omdrejninger, til den yderligere Tørblending 2 Omdrejninger, hvorpaa et Tælleapparat slaar et Slag paa en Klokke, og Maskinpasseren aabner saa for Vandhanen. Vandtilsætningen tager 7 Omdrejninger, efter den 8de ringer Klokken atter, hvorpaa Manden slaar Skoddet til Side, og Tromlen tømmer sig i Løbet af 3—4 Rotationer. Om Betonens Kvalitet se § 1097.

²⁾ Med Blandingsforholdet 1:2½:5 (temmelig vaadt) har man saaledes naaet følgende Knusningsstyrker (Prøvestykkerne udsavede af Munderkingen Broen):

Betonens Alder	7 Dage	5 Maaneder	2½ Aar
Trykstyrke i at.	260	332	309

³⁾ Denne Tragt kan forsynes med et Lukke, saa at den kan fyldes med Materialerne til Blanding Nr. 2, mens Blanding Nr. 1 er i Maskinen, hvorved der spares Tid.

roterede i den ene Side af Tromlen, og Stenene i den anden. Det ene Sæt Skovle ender ligesom i Lommer, der først udtømmer sig lodret over Slidskén.

Rækkefølgen, i hvilken Materialerne indfyldes, er vistnok af underordnet Betydning; dog kan Mørtlen undertiden have Tilbøjelighed til at klæbe sig fast paa Tromlens Vægge, og i saa Fald maa det anbefales først at fylde Stenene i og derpaa Sandet og Cementen; først efter nogen Tids Tørblending tilsættes Vandet¹⁾.

RANSOME BETON-BLANDEMASKINE.

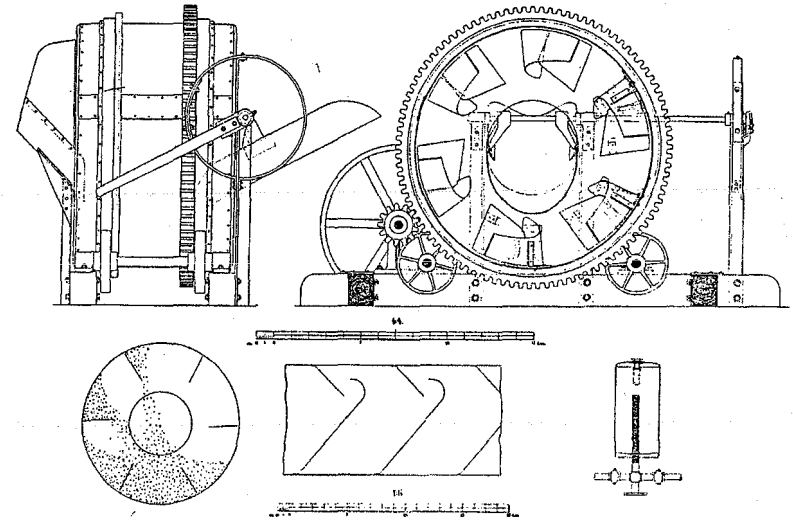


Fig. 311.

Vandet afmaales ved Hjælp af en Beholder, der paa Figuren er vist under Maskinen, men som maa tænkes anbragt ved Siden af denne. Beholderen sidder paa et lodret Rør, der udgaar fra den til Maskinen førende Vandledning. Naar Hanen til Maskinen lukkes, og Hanen til Vandværket aabnes, fyldes Beholderen, indtil Svømmeren foroven lukker en Ventil i Dækslet. Naar Tørblendingen er tilendebragt, lukkes til Vandværket og aabnes til Maskinen, hvorved det Vand, der staar over det lodrette Rørs Ende, løber ind i Maskinen. Vandmængden kan reguleres ved at skrue Beholderen op eller ned langs Røret.

Det er ofte praktisk at forsænke Maskinen saa meget i Jorden, at Trillebørene direkte kan tømmes i den. Paa Fig. 312 er Maskinen vist i Forbindelse med et mekanisk Ladeapparat og en Elevator, som den bruges ved Støbning af Etageadskillelser.

¹⁾ Man regner, at 20 Omdrejninger giver en fuldkommen Blanding. Rotationshastigheden varierer (formentlig af Hensyn til Centrifugalkraften) med Tromlens Størrelse fra 18 Omdrejninger pr. Minut for den mindste Maskine (6 m³ Beton i Timen) til 14 Omdrejninger for den største Maskine (34 m³ i Timen). Se iverigt *Den tekniske Forenings Tidsskrifts Afdeling for Jærnbeton* 1910, Side 1, og *Beton & Eisen* 1909, Side 157. Før hver Arbejds pause maa Maskinen renses, ved at man lader den rotere med en Blanding af Sten og Vand.

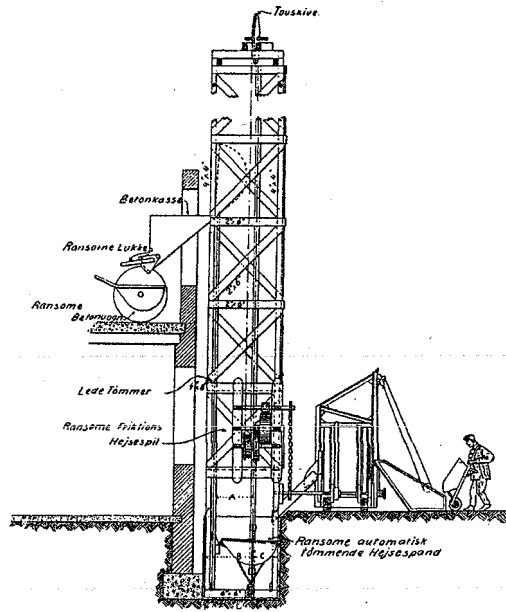
1110. **Smith-Milwaukees** Blandemaskine bestaar af en roterende Tromle (Fig. 313), dannet af to Keglestubbe og besat med Skovle paa en saadan Maade,

at Materialet skiftevis kastes fra den ene Kegel over i den anden, samtidig med at det føres tilvejs og falder ned paa det underliggende. Maskinen fyldes gennem Tragten tilvenstre paa Figuren, og den færdige Beton tømmes ud ved at svinge Tromle og Tragt omkring en vandret Axe, saaledes at Betonen glider ud af den modsat Tragten værende Aabning (Fig. 314), og denne Svingning sker, uden at Tromlens Rotation afbrydes¹⁾.

1111. Foruden disse Maskiner eksisterer der en Mængde andre.

Ransome har saaledes konstrueret en **Haandblandemaskine**, hvor Tromlens nederste Halvdel har Kørehjul og tjener som Transportvogn. Vognen fyldes med Raamaterialerne, køres ind i Maskinen og forbindes med Laaget, hvorefter det hele drejes rundt, indtil Blandingen er fuldbyrdet. Vognen kører derpaa til Støbestedet med Betonen, mens en ny Vogn indføres i Maskinen²⁾.

Hvor der er langt fra Materialoplaget til Støbestedet, betjener man sig undertiden af **Transportvogne** forsynede med et Blandeapparat, der drives ved Kørslen, saaledes at Blandingen sker undervejs.



KOMPLET BETONANLÆG
FOR ETAGEADSKILLELSER

Fig. 312. Ransomes Betonblandemaskine.

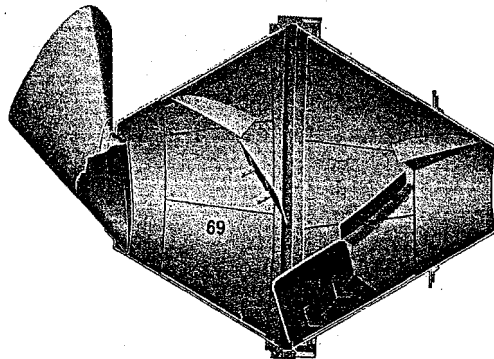


Fig. 313. Smith-Milwaukees Betonblandemaskine.

¹⁾ Se *Den tekniske Forenings Tidsskrifts Afdeling for Jærnbeton* 1910, Side 6 og *Beton & Eisen* 1909, Side 74. En ganske lignende svensk Maskine er omtalt i *Ingeniøren* 1908, Side 366.

²⁾ *Ingeniøren* 1908, Side 322.

I Modsætning til de ovenfor beskrevne Maskiner med roterende Tromle har man andre, der bestaar af en fastliggende vandret **Halvcylinder**, aaben foroven, i hvis Axe en Axel med Skovle roterer og blander Indholdet (Mørtel eller Beton).

Endvidere benyttes **Kollergange**, hovedsagelig til Mørtel, men dog ogsaa til Beton med Sten indtil Valnødstørrelse. De adskiller sig fra almindelige Kollergange ved, at de rullende Sten eller Jærnhjul ikke hviler med deres Vægt paa Massen, der saa kunde blive knust og derved forringet i Kvalitet, men blot dyster ned i Mørtlen og ælter den ved Friktionen og den kredsende Bevægelse. Saadanne Kollergange er udmærkede Mørtelmaskiner og er f. Ex. benyttede under Nordøstersøkanalens Bygning til Blanding af Cementmørtel 1:12, en Mørtel, der næppe vil kunne blandes tilfredsstillende paa nogen anden Maskine. En saadan Ælting af Mørtlen er altid af udmærket Virkning, idet Cementen ligefrem gnides ind i Sandskornenes Ujævnheder, saa at Forbindelsen bliver meget inderlig, hvilket haade viser sig ved en større Styrke og ved en større Smidighed hos Mørtlen.

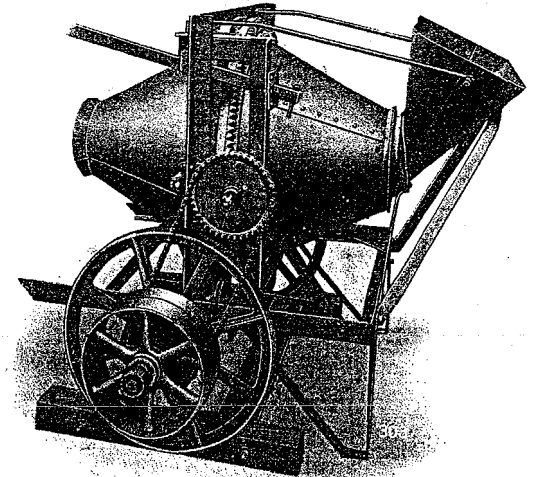


Fig. 314. Smith-Milwaukees Betonblandemaskine.

j. Udbytte.

1112. Udbyttet af Mørtel eller Beton er ikke lig med Summen af Raastoffernes Volumen i løst Maal, thi ved Vandtilsætningen vil Cementen og Sandet leje sig tættere, og ved Blandingen vil Cementen fylde Sandets Hulrum, og Mørtlen fylde Stenenes Hulrum.

For københavnske Materialer har jeg ved enkelte Lejligheder bestemt Udbyttet og fundet, at man kan regne sig til det ved Hjælp af følgende Udbyttetotal:

Cement af Vægt 1400 kg/m ³	0,80
Bakkegrus af Vægt 1415 kg/m ³	0,69
Strandgrus , 1270 ,	0,63

Mørtlen var i de paagældende Tilfælde mer eller mindre stærkt plastisk. Herefter bliver Mørteludbyttet, naar 1 Maal Cement og 3 Maal Strandgrus blandes med den passende Vandmængde: $1 \cdot 0,80 + 3 \cdot 0,63 = 0,80 + 1,89 = 2,69$ Maal. Er Grusets Vægt en anden end forudsat, kan Udbyttetallet ændres i samme Forhold.

1113. Skal Mørtlen bruges til **Beton**, afhænger det samlede Udbytte af Stenenes Hulrumsprocent, der, naar Størrelsen er ensartet, gerne ligger mellem 45 og 55 eller 40 og 50, eftersom Stenene er løst lejrede eller sammenrystede. Hvis Betonen er overmættet med Mørtel, vil Udbyttet blive lig den faste Masse i Stenene plus Mørtelmængden. Udbyttetallet for Stenene bliver altsaa lig med disses faste Masse, og sættes denne til 50 %, beregnes Udbyttet af Blandingen 100 Sten + 67 Strandgrus + 33,3 Cement (o: 1:2:3) paa følgende Maade:

$$\begin{array}{r} 100 \cdot 0,50 = 50 \\ 67 \cdot 0,63 = 42 \\ 33,3 \cdot 0,80 = 27 \\ \hline 119 \end{array}$$

Af 100 m³ Sten faas altsaa 119 m³ Beton.

Hvis Hulrumsprocenten ikke er 50, men f. Ex. 45, bliver Udbyttetallet for Stenene ikke 0,5, men $1 \div 0,45 = 0,55$.

Saafernt det beregnede Udbytte bliver mindre end Stenmængden, betyder det, at Mørtlen ikke forslaar til at fylde Stenenes Hulrum, og Beregningen gælder da ikke, da Betonen i saa Fald foruden Sten og Mørtel tillige indeholder Luftrum. Ved Fremstillingen af en saadan porøs Beton, vil Stenene naturligvis faa et Mørtelovertræk, men den Udvidelse, som skulde resultere heraf, vil ophæves af Stenenes Komprimering i Formen, og man kan derfor gøre Regning paa, at Betonudbyttet aldrig bliver mindre end Stenmængden i løst Maal.

1114. I følgende Tabel, der indeholder Resultaterne af nogle **Forsøgsstøbninger** med københavnske Materialer, vil man ogsaa finde det maalte Udbytte angivet. Materialerne var:

	Løs Vægt i kg/m ³	Pris ¹⁾ i Kr/m ³
Nymøllegrus, 0—16 mm, 3 % Vand	1415	4,50
Strandgrus (alm. Betongrus), 3,3 % Vand	1270	3,00
Blandingskærver (3/4 Tomme)	1175	6,00
Granitskærver (do.)	1392	8,70
Nøddesten	1400	5,70
Cement	1345	42,00

Ved Betonens Fremstilling afvejedes alle Materialerne, idet man af deres kendte Rumvægt beregnede de Vægtmængder, der skulde anvendes for at opnaa de ønskede Blandingsforhold efter Rumfang. Cementens Rumvægt regnedes dog til 1400 kg/m³. Betonen var saa plastisk, som den bruges til Jærnbeton, og blev derfor kun stampet med en Lægtestump. Tærningerne, der støbtes i Træforme, var 15 cm i Sidelinie og blev kuust efter 28 Døgn's Lufthærdning. Se iøvrigt *Ingeniøren* 1909, Side 409.

Af Udbyttetallene ses, at Bakkegrus giver større Udbytte end Strandgrus, baade naar det bruges alene, og naar der tilsættes Skærver eller Nøddesten, samt at Nøddesten giver større Udbytte end Granitskærver og disse større Udbytte end Blandingskærver overensstemmende med, at Rumvægten voxer i den nævnte Orden.

1115. Der har hidtil kun været Tale om plastisk Beton. Med ringere Vandtilsætning og stærkere Komprimering bliver Betonen tættere og tungere og Udbyttet følgelig mindre.

¹⁾ Prisen gælder for Materialerne leverede paa en Byggeplads i den indre By (Kørsen er regnet til 1,20 Kr/m³ for Strandgrus og 1,50 Kr/m³ for Nymøllegrus og Sten). Cementprisen svarer til Kr. 3,00 pr. 100 kg.

Betonens Nr.	Tilslag til 1 Maal Cement					Vandtilsætning i % af Træstofferens Vægt	Betonens Vægt i kg/m ³	Udbytte i m ³ af 1 m ³ af den groveste Bestanddel	1 m ³ hærdnet Beton indeholder:			Knusningsstyrke at	Pris for Materialerne til 1 m ³ hærdnet Beton i Kr.	Knusningsstyrken divideret med Prisen pr. m ³	
	Nymøllegrus	Strandgrus	Blandingskærver	Granitskærver	Nøddesten				Sten	Grus	Cement				
															m ³
I	3					15,0	2082	0,96		1,04	0,347	486	167,1	19,28	8,68
II		3				12,0	2057	0,89		1,12	0,374	525	167,6	19,08	8,78
III	4					12,0	2078	0,89		1,12	0,281	394	144,6	16,85	8,58
IV	5					12,0	2067	0,85		1,18	0,235	330	126,3	15,21	8,30
V			3			10,0	2210	1,23	0,81	0,54	0,271	380	212,3	18,69	11,38
VI		2		3		10,5	2213	1,16	0,86	0,57	0,288	403	196,2	18,96	10,36
VII	2				3	10,0	2250	1,29	0,78	0,52	0,258	362	178,2	19,98	8,93
VIII		2				10,0	2257	1,24	0,81	0,54	0,269	377	161,1	19,97	8,08
IX					3	9,0	2242	1,30	0,77	0,51	0,256	359	190,5	17,45	10,91
X		2				9,0	2244	1,25	0,80	0,53	0,267	374	185,6	17,46	10,63
XI			3			9,0	2229	1,43	0,70	0,70	0,233	326	189,6	17,12	11,07
XII					5	8,0	2253	1,14	0,88	0,53	0,175	246	149,2	14,77	10,11

Betonens **Vægt** i lufttør Tilstand afhænger dels af Stenenes Porøsitet, dels af Blandingsforholdet og Vandtilsætningens Størrelse. For Slagbeton regnes Vægten gerne til 1100—1300 kg/m³, for Beton af Murstensskærver 1600—1800 kg/m³. For Beton af Betongrus uden Stentilsætning kan regnes 2050—2150 kg/m³, eftersom der støbes mer eller mindre vaadt, og for Beton med Skærver eller Rullesten 2200—2400 kg/m³ ligeledes afhængig af Vandtilsætningen (§ 853, 1114).

Naar man blander a kg Cement, b kg Sand, c kg Sten og d kg Vand, faar man naturligvis $(a + b + c + d)$ kg frisk Beton. Størsteparten af Vandet vil imidlertid løbe bort eller fordampe, og den lufttørre Beton vil kun indeholde ca. 5 Vægtprocent Vand, saaledes at man uden at begaa nogen grov Fejl kan regne, at den vejer $(a + b + c)$ kg uden Hensyn til, om der er brugt meget eller lidt Vand ved Tilberedningen. Betonens Vægt pr. m³ kan nogenlunde skønnes forud; er den 2200 kg bliver Udbyttet $(a + b + c) : 2200$ m³. Hvis der blandes efter Vægt, lader Udbyttet sig altsaa let bestemme, og det samme er Tilfældet, hvis blot man kender Raamaterialernes Vægt i løst Maal. Er saaledes Cementens Rumvægt 1400 kg/m³, Sandets 1250, Stenenes 1400 og Betonens 2200 kg/m³, vil en Blanding af 1 Maal Cement, 3 Maal Sand og 5 Maal Sten give $(1 \cdot 1400 + 3 \cdot 1250 + 5 \cdot 1400) : 2200 = 5,5$ Maal Beton.

k. Muring og Pudsning.

1116. Murmørtel maa ved Brugen være temmelig vaad, dog gælder her som altid ved Cementarbejder, at Vandmængden ikke maa være større end nødvendig.

De Sten, der skal formures, maa være rene (eventuelt maa de vadskes) og af god Kvalitet. Der er som Regel ingen Mening i at anvende daarlige, bløde Sten i Forbindelse med en saa god Mørtel, bløde Sandsten kan endog lide derunder (§ 795¹⁾). Teglsten bør være godt brændte og vejrfaste og maa ikke blomstre for meget. Det Tilfælde kan dog forekomme, at man bruger Cementmørtel til daarlige Sten, nemlig for at bøde paa disses ringe Styrke. Uporøse Sten giver det stærkeste Murværk, mens porøse Sten suger Vand fra Mørtlen. Almindelige Teglsten maa derfor helst have ligget nogen Tid i Vand inden

¹⁾ Til gibsholdige Natursten bør Cementmørtel ikke bruges (§ 885).

Formuringen, i alt Fald bør de dyppes i Vand ved Brugen. Til Understrygning af Tagsten egner Cementmørtel sig ikke (§ 939).

1117. Ved Formuring af store Stenblokke bliver disse opstillede paa Trækiler, hvorefter deres Stød- og Lejefuger bagfra udstøbes med **tyndflydende Mørtel** (§ 885)¹⁾. Fugerne tættes forfra med Værk eller Ler, idet der dog lades enkelte Huller aabne til Luftens Udgang, hvilke Huller stoppes, saasnart Mørtlen er naaet hen til dem. Der er her to Hensyn at tage, dels skal Fugerne fyldes fuldstændig, og dels skal Mørtlen i Henseende til Styrke, Vejrfasthed og Svind være saa god som mulig. Det første Hensyn kræver en letflydende Mørtel, altsaa meget Vand og lidet Sand, mens det andet Hensyn kræver lige det modsatte. Man bør derfor lette Mørtlens Udbredelse saa meget som mulig ved ikke at gøre Fugerne for tynde²⁾ og ved at sørge for flere Indløbssteder, mens man ikke maa overdribe Vandtilsætningen³⁾ og saavidt mulig maa bruge en Sandtilsætning af $\frac{1}{2}$ —1 pr. Liter Cement. En større Sandtilsætning kan ikke anvendes, da Mørtlen saa bliver for ubevægelig, og Sandet inden Størkningen synker til Bunds i den tynde Mørtel. Ogsaa Cementen vil bundfælde sig, hvis Størkningen indtræder sent, og en hurtigstørkende Cement er derfor at anbefale til saadant Arbejde.

En Støbemørtel som den beskrevne bruges ikke alene til Kvadere, men ogsaa til Understøtning af store Fodplader for Søjler og Lejeplader for Dragere, men da Styrken bliver ringe og Svindet stort, bør man, hvor man kan, undgaa den og hellere stampe jordfugtig Mørtel ind i den paagældende Fuge⁴⁾.

Endvidere bruges Støbemørtel til Fremstilling af Façadeornamenter som Vaser, Konsoller m. m., men Produktet bliver ikke stærkt og faar let Overfladeridser.

1118. Ved **Pudsning** af Murflader med Cementmørtel maa Muren renses for Støv og Snavs, Fugerne udkradses og det hele skylles med Vand. Er Muren porøs, maa den gentagne Gange vandes, thi hvis Vandet suges fra Mørtlen, bliver denne ikke stærk og slaar let Revner. Det er kun under Pudsningen, at Stenene skal være vaade, ellers maa man tværtimod ved gode Isolelingslag forhindre porøse Sten i at opsuge Jordfugtighed, der i Frostvejr kan sprænge Pudslaget af⁵⁾. Stærke Udblomstringer fra Stenene kan virke paa samme Maade. Svagt brændte Sten bør overhovedet ikke pudses med Cementmørtel, da Pudsen let skaller af.

Halvstørknet Mørtel maa aldrig røres op paany, thi den forøgede Vandtilsætning medfører et forøget Svind og en formindsket Styrke. Manser ofte Cementpuds og navnlig Puds af Blandingsmørtel, der er regnet paa Kryds og tværs, og Aarsagen er som Regel Forsyndelser mod denne Regel.

Er det en udvendig Murflade, der skal pudses, maa Mørtlen ikke være for fed, da den saa faar Svindridser (§ 1028), og Sandet bør være groft. Undertiden

¹⁾ Kilerne kan fjernes efter nogle Dages Forløb.

²⁾ bedst 2 cm.

³⁾ allerhøjest 50 Vægtprocent.

⁴⁾ Støbemørtel har tidligere været benyttet til Understøtning af Sporvejsskinner i Gader med Betonunderlag, men kan ikke bære de tunge elektriske Vogne, og man er derfor gaaet over til at understøtte Skinnerne med jordfugtig Mørtel, der med Stophakke bankes ind mellem Betonfundamentet og Skinnefoden, som midlertidig er opstillet paa 2—3 cm høje Træklodser. Paa Frederiksberg er man gaaet over til for hver 2 m at fastbolte Tværsveller af gamle Skinner under Skinnerne og indstøbe disse Tværsveller i Betonfundamentet, mens der under og omkring Skinnerne udsparres en Rende, der senere fyldes med Asfalt, saa at Skinnerne nemt kan udvæktes (Ingeniøren 1911, Side 181). Rummet under Skinnefoden udstøbes med Goudron (§ 1238), mens den øvrige Del af Renden fyldes med alm. Støbearsfalt.

⁵⁾ Hvis Muren staar under et udvendigt Vandtryk, saa der siver Vand igennem, lader en holdbar Puds sig ikke fremstille, med mindre man terlægger Muren under Udførelsen.

bruges fint Sand eller en Tilsætning af Kulekalk for at forøge Mørtlens Smidighed, men det er næppe heldigt. Pudslaget maa helst være af samme Blanding helt igennem, saa at Svindet bliver ens. Overfladen glattes ved Filtsning¹⁾: ved Overgnidning med Filtskiver²⁾.

Glitning af Pudsen med Staaalskiver, hvorved Overfladen bliver glat, tæt og sortladet, bruges undertiden indvendig i Vandbeholdere for at skaffe Vandtæthed og til Trappetrin for at gøre dem slidfaste, men bør ikke anvendes til Puds, der er udsat for Vejrliget, da Frostten sprænger den tætte Skal af³⁾.

Udvendige Flader maa helst pudses i køligt og fugtigt Vejr om Foraaret eller Efteraaret, thi en varm Sommerdag er det meget vanskeligt at beskytte Pudsen mod for hurtig Udtørring. Er man nødt til at pudse om Sommeren, maa man sørge for at holde Solen borte fra Fladen, og efter Størkningen maa den jævnlig vandes.

Alle disse Forsigtighedsregler er dobbelt vigtige, hvis man i varmt Vejr arbejder med hurtigstørkende Cement. Saadan Cements Størkningstid er ofte kun 20 Minutter ved den sædvanlige Prøvetemperatur af ca. 15° C, og i stærk Varme kan den blive saa kort, at man har Vanskelighed ved at faa Cementen anvendt hurtig nok. Baade Cementen og Sandet maa derfor opbevares i Skyggen, og Sandet maa holdes fugtigt; ogsaa Vandet maa være saa koldt som muligt og maa derfor tages fra Brønden eller Vandledningen umiddelbart før Brugen. Hurtig størkende Cement kræver mere Vand end langsomt størkende, men det skal tilsættes i sidste Øjeblik; Blandingen skal absolut ske tørt og kun i meget smaa Partier ad Gangen, og Mørtlen maa hurtigt fordeles over Fladen, og Behandlingen med Rivebrædtet skal ophøre, saasnart Fladen er bleven glat; fortsætter man Afrivningen i den Hensigt at gøre Pudsen tættere, risikerer man at ødelægge den helt. Umiddelbart efter at man har faaet et Parti færdig, maa Fladen vandes, og Vandingen maa gentages i Løbet af flere Dage, hvis Varmen holder sig. Endnu bedre er det at holde Pudsen dækket med vaade Klude; navnlig trukne Gesimser bør altid beskyttes paa denne Maade.

1119. I det Hele taget er det en Hovedregel for alle Cementarbejder, at de i de første Dage skal **vandes** og beskyttes mod Sol og Vind, for at det til Hærdningen nødvendige Vand ikke skal fordampe. Jo omhyggeligere man er med Vandingen, des stærkere bliver Mørtlen, og des mindre revner den.

1120. **Oliemaling** kan ikke udføres paa frisk Cementpuds, da Kalkhydratet og Alkalierne (der i fede Mørtler kan udsvede draabevis) forårsager Oliesyren, saa der dannes et krystallinsk Stof, som hurtigt ødelægges; hertil kommer saa den fysiske Virkning af Mørtlens Fugtighed, der fordamper og faar Malingen til at blære op. I Tidens Løb vil imidlertid Kalkhydratet blive omdannet til Kalciumkarbonat, og Regnen vil udvadske Alkalierne³⁾, saaledes at Pudsen efter 1—2 Aars Forløb lader sig bemale med et godt Resultat, naar blot den er tør.

Vil man male paa friskere Puds, maa Overfladen enten imprægneres med Stoffer, der neutraliserer Alkaliteten, eller ogsaa maa der grundes med et Stof, der ikke angribes.

¹⁾ Stænkpuds giver en meget ru Overflade og benyttes undertiden til Façader samt i Nødtørftshuse for at hindre Skrivning paa Væggene. Mørtlen bestaar af Cement, groft Grus og Smaasten og kan paaføres paa forskellige Maader, f. Ex. ved at man kaster den ind paa Muren gennem et Staaltraadsvæv.

²⁾ Til Glitning bruges Blfh. 1:1. Fladen filtses inden den glittes.

³⁾ indendørs maa man selv besørge det ved gentagne Afvaskninger.

1121. Pudsen kan imprægneres med **Fluociment** (Baufluat), et Kesslersk Fluat, der netop er fremstillet med det Formaal at muliggøre tidlig Maling. Dets Virkning beror, ligesom de øvrige Fluaters (§ 801), paa, at Alkalierne og Kalken omdannes til uvirksomme eller uopløselige Fluorforbindelser, og samtidig forøges Mørtlens Tæthed og Styrke. Fluociment er en vandklar Vædske af 30—33° Bé, der foruden Hovedbestanddelen, Aluminiumfluat, ogsaa indeholder opløst svovlsur Lerjord. Vædsken omdanner Kalkhydratet til Fluorkalcium og udskiller dette og Kisel-syre i Porerne. Pudsens Overflade maa være tør (2 Uger gammel), da Fluatet ellers ikke suges ind¹⁾. Dette pastryges med en Pensel, og for at det skal trænge langt ind, anvendes første Gang en tynd Oplosning (15° Bé). Efter 20—24 Timers Forløb gentages Pastrygningen med en dobbelt saa stærk Oplosning (30° Bé). 2—3 Strygninger med denne Oplosning og med 20—24 Timers Mellemrum plejer at være tilstrækkelig, hvilket man kan overbevise sig om ved efter Tørringen at trykke et Stykke vaadt, blaat Lakmuspapir mod Fladen ved Hjælp af en Prop eller et andet Legeme med neutral Reaktion; Papiret skal da farves rødt. Løvrigt vil man hurtigt kunne lære at prøve med Tungen, om Fladen har faaet nok, idet den saa har en ejendommelig sur Smag. Naar Pudsen er tør, og man har overbevist sig om, at den reagerer surt, bliver den vadsket grundigt, indtil Vandet har mistet sin sure Smag, og man kan da male paa den, saasnart den er tør. Ved Fluateringen farves Pudsen gerne hvidlig.

Af andre Imprægneringsmidler, der dog næppe er saa gode, skal nævnes Svovlsyre og Vandglas.

Svovlsyren overfører Alkalierne og Kalken i uskadelige, svovlsure Forbindelser. Den bruges stærkt fortyndet (11 koncentreret Handelsyre i 1001 Vand). Man stryger gerne to Gange, skyller med rent Vand, og lader derpaa Pudsen tørre fuldstændig.

Vandglas pastryges 3 Gange, og der bruges en Blanding af 11 Handelsvædske og 3—41 Vand. Mellem 2' og 3' Strygning vadskes Fladen med Vand.

1122. Af **Grundingsmidler** skal nævnes **Kautsjukbutter**, der i Modsetning til Imprægneringsmidlerne kan paaføres Pudsen allerede efter 24 Timers Forløb uden at skade Hærdningen, og det samme gælder Isoleringsfarven Alex, en mørkebrun, dækkende og meget hurtigtørrende Farve af dansk Fabrikat. Den sidste egner sig ogsaa ndmærket til Strygning af Mure, der skal tapseteres, inden de er udtørrede; derimod kan det ikke nytte at stryge den paa Kældermure, der staar under et udvendt Vandtryk.

Adlodon og **Siderosten-Lubrose** er i Følge Statsprovanstaltens Forsøg ikke egnede til at gøre Puds bemæltelig (se *Meddelelser fra Statsprovanstalten*, 1' Bind, Side 79).

I. Betonstøbning.

1123. Betonen bør anvendes strax efter Blandingen, og i alt Fald inden Størkningen er begyndt, da man ellers gaar Glip af en Del af Størkningsprocessen; man bør saaledes ikke lade en tilberedt Betonmasse staa Middagspausen over. Imidlertid kan der jo indtræffe uforudsete Standsninger, og det er da af Betydning at vide, hvor gammel Betonen tør være uden at ødelægges ved fornyet Gennemarbejdning. Efter den tyske Betonforenings Arbejdsregler af 1905 maa Betonen i varmt og tørt Vejr ligge højst 1 Time, i koldt eller vaadt Vejr højst 2 Timer, og Bunken skal være beskyttet mod Sol, Regn og stærk Blæst og skal gennemskovles umiddelbart før Anvendelsen. Som omtalt i § 1098 kan Betonen ofte taale lang Tids Henliggen uden at tage Skade, men ved vigtige Arbejder bør man dog ikke overskride de nævnte Frister. Hvis den gemte Beton trænger til at blandes op med Vand paany, da er det et Bevis paa, at Størkningen er begyndt, og Resultatet bliver da altid mangelfuldt.

Under Betonens **Transport** fra Blandingsstedet til Udstøbningsstedet bør man saavidt muligt undgaa Rystelser, da Stenene ellers synker til Bunds i Mørtlen. En lignende Adskillelse vil ske, hvis Betonen faar Leilighed til at falde et længere Stykke gennem Luften; et Fald paa over 2^m bør man ikke udsætte den for, skal den ned i en dybere Grube, maa man kaste den fra Lad til Lad eller sænke den i Kasse. Er Betonen mørtelrig og Stenene smaa, er Tilbøjeligheden til Adskillelse dog langt ringere, end naar Betonen indeholder mange og store Sten.

1124. Ved Udstøbninger under Vand kan man ikke komme til at stampet Betonen, men ved Arbejder i Luften vil man næsten altid underkaste den en

¹⁾ Muligvis vil en kraftig Afhørstning kunne forøge Indsugningsevnen.

Stampning, da Udgifterne hertil er smaa i Forhold til den Forbedring, Betonen undergaar. Der er gjort Forsøg, som viser, at Betonens Trykstyrke bliver dobbelt saa stor, naar den indstemples i Formen, som naar den fyldes løst¹⁾, men selvfølgelig afhænger Stampningens Virkning ganske af Konsistensen; en Betonvælling bliver ikke tættere ved Stampning, en Betongrød kræver nogen Stampning for at naa sit Tæthedsmaximum, og en meget tør Beton bliver tættere og tættere, jo stærkere den komprimeres²⁾.

Betonen kastes i Udgravningen eller Formen ved Hjælp af Skovl, og Bygværket fremstilles lagvis, idet man giver Lagene en saadan Tykkelse, at Stampningens Virkning kan gennemtrænge dem. Ved jordfugtig Beton er en Lagtykkelse af 15—20^{cm} passende, ved plastisk Beton 20—30^{cm}, idet de laveste Værdier gælder for Bygværker, der skal være særlig stærke. Til Stampningen, der skal udføres strax efter Udlægningen, benyttes pyramidestubformede Stampere af Støbejern eller jærnbelaet Træ med Jærn- eller Træskaft og med en Vægt af 10—17^{kg} og en Stampeflade af 10·10 à 18·18^{cm}². Langs Forskallingen bruges ofte særlige, hammerformede Stampere, thi af den omhyggelige Stampning her afhænger det, om Betonen faar en tæt, modstandsdygtig Yderflade. Stamperne løftes 25—30^{cm} under Arbejdet og bør ikke flyttes en hel Bredde ad Gangen, men saaledes, at de enkelte Stampeflader overdækker hverandre lidt.

Ved en meget lang Kajmur i Bremen, hvis Midte skulde udfyldes med Beton, er med Held anvendt Maskinstampning, men det er et ganske enestaaende Tilfælde.

Stampningen bør afbrydes, naar der træder Vand frem i Overfladen, da man ellers faar en Del af Cementen slæmmet op i Vandet; Betonen maa derfor ikke tilberedes med saa meget Vand, at den strax giver dette fra sig³⁾.

Naar et Lag er stampet færdig, maa Overfladen kradses op med Staaltrads-koste eller paa anden Maade løses, saaledes at der bliver Forbindelse med det paafølgende Lag, og Lagene maa udlægges saa hurtigt efter hverandre, at det underliggende Lag endnu er fuldkommen friskt, i modsat Fald synker Trækstyrken i Skillefladen meget stærkt⁴⁾.

Hvis det underliggende Lag er mer eller mindre størknet, inden det næste paaføres, bør man ikke kradses op i det, men i Stedet for koste det over med et tyndt Lag Cementmørtel. At ophakke Fladen maa i Almindelighed fra-raades, da Sammenhængen i den skøre Beton let løsnes; derimod kan det

¹⁾ Ved Forsøg med Flodgrus har *Bauschinger* fundet følgende Knusningsstyrker:

Blandingsforhold	1:4	1:6	1:8
Betonen stampet	228	105	36
" løst indfyldt	115	73	36

²⁾ Ved Forsøg med 30^{cm} Terninger af Grusbeton, der blev stampet efter de tyske Beton-normer (§ 1139), men saaledes at hvert Lag overalt fik henholdsvis 6, 12 og 18 Stød, fandtes følgende Styrke efter 28 Døgn (*Handbuch für Eisenbetonbau*, 2' Band, S. 64):

Stødernes Antal	6	12	18
Jordfugtig Beton	185 at	216 at	226 at
Blød Beton	137	139	141

³⁾ Ved Arbejder med saa tør Beton, at en Vandudtrædning ikke finder Sted, maa Stampningen fortsættes, indtil man ser, at Massen ikke komprimeres mere, men blot fjerer under Stødene.

⁴⁾ Ved at overtrække Normalprøvelegemer og danne nye Legemer af Brudstykkerne ved Tilstøbning af en ny Halvdel viste det sig, at Trækstyrken af de ny Legemer kun var ca. $\frac{1}{2}$ af den normale. Ved Forsøg med større Legemer og en meget langsomt størknende Cement har *D. Kirsch* endog fundet, at blot $\frac{1}{2}$ Times Pause nedsatte Trækstyrken i Fladen til ca. $\frac{1}{2}$ af den normale (Über das Anbinden der Mörtel nach verschiedenen Arbeitspausen, I. M.s. Kongresskrifter 1909).

være nødvendigt at fjerne den løse Skorpe af Cementslam, som undertiden danner sig ved meget vaad Støbning¹⁾.

Lagene maa helst staa vinkelret paa de virkende Kræfter og i alt Fald ikke være parallelle med dem, for at der ikke skal ske en Forskydning langs en Skilleflade. Om Stampningen sker vinkelret paa eller parallelt med Trykretningen er uden Indflydelse paa Knusningsstyrken.

1125. Skal Betonen støbes i **Forme**, maa disse være saa svære eller saa rigeligt afstivede, at de ikke ændrer Form under Stampningen. I Reglen bruges Træforme, kun ved Massefabrikation af Rør o. lgn. anvendes Jærn. Træformene er gerne fremstillede af ru Brædder, og Betonens Overflade maa da pudses, hvis den skal være glat. I fri Luft er et saadant Pudslag tilbøjeligt til at skalle af, og det maa derfor anbefales at undgaa det og i Stedet bruge høvlede og plejede Brædder til Forskallingen, saafremt man kan finde sig i de uundgaaelige Aftryk af Træets Struktur og Sammenføjninger²⁾. For at Betonen ikke skal hænge i Formene, kan disse ferniseres eller smøres med Mineralolier eller Sæbe.

Under Betonens Størkning og Hærdning maa man sørge for, at Formene ikke udsættes for Rystelser.

1126. Efter Formenes Fjernelse eftergaaes Betonen, og mulige Huller i Overfladen fyldes med Mørtel 1:1 eller 1:2; er der Blærer, knuses de og udspekkes med Mørtel. Skal Betonen ikke pudses, bliver den ofte kostet over med ren Cementvælling eller Mørtel 1:1 for at tætte og glatte Overfladen og give den et ensartet Udseende. Store Vand- eller Kloakledninger, der støbes i Gravningen, bliver gerne berappede med Mørtel 1:2 eller 1:3 og afkostede baade indvendig og paa de tilgængelige udvendige Flader.

1127. Er det varmt Vejr eller stærk Blæst, maa den størknede Beton beskyttes mod Fordampning i mindst en Uge enten ved direkte **Vanding** eller ved at dækkes med gamle Cementsække eller et 10^{cm} tykt Sandlag, der tilstrækkelig ofte vandes. Det er navnlig ved spinkle Konstruktioner, at man er udsat for en for hurtig Udtørring; Jærnbetonetagedskillelser med tynde Plader mellem Bjælker viser ofte mørke Striber over Bjælkerne. Er det Frostvejr, maa Betonen strax efter Støbningen dækkes med Brædder, Tang, Halmmaatter eller Sække, og paa lignende Maade maa den beskyttes mod Udvasdkning af stærke Regnskyl.

1128. Store Betonmasser maa forsynes med **Dilatationsfuger**, hvis man ikke vil udsætte sig for at faa uregelmæssige, skæmmende Revner gennem Massen. Saadanne Revner træder altid stærkere frem i Beton end i Murværk, hvis stærke Farve og kraftige Fugelinier tilslører dem. Revnerne skyldes Betonens Svind, og fremkommer de ikke i Svindperioden, vil Betonen som Regel ogsaa kunne taale de Fugtigheds- og Temperaturvariationer, den senere udsættes for; hvis der derimod opstaar Svindrevner, vil disse naturligvis aabne og lukke sig, efter som Vejrliget er. Den Antagelse, at Revnerne skyldes Temperaturvariationer (Udvidelse i Varme og Sammentrækning i Kulde) er meget udbredt, men næppe rigtig; den Udvidelse, en Opvarmning fremkalder, vil under normale Forhold mer end opvejes af det Svind, den forøgede Udtørring medfører; jeg har saaledes set en ca. 10 Aar gammel Etagedskillelse

¹⁾ Ved Kloakanlæg i København forlanger Stadsingeniøren, at en Flade, der har henstaaet over 6 Timer, skal ophakkes, omhyggelig renses, vadskes og overgydes med et tyndt Lag Cementmørtel, inden der støbes frisk Beton op imod den; det samme forlanges altid af Statsbaneanlæggene.

²⁾ Vil man undgaa disse Aftryk maa Formene fores med Gibs.

af Jærnbeton revne tværs igennem Bjælker og Plader, da der kom Centralvarme i Bygningen.

Man bør ogsaa indlægge Fuger paa passende Steder, hvis der er Sandsynlighed for, at Værket vil sætte sig. Ved Brobuer af Beton imødegaar man saaledes ofte Grundens eventuelle Sætning ved Hjælp af Fuger i Toppen og ved Vederlagene; i Fugerne indlægges Blystrimler til Overførelse af Trykket, og naar Stilladset er fjernet, og Buen har sat sig, udstøbes Fugerne.

De i det foregaaende omtalte gennemgaaende Revner maa ikke forveksles med de smaa **Svindridser** eller Haarridser, der ofte viser sig paa Betonoverflader i det fri, og som skyldes Svindet i Overfladens Cementslam og sædvanligvis ikke naar ind i den egentlige Beton, med mindre denne er altfor fed.

Skarpe Hjørner bør undgaaes i Betonkonstruktioner, der er udsatte for Beskadigelse, da de ikke er modstandsdygtige. Hjørnet kan enten afrundes eller aflattes, eller man kan beskytte det ved et paastøbt Vinkeljærn.

1129. Jo længere en Betonkonstruktion faar Lov at hærdne, inden den **belastes**, des bedre er det, men paa den anden Side vil Betonen allerede efter et Par Dages Forløb være tilstrækkelig modstandsdygtig overfor svage Paa-virkninger. Det er eksempelvis anbefalelsesværdigt at lade Husfundamenter hærdne en Uge eller to, inden man bygger paa dem, men haster det, og er Bunden god, kan man ofte gaa ned til et Par Dage, forudsat at Muren er gennemgaaende, saa at Fundamentet kun faar Tryk og ikke Bøjningsspændinger. Faste Regler kan ikke gives, man maa i hvert enkelt Tilfælde undersøge Betonens Haardhed med en Hammer eller Kniv og tage Hensyn til Paa-virkningernes Art og Størrelse.

1130. I **Vejbygningen** bruges Beton dels som Underlag for Asfalt, Træ- og Stenbrolægning, dels ogsaa til selve Slidlaget.

Til Underlag bruges altid en mager Beton (1 Cement til 6 à 10 Grus), der udlægges i et enkelt 15–20^{cm} tykt Lag (paa Fortove kun 6–8^{cm}) og ikke maa være for tør, da Stampningens Virkning kun er ringe paa Grund af det bløde Underlag, og fordi der ingen Sidebegrænsning er for Betonen. Den blandes i Reglen for Haanden. Stebe- eller Stampaasfalt maa ikke udlægges, saalænge Betonen er vaad, da de af den varme Asfalt fremkaldte Vanddamp kan gøre Skade. Under Træbrolægning maa Betonen være ganske jævn og forsynes derfor med et 1^{cm} tykt Lag Mørtel 1:1 eller 1:2. Under Stenbrolægning maa der indskydes et ca. 5^{cm} tykt Gruslag for at udligne den varierende Stenhøjde og gøre Kørslen mere elastisk.

1131. Skal Slidlaget ogsaa være af Beton, hvilket navnlig anvendes til Fortove og Gaarde, bliver der først udlagt et 6–10^{cm} tykt Lag mager Beton, der stemples godt og saa hurtigt som muligt bedækkes med et 1½–2¼^{cm} tykt Mørtellag, ikke magrere end 1:1½, der afrives. Naar Mørtlen er størknet, bedækkes den forsigtigt med et ca. 10^{cm} tykt Lag Sand, der bliver liggende i flere Dage og oftere vandes. Overfladen bør ikke gøres ru, da Sliddet derved forøges.

Saadanne udstrakte Betonbelægninger er meget tilbøjelige til at faa Svindrevner, og undertiden skræner man derfor Riller ned i Overfladen med passende Afstand, for at Revnerne skal opstaa i disse svækkede Tværnit og derved blive regelmæssige. Man kan ogsaa dele Betonen fra Grunden af i Kvadrater med f. Ex. 1^m Sidelinie og 7^{mm} Fuge, idet Fugen fremstilles af to Stykker Jærnblik med smaa Trækiler imellem. Kilerne og Blikket fjernes let, hvorpaa Fugerne fyldes med en Blanding af Asfalt og Korkmel for at hindre Vandet i at trænge ned og fremkalde Frostsprængninger.

Paa Fortove erstatter man dog som Regel den paa Stedet fremstillede Betonbelægning med løse **Cementfliser**, dels for lettere at kunne foretage Udgravninger i Fortovet, dels fordi saadanne Fliser kan fremstilles omhyggeligere end Gadearbejdet, og Fabrikationen af dem kan foretages i arbejdsfrie Tider; samtidig er man ude over de ved Svindet fremkaldte Vanskeligheder. Ogsaa paa daarlige Bund, hvor Sætninger kan ventes, er saadanne Fliser ubetinget at foretrække for sammenhængende Belægninger. Deres Fabrikation vil nærmere blive omtalt i § 1260.

1132. **Betonkørebaner** bruges vistnok slet ikke i Danmark, men har i længere Tid været benyttede i Frankrig, og ogsaa i Tyskland og Sverrig træffer man dem. Muligvis vil deres Vedværelse blive større, efterhaanden som Automobiltrafikken stiger og kræver et mere modstandsdygtigt Vejmateriale end den almindelige Makadamisering. Betonveje egner sig kun for let og middelstærk Færdsel, men under en saadan staar de sig godt, støver ikke meget, er mindre platte end Asfalt og mindre støjende end Stenbrolægning. I Tyskland angives Prisen til 7–8 Kr. pr. m², det samme som der herhjemme betales for almindelig Brolægning, Halvdelen af hvad

engelsk Brolægning og presset Asfalt koster og $2\frac{1}{4}$ —3 Gange Prisen for almindelig Makadamisering.

I Frankrig sker Fremstillingen ved paa en Stenpakning eller et Skærvlag at udstampes et 15—20 cm tykt Lag mager Beton, i hvis endnu fugtige Overflade, der indtromles Mørtel af lige Dele Cement og groft Sand. Efter nogen Tids Hærdning bedækkes Vejen med et Lag Sand, der holdes fugtigt i 8 Uger, hvorefter Færdslen kan begynde.

I Tyskland udstampes først et 10—15 cm tykt Lag Grusbeton 1:10; naar dette er blevet haardt $\frac{1}{2}$ efter 4—7 Døgn Forløb efter Aarstiden, bedækkes det med et 6—8 cm tykt Lag Skærvbeton, der ved Stampning bringes ned til 5—6 cm Tykkelse og danner Slidlaget. Det fremstilles af Granitkærver (indtil 5 cm i Tværmaal) og Skærvegrus, idet der til 1 m³ Cement tages 2—2 $\frac{1}{2}$ m³ af denne Blanding; de store Skærver maa nødig komme op i Overfladen, da de saa let løsriveres. Efter 8—14 Døgn Hærdning under fugtigt Sand er Gaden farbar; skal den tages i Brug før, maa der lægges Brædder over den. En hurtigere og bedre Fremgangsmaade er den af Jantzen patenterede, ved hvilken der benyttes en øvre, flyttelig, 1 m bred Forskalling for Slidlaget, der indstampes sideværts (i Korsretningen) mellem Forskallingen og Betonfundamentet.

Af Hensyn til Svindet maa der indlægges Fuger, hvis Afstand ikke bør være større end Gadebredden. I Berlins Tiergarten og i Malmø Vestergatan er disse Fuger lagte paa skraa og Kanterne beskyttede ved lodrette Fladjærn, mellem hvilke der er udstøbt Asfalt.

Iøvrigt anvendes ogsaa paa Kørebaner (f. Ex. i Breslau) Cementfliser, 5—6 cm tykke, der lægges i Cementmørtel paa Betonfundamentet.

1133. Mosaikgulve er Betongulve, hvis Slidlag er fremstillet af Cementmørtel uden Sand, men med smaa Kalkstensstykker i. Underlaget maa være plant afrettet, men saa ru som muligt. Mosaikbelægningens Tykkelse er 2 cm inclusive et ca. 7 mm tykt Lag af almindelig Mørtel, der tjener til at tilvejebringe en intim Forbindelse mellem Mosaikken og Underlaget. Arbejdet udføres ofte af italienske Arbejdere, der har stor Øvelse deri. Af de forskellige Sorter skal nævnes:

Granito, som er den billigste Art Mosaikgulve, men iøvrigt udføres til højest forskellige Priser af de forskellige Firmaer, eftersom der anvendes mer eller mindre Omhu og mer eller mindre gode Materialer. Prisen varierer fra 5 til 15 Kr. pr. m² efter den Grad, Fladen er forsynet med Bordter, Midterstjerner o. s. v. Den fremstilles af smaa brogede Kalkstensstykker (af Størrelse som Granitkorn), der blandes med Cement og Vand og eventuelt et Farvepulver og efter Ud-lægningen komprimeres meget stærkt ved Tærskning med lange smalle Slagjærn. Den hærdnede Masse slibes og olieres, men poleres ikke, da den saa bliver for glat. Slibearbejdet voxer med Stenstørrelsen, men af Hensyn til Udseendet bør Stenene dog ikke være for smaa; kun naar Granitoen skal lægges i Mønstre, er man nødt til at bruge smaa Sten for at faa skarpe Konturer. Undertiden anvendes kunstigt farvede Kalksten, der er billigere, men ogsaa blødere end de naturlige. Granito bruges i Rum, hvor der ønskes et fugefrit, vandtæt og smukt udseende Gulvbelægningmateriale, f. Ex. i Badeværelser, Sygeværelser, Køkkener, Trapperum o. s. v. Oftest gaar den under Navn af Terrazzo ¹⁾.

Terrazzo adskiller sig fra Granito, ved at Stenene er større og ikke blandes med Mørtlen, men hensettes for Haanden, efter at den sandfri Cementmørtel er udlagt; naar de er trykket ned i Mørtlen, og denne er hærdnet, behandles Overfladen ganske som Granitoens. Prisen er 10,75—22,50 Kr. m².

Romersk Mosaik fremstilles ligesom Terrazzo, men af tærningformede Sten, der sættes i regelmæssige Rækker eller Mønstre. Tærningerne kan enten være af Kalksten, og i saa Fald slibes de efter Lægningen, eller af brændt Ler, der ikke slibes. Romersk Mosaik bruges dels til hele Gulve, dels til Bordter udenom Granito og Terrazzo, og Tærningerne benævnes da undertiden Stifter (sen enkelt Række Stifter²⁾).

m. Betonstøbning i Vand.

1134. Naar Betonen strax efter Blandingen bringes under Vand f. Ex. ved Sænkekasse eller gennem Tragt, bliver den ikke nær saa stærk som ellers, dels fordi en Del af Cementen skylles ud og dels paa Grund af den løse Lejrning.

Det er navnlig af Betydning, at Betonen i saa ringe Grad som mulig faar Lejlighed til at synke ned gennem Vandet, thi ved denne Bevægelse vil en Del af Cementen udskylles og lejre sig ovenpaa Betonen i et saa løst Lag, at det ikke kan hærdne. Hvis man senere tørlægger en saadan Støbning, finder man paa Overfladen et skumlignende Lag bestaaende af de fineste Cement- og Sandskorn samt organiske Stoffer og noget udskilt Kalkhydrat. Paa denne

¹⁾ Til Vejle Badeanstalt forlangtes Terrazzoen 16 mm ($\frac{5}{8}$ ") tyk af ca. 1 cm store Marmor-kærver af Ulmer Sten (Carraramarmor maa ikke anvendes) i hvid, graa og rød Farveblandning. Overfladen afslibes glat og plan, og de afstøbte Flader olieres. Mosaiklaget skal bestaa af Cement og Mosaiksten i Blanding 1:2 $\frac{1}{2}$. Blandingen komprimeres omhyggeligt, saaledes at den færdige Belægning faar den forlangte Minimumstykkelse. Der maa ikke iblandes Sand i Mosaiklaget. Til hver m² færdig Terrazzobelægning skal der anvendes mindst 27 kg Mosaiksten.

Maade berøves der Betonen en Del af Cementen, samtidig med at Slammen kan virke adskillende mellem de enkelte Betonlag.

Beton, der skal udstøbes i Vand, maa derfor være federe end ellers; man bruger Blandingsforhold som 1:2:4¹⁾ og, naar det særlig kommer an paa Tæthed, 1:2:3 eller 1:2:2. Alligevel kan Produktet ikke maale sig med Beton, der er udstøbt i Luften og stampet²⁾, og man undgaar derfor saavidt muligt at betonere under Vand og tørlægger hellere Byggegruben eller støber Blokke paa Land og sænker dem efter Hærdningen.

1135. Det er imidlertid ikke altid, at man kan klare sig paa denne Maade, ofte maa man danne Bund i Byggegruben, førend denne kan tørlægges, og i saa Fald maa man altsaa bruge de nævnte fede Blandingsforhold og helst en hurtig størknende Cement (§ 1033) og 'sænke Betonen paa en saadan Maade, at dens Fald gennem Vandet bliver saa kort som muligt. Anvendes Sænkekasse, maa Størrelsen ikke være for ringe, da en lille Betonmængde udvaskes stærkere end en stor, ligesom der kommer flere Skilleflader. Man er gaaet saa vidt som til at sænke 20 m³ paa en Gang (i Dublins Havn).

Da Beton, der er udstøbt under Vand, hærdner meget langsommere end i Luften, maa man give den rigelig Tid til at hærdne. Hvis Betonen f. Ex. danner Bund i en Bropilleform, maa man mindst lade nogle Uger gaa, før man pumper Formen tør, og har Byggegruben en større Udstrækning, kan flere Maaneders Hærdning være nødvendig til at fremkalde den fornødne Styrke og Tæthed overfor Vandtrykket.

1136. For at undgaa Slamdannelse bruges undertiden en Fremgangsmaade, der er opfundet af den engelske Ingeniør *Kinipple*; den afgrænsede Byggegrube fyldes først med Sten, hvorpaa der gennem et Rør presses ren Cementmørtel uden Sand ned i Massen. Metoden er prøvet i Danmark³⁾, og det viste sig, at en tæt Tømmerkiste fyldt med Skærver blev tilfredsstillende udstøbt under Vand paa denne Maade, naar der anvendtes sandfri Cementmørtel af Øllebrøds-konsistens, og naar Støberøret førtes helt ned til Bunden. Hvis Røret kun føres et Stykke ned i Stenene, vil man antagelig ogsaa kunne faa en tæt Støbning, idet den tunge Mørtel af sig selv fortrænger Vandet, men Slamdannelsen vil ikke undgaa. Benytter man en sandblandet Mørtel, er det ganske nødvendigt at føre Støberøret helt til Bunds, da ellers Cementen og Sandet allejre sig lagvis.

Delte Forhold spiller ogsaa en Rolle ved Udstøbningen af de lodrette Fuger mellem Betonblokke under Vand, og Fig 315 viser Resultatet af et Forsøg, hvor en snæver Form erstatter Fugen; man ser, at den Mørtel, der er sunket ned gennem Vandet, har delt sig, mens den Mørtel, som ligger højere end

¹⁾ Anvendes af Statsbaneanlæggene, naar der er Vandtilstrømning til Byggegruben.

²⁾ *Dyckerhoff* har blandet en Beton 1:3:3 (Rullesten) og fyldt den uden Komprimering i en Tærningform, der strax stillede i Vand. Efter 28 Døgn var Trykstyrken kun 35%, mens en Beton 1:3:6, der blev stampet og derpaa stod 1 Døgn i Luften og 27 Døgn under Vand, havde den 3-dobbelte Styrke. Efter 1 Aars Forløb var Styrken i begge Tilfælde ca. det dobbelte af 28 Døgn Styrken. En saa ringe Komprimering som ved dette Forsøg vil dog næppe forekomme i Praxis, hvor Betonen komprimeres af sin egen Vægt og, saafremt Tragten anvendes, staar under Tryk ved Udstøbningen, men Tætheden vil dog altid være meget ringere end stampet Beton.

³⁾ Se om dette og de senere nævnte Forsøg: *P. Hansen*: Middelgrundsfortets Grundbygning, København 1892 (Særtryk af den tekniske Forenings Tidsskrift). Naar Betonen udstøbes med Klappase, anbefaler *Kinipple* at lade den ligge nogle Timer i Luften, inden den sænkes, og eventuelt tilsætte noget hurtigtstørknende Cement. Den halvstørknede Beton vil i ringere Grad udskylles af Vandet, hvilket skulde opveje Ulemperne ved at den bliver forstyrret i Størkningen. Ved de danske Forsøg viste det sig, at 3 Timer gammel Beton af langsomt størknende Cement lige saa megen Slamdannelse som frisk Beton og opnaede en ringere Styrke.

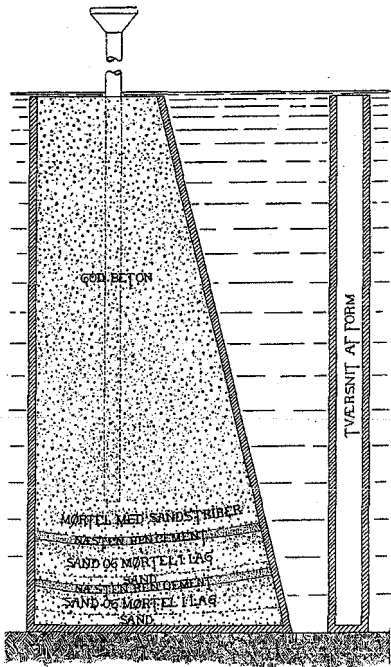


Fig. 315.

Betons Styrke, maa man derfor fremstille nogle **Prøvetærninger**²⁾, idet man i eet og alt gaar frem som i Praxis, og saa knuse disse Tærninger efter 28 Døgns Hærdning. Selv under disse Forhold kan der imidlertid gøres Indvendinger mod Resultatet, thi det samme Støpearbejde udøver en større Virkning paa den lille Tærning, navnlig naar den fremstilles i en stærk Jærnform, end paa en tilsvarende Betonmasse i en stor Støbning, hvor haade Omgivelserne og Underlaget fjerer stærkt. Alene en Forskel i **Tærningestørrelsen** kan have en meget stor Indflydelse paa Styrken, navnlig naar Betonen kun er jordfugtig. Fig. 316 viser Styrken af een- og samme Beton³⁾, eftersom den prøves i Form af Tærninger med 7,1, 20 eller 30 cm Sidelinie; Sidelinierne er afsat som Abscisser og Knusningsstyrkerne som Ordinater. De fuldt optrukne Linier gælder for en plastisk Konsistens (11 Vægtprocent Vand) efter en Hærdningstid af henholdsvis 7 Døgn, 28 Døgn, 3 Maane-

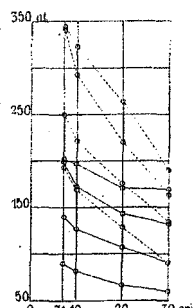


Fig. 316.

¹⁾ Om Udforing af Brønde paa denne Maade se Beton & Eisen 1910, S. 233.

²⁾ mindst 3.

³⁾ Grusbeton 1:4 efter Vægt; hvert Tal er Middeltal af 5 Forsøg udførte af Burchartz (Mitteilung aus dem K. M. A. 1903, S. 111).

der og 6 Maaneder, de punkterede Linier gælder for en jordfugtig Konsistens (7,5%) efter de samme Hærdningstider. Tærningernes Styrke ligger altsaa altid mer eller mindre højt over Betonens Styrke i Bygværket.

At Friktionen mellem Trykpladerne og Tærningerne i høj Grad forøger disses Styrke er omtalt i § 62-65. Forsøg med højere Prismen vilde derfor give Værdier, der laa de praktiske Forhold nærmere.

1138. Medens man tidligere ved Udbydelse af Betonarbejder altid foreskrev Blandingsforholdet, indskrænker man sig nu undertiden til at forlange en vis Styrke af Betonen og overlader til Entreprenøren, om han vil naa denne Styrke ved Hjælp af en fed Blanding eller ved Hjælp af særlig gode Materialer og en særlig god Blandemaskine. Under saadane Forhold maa man i Udbydelsesbetingelserne angive Prøvetærningernes Størrelse, samt om de skal støbes i Jærn- eller Træforme, og ved Fremstillingen maa man paase, at Arbejdet sker ganske som paa Byggepladsen.

1139. I Tyskland er der opstillet **Normer** for, hvorledes Tærningerne skal fremstilles, dels naar Formaallet er at kontrollere et Arbejdes Udførelse, dels naar Formaallet er videnskabeligt. De i sidste Tilfælde gældende Regler følges af den danske Statsprøveanstalt, naar denne gør sammenlignende Styrkeforsøg med indsendte Betonmaterialer, kun bruges i Tyskland altid 30 cm Tærninger, mens Statsprøveanstalten bruger 20 cm Tærninger, da dens Presse ikke kan knuse de store¹⁾.

1140. Brugen af Tærninger til Kontrolering af Betonarbejder er ikke helt praktisk, dels fordi Formene maa være meget nøjagtige, og dels fordi Tærningerne maa sendes til Statsprøveanstalten for at blive knuste²⁾. Muligvis vil Trykprøven kunne erstattes af en **Bøjningsprøve** med Bjælker, der er saa stærkt armerede, at Betonens Trykstyrke bliver bestemmende for Bjælkens Bæreevne, men denne Metode er endnu paa Forsøgsstadiet.

Derimod skal navnlig Cementstøberierens Opmærksomhed henledes paa den store Nytte, de kan have af Bøjningsforsøg med narmerede Bjælker. For Hovedparten af deres Varer (f. Ex. Rør, Fortovsfliser, Trappetrin) er det ikke Knusningsstyrken, men Bøjningsstyrken, der har Betydning, og deres Valg af Cement, Grus, Blandingsforhold, Vandtilsætning o. s. v. burde derfor altid ske paa Grundlag af det saa nemt gennemførlige Bøjningsforsøg. Ogsaa ved almindelige Betonarbejder har Bøjningsstyrken Betydning, dels direkte f. Ex. for Fundamenter, hvis Belastning er uensformig fordelt, dels indirekte, idet den meget nær er lig det dobbelte af Trækstyrken (§ 71), og af dennes Størrelse afhænger det, om Betonen faar Svindrevner eller ej. (Se § 1243, Fodnote 4).

¹⁾ Fremgangsmaaden er i Hovedtrekkene følgende: Formene er af høvlet Støbejærn med 20 cm høje Paasætningsrammer til Styling af Støperen; denne er 12 cm i Sidelinie og vejer 12 kg. Betonen indbringes i to Lag. Der stemples skiftevis i de fire Hjørner, hvorved Stampeladerne stadig kommer til at overdække hverandre med 2 cm; hvert Lag faar 43 Stod. Naar det underste Lag er stampet færdig, bliver Overfladen kradsed op, inden det næste Lag paaføres. Brudbelastningen opgives som Middeltal for 3-5 Tærninger og som Regel efter 28 Døgns Hærdning i fugtig Sand, kun undtagelsesvis efter 14 Døgn. Prøver efter 7 Døgn kan give fuldstændig misvisende Resultater. Undertiden udstrækkes Styrkeprøverne til 90 Dage, 2 Aar og 5 Aar. Om Trykket virker vinkelret paa Lagene eller parallelt med disse, er uden Indflydelse paa Styrken (Bach har dog fundet 6% større Styrke i sidste Tilfælde end i første (Mitt. über Forschungsarbeiten, Heft 72-74, S. 16)), og man plejer at benytte den sidste Fremgangsmaade, da de paagældende Tærningesider altid er plane og parallelle. Skal Trykket udøves vinkelret paa Lagene, maa Tærningens Overside eventuelt afrettes med Cementmørtel 1:1 ca. 8 Dage før Prøvningen.

²⁾ En Betonprøvemaskine (konstrueret af Mariens, § 17) paa Hjul og med en Kraftydelse af 300⁰ koster 2690 Mark. En Støbejærnsform (20 cm) med Paasætningsramme koster 48 + 26 Mark.

1141. Hvis Betonens Kvalitet ikke kontrolleres under Arbejdets Udførelse, er det hensigtsmæssig at gemme Prøver af Gruset og Stenene samt af Cementen¹⁾ (hvis denne ikke er bleven undersøgt) for, hvis Arbejdet falder uheldigt ud, at kunne paavise hvor Fejlen ligger og specielt, om det foreskrevne Blandingsforhold ikke er overholdt. Blandingsforholdet i den hærdnede Beton kan nemlig bestemmes ved at opløse Cementen i Saltsyre, forudsat at man kender den Mængde Grus og Sten, der samtidig gaar i Opløsning²⁾.

5. Cementmørtels og Betons Egenskaber.

a. Elasticitet.

1142. Naar Beton belastes første Gang, faar den en lille blivende Formforandring, der forøges lidt ved de følgende Belastninger, men Forøgelsen bliver mindre og mindre, og efter tilstrækkelig mange Gentagelser forsvinder den ganske, saa at Betonen er bleven fuldkommen elastisk overfor den paa-gældende Belastning og alle mindre. En større Last vil derimod fremkalde en ny blivende Formforandring, der kræver en ny Række Gentagelser af Belastningen for at blive konstant o. s. v. Jo større Belastningen er, des flere Gentagelser maa der til for at gøre Betonen fuldkommen elastisk, og der kommer selvfølgelig et Punkt, hvor det overhovedet ikke mere er muligt, idet hver Gentagelse fremkalder en ny blivende Formforandring, indtil endelig Bruddet sker³⁾.

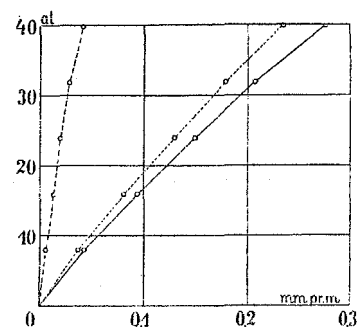


Fig. 317. Betons Tryk-Arbejdslinie.

Hverken de elastiske eller de totale Formforandringer følger Hookes Lov, men voxer hurtigere end Spændingen, saaledes at Elasticitetskoefficienten aftager med voxende Belastning⁴⁾. Fig. 317 viser Tryk-Arbejdslinien op til 40^{at} for en af Bach undersøgt Beton 1 : 2½ : 5⁵⁾.

God Beton vil dog med voxende Alder mere og mere nærme sig til at følge

¹⁾ mindst 3¹ af hvert Materiale.
²⁾ Hvis Gruset og Stenene ikke indeholder Stoffer, der er opløselige i Saltsyre (Calciumkarbonat, opløselig Kiseltsyre, Lerjord, Jærnoxyd), gaas frem paa følgende Maade: Ca. 3 kg Beton knuses, tørres og behandles med fortyndet Saltsyre, indtil Cementen er fuldstændig opløst. De ikke opløste Stoffer frafiltreres og behandles med fortyndet Natronlud, der optager den ved Cementens Opløsning udskilte Kiseltsyre, hvorefter de tørres og vejes; deres Vægt trukket fra Betonens Vægt giver Betonens Indhold af hærdnet Cement. For at finde Indholdet af Cement i dennes oprindelige Tilstand maa der adtages en Gennemsnitsprøve af den tørrede Beton og af det tørrede Grus- og Stenmateriale og disse Prøvers Glødningstab bestemmes; Differensen er lig med den hærdnede Cements Glødningstab (o: Indholdet af Vand og Kulsyre). Har man f. Ex. fundet, at 100 kg tørret Grusbeton indeholder 72 kg tørret Grus, maa Indholdet af tørret, hærdnet Cement være 28 kg; har man endvidere bestemt Glødningstab for den tørrede Beton og det tørrede Grus til henholdsvis 8 og 2 kg, bliver Glødningstab for den tørrede, hærdnede Cement 6 kg, og følgelig er Betonen blandet af 22 kg udglødet Cement og 72 kg tørret Grus o: i Vægtforholdet 1 : 3,3.

³⁾ Ved Trykforsøg med 5-6000 Vexlinger har man fundet en Brudbelastning, der kun var 55% af den normale.

⁴⁾ Arbejdslinien for Træk er første Gang bestemt af Grut og Nielsen (Ingeniøren 1896, S. 39). Brudforøgelsen er omtalt i § 25.

⁵⁾ Tilslagsstofferne var Sand og Singel fra Donau. Ved ca. 40^{at} Spænding ses Elasticitetskoefficienten at være 170000^{at} og den blivende Forkortelse 17,8% af den elastiske. Ved Skærve-

Hookes Lov, samtidig med at Elasticitetskoefficienten stiger og de blivende Formforandringer aftager¹⁾.

Løvrigt er Betonens Elasticitetskoefficient meget variabel. Den er større for Skærvebeton end for Grusbeton, større for maskinblandet Beton end for haandblandet, større for federe Blandingsforhold end for magrere²⁾, større for en tørre end for en vaadere tilberedt Beton.

1143. Som Exempel paa nogle af disse Forholds Indfyldelse skal anføres følgende Middeltal af en meget stor Forsøgsrække, som Bach har udført. Trykstyrken er funden ved Hjælp af 30 cm Tærninger, 100 Dage gamle, Elasticitetskoefficienten ved Hjælp af 1 m høje Cylindre med 25 cm Diameter og 100-128 Dage gamle. For Blandingen 1 : 2½ : 5 gælder Elasticitetskoefficienten ved en Spænding af ca. 41^{at}, for Blandingen 1 : 4 : 8 ved en Spænding af ca. 33^{at}.

	Skærvebeton		Grusbeton	
	Maskinbl.	Haandbl.	Maskinbl.	Haandbl.
1 : 2½ : 5 {	$E_{c\ at}$: 399000	367000	330000	313000
	$S_{c\ at}$: 327	294	286	260
1 : 4 : 8 {	$E_{c\ at}$: 416000	321000	309000	262000
	$S_{c\ at}$: 245	222	223	182

Herefter vil man i Gennemsnit for stærkt stampet³⁾ Skærvebeton og Grusbeton kunne regne E_c lig henholdsvis 375000 og 300000^{at}.

Nogle andre Forsøg af Bach med Grusbeton, 80-90 Dage gammel, gav følgende Resultat⁴⁾:

Blanding	1 : 3		1 : 4		1 : 7	
	8 %	14 %	8 %	14 %	8 %	14 %
Vandtilsætning						
E_c ved 61,3 ^{at}	240000	209000	211000	170000	148000	
» » 40 »	254000	220000	223000	183000	163000	
» » 3 »	300000	272000	273000	250000	214000	107000
E_t » 3 »	240000	209000	242000	223000	165000	102000
» » 7,7 »	203000 ⁵⁾	175000	191000 ⁶⁾	175000	165000 ⁷⁾	

beton har Forholdet mellem den blivende og den elastiske Forkortelse en lignende Størrelse.

Ved Trykforsøg med Cementmørtel af Donausand (hovedsagelig Kalk) fandt Bach følgende Elasticitetskoefficienter ved en Spænding af 40^{at}:

Mørtelens Blandingsforhold	1 : 0	1 : 1,5	1 : 3	1 : 4,5
Mørtelens Vægtfylde	2,07	2,12	2,04	1,92
Elasticitetskoefficienten i at	184000	237000	184000	129000

Som man ser, har Blandingen 1 : 1,5 den største Elasticitetskoefficient, mens ren Cement og 1 : 3 staar ens og 1 : 4,5 betydeligt lavere. Dette Forhold skyldes sikkert Prøvelegemernes forskellige Tæthed, da Vægtfylden varierer paa samme Maade. Fig. 318 viser de elastiske Arbejdslinier (Kurven for den rene Cement er udeladt, da den næsten falder sammen med Kurven 1 : 3). De blivende Forkortelser udgjorde 3-10% af de elastiske, idet Procenttallet voxede med Sandmængden og med Spændingen.

¹⁾ For maskinblandet Skærvebeton 1 : 2½ : 5 med 4,1% Vand, 6% Aar gammel, fandt Bach E_c = 560 000 og 527 000^{at} ved en Spænding af henholdsvis 21 og 102^{at}, og ved sidstnævnte Spænding var den blivende Sammentrykning kun 2,6% af den totale (Mitteilung über die Druckelastizität und Druckfestigkeit von Betonkörpern mit verschiednem Wasserzusatz, III Teil, Stuttgart 1909).

²⁾ i alt Fald ved Haandblanding. Se dog den næstsidste Fodnote.

³⁾ Vandtilsætningen laa mellem 3 og 5,7 Vægtprocent.

⁴⁾ Gruset bestod af 3 Dele Sand (0-5 mm) og 2 Dele Sten (5-20 mm). Elasticitetskoefficienterne er bestemt paa Grundlag af de totale Sammentrykninger (Mörsch: Der Eisenbetonbau, Stuttgart 1906, S. 25).

⁵⁾ ved 9,2^{at}: 196000. ⁶⁾ ved 6,2^{at}: 200000. ⁷⁾ ved 6,2^{at}: 194000. ⁸⁾ ved 3,9^{at}: 140000.

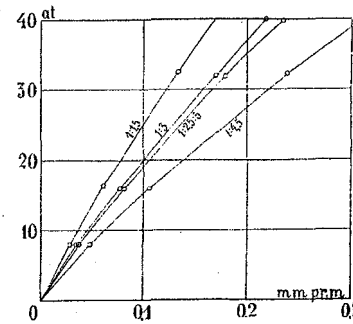


Fig. 318. Cementmørtels Tryk-Arbejdslinier.

Disse Betonsorter eller rettere de fire første var bestemt til Jærn betonarbejder, og de 8 og 14¹/₁₀ Vand skulde være de Grænser, udenfor hvilke man ikke kommer i Praxis; den med 14¹/₁₀ Vand tilberedte Beton var endog væsentlig vaadere, end den nogensinde bruges i Praxis. Som Middeltal for de fire første Blandinger findes Trykelasticitetskoefficienten ved 40^{at} Spænding at være 220 000^{at} eller ca. ¹/₁₀ af Stalets.

b. Styrke.

1144. Styrken af Cementmørtel og Beton afhænger for det første af Cementens Kvalitet; jo stærkere **Cementen** viser sig, naar den prøves efter Normerne, des stærkere bliver ogsaa den Mørtel og Beton, hvortil den benyttes.

I efterfølgende Tabel findes Resultaterne af nogle Knusningsforsøg med Grusbeton 1:2¹/₂:5 og 1:4:8 fremstillet af to forskellige Cemente, men iøvrigt under ganske ens Forhold¹⁾:

Betonens Blandingsforhold	1:2 ¹ / ₂ :5				1:4:8			
	jordfugtig		blød		jordfugtig		blød	
Betonens Konsistens	28	90	28	90	28	90	28	90
Betonens Alder i Døgn	28	90	28	90	28	90	28	90
Cement med S _c ⁷ = 186 ^{at} , S _c ²⁸ = 272 ^{at} . . .	203	284	181	265	122	187	94	158
Cement med S _c ⁷ = 124 ^{at} , S _c ²⁸ = 182 ^{at} . . .	135	185	106	143	70	96	46	67
Forholdstal	1,50	1,54	1,71	1,85	1,74	1,95	2,04	2,36

Betonens 28 Døgns Styrke bliver altsaa 50—104% forøget, naar Cementens Normstyrke efter 28 Døgn forøges med 50%. Det er følgende af største økonomiske Betydning at bruge den stærkest mulige Cement, navnlig naar Betonen er mager og udstøbes vaadt.

1145. Betonens Knusningsstyrke voxer med Alderen (§ 1005-6, 1013, 1068, 1108, 1134, 1144, 1167), i alt Fald indtil den er bleven en halv Snes Aar gammel, og den endelige Styrke ligger antagelig mellem 2 og 2¹/₂ Gange 28 Døgns Styrken²⁾. Sættes denne lig 100, har man f. Ex. for Grusbeton fundet følgende relative Knusningsstyrker:

Betonens Blandingsforhold	Hærdningsmaade	Betonens Alder			
		7 Døgn	28 Døgn	3 Mdr.	6 Mdr.
1:5 ³⁾	Vand	68	100 ⁴⁾	134	151
1:6 ⁴⁾	fugtig Sand	71	100 ⁵⁾	122	
1:7 ⁴⁾	do.	70	100 ⁵⁾	124	
1:8 ⁴⁾	do.	69	100 ⁵⁾	125	

¹⁾ Der undersøgtes 5 forskellige Sandsorter og fremstilledes 5 Tærninger (30 cm) af hver Sort, men i Tabellen er kun Middeltallet for de 25 Tærninger indført. Tærningerne hærdnede under fugtig Sand (se Handb. für Eisenbetonbau, II Band, S. 58).

²⁾ Ved Bygningen af en Bro over Donau ved Munderkingen fandtes nedenstaaende Knusningsstyrker. Betonens Blandingsforhold var 1:2¹/₂:5 (Skærver), den blandedes paa Kugletromle og var stærkt plastisk (5—7% Vand); Hærdningen foregik i Luften (20 cm Tærninger):

Alder	7 Døgn	28 Døgn	5 Mdr.	2 Aar	8 Mdr.	9 Aar
S _c ^{at}	202	254	332	520	570	

³⁾ Blandingsforholdet er opgivet efter Vægt, Tærningerne var 30 cm i Sidelinie. Forsøget omfatter 5 forskellige Grussorter og forskellige Cemente. Vandtilsætningen var 7,5—11¹/₁₀%, og kun en Blanding var jordfugtig, de øvrige plastiske. De tre første Tal er Middeltal for 25 Tærninger, det sidste kun for 15 (Mitt. aus dem K. M. A. 1903, Heft 3).

⁴⁾ Blandingsforholdet er efter Rumfang. Tærningerne henlaa i fri Luft, men beskyttet mod Vejret. Forsøget omfatter 5 forskellige Grussorter, og hvert Tal er Middeltal for 25 Tærninger (5 af hver Grussort). Vandtilsætningen var 5,1—7,3% (Jahresbericht des K. M. A. 1905).

⁵⁾ De absolute Styrketal var henholdsvis: 83, 151, 131 og 107^{at}.

men selvfølgelig spiller Cementens Natur (navnlig om den er hurtig eller langsomt stærknende), Vandtilsætningens Størrelse (§ 1084) og Temperaturen en stor Rølle.

Bach fandt ved Forsøg med Grusbeton 1:2:3, der holdtes vaad i de første 7 Døgn og derpaa hærdnede i Luften, følgende relative Styrketal¹⁾:

Alder	28 Døgn	45 Døgn	6 Mdr.	1 Aar	
S _c {	vaad Beton	100	109	156	172
	tør	100	112	150	165
S _t {	vaad	100	98	128	192
	tør	100	111	157	191

1146. Sandets Indflydelse paa Styrken er omtalt i § 1050-60, 1072-79, 1114 og 1167, Stenenes i § 1061-79, 1114 og 1143, Stengruset i § 1071-79, Vandtilsætningens i § 1054, 1080-5, 1144 og 1151²⁾, Blandingsmaadens i § 1097, 1143 og 1151, Komprimeringsmaadens i § 1124 og 1134, Tæthedens i § 1050, 1055, 1074, 1078 og 1134, Hærdningsmaadens i § 1013, 1027-8 og 1167-8, Spændingsvariationers i § 1142, Indflydelsen af Prøvelegemets Form og Størrelse m. m. i § 786-7 og 1137 og af Blandingsens Friskhed i § 1098. Der staar da hovedsagelig kun tilbage at omtale Blandingsforholdets Indflydelse.

1147. Selv om man kender Blandingsforholdet, er det umuligt at angive Styrken, da alle de i § 1146 nævnte Indflydelser gør sig gældende. Overalt hvor Styrken er bestemmende for et Bygværks Dimensioner, bør man derfor anstille Forsøg med den Betonblanding, der skal bruges. Den tilladelige Trykpaavirkning kan da sættes til ¹/₅ af Knusningsstyrken efter 28 Døgns Hærdning, idet det maa erindres, at Sikkerhedsgraden i Tidens Løb voxer til det dobbelte³⁾. Man bør altid lade Cementen undersøge samtidig og kan da regne, at Betonens Styrke er proportional med Cementens Normstyrke; dette er ganske vist i højeste Grad problematisk (§ 1008, 1144), men en nøjagtigere Lov for Cementens Indflydelse lader sig næppe opstille i Øjeblikket.

For Arbejder, ved hvilke der ikke anstilles Forsøg, vil de følgende Paragraffer i Forbindelse med § 1075-9, 1087-96, 1114, 1124 og 1143-4⁴⁾ give nogen Vejledning.

1148. Sandmængdens Indflydelse paa Mørtlens Styrke, naar denne prøves med Normalsand og efter Cementnormerne, fremgaar af følgende Forsøg⁵⁾:

Konsistens	for tør	tør	vaad	for vaad
S _c	100	82	73	61
S _t	100	95	85	87

¹⁾ Forscherarbeiten, Heft 72—74, S. 61. Angaaende Betydningen af Betegnelserne *vaad* og *tør* se den næste Fodnote.

²⁾ Bach (Mitt. über Forschungsarbeiten, Heft 72—74) tilberedte samme Beton med 4 forskellige Vandmængder, nemlig 6,8, 7,8, 9,0 og 10,0 Vægtprocent, hvorved der fremkom 4 Konsistenser, som jeg vil betegne som: for tør, tør, vaad og for vaad; den første Konsistens var kun jordfugtig, de to mellemste skulde svare til den tørreste og vaadeste Konsistens, der i Praxis bruges til Grusbeton. Efter 45 Døgns Hærdning under fugtig Sand fandtes følgende Styrkeforhold, idet den tørreste Blandings Styrke er sat lig 100:

³⁾ Styrkens Forringelse ved gentagne Paavirkninger er omtalt i § 1142. samt § 1068, 1084. Ved de i Fodnoten til § 1146 omtalte Forsøg fandt Bach for Grusbeton af vaad Konsistens, at Styrken varierede paa følgende Maade med Blandingsforholdet (Styrken af Blandingen 1:2:3 er sat lig 100):

Blandingsforhold	1:3:4	1:2:3	1:1 ¹ / ₂ :2
S _c	69	100	131
S _t	73	100	134

Mitteilungen aus dem K. M. A. 1896, S. 273. Se ogsaa § 1006-7, 1055-6 og 1167-8.

Blandingsforhold	1:0	1:2	1:3	1:5	1:7	1:9
Relativ Trykstyrke (28 Døgn)	183	135	100 ¹⁾	46	26	17
Trækstyrke (28)	256	143	100 ¹⁾	58	37	30

Saafrømt man af disse Tal vil beregne den absolute Styrke, maa man erindre, at Prøvelegemerne er komprimerede med Hammerapparat, og at Styrken i Praxis næppe bliver mer end halv saa stor. For Mørtel har slige Styrkeforsøg overhovedet ringe Betydning, dels fordi den tilladelige Paavirkning maa afpasses efter Stenenes Kvalitet (§ 925), og dels fordi Hensynet til Mørtlens Smidighed under Muringen og Vejrfasthed som Regel kræver et federe Blandingsforhold end Styrkehensynet.

1149. Af langt større Betydning er **Betons Styrke**. Nyere Forsøg giver betydelig større Styrke end ældre, fordi der nu fabrikeres stærkere Cement, og fordi Betonen nu fremstilles mere rationelt, navnlig i Henseende til Stenmaterialets Sammensætning.

Som tidligere nævnt er Betonens Styrke som Regel større end den tilsvarende Mørtels, forudsat at Stenene er stærke og fuldstændig omgivne med Mørtel. Derimod er en porøs Beton naturligvis svagere end en tæt Mørtel.

Ved de i § 1114 omtalte Forsøg med københavnske Materialer og plastisk Støbning i Træforme (15^{cm} Tærninger) fandtes følgende Styrke angivet i Procent af Cementens Normstyrke (333^{at}). Tærningerne opbevarede tørt i et Skur til de var 28 Døgn gamle:

Blandingsforhold efter Rumfang	Relativ Knusningsstyrke ved Anvendelse af:	
	Bakkegrus	Strandgrus
1:3	50	50
1:4	43	
1:5	38	
1:2:3 Blandingskærver	64	59
1:2:3 Granitskærver	54	48
1:2:3 Nøddesten	57	56
1:3:3 Blandingskærver	57	
1:3:5 Nøddesten	45	

Hverken ved disse eller ved de Side 407 omtalte Forsøg med plastisk Beton er det altsaa lykkedes at faa Betonstyrken op over 64% af Cementens Normstyrke.

Som Middeltal af en meget stor Forsøgsrække med baade jordfugtig og plastisk Beton (30^{cm} Tærninger, 28 Døgn i fugtig Sand) fandt *Bach* følgende Styrke angivet i Procent af Cementens Normstyrke (345^{at}):

Blandingsforhold efter Rumfang	Betonens Art	Blandet med	
		Maskine	Haanden
1:2 ¹ / ₂ :5	Skærvebeton	82	75
	Grusbeton	73	65
1:4:8	Skærvebeton	61	55
	Grusbeton	57	46

¹⁾ De absolute Styrketal var: $S_c = 253^{at}$, $S_t = 25,4^{at}$.

Tærningerne blev stampet meget kraftigt, og Stenene var i Forvejen blandede af finere og grovere Materiale, saa der kun var et ringe Hulrum for Mørtlen at udfylde¹⁾.

1150. Ved **smaa Betonarbejder**, hvor der ikke forud gøres Forsøg med Betonen, maa man i Mangel af andet Holdepunkt gaa ud fra, at Styrken er proportional med Betonens Cementindhold og saa regne med en rigelig Sikkerhedskoefficient. For Skærvebeton af gode Natursten og med 1 Maal Sand til 2 Maal Skærver kan **den tilladelige Paavirkning** efter 28 Døgn Hærdning sættes lig med det Tal, der angiver Cementmængden, naar Skærvemængden sættes lig 100, altsaa:

Blandingsforhold:	Tilladelig Trykspænding:
100:50:25 (1:2:4)	25 ^{at}
100:50:20 (1:2 ¹ / ₂ :5)	20 ^{at}
100:50:16,7 (1:3:6)	17 ^{at}
100:50:12,5 (1:4:8)	13 ^{at}

For Grusbeton bør Spændingerne reduceres med 10%.

For Beton af gamle Murstensskærver 1:4:8, som den bruges til Husfundamenter, sættes den tilladelige Spænding gerne til 7^{at}. Se ogsaa § 925.

1151. Betonens **Trækstyrke** er kun ¹/₁₂—¹/₂₀ af Trykstyrken, og i Praxis tør man derfor slet ikke gøre Regning paa den²⁾.

Bøjningsstyrken, bestemt som Forholdet mellem Brudmomentet og Modstandsmomentet, er meget nær lig 2 Gange Trækstyrken (§ 71³⁾), og ved særlig god Beton tillader man undertiden en Bøjningsspænding af indtil 3^{at}. Konstruktioner, i hvilke der kan opstaa Svindrevner, maa man enten gøre saa massive, at de kan staa uden Trækspændinger, eller ogsaa maa man indlægge Jærn i de strakte Partier.

Forskydningsstyrken er undersøgt af *Bach* ved Bøjningsforsøg med Bjælker af den i Fig. 319 viste Form og med armeret

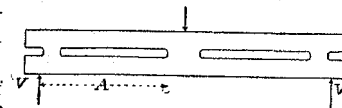


Fig. 319.

Underside. Naar en saadan Bjælke belastes, vil der komme store Forskydningspændinger i de to yderste Knaster, der forbinder Overdelen med Under-

¹⁾ Grusbetonen 1:2¹/₂:5 blandedes saaledes i Virkeligheden af 1 Cement, 2¹/₂ Sand, 1¹/₄ smaa Flodsten (5—15 mm), 3¹/₂ store Flodsten (15—40 mm) eller af 2¹/₄ Maal smaa Sten og 3 Maal store Sten, hvorved ¹/₄ Maal Smaasten blev optaget i de store Stens Mellemrum; de 8 Maal Sten i Blandingen 1:4:8 fremkom paa samme Maade ved Blanding af 2,8 Maal smaa med 5,6 Maal store Sten eller af 3,6 Maal smaa Sten med 4,8 Maal store Sten. Om Skærvene se Fodnoten i § 1068. Vandtilsætningen varierede mellem 3 og 5,7 Vægtprocent. Betonens Elasticitetskoefficient og Styrke efter 100 Dages Hærdning findes angivet i § 1143; Styrtkelivæxten er kun ca. 15%.

²⁾ For Mørtelgøder af 1 C:3 S, ca. 9% Vand, 28 Døgn gamle, 50^{cm} Tværsnit fandt *Bach* $S_c = 17,35$ og 25,10 henholdsvis ved Haandblanding og Maskinblanding. For Legemer af Grusbeton, ca. 3 Maaneder gamle, fandt han:

Blandingsforhold	1:3		1:4		1:7	
	8%	14%	8%	14%	8%	14%
Vandtilsætning						
Trækstyrke	12,6	10,5	9,2	8,8	4,4	5,5
Bøjningsstyrke	21,4	23,2	16,1	16,7	13,3	12,8
Trykstyrke	280	195	220	153	127	88
Forskydningsstyrke	36	30	31	28	26	19

³⁾ Ved Forsøg med 60^{cm} brede Plader af Grusbeton 1:3¹/₂, 268 Dage gamle, 7,8—11,5^{cm} høje, spændvidde 1,5 m fandtes $S_c = 308^{at}$, $S_t = 25^{at}$, $S_b = 48^{at}$; Træk- og Trykprøvelegemerne blev indgjæst af Pladerne. (*Mörsch*: Der Eisenbetonbau, 1906, S. 30). Se ogsaa den foregaaende

delen, uden at disse Spændingers Størrelse dog kan angives bestemt. Den Beregningsmaade, der brugtes, gav til Resultat, at Forskydningsstyrken laa mellem $\frac{1}{4,6}$ og $\frac{1}{7,8}$ af Trykstyrken, idet Forholdet aftog med voxende Trykstyrke¹⁾.

c. Slidfasthed.

1152. Cementmørtels Modstand mod Slid spiller navnlig en Rolle for dens Anvendelse til Gulv- og Fortovsfliser og til Pudslag paa Gulve og Betonveje (§ 1131-3). Slidfastheden er mindre end Klinkers.

Ved ensartede Slidforsøg paa Berlinerlaboratoriet med 28 Døgn gamle Prøvestykker fremstillede af Normalsand og hærtnede i fugtig Luft fandtes følgende Slidtab:

Blandingsforhold	1:1	1:2	1:3	1:0	1:4
Slidtab i cm ²	15,3	17,1	32,4	42,3	58,1

Mørtlerne 1:1 og 1:2 staar altsaa omtrent ens og er betydelig bedre end magrere Blandinger og ren Cement²⁾. Til Slidlag benytter man derfor saa godt som altid eet af de to nævnte Blandingsforhold, og den magreste Mørtel maa i Reglen foretrakkes, fordi den svinder mindst (§ 1028).

Mørtler af groft Sand er mere slidfaste end Mørtler af fint Sand, og særlig egnet til dette Brug er $\frac{1}{16}$ " Granitskærver, men de er ogsaa meget dyrere end almindeligt skarpt Sand.

Til Gadefliser foretrakkes ofte **bornholmsk Grus** (§ 807, 1060), fordi det næsten udelukkende bestaar af Feldspat, hvis Slidfasthed er omtrent den samme som Cementens, saa at Flisens Overflade bevarer sin Jævnhed og dermed sin Modstandskraft. Anvendes Kvartssand, der ikke slides nævneværdigt i Forhold til Cementen, vil de fremstaaende Kvartskorn blive stødt af under Færdslen, og de tilbageblevne Cementkammer vil da slides særlig hurtigt.

Ved den underjordiske Bane i Paris har man forsøgt at bruge **Karborund** (§ 878) i Stedet for naturligt Sand til Trappetrin og Fliser, der er udsat for meget stærk Færdsel, og Resultatet har været udmærket, idet Karborundmørtlen bevarer sin Ruhed og ikke slides nævneværdigt (*Teknisk Forenings Tidsskrift* 1910, S. 88).

I Pakrum med Vogntødsel har man med Held formindsket Slidved at blande **Jærnfjlsk-spæner** i Mørtlen. Spænerne maa være oliefri; der bruges ca. 7 kg pr. m² af et 3 cm tykt Mørtellag af 1 C:2 S (*Beton & Eisen* 1908, S. 316).

d. Vandtæthed.

1153. Al Cementmørtel og Beton indeholder Porer, gennem hvilke Vandet kan sive, naar Trykhøjden er tilstrækkelig stor, men det er godtgjort ved Laboratorieforsøg, at man kan fremstille Beton, der endnu holder tæt ved 5—6^{at} Vandtryk, selv om Godstykkelsen kun er ringe; i et saadant Tilfælde maa Porerne være meget fine, siden den Modstand, de gør mod Vandbevægelsen, ikke kan overvindes af en Trykhøjde paa 50—60^m.

¹⁾ De absolute Styrketal findes i denne Paragrafs 1' Fodnote. Forskydningsstyrken bestemtes ved Hjælp af Formlen: $S_f = \frac{V \cdot S}{2 \cdot I} \cdot \frac{l}{F}$, hvor V er Reaktionen, S det statiske Moment m. H. t.

den neutrale Axe af den Tværnsnitdel, der ligger over Axen, I Tværnsnittets Inertimoment, l Bjælkens Spændvidde og F Endeknastens vandrette Tværnsnitareal (*Mörsch*: Der Eisenbetonbau, 1906, S. 44).

For Betonen 1:3 med 14^o/₁₀₀ Vand og 2 Aar gammel fandt Mörsch $S_c = 308$ at, $S_t = 15,5$ at, $S_f = 65,9$ at. Ved disse Forsøg var Fremgangsmaaden analog med den paa Fig. 181 (§ 601) viste, kun var der to Snitflader.

²⁾ En Sammenhæng mellem Cementens Styrke og Slidfasthed er det ikke lykkedes at paavise.

Naar Stenene og Sandskornene er uporøse, maa Vandbevægelsen ske gennem Cementen, og en Forøgelse af Cementmængden, udover hvad der kræves til at mætte Sandet, kan derfor ikke antages at ville forøge Vandtætheden. Fremfor alt maa man dog naturligvis sikre sig, at Sandet er mættet, og af Hensyn til Blandingens Mangelfuldhed vil man derfor i Praxis ikke turde bruge magrere Blandinger end 1:2.

Modstanden mod Vandbevægelsen afhænger naturligvis af det samlede Gennemstrømningsareals Størrelse, men dog i langt højere Grad af, om dette Areal er samlet i enkelte grove Porer eller fordelt over mange fine; Vandbevægelsen gennem et Filter af groft Sand er saaledes langt stærkere end gennem et Filter af fint Sand, til Trods for at de to Sandsorter har omtrent samme Hulrumspcent, og Vandbevægelsen gennem magre Mørtler følger samme Lov.

Sandets Indflydelse paa de fede Mørtlers Vandtæthed er ikke fuldt oplyst. Ofte tilraades Brugen af fint Sand, men det er næppe rigtigt¹⁾. Til Tagsten og lignende Smaagenstande, hvis Svind ikke medfører Revner, vil en Blanding af 75 Vægtprocent middelfine Korn ($\frac{1}{2}$ —2^{mm}) og 25% fine Korn (< $\frac{1}{2}$ mm) vistnok være bedst egnet, og til sammenhængende Betonstøbninger og Pudslag, hvis Vandtæthed naturligvis først og fremmest er betinget af at Svindrevner undgaas, bør man vist snarere have Opmærksomheden henvendt paa, at Sandet ikke er for fint end paa det modsatte.

Vandtætheden kan **prøves** paa samme Maade som Tagstens (§ 941) eller ved langs Prøvestykkets Rande at fastklæbe vandtæt Papir, saa der dannes en Skaal, hvori Vandet fyldes²⁾. Større Trykhøjder (indtil nogle Meter) kan tilvejebringes ved ovenpaa Prøvestykket at faststøbe en almindelig Glastragt med nedadvendende Munding og forlænge Stilken med en Kautsjukslange og et Glasrør. Til Prøvning for meget store Tryk har man særlige Apparater.

1154. **Vandtæt Beton** maa fremstilles af uporøse Sten og en fed Mørtel. Mørtelmængden maa være rigelig i Forhold til Stenene, og disse maa helst være runde og smaa³⁾. Konsistensen skal være plastisk, og Stampningen maa udføres meget omhyggeligt. Vandbeholdere, der er fremstillet paa denne Maade og med fornøden Vægttykkelse (thi Tætheden voxer naturligvis med denne) er ofte saa tætte, at de ikke behøver at pudses, men blot kosteres over med Cementvælling⁴⁾. Selv om der i Begyndelsen finder en Gennemsvivning Sted, vil denne gerne opføre af sig selv, efterhaanden som Hærdningen skrider frem, og Porerne fyldes med Kalksalte. Dette gælder dog kun, naar Gennemsvivningen er svag, ved stærk Vandgennemstrømning vil tvært imod Cementen blive udvasket af Betonen, idet Vandet opløser Kalken og ved Berøring med Luften

¹⁾ Jeg har sammenlignet fint Strandsand, som det bruges til Finpuds af Kalkmørtel, med groft Strandsand, som det bruges til Beton; Blandingsforholdet var 1 C:3 S efter Vægt og 2^o Vægtprocent Vand. Almindelige Tegsten blev pudsede med et ca. 1,5 cm tykt Mørtellag, og paa dette kittedes smaa Glasrør, der fyldtes med Vand, da Mørtlen var bleven 15 Døgn gammel. For det fine Sands Vedkommende sank Vandstanden i Røret fra 5 cm til 0 i Løbet af 9 Timer; da Mørtlen var bleven 20 Døgn gammel, fyldtes Røret atter, og denne Gang medik der 83 Timer til Tæmningen. Mørtlen af det grove Sand var formentlig helt tæt, men det lod sig ikke konstatere paa Grund af en Utæthed i Kittet; da Mørtlen var bleven 24 Døgn gammel, gentoges Forsøget, og Vandet sank da $3\frac{1}{2}$ mm i Løbet af 144 Timer, og ogsaa her var en Utæthed medvirkende; da Mørtlen var bleven 40 Døgn gammel, blev der hældt 15 cm Vand i Røret, og det svandt kun 1 mm i Løbet af 51^{1/2} Time.

²⁾ Papiret kan gøres vandtæt og fastklæbes med en Blanding af Kolophonium og Vox. Stalden fyldes med Vand i en Højde af 5 cm.

³⁾ Det maa anbefales at benytte Sten, der kan passere et rundt Hul med 3 cm Diameter, og ikke bruge magrere Blandinger end 1:2:4.

⁴⁾ Ogsaa Betonrør behandles ofte indvendigt paa denne Maade.

udfælder den i Form af Calciumkarbonat paa Betonens Overflade. I Kloaker og Kælderoverdækninger af porøs Beton eller porøst Murværk, hvorigennem Vandet siver, antager disse Udskillelser i Tidens Løb Karakter af Drypstensdannelse. Er Betonen frisk, og Vandbevægelsen stærk, kan der hurtigt udskilles betydelige Kalkmængder. Paa Overfladen af nystøbt Beton, der er dækket af stillestaaende Vand, kan der i Løbet af 4 Dage danne sig indtil 21 cm høje, tynde Kalkkrø, saakaldte **Betontulipaner**, naar Betonen af en eller anden Grund bliver udsat for en opadgaende Vandbevægelse¹⁾.

1155. Svære Betonkonstruktioner kan det ikke betale sig at fremstille af en vandtæt Blanding helt igennem, de overtrækkes blot med et **vandtæt Pudslag**, 1—1,5 cm tykt og af 1 Maal Cement til 1 à 2 Maal Sand; Cementen skal være langsomt storknende og Sandet af blandet Kornstørrelse (§ 1153). Pudsen, der ikke maa være for vaad, paaføres hyppigst i eet Lag og behandles strax med et Rivebrædt af Træ; efter nogle Timers Henstand kostes Fladen over med Cementvælling²⁾. Pudsen bør anbringes snarest muligt efter Betonens Afskalling, og alle de i § 1118 omtalte Forsigtighedsregler maa iagttages. Navnlige ved Pudning paa Murværk, men ogsaa ved Pudning paa Beton, er det meget vigtigt, at Bagmassen er gennemvaad, da Mørtlen ellers faar Svindrevner og skaller af. Vandbeholdere fyldes undertiden med Vand, saasnart Pudsen er storknet, og holdes under Vand i 8—14 Dage, hvilket er udmærket for Pudsen.

Pudslaget bør altid anbringes paa den Flade, der vender mod Vandet (altsaa indvendig i Vandbeholdere), saaledes at dette ikke trænger ind i Bagmassen. Kan man ikke komme til at pudse den paagældende Flade (Kældergulve og Beholderbunde, der ligger under Grundvandet), maa Pudslaget lægges paa den modstaaende Flade og fremstilles med dobbelt Omhu, at ikke Vandets Tryk skal sprænge det af³⁾.

I Kældere og lignende Steder, hvor den vandtætte Puds kan blive udsat for Slid og Slag, maa den dækkes med et Slidlag af Mørtel, Fliser eller andet.

Magrere Mørtler end 1:2 tør man næppe gøre Regning paa at faa tætte i Praxis⁴⁾, derimod kan man faa billigere vandtætte Mørtler ved at erstatte indtil $\frac{2}{3}$ af Cementen med Kulekalk⁵⁾.

1156. Betonens eller Mørtlens Vandtæthed kan forøges ved at opløse **Sæbe**

¹⁾ Forholdet kan f. Ex. være det, at man har støbt i en tørlagt Grube, og Grundvandet derpaa strømmer til. Fotograf af Betontulipaner findes i *Ingeniøren* 1910, S. 368.

²⁾ Naar Pudsen behandles paa denne Maade, er Bflh. gerne 1:2, og Arbejdet kan udføres af Arbejdsmand; selv om det senere viser sig nødvendig at stryge Overfladen med Siderosthen-Lubrose el. lign., bliver Fremgangsmaaden derfor billigere end Glitpudning (§ 1087, 1118), der er Svendearbejde.

³⁾ I slige Tilfælde anbefales det at fremstille Pudsen i to Lag af samme Blandingsforhold og tilsammen 2 cm tykke. Opgaven er vanskeligst, naar Bagmassen er Murværk, der i Reglen er mere porøst end Beton, og til hvilket Mørtlen ikke hæfter saa godt.

⁴⁾ En Del Forsøg med Mørtler 1:2 er refererede i Baumaterialienkunde 1907, Side 69.

⁵⁾ Efter Forsøg af R. Dyckerhoff (Protokoll des Vereins Deutscher Zementfabrikanten 1882, S. 43) er følgende Mørtler vandtætte strax efter Størkningen, naar Laget er 1,5 cm tykt:

Cement	1	1	1	1	1
Sand	1	2	3	5	6
Kulekalk		$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$	2

Skal Vandtætheden først naas paa et senere Tidspunkt, kan man bruge 1 Maal Sand mere eller $\frac{1}{2}$ Maal Kalk mindre. Hvilken af de nævnte Blandinger, man vil anvende, afhænger af de Fordringer, der stilles til Mørtlens Styrke.

Hvis Hårdningen foregaaer i Vand (navnlige Havvand), er det bedre at tilsætte Trass i Stedet for Kalk. I Mørtlen 1 C: 2 S kan saaledes indtil Halvdelen af Cementen erstattes med Trass.

eller **Alun** i Mørtelvandet¹⁾ eller ved at tilsætte særlige patenterede Stoffer, der hyppigst er vandskyende og tjæreagtige at se til²⁾. Til disse Stoffer hører **Ceresit**, der i Modsætning til de andre er luftfrit og af gullighvid Farve; det forøger i høj Grad Vandtætheden uden at nedsætte Styrken væsentlig³⁾.

Saafernt et udført Pudslag viser sig at være utilstrækkelig vandtæt, kan man **impregnere Overfladen** med Sæbe, Alun⁴⁾, Linolie⁵⁾, Fluat⁶⁾ m. m. eller give den et fuldstændig Overtræk af et Asfalt- eller Tjærepræparat⁷⁾; de sidstnævnte Stoffer er uopløselige i fersk og salt Vand, men kan kun anbringes paa hvidtørre Flader, og i Tidens Løb bliver de ofte skøre og porøse.

1157. **Anvendelse af Cementmørtel** som vandstandsene Lag er kun paa sin Plads ved Konstruktioner, der ikke undergaar Formforandringer paa Grund af Sætninger, vekslede Belastninger, Svind eller Temperaturvariationer, er der derimod Bevægelser i Konstruktionen, maa man bruge et elastisk Materiale som støbt eller presset Asfalt⁸⁾, Tagpap⁹⁾, Asfaltfilt¹⁰⁾ eller Tektolit¹¹⁾; og lignende Stoffer bruges, naar Konstruktionen strax skal være absolut vandtæt (Tage, Broer)¹²⁾. Til Isolation af Beboelsesbygninger mod Jordfugtigheden (vandret Lag over Sokkelen, lodret Lag paa Kældermurens Yderside) bruges heller ikke Cementmørtel, men hyppigst kunstig Asfalt, der ikke kræver nær saa mange Forsigtighedsregler.

e. Kemisk Modstandsdygtighed.

1158. Cementpulverets kemiske Sættning er omtalt i § 1015-20, Stoffer, der paavirker Størkningen, i § 1024 og Stoffer, der paavirker Hærd-

¹⁾ Man kan f. Ex. bruge lige Dele Alunopløsning (5%) og Sæbeopløsning (7%). Se ogsaa *Ingeniøren* 1908, Side 71.

²⁾ F. Ex. **Biber**. Et tilsvarende Stof, der ikke farver Mørtlen, er **Aquabar**.

³⁾ Ceresit er et vandkyende, pulverformigt Tjærepræparat, der forbandes udvort med Vand til en Grød (det vilde let klumpe, hvis det udvortes paa Arbejdspladsen), hvis Vf. er ca. 1, og som koster 1,20 Kr/kg; ved Brugen blandes Grøden i Mørtelvandet (1 Del Ceresit til 12 Dele Vand). Ved Forsøg paa Statsprøveanstalten viste 22 mm tykke Mørtelplader af 1 Cement:3 Bakkugruss sig at kunne holde tæt for 1,5 m Vandtryk. I Berlin forblev 1 cm tykke Plader (Bflh. 1:3, tilberedte med Ceresitmælk 1:10) tørre paa Undersiden, naar de udsattes for 2 m Vandtryk, og Plader, der var fremstillede paa samme Maade, men 4 cm tykke og desuden belagt med et 3 mm tykt Lag Cement udvort i Ceresitmælk, holdt sig tørre paa Undersiden ved 40 m Vandtryk. Ceresit anbefales til Isoleringsslag i Murværk og til al Slags vandtæt Puds. Se iøvrigt *Ingeniøren* 1909, S. 64 og *Beton & Eisen* 1909, S. 134.

Liebold- eller **Lux-Cement** er en tysk Cement, der er imprægneret med Stearin, og som endnu i Bflh. 1:6 er vandtæt, naar Trykket ikke er for stort. I Modsætning til alm. Cement giver den ikke Udslag, og den er mere modstandsdygtig mod Havvand og Syre. Den har dog foreløbig ingen Betydning faaet (se Handbuch für Eisenbetonbau, III Band, S. 337).

⁴⁾ For at faa Vandbeholdere tætte anbefales det at stryge den hvidtørre Cementpuds med en Oplosning af $\frac{1}{4}$ Sæbe i 3 l Vand og Dagen efter stryge med en Oplosning af $\frac{1}{4}$ Alun i 7 l Vand; der foretages i alt 2 eller 3 Dobbeltstrygninger, og Oplosningerne skal være saa varme som muligt. Denne saakaldte *Sylvesterske* Fremgangsmaade siges at være ret virksom (*Beton & Eisen* 1907, Side 270).

⁵⁾ Itrigt Vand kan dog i Løbet af kort Tid (under gunstige Forhold 4 Uger) adelægge Linoliefærnis.

⁶⁾ Man bruger gerne Magniumfluat, og det paaføres paa samme Maade som Fluociment (§ 1121). Til den første Strøgning bruges en Oplosning af 1 kg Fluatkristaller i 10 l Vand, til de paafølgende Strygninger en dobbelt saa stærk Oplosning.

⁷⁾ Af slige Præparater skal nævnes Siderosthen-Lubrose og Inertol (§ 1160), der bægge bruges til Vandbeholdere.

⁸⁾ Disse to Stoffer kan samtidig danne Slidlag og bruges derfor paa Broer, i Gaarde og Gader med Kælder under og paa flade Tage, der er aabne for Færdsel.

⁹⁾ Om Tækning med Tagpap og Pixoline se E. *Saenson*: Jærnbeton, S. 147.

¹⁰⁾ Asfaltfilt bruges baade paa hvelvede Broer og Bjælkebroer i Form af et 1 cm tykt Tæppe, der lægges løst ovenpaa Betonen og føres 16 cm op ad Sidemurene. Tæppet samles af Strimler, der klippes sammen med Asfalt (16 cm Overlæg).

¹¹⁾ Tektolit er Blyfolie paa bægge Sider belagt med asfalteret Jutevæv. Det bruges paa samme Maade som Asfaltfilt.

¹²⁾ Svære, hvelvede Broer med høj Jordopfyldning afdækkes dog undertiden med Cementmørtel.

Mængder (§ 1019), men hærder Cementen i Gibsvand eller i Opløsninger af Natrium- eller Magniumsulfat, ødelægges den lidt efter lidt.

1162. Fede Olier ødelægger Cementen, idet deres Fedtsyrer forbinder sig med Kalken til Kalkseber. Ved fede Olier forstaas Olier, der stammer fra Dyr og Planter, og som foruden Kulstof og Brint i Modsætning til mineraliske Olier tillige indeholder Ilt; de er næsten alle Forbindelser af Glycerin med Syrer. Angrebet viser sig ved, at Cementen faar gabende Revner og senere falder helt sammen. Virkningen af de dyriske Olier er større end af Planteolierne; Linoliefernis angriber endog slet ikke, da den tørrer paa Overfladen. Angrebet er dog kun stærkt, naar Mørtlen er porøs (1:3 og endnu magrere), saa Olien kan trænge ind, mens tætte Mørtler som 1:1, navnlig naar de har staaet nogen Tid i Luften, saa at der har dannet sig Kalciumkarbonat paa Overfladen, næppe angribes nævneværdigt¹⁾.

Mineralolier (ø: Olier, der fremstilles ved tør Destillation af Kul eller udvindes af Nafta, f. Ex. Tjæreolie, Petroleum, Vulkanolie) indeholder ingen Fedtsyrer og skader ikke, hvorfor de i Modsætning til fede Olier bruges til Smøring af Støbeforme. Gasværkernes Tjærebeholdere støbes gerne af Beton.

1163. At Cement beskytter **Jærn** mod Rust er omtalt i § 395 og 398, derimod angriber den undertiden **Bly** (§ 429) og **Zink** (§ 447). Betonflader, der skal beklaedes med et af disse Metaller, bør derfor først asfalteres²⁾. Københavns Telefonselskabs Kabelblokke bliver strøgne med kunstig Asfalt, for at Kablernes Blyarmering ikke skal angribes.

Jute, Linned og Halvlinned angribes ikke af Cementmørtel.

Blaakridt farves hvidt, naar man skriver med det paa frisk Beton.

f. Forhold til Havvand.

1164. Naar Cementmørtel **tilberedes med Havvand**, størkner den langsommere, og Styrken er i den første Tid noget lavere, end naar der bruges fersk Vand, men Forskellen udjævnes hurtigt og er i det Hele taget saa ringe, at man ved Kystarbejder ofte tilbereder Betonen med Havvand³⁾. Til Husbygningkonstruktioner er Havvand derimod ikke egnet (§ 1080).

Ved **Udstøbning** af Beton i **Havvand** gør naturligvis de samme Forhold sig gældende som ved Udstøbning i fersk Vand, men hertil kommer Havvandets kemiske Virkning. Naar man udstøber Betonen paa sædvanlig Maade ved Hjælp af en Kasse med bevægelig Bund, har det vist sig, at $\frac{1}{3}$ af den anvendte Cement samler sig paa Overfladen i Form af Slam. Slammen lægger sig i to Lag, øverst et sæbeagtigt, derunder et osteagtigt. Man har analyseret Cementen og Slammen og fundet følgende Sættelse af de vand-, sand- og kulstofferfri Stoffer⁴⁾:

	Dania Cement	Osteagtigt Slam	Sæbeagtigt Slam
Kalk	65,45	58,20	37,15
Kiselsyre	23,65	21,81	20,34
Lerjord	5,70	3,82	16,17
Jærntveiltte	2,74	2,94	3,67
Magnesia	0,87	2,60	15,00
Svovlsyre	0,11	8,67	7,50
Alkalier	1,48	1,96	0,17
	100,00 %	100,00 %	100,00 %

¹⁾ Som Beskyttelse mod de fede Olier som overhovedet mod Syreangreb anbefales det Kesslerske Magniumfluat. Om Beskyttelse af Beholdere for Olivenolie se *Beton & Eisen* 1909, Side 182.

²⁾ Overfor Zink kan ogsaa et tyndt Pudslag af Kalkmørtel være tilstrækkeligt.

³⁾ Se *Beton & Eisen* 1909, S. 397.

⁴⁾ P. Hansen: Middelgrundsførtets Grundbygning, S. 32.

Heraf fremgaar, at den sæbeagtige Slam er helt dekomponeret, har mistet Kalk og optaget Magnesia og Svovlsyre; den osteagtige Slam er forandret paa samme Maade, men ikke nær saa stærkt; naar det store Svovlsyreindhold undertages, er Afgivelserne fra den normale Cement ikke større, end at man maa antage, at den bløde Konsistens i højere Grad skyldes den løse Lejrning end de kemiske Forandringer.

Grunden til, at Cementen dekomponeres, er, at Kalksaltene dels opløses paa samme Maade som i fersk Vand og dels omdannes til lettere opløselige Forbindelser. Gibsen er lettest opløselig, Kalkhydratet sværere, men naar dette kommer i Berøring med Havvandets Magniumsulfat og Magniumklorid ($Mg Cl_2$), omdannes det til Gibs og det endnu lettere opløselige Kalciumklorid ($Ca Cl_2$); samtidig udskilles Magnesiahydrat, der er uopløseligt¹⁾.

Alt, hvad der er sagt om Udstøbning af Beton i fersk Vand (§ 1134), gælder derfor dobbelt ved Udstøbning i Havvand, og man maa følgelig helst undgaa en saadan Udstøbning og i Stedet støbe Blokke paa Land og først anbringe dem i Vandet, efter at de er tilstrækkelig hærdnede.

1165. Den hærdnede Betons Modstanddygtighed er først og fremmest betinget af Tætheden. Er Betonen tæt, saa Vandet kun kommer i Berøring med Overfladen, er det kemiske Angreb ringe. Ved Analysering af Mørtelprøver, der havde ligget 10 Aar i Havet, har man fundet, at den ydre Skæl (5^{mm}) havde mistet noget Kalk og optaget noget Magnesia; Kærnen var derimod uforandret. Selv dette overfladiske Angreb aftager ofte af sig selv, efterhaanden som Porerne fyldes med Magnesia og eventuelt dækkes af Slam og Vegetation; endvidere danner Havvandets kulsure Salte et Lag af kulsur Kalk, der ogsaa virker beskyttende; paa Overfladen af Betonblokke, der i 30 Aar havde ligget i det sorte Hav, har man fundet en ca. 3^{mm} tyk, meget fast Skorpe af Kalciumkarbonat, mens der i det indre endnu fandtes ca. 33 % frit Kalkhydrat.

Iøvrigt kan det overfladiske Angreb paa en billig Maade hæmmes ved at stryge Blokkene eller Pælene med Kultjære, inden de sættes i Vandet.

Er Betonen derimod porøs, vil Vandet stadig sive igennem den og dels opløse Kalken, dels omdanne den til Gibs, der forbinder sig med Lerjorden til det tidligere omtalte Kalcium-Aluminium-Sulfat, der ved sin Udvidelse sprænger Betonen, saa den faar fine Revner, der senere udvider sig til gabende Spalter. Betonens ødelæggelse begynder som Regel med Dannelsen af disse Revner, der viser sig som hvide Striber, idet Kalken gennem dem vandrer ud paa Overfladen. Den porøse Betons ringe Modstandsevne har vist sig meget tydeligt ved Kystbeskyttelsesarbejderne ved Thyborøn; her anvendtes en Tid lang Blokke af Ralbeton 1:4:8, men de ødelagdes saa stærkt, at man ved Reparationsarbejder undertiden kunde øse dem ud af Høfden med Skovl²⁾.

1166. Den Beton, der ligger over Lavvandslinien, angribes altid langt stærkere end den, der ligger under, thi ved **Bølgeslaget** og det **skiftende Tidevand** vil den højtliggende Beton udludes særlig stærkt. Hertil slutter sig

¹⁾ 100 kg Havvand indeholder gennemsnitlig: 2,7 kg Kogsalt, 0,36 kg Magniumklorid, 0,23 kg Magniumsulfat, 0,002 kg Magniumbromid, 0,14 kg Gibs, 0,07 kg Kloralkalium og 0,003 kg Kalciumkarbonat; Indholdet af Salte varierer dog meget, i Vesterhavet er der saaledes ca. 3,2 %, i den vestlige Del af Østersøen henved 2 %, og i den østlige Del af Østersøen under 1 %.

²⁾ Arbejdet paabegyndtes i 1875, og Betonens Sættelse var da 1:3:6; i 1884 gik man over til Blandingsforholdet 1:4:8, der i 1894 ændredes til 1:2:4 og i 1901 til 1:2 $\frac{1}{2}$:5 $\frac{1}{2}$; denne sidste Blanding menes kun at angribes overfladisk.

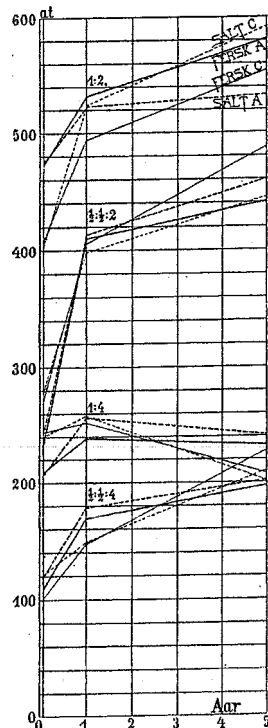


Fig. 320.

legenhed over andre Mørtelstoffer, og at Mørtlerne 1:1 og 1:2 er omtrent lige gode, mens Mørtlen 1:3 er ubrugelig. De porøse Mørtlers Ødelæggelse tilskrives væsentligst Frost, thi Cementens kemiske Sammensætning var omtrent uforandret efter 10 Aars Udsættelse for Havet, og Mørtlernes Styrke var jævnt voksende¹⁾.

¹⁾ Ved Anlægget af Vardø Havn (1876—97) benyttedes Blokke af Beton 1:3,2:6,4, men de ødelagdes saa hurtigt, at man opgav at bruge Beton mellem Lav- og Højvandslinien og gik over til Blandingsforholdet 1:1 $\frac{1}{2}$:3 $\frac{1}{2}$ for den Beton, der til Stadighed laa over og under Vand; desuden strøg man Blokke med Tjære. Man gjorde Forsøg med forskellige Mørtler, der i Form af Tærninger anbragtes i Havnen i Middelvandslinien; de magre Mørtler (1:2 og derunder) ødelagdes i Løbet af 6-10 Aar, mens enkelte Tærninger af Blfh. 1:1 holdt sig længere.

I Esbjerg Havn, hvis Anlæg paabegyndtes 1868, har Betonen holdt sig godt i Slusen og i Bassinet, mens en Lededæmning, der senere (1875—78) opførtes udenfor, blev saa stærkt angrebet af Frost og Isgang, at den meget hurtigt maatte ombygges af Granit fra Lavvandslinien og opfejer.

²⁾ Candlot mener, at ren Cementmørtel er for tæt, saaledes at Udkrystallisationerne af det tidligere nævnte Kalcium-Aluminium-Sulfat ikke kan finde Plads uden at fremkalde indre Spændinger, der gør Mørtlen skør som Glas. Han undersøgte Knusningsstyrken af to ens behandlede Prøvestykker, der havde ligget 4 Aar i Havvand. Det ene var af ren Cement og taalte kun 6,4^{at}, mens det andet, der havde Sammensætningen 1:1, taalte 54,7^{at}.

³⁾ A. Poulsen: Zement in Meerwasser, Kopenhagen 1909.

⁴⁾ Exemplarvis anføres Resultaterne af Trykforsøg med Mørteltærninger (Aalborg Cement), der omkring 1^o Marts 1897, noget over 1 Maaned gamle, anbragtes i Esbjerg Havn, dels under Lavvande, dels i Højde med Middelvande; indtil da var de opbevarede i fugtig Luft. Tærningerne var 7,1 cm i Sidelinie og komprimerede med Böhmes Hammer. Knusningen fandt formentlig Sted nogle Dage efter, at de var tagne op af Vandet, og for de beskadigede Tærningers Vedkommende

de meget stærke mekaniske Virkninger af Frost og Bølgeslaget; de ovenfor omtalte Revner behøver saaledes ikke at skyldes kemiske Forandringer, men kan ligesaagodt fremkaldes af Frost eller af de Volumenændringer, Betonen undergaar som Følge af de vexlende Fugtighedsforhold¹⁾.

1167. I Frankrig har man gjort Forsøg med store murede Blokke, der fra 1856 til 1875 blev udsatte for Havets Paavirkning paa et Sted, der var tørt ved Ebbe. De Blokke, der var murede med Portlandcementmørtel stod sig bedst, mens de, til hvilke der var brugt hydraulisk Kalk, Puzzolan, Romancement, Kalk og Trass, var stærkt angrebne eller fuldstændig ødelagte. Senere Forsøg har vist, at stampet Beton staar sig bedre end Murværk, fordi den er tættere, og at langsomt størknende Cement af samme Grund staar sig bedre end hurtig størknende.

Af Portlandcementmørtlerne stod de sig bedst, hvis Sammensætning var 1:1 eller 1:2, mens magrere Mørtler var for porøse. Ren Cement var ikke holdbar²⁾. Candlot uddrager af disse Forsøg, at man bør bruge de nævnte Blandinger og anvende en Sandsort, der kun i ringe Grad indeholder fine Korn, mens det med fint Sand er vanskeligt at opnaa tilstrækkelig Tæthed.

Den skandinaviske Portlandcementfabrikantforening har gjort en Del Forsøg til Bedømmelse af Betons Varighed i Havvand³⁾, og disse Forsøg viser ligeledes Portlandcementens Over-

1168. At Havvandets kemiske Virkning ikke er væsentlig større end fersk Vands synes ogsaa at fremgaa af de nyeste tyske Forsøg. Disse Forsøg, hvis Resultater er grafisk fremstillede i Fig. 320, er udført paa Sylt med Tærninger, hærtnede dels i fersk og dels i salt Vand; der undersøgtes to forskellige Blandingsforhold 1:2 og 1:4 og to forskellige Cementer A og C. Figuren viser Trykstyrken efter 28 Døgn, 1 Aar og 5 Aar, idet Ferskvandslinierne er trukne op, Saltvandslinierne punkterede, Cement A er vist med tykke Linier, Cement B med tynde; endvidere prøvedes det at erstatte Halvdelen af Cementen med Trass (1 $\frac{1}{2}$:1 $\frac{1}{2}$:2 og 1 $\frac{1}{2}$:1 $\frac{1}{2}$:4), hvorm i § 1170. Som man ser, er Styrken uafhængig af Vandets Karakter, men medens de fede Mørtler er gaaet frem i Styrke fra det 1' til det 5' Aar, er de magre Mørtler gaaede tilbage og altsaa i Færd med at opløses¹⁾.

1169. Hvadenten Havets fysiske eller kemiske Virkninger er de overvejende, er den første Betingelse for at Betonen skal kunne modstaa dem den, at den er tæt. Betonen bør næppe være magrere end 1:2:4 og maa blandes og stemples meget omhyggeligt. Stenene og Sandet bør være Strandmaterialer (§ 1066), og Sandet bør kun i ringe Grad indeholde fine Korn; er Sandet for fint, maa der bødes paa det ved en forøget Cementtilsætning. Jo senere Betonen udsættes for Havets Paavirkning, des bedre; 1 Aar gamle Blokke holder sig væsentlig bedre end Blokke, der kun er 3 Maaned gamle.

Naar blot Betonen er tæt og stærk, spiller Cementens kemiske Sammensætning sikkert en underordnet Rolle. Kan det lykkes at fremstille en Cement, der forener Portlandcementens gode Egenskaber med kemisk Uangribelighed, vilde det være fortræffelig²⁾, men man bør ikke købe denne Egenskab paa

er Brudstyrken formentlig opgivet pr. cm² af det tiloversblevne Tværsnit. Halvdelen af Tærningerne fremstilledes af Bornholmsk Normalsand, Halvdelen af fint Strandsand fra Thyborøn. Man bemærker, at det grove Normalsand giver større Styrke end det fine Strandsand i Blandingsforholdene 1:2 og 1:3, mens Styrken af Blandingerne 1:1 er uafhængig af Sandets Beskaffenhed.

Sandsort	Blandingsforhold	Hærdningsmaaned	Mørtlens Alder i Aar (1 Maaned i fugtig Luft, derpaa i Havet)							
			1 $\frac{1}{12}$	1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{2}$	1	2	4	6	10
			Fint Sand	1:1	Under Vand	374	402	530	523	436
1:2	Under Vand	253	322	362	376	321	300	326	336	
		179	205	222	232	197	220	196	199	
1:1	Over Vand	374	325	460	437	438	499	487	519	
		253	303	317	339	308	357	263	407	
1:2	Over Vand	179	195	238	236	172	236	218	236	
		Groft Sand	1:1	Under Vand	379	477	465	479	443	447
1:2	Under Vand	322	410	467	455	413	389	448	436	
		202	246	273	272	259	258	280	320	
1:1	Over Vand	379	429	551	533	455	480	510	456	
		322	392	442	468	376	435	355	474	
1:2	Over Vand	202	248	316	258	243	252	303	319	

¹⁾ Sandet var Klitsand, Tærningerne komprimeredes med Böhmes Hammer og hærtnede 9 Døgn i fugtig Sand, inden de anbragtes i de respektive Vandbeholdere. Cement A indeholdt 23,74% Kiselure, 7,6% Lerjord + Jærnoxyd og 65,8% Kalk, mens Cement C's Indhold af de samme Stoffer var henholdsvis 21,73, 9,57 og 61,61% (Mitt. aus dem K. M. A. 1909, S. 244).

²⁾ Man har forsøgt at fremstille meget kalkfattige Cementer, men Bestanddelene falder fra hinanden som Pulver under Brændingen. Ved inden denne at tilsætte Gibs, er det lykkedes Candlot at fremstille en Cement, der ved Laboratorieforsøg har vist sig meget modstandsdygtig mod Havvand. Kalkindholdet kan bringes ned til 50%, og en saadan Cement viser ingen synlig Udskillelse af Kalkhydrat under Størkningen og Hærningen (I. M.s Kongres i København 1909

Bekostning af andre, vigtigere. Undertiden har man brugt hurtigstørknende Cement blot for at undgå de 3% Gibs, som Fabrikkerne plejer at tilsætte. Men den Smule Gibs gør sikkert hverken fra eller til i kemisk Henseende, og udelader man den, faar man en overrørt Beton, der hverken bliver tæt eller stærk¹⁾.

1170. For at modvirke Havvandets kemiske Angreb paa Cementen har Michaëlis foreslaaet at blande den med kiselsyrerige Stoffer som **Trass** eller **fint Sand**, der sammen med det udskilte Kalkhydrat skulde danne faste uopløselige Forbindelser. Sand har dog ikke vist sig godt, og om Trassens Virkning er Meningerne delte. I Tyskland og Holland bruges Trass en Del, idet man erstatter Halvdelen af Cementen (efter Maal) med Trass. Derved faas billigere Mørtler, hvis Styrke i Begyndelsen ligger langt under den tilsvarende Cementmørtels, men i Aarenes Løb kan naa dennes Styrke, saafremt Blandingen er mager; en fed Cementmørtel bliver derimod altid svagere, naar en Del af Cementen erstattes med Trass. Disse Forhold fremgaar af Fig. 320.

I Danmark, hvor Betonens Ødelæggelse formentlig hovedsagelig sker ad mekanisk Vej, er der næppe Grund til at indføre Trass; dog er Cement-Trass Beton benyttet ved Sluseanlægget i Kalvebodstrand²⁾.

Saafremt Cementen i ustørknet Tilstand udsættes for Havvandet, angribes den meget stærkt; som omtalt i § 1164, og ved saadanne Arbejder, maa det anbefales at bruge en **hurtigstørknende**, gibsfri Cement, der er mindre fint malet end den normale (§ 1014).

g. Forhold til Varme og Ild.

1171. Jo varmere Luften og Mørtelbestanddelene er, des hurtigere størkner og hærdner Mørtlen. Arbejder man med hurtig størknende Cement, kan man blive nødt til at træffe særlige Foranstaltninger i meget varmt Vejr, men ellers gør Varmen ingen Skade, naar blot Mørtlen eller Betonen holdes fugtig; i kogene Vand opnaar god Cement en stor Styrke (§ 995).

Hvis Betonen ikke holdes fugtig, maa man skelne mellem den øjeblikkelige og den endelige Virkning af en Opvarmning. Varmen og den medfølgende Udtørring vil nemlig strax gøre Betonen haardere og stærkere, men samtidig afbrydes Hærdningen, og Betonen faar let Svindrevner. En tør Opvarmning vil derfor nedsætte Betonens endelige Styrke, og des mere, jo friskere Betonen er.

Bortset fra denne Virkning kan 2—3 Maaneder gammel Beton taale Temperaturer op til ca. 500°, uden at Knusningsstyrken forringes, og Varmtvandsbeholdere, Skorstene, Røgkanaler og lignende kan derfor godt støbes af Beton³⁾.

Kongressbericht S. 136). En lignende Cement er fremstillet af en schweizisk Kemiker *Gresly*, men bægge disse Cemente har ringe Styrke.

Friedr. Krupp, Grusonwerk, fabrikkerer en »Ertscement«, der er fri for Lerjord og saaledes udelukker Dannelsen af det Calcium-Aluminium-Sulfat, der efter Candelots og Michaëlis' Mening spiller størst Rolle ved Cementens Ødelæggelse (se *Tekn. Forenings Tidsskrift* 1910, Side 64).

¹⁾ I Tyskland har man prøvet Virkningen af en forøget Gibstilsætning paa Cementens Modstandsdygtighed i Havvand og fundet, at de gibsrige Prøver efter 1 Aars Udsættelse for Havvand var stærkere end de gibsfattige (se *J. M.s Kongressforhandlinger i København 1909*, S. 130 (tysk Udgave)).

²⁾ Blandingsforholdet var $\frac{1}{2}$ Cement: $\frac{1}{2}$ Trass: $2\frac{1}{4}$ Sand: 5 Granitskærver. Cement-Trass-Mørtel maa blandes meget omhyggeligt, først Cement og Trass, saa Sand og saa Vand; Mørtlen skal være plastisk, ikke flydende. Naar man blander 1¹ Cement med 1¹ Trass (svarende til 60 Vægtdele Cement og 40 Vægtdele Trass) faas kun 1,8¹ Cement-Trass-Pulver. I koldt Vejr bør man forhindse Trassstilsætningen, for at ikke Størkningen skal blive for langsom. Trassens Virkning er i Hovedsagen at forhale Størkningen og forøge Mørtlens Plasticitet og Tæthed.

³⁾ Se *E. Svendsen: Jærnbeton*, S. 16. Ved mikroskopiske Undersøgelser af smaa slebne Cementplader har det vist sig, at en Opvarmning til 500° ikke frembringer væsentlige Strukturændringer.

I endnu højere Temperaturer vil Betonens Sammenhæng derimod løses, og en Opvarmning til Glødhede med paafølgende Besprøjtning med Vand kan virke stærkt ødelæggende, navnlig paa cementrige Blandinger og paa Beton, der indeholder Kalksten (§ 1066).

Cementmørtel og Beton er altsaa ikke ildfast i streng Forstand, men staar sig dog bedre mod Ild end de fleste andre Husbygningsmaterialer, idet de kun beskadiges overfladisk (§ 802). Dette skyldes for en stor Del Betonens forholdsvis ringe **Varmeledningsevne**.

1172. Over dennes Størrelse har Kaptejn *Grut* anstillet nogle interessante Undersøgelser ved Hjælp af 2 hule Betoncylindre med 34 cm udvendig Diameter og 10 cm Vægttykkelse¹⁾. Cylindrenes Hulrum blev opvarmet til 1000° ved Hjælp af en elektrisk Strøm, og Væggens Temperatur i 1, 2, 3, 5, 7 og 9 cm Afstand fra Indersiden blev aflæst hver halve Time paa *le Chateliers* Platin-Rhodium-Pyrometer. I Løbet af 7—8 Timer blev Ligevægtstilstanden naet, nemlig:

Afstand fra Indersiden	0	1	2	3	5	7	9 cm
Temperatur	1004	884	679	600	449	348	264° C

Tallene er Middelværdier for bægge Cylindre.

Som man ser, syker Temperaturen hurtigt udefter, og ved en Ildløs, hvor Betonen kun paavirktes fra en Side, er det kun de yderste ca. 5 cm, der beskadiges. Er det en Etageadskillelse af Jærnbeton, der opvarmes fra neden, vil Jærnet omtrent være under de samme Betingelser som det Pyrometer, der befandt sig 2 cm fra Cylindrens Indervæg. I dette Punkt var Temperaturen som Middelværdi for bægge Cylindre efter

1	2	3	4	5	6	7 Timer
259	424	537	601	637	659	675° C

Cylindrene var 3 Maaneder gamle, men den ene blev før Forsøget opvarmet til 1000° indvendig og atter afkølet. Derved blev Vandet drevet ud, og Varmeledningsevnen forøget, og denne Cylindere var derfor ved de Temperaturmaalinger, af hvilke de ovenstaaende Middeltal er dannet, stadig omtrent 1 Time forud for den anden.

Betons **Varmeudvidelse** afhænger af Raamaterialerne og Fugtighedsgraden; gennemsnitlig kan den sættes til 1:100 mm pr. m ved 1° Opvarmning.

h. Forhold til Kulde og Frost.

1173. I lave Temperaturer, f. Ex. et Par Graders Varme, foregaar Størkningen og Hærdningen langsomt²⁾, men naar der senere indtræder mildere Vejr, optages Hærdningsprocessen med fuld Energi, saaledes at Betonens endelige Styrke ikke paavirktes.

I Frostvejr hæmmes den kemiske Virksomhed endnu stærkere. Beton, der har været frossen nogle Timer og derpaa optøes og udstøbes, forholder sig omtrent som frisk udstøbt Beton, men længere Tids Frysning gør Skade, navnlig hvis Betonen kun er jordfugtig; Styrkeforringelsen er dog langt mindre, end naar Betonen lagres i ufrossen Tilstand (§ 1098)³⁾.

Af langt større Betydning end den kemiske Virkning er **Frostens mekaniske Virkning**. Hvis nystøbt, endnu ustørknet Beton udsættes for Frost, vil Vandet fryse til Is og fjerne de faste Stoffer fra hverandre, og naar Tøvejr indtræder, bibeholder de deres Beliggenhed, og man faar en porøs Beton med ringe Sammenhæng.

Ogsaa Stenene kan sprænges, hvis de er porøse og svage, og ved Betonstøbning i Frostvejr maa man derfor helst bruge Granitskærver, da Blandings-skærverne ofte er upaalidelige.

¹⁾ Højden var 51 cm. Materialet var Grusbeton og Blandingsforholdet henholdsvis 1:1 $\frac{1}{2}$:1 $\frac{1}{2}$ og 1:2:3. Se iøvrigt *Den tekniske Forenings Tidsskrift* 1903, Side 206.

²⁾ I et Par Graders Varme kan det vare 4 Gange saa længe, inden Cementen begynder at størkne, og inden den er fuldt størknet, som naar den prøves efter Normerne (Mitt. aus dem K. M. A. 1910, S. 281).

³⁾ Mitt. aus dem K. M. A. 1910, S. 282. Om *Magens* Transportbeton se § 1098.

Overhovedet bereder **Tilslagsmaterialerne** de største Vanskeligheder ved Arbejder i Frost, Gruset er frosset sammen i Klumper, der ikke skilles ad ved Blandingen, og Stenene er overtrukne med Is, saa de slet ikke kommer i Berøring med Mørtlen. Disse Forhold bevirker, at man vanskeligt kan udnytte enkelte Dages Tøvejr, thi de frosne Materialbunker tør meget langsomt op, og man maa helst vente med at bruge dem, til de har faaet Regn. Strandgrus klumper sig ikke saa let som Bakkegrus, da det er frit for Ler, og da dets Saltindhold sænker Vandets Frysepunkt.

1174. Indtræder Frosten først, efter at Betonen er størknet, gør den, naar Stenene er frostfaste, ingen Skade, da Vandet saa for Størstedelen er kemisk bundet, og ved Arbejder i Frostvejr fremskynder man derfor Størkningen ved at indskrænke Vandmængden og bruge kogende Vand.

Er Frosten saa stærk, at disse Forholdsregler ikke forslaar, kan man ogsaa anvende hurtigstørknende Cement eller tilsætte Stoffer, der enten sænker Vandets Frysepunkt eller fremskynder Størkningen.

Vandets Frysepunkt kan sænkes ved Tilsætning af Kogsalt, og dette billige Middel kan uden Skade bruges ved Støbning af Fundamenter, men derimod ikke ved Støbning af Etageadskillelser, da Betonen aldrig bliver tør, og da Saltet kan blomstre ud. Er Salttilsætningen blot saa stor, at Vandet ikke fryser, vil man kunne støbe i 10° Frost, uden at det behøver at faa nogen Indflydelse paa Betonens endelige Styrke¹⁾.

I Frankrig fremskynder Størkningen ved Tilsætning af calcineret (o: vandfri) Soda, men Sodaen blomstrer ogsaa ud, og selv om den afvaskes, kommer den igen i det første Par Aar²⁾.

1175. Da Mørtlens Anvendelse i Frostvejr saaledes kræver en Del Forsigtighedsregler, undgaar man saavidt mulig at arbejde i Frost, og navnlig pudser man ikke; det er især stærkt glittet Puds, der tager Skade. Frostens Indvirkning paa Cementmørtel er imidlertid langt ringere end paa nogen anden Mørtel, og er man tvungen til at arbejde i Kulden, vil man derfor altid benytte den.

Hærdnet Beton, der er tæt og stærk, vil ikke beskadiges af Frosten, saafremt Materialerne er frostfaste, men indeholder den porøse Sten, der ligger saa nær ved Overfladen, at de i Regnvejr kan mætte sig med Vand, vil Frosten kunne sprænge Stenene, saa at den udenfor liggende Beton skaller af.

¹⁾ Direktør C. Winslow, der har anstillet interessante Undersøgelser over Frosts Indvirkning paa Cementmørtel (*Ingeniøren* 1894, S. 189), opgiver, at Salttilsætningen bør variere paa følgende Maade med Temperaturen:

Temperatur	$\div 1$	$\div 2$	$\div 3$	$\div 4$	$\div 5$	$\div 6^{\circ}$ R
Saltopløsningsstyrke	3	5	6	7	8	9%

Han gjorde Bøjningsforsøg med Mørtellegemer af Blandingsforhold 1 Cement:3 Strandsand efter Vægt og 11% Vand, udstøbte i Frostvejr, og til Halvdelen af Legemerne brugtes rent Vand, til den anden Halvdel Vand med 15% Kogsalt. 10 Prøvelegemer blev udstøbt i 9° Kulde og laa derefter i en Maaned i det fri, i hvilken Tid Temperaturen sank til $+11^{\circ}$ R og kun en enkelt Dag var lidt over Frysepunktet; de blev derpaa tagne ind og lagt en Dag i Vand, hvorefter Bøjningsstyrken bestemtes til $11,2$ og $6,6^{\circ}$, henholdsvis for saltholdige og saltfri Legemer. 20 Prøvelegemer udstøbtes i $4-5^{\circ}$ Kulde, og de saltfri Legemer frøs strax; efter 3 Timers Forløb indtraadte Tøvejr, om Natten sank Temperaturen ikke under Frysepunktet, og den næste Dag toges de ind og lagdes i Vand, hvori de forblev 6 Maaned; Bøjningsstyrken var da $19,3$ og $11,1^{\circ}$, henholdsvis for saltholdige og saltfri Legemer.

Undertiden tilsættes $10-20\%$ Kalciumklorid, der i højere Grad end Kogsalt nedsætter Vandets Frysepunkt (se *Teknisk Forenings Tidsskrift* 1908, S. 164).

²⁾ Ved at sætte 17 Vægtprocent Soda til Mørtelvandet har man opnaaet med Held at kunne bruge Mørtlen i 22° Frost; ved $10-15^{\circ}$ Frost behøves kun en halv saa stærk Opløsning.

B. Slaggecement.

1176. Højovnslaggerne fra Raafjernsremstillingen bestaar ligesom Portlandcement af Kalk og Ler, men i et andet Forhold; mens de kalkfattigste Portlandcement indeholder 60% Kalk, indeholder de kalkrigeste Slagger, nemlig de basiske Højovnslagger, langt mindre, men til Genæld meget mere Kiseltsyre ($30-50\%$). De kan derfor som Regel ikke hærde, førend de blandes med Kalk, dog gives der Undtagelser herfra.

Til Fremstilling af Slaggecement bruges kun stærkt basiske, o: kalkrige Slagger, og de maa afkøles pludselig, for at Kiselstyren kan komme i en saadan Tilstandsform, at den paavirker Kalken. Naar Slaggen flyder ud af Højovnen, bliver der derfor ledet en kold Vandstraa ind i den, hvorved den granuleres, o: størkner til Slaggesand. Dette blandes med Melkalk i det rette Forhold, og Blandingen fmaales paa en Rørmølle, indtil den kun efterlader 10% paa den 4900 Maskers Sigte. Til de to nævnte Stoffer er dog som Regel føjet 10% Portlandcement for at fremskynde Størkningen.

I Danmark har Fabrikken *Gefion* ved Faxø tidligere produceret Slaggecement af engelske Slagger, men Fabrikken trivedes ikke. Derimod spiller Fabrikationen en Rolle i Schweiz, Frankrig, Østrig og Amerika. Naturligvis er det af stor Betydning for de jernproducerende Lande at kunne udnytte deres Slaggedynger paa denne Maade; Gutehoffnungshütte i Oberhausen har en Slaggedyngeliggende, hvis Omfang er større end Helgølands.

1177. Slaggecementen er næsten hvid og indsuger let Kulsyre fra Luften; derfor taber den i Værdi, naar den ikke opbevares i fuldkommen tætte Fustager. Den blandes med Sand i samme Forhold som Portlandcement og faar omtrent samme Styrke som denne, naar den prøves efter Normerne. Men Slaggecementens Vægt er højst 1000 kg/m^3 i Modsætning til Portlandcementens 1400 kg/m^3 , og sammenligner man Mørtler, hvis Blandingsforhold efter Rumfang er ens, viser Slaggecementen sig langt ringere end Portlandcementen.

I Praxis har den ogsaa vist sig at have mindre Værdi end Portlandcementen, navnlig fordi den bliver mindre haard og slidfast.

Styrken bliver langt større ved Hærdning i Vand end ved Hærdning i Luft, og Slaggecementen egner sig derfor godt til Betonstøbning i fersk Vand (hvor den ogsaa giver mindre Slam end Portlandcement) og til Mørtel, der benyttes i fugtig Jord. Anvendes den i Luften, maa Stenene være meget vaade, og den maa vandes regelmæssigt i mindst 14 Dage, ellers slaar den Revner. Slaggecement, der er hærdnet i Vand og derpaa anbringes i Luften, taber i Styrke des mere, jo længere Tid den henligger, mens det modsatte er Tilfældet med Portlandcement.

Slaggecementen er meget volumenbestandig og maa overhovedet siges at være omtrent jævn-dog med Portlandcement til Anvendelse under Vand, mens den i Luften er underlegen. Hos os anvendes den ilkte, men i Tyskland kan man se Slaggecement-Beton brugt til Bropiller i Forbindelse med Portlandcement-Beton, saaledes at der til de øverste, stærkt paavirkede Dele bruges Portlandcement, til de underjordiske Dele den billigere Slaggecement.

Ogsaa til Gulvfliser, Badekar o. lg. bruges Slaggecementen, der paa Grund af sin Lyshed let lader sig farve og ogsaa kan modtage en smuk Politur.

1178. Slagge bruges ogsaa som Raastof ved Portlandcement-Fabrikation. Saadan Slagge-Portlandcement fremstilles f. Ex. paa Fabrikken *Haren-Buda* i Belgien ved at sonderdele Kalkstenen til Nævestørrelse og blande den med tørret, granuleret Slagge, hvorpaa Blandingen males til Mel, der fugtes, presses til Sten, brændes og males. Produktet er fuldstændig normal Portlandcement.

Den tyske **Jærn-Portlandcement**, der bruges meget i dens Hjemland, er en tilsvarende Slagge-Portlandcement, men efter Brændingen er den blandet med indtil 30% ubrændt Slagge. Ved Hærdning i Vand faar den gerne en stærkt grøn Farve.

Man har forsøgt at fremstille Slaggecement af Slagger alene uden Kalktilsætning, og det er lykkedes Dr. Passow ved at blande almindelige, glasagtige Slagger med Slagger, der ved Opvarmning var afglasede (S. 1293), at fremstille en Cement, der i frisk Tilstand var god, men som ødelagdes ved Lagring, idet de smaa Mængder fri Kalk, som fandtes i den afglasede Slagge, var saa findelte, at de meget hurtigt i Luften blev omdannet til Karbonat. Passow tilsætter derfor $15-25\%$ Portlandcement, som bevirker Størkningen, og hvis Kalkudskillelse kommer Slaggerne til Gode.

C. Kalkmørtel.

1179. Kalkmørtel fremstilles af læsket Kalk, Sand og Vand. Den kan kun hærde i Luften, ikke i Vand. Kalken, paa hvis Omdannelse til Karbonat Mørtlens Hærdning beror, vindes af de naturligt forekommende Kalksten ved Brænding.

1. Danske Kalksten.¹⁾

1180. Kalkstenen egner sig des bedre til Brænding, jo renere den er. Indholdet af Ler m. m. maa højst udgøre $8-10\%$ og er som Regel langt ringere.

¹⁾ Se N. V. Ussing: Mineralproduktionen i Danmark ved Aar 1900, S. 25.

Endvidere maa Kalkstenen være haard, ikke smuldrende, dels for at der kan blive Træk i Ovn, dels for at den brændte Kalk ikke skal læske sig for let i Luften.

Næsten alle de danske Kalksten er overordentlig rene, men Sammenhængen er hos nogle saa ringe, at Brændingen volder Vanskelighed.

1181. Dette gælder navnlig **Skrivekridtet**, der derfor kun i ringe Grad benyttes til Kalkbrænding, endskønt det (i tørret Tilstand) indeholder 95—100% Kalciumkarbonat. I Vendsyssel bruges det dog paa denne Maade, ligeledes ved Mariager Fjord; og ved Gudumlund Fabrik (2 Mil sydost for Aalborg) har det i over 100 Aar været brugt til Kalkbrænding. Det hører til Danmarks ældste Kalkdannelser og bestaar af Foraminiferer og Kokkolitter.

1182. Det nyere Kridt er mere kompakt end Skrivekridtet og lige saa rent og udgør derfor Hovedmaterialet for den hjemlige Kalkbrænding.

Herhen hører **Faxe-kalken** (99% $CaCO_3$), der har været brudt siden 1660, og som leverer $\frac{1}{2}$, af al den Kalk, der brydes i Danmark til Brænding. Den bestaar af to forskellige, men samtidige Dannelser, nemlig Koralkalk og Bryozokalk. Koralkalken, der ofte er huller, er altid haard og fast, mens Bryozokalken kan være blød som Kridt. Af Bægge Sorter findes der dog fuldstændig kompakte Masser, der under Navn af Faxemarmor har været anvendt som Bygningssten (Marmor kirken, den engelske Kirke, Ørstedsparkens Hegn), men nu kun bruges til Brænding, hvortil de egner sig udmærket.

Saltholmskalken er dannet dels af Blegkridt, dels af Limsten, idet gennemsvivende Vand har udfyldt alle Mellemrummene med Kalk. Det er en haard, klingende Kalksten, henter den ved Llimham i Nærheden af Malmø, hvor Brydningen foregaar som beskrevet i § 868. I Farum og ved Glatved syd for Grenaa brændes der Kalk af de Rullesten af Saltholmskalk, der er aflejede der. Saadanne Rullesten er altid udsøgt Materiale, da det kun er de haarde Sten, der har kunnet taale Rulningen i Vandet.

Limstenen er mindre god end de førstnævnte, men bruges dog i Nærheden af Forekomststederne, især i Egnen Løgster-Bolbjerg.

Blegkridtet staar ogsaa tilbage for de gode Varieteter af Faxe- og Saltholmskalk, men kan meget godt bruges, og da det forekommer let tilgængelig paa mange Steder, brydes det i stor Udstrækning. Store Brud findes ved Mønsted og Hjerm vest for Viborg, mindre Brud i Thy og paa Mors. Det bestaar af fastere Klumper, sandede Blegger, adskilte af en løsere Mellemmasse; det er kun Bleggerne, der brændes, mens det øvrige bruges som Gødningskalk. Bleggerne smuldrer let i Frostvejr, hvorfor man ofte anlægger »Kover« fra den aabne Gravning ind i Kridtet til Vinterbrydning.

2. Kalkens Brænding.

1183. Ved Kalkstens Opvarmning fordampes først Vandet, og ved 4—500° begynder Kulsyren at undvige, men først ved 850—950° uddrives den helt, hvorved Kalciumkarbonatet omdannes til Kalciumilte ($CaCO_3 = CaO + CO_2$), en porøs, let Masse¹⁾, der i ren Tilstand er hvid, men kan være farvet gullig af Jærnilte eller graalig af Ler. Den brændte Kalk benævnes **fed** eller **mager** efter Renheden.

Ganske ren Kalksten tager ikke Skade af stærk Brænding²⁾, men som Regel indeholder den noget Ler og Sand, og hvis Temperaturen bliver for høj, sintrer dette sammen med Kalken til cementagtige Stoffer, der ikke læsker sig med Vand. Saadan sammensintret Kalk er ubrugelig og kaldes dødbændt.

Som ovenfor nævnt kan en jordagtig Kalksten ikke brændes, fordi der ikke vilde blive Træk i Ovn, og af samme Grund maa Brændingen ske ved jævnt stigende Temperatur, thi fordampes Vandet for hurtigt, falder Stenen sammen til et Pulver, der stopper for Trækken. Kalkstenen brændes bedst, naar Stykkerne har et Tværmaal af 10—15 cm.

¹⁾ Kulsyren udgør 44% af Karbonatets Vægt, men denne Vægtforringelse er ledsaget af et Rumfangssvind paa 10—20%. Den brændte Kalks Vægtfylde er 2,3.

²⁾ Kalk smelter først ved 3000° til en letflydende Vædske; ved 2500° bliver den krystallinsk.

1184. Brændingen sker i periodiske eller kontinuerlige **Ovne**, de første er billigst at anlægge, de sidste giver den billigste Drift, men kan kun bruges i store Byer, da Kalken ikke taaler at lagres¹⁾.

Fig. 321 viser **F. L. Smidths kontinuerlige Schaktovn**. Ved I indkastes Kalkstenen med en Del af Brændslet, mens Resten tilføres gennem Fyrhullerne F. Gennem Risten fornedes tages Kalken ud. Luften stiger op gennem Risten, afkøler den brændte Kalk K, og kommer saaledes forvarmet til Ildstedet, hvor Forbrændingen sker, mens Forbrændingsprodukterne forvarmer den overliggende Kalksten S. Ovnens er i stadig Drift, indtil den skal repareres.

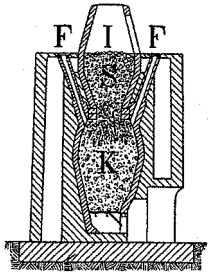


Fig. 321. Kalkovn.

Ogsaa Ringovnen bruges til Kalkbrænding; den fordrer mere Betjening og er mindre økonomisk, men egner sig særlig for løse Kalksten, der smuldrer ved Passagen gennem Schaktovens²⁾.

1185. Kalken bør altid anvendes snarest mulig efter Brændingen, thi den brændte Kalk er porøs og indsuger begærlig Vand og derpaa Kulsyre fra Luften, hvorved den ødelægges, des hurtigere, jo mindre Stykkerne er. Under Transport maa den derfor dækkes med Presenner, og skal den gemmes, maa det ske i tørre Rum³⁾.

3. Kalkens Lækning.

1186. Hældes der Vand paa den brændte Kalk, forbinder den sig kemisk med det til Kalkhydrat ($CaO + H_2O = Ca(OH)_2$). Samtidig sker der en stærk Varmedvikling, hvorved en Del af det overskydende Vand forvandles til Damp, der sprænger Kalken, saa den vulner ud, faar Revner og tilsidt falder hen til et Pulver, **Melkalk**, hvis Volumen er meget større end Stenkalkens. Tilsættes mere Vand, blander det sig med Melkalken til **Kalkdej**⁴⁾.

Skal Kalken bruges til Mørtel, læskes den gerne med saa meget Vand⁵⁾, at der dannes en Vælling, som fyldes i en Kule, hvor den efterhaanden antager Dejform, idet noget af Vandet fordampes eller siver bort.

Lækningen foretages i en Læsekasse af Træ med ca. $2\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{2}$ m Grundflade og $\frac{1}{2}$ m høje Vægge. I den ene Ende er den tilspidset og har et Afløb med Rist, der kan lukkes med et Skod. Kassen stilles ved Siden af Kalkkullen med Mundingen ud over denne, og efter at Kalken er kastet i den, tilsættes Vandet efterhaanden, samtidig med at der røres rundt i den med en Rørehage. Vandet bør ikke tilsættes paa een Gang, men i 3 à 4 Portioner, for at Begyndelsestemperaturen kan blive høj; tilsidt maa Vandtilsætningen gerne være

¹⁾ Periodiske Ovne anvendes, hvor det daglige Forbrug af brændt Kalk ikke overstiger 2 t. Fyldning, Brænding og Tømling varer 4—5 Døgn.

²⁾ Kalk fra Ringovne læsker sig langsommere end Kalk fra Schaktove, hvilket muligvis skyldes den stærke Luftcirkulation i Ringovnen, der giver Kalken Lejlighed til at optage nogen Fugtighed og overtrække sig med et tyndt Lag Kalkhydrat.

³⁾ Den brændte Kalk maales i Tønder; 1 Td. Stenkalk à $4\frac{1}{2}$ Kubikfod vejer 100—125 kg og koster i København ca. Kr. 3,50. Den sælges dog ofte efter Vægt.

⁴⁾ Den brændte Kalk optager kemisk kun 32,1% Vand, men i Praxis kræves til fuldkommen Lækning til Melkalk en Vandtilsætning, der varierer mellem 36 og 58%; Lækning til Kalkdej kræver 230—325% Vand.

⁵⁾ ca. 400 Vægtprocent.

rigelig¹⁾. Vandet bør være rent og fersk; er det kulsyreholdigt, vil en Del af Kalken efterhaanden omdannes til Karbonat; benyttes Havvand, kan dettes Salte give Anledning til Udblomstring af hvide Udslag paa Murværket.

Naar al Kalken er opslæmmet i Vandet, trækkes Skoddet til Side, og Kalkmælken løber ned i Kulen, mens Risten tilbageholder mulig tilstedeværende dødbændt Kalk²⁾.

1187. Paa Mørtelfabrikkerne er **Kalkkulerne** ofte overjordiske Betonbeholdere, men paa Byggepladsen graver man blot et Hul i Jorden; en Del af Vandet kan da trænge ned i denne, medtagende muligt tilstedeværende opløselige Salte, der senere kunde udblomstre. Kulen maa ikke gaa ned under Grundvandet, og i løs Jord maa den fores med Brædder, saa der ikke kommer Jord i Kalken. Denne dækkes med Sand, for at den ikke skal optage Kulsyre fra Luften eller tørre helt ud, og kan paa denne Maade holde sig i Kulen i Aarevis. Ved Udgravningerne for det ny *Christiansborg* fandt man en Kalkkule fra Tiden mellem 1248 og 1259, og Kalken deri var ganske frisk og blev brugt til Grundstensens Indmuring.

Ved Vandets Fordampning eller Bortsviining omdannes Kalkmælken til Kalkdej, Kulekalk, og mens denne henstaar i Gruben, sker der en **Efterlæskning**, hvorved Kalken forbedres. De større, fastere Kalkkorn, f. Ex. Dyreskaller, læsker sig nemlig kun langsomt, og er der endnu ulæskede Kalkdele i Mørtlen, naar denne benyttes, kan de læske sig efter Anvendelsen, og ved den medfølgende Rumforøgelse vil Mørtlens Sammenhæng ophæves, hvilket navnlig er en Ulempe i Puds, hvis Overflade bliver ligesom koparret, fordi hvert saadant Korn sprænger en lille Kage af.

Kulekalken maa derfor ikke bruges for tidlig. Til Muring maa den mindst være 8 Dage gammel, til Pudsning mindst 3 Uger, men helst flere Maaneder eller, endnu bedre, Aar. Ofte regner man, at Kalken er moden til Muring, naar der er kommet Svindrevner i Overfladen.

1188. Man kan regne, at 100^{kg} Stenkalk giver $\frac{1}{4}$ m³ Kulekalk, hvis Vægt er 1300^{kg}/m³³⁾, hvoraf 40 % skyldes Kalkhydratet og 60 % Vandet. Da 100^{kg} Stenkalk i løst Maal fylder ca. $\frac{1}{8}$ m³, bliver Kulekalkens Volumen altsaa det dobbelte af Stenkalkens. Dette gælder fed Kalk, mager (o: lerholdig) Kalk giver et mindre Udbytte.

1189. Læskning til Melkalk bruges kun i ringe Grad, da man er mindre sikker paa, at Læskningen bliver fuldstændig; men Kalken er let at forsende i denne Form, da Vandindholdet er lille, og da den holder sig længe, naar den fyldes i vaade Sække, idet disses Porer hurtigt tilstoppes. Ulesket Kalk kan ikke forsendes saaledes, da den sprenger Sækkene.

Ringe Mængder Melkalk kan fremstilles ved at slaa Stenkalken i Smaastykker og fylde dem i en Kurv, der stilles saa længe i Vand, at der ikke stiger flere Bobler op fra den. Kalken lægges derpaa i en Kasse, hvor den falder hen til Pulver.

Større Kalkmængder overbruses i en almindelig Læskeskasse med den nødvendige Vandmængde først paa den ene Side og efter Vending med Skovlen paa den anden og lægges derefter paa Jorden i en Bunke, som forsynes med et Sanddække, der stadig tættes, efterhaanden som Kalken udvider sig. Naar man efter fuldent Læskning stikker en Stok ned i Bunken, maa Stokken ikke blive vaad, og der skal staa et hvidt Støv ud af det frembragte Hul. Ved denne Fremgangsmaade stiger Temperaturen stærkt, hvilket fremmer Læskningen. Endnu bedre er fabriksmæssig Læskning i lukkede Kedler, hvor Temperaturen kan stige over 100°.

¹⁾ Laboratorieforsøg har vist, at selv et meget stort Vandoverskud absolut ikke forringer Kalkens Kvalitet, og at Vandet lige saa godt kan tilsættes paa een Gang som portionsvis (*Burchartz*: Luftkalk og Luftkalkmørtel S. 14). Det gælder blot om, at Læskningen bliver fuldstændig, hvilket imidlertid i Praxis sikkert bedst naas paa den beskrevne Maade. Varmt Vand fremmer Læskningen.

²⁾ Mager Kalk læsker sig vanskeligere end fed, og det er derfor bedre at lægge den i en Bunke, bedækket med et Lag Sand og tilsætte Vandet langsomt. Sandet holder paa den udviklede Varme, hvorved Kalken lettere læsker sig. Efter Læskningen fyldes den i Kulen.

³⁾ Dette svarer altsaa til, at Stenkalken kemisk og mekanisk har optaget 225 % Vand.

4. Valg af Sand.

1190. Sand til Kalkmørtel maa helst være af variabel **Kornstørrelse** med baade fine og grove Korn (§ 854); er Kornstørrelsen ensartet, vil middelfine eller endog fine Korn være at foretrække for grove. I en Mørtel af lutter grove Sandskorn kommer der Svindrevner i Kalken, saa at Mørtlen bliver mør og af ringe Styrke. Dette Fænomen kan rimeligvis forklares paa følgende Maade: Kalkmørtlen indeholder langt mere Vand end Cementmørtel; i Form af Kulekalk indeholder Kalkhydratet 150 Vægtprocent Vand (§ 1188), og Vandmængden forøges betydelig ved Mørtelfremstillingen. Kalkdejen har derfor større Tilbøjelighed til at svinde end en sandfri Cementmørtel, i Særdeleshed da intet af Vandet bindes kemisk, og den vedbliver at være blød i lange Tider, saa Svindet kan foregaa ganske uhindret. Blandes Kalkdejen med grove Sandskorn, faas en Mørtel, der er karakteriseret ved, at den indeholder saa Kalkfuger, men store Kalkklumper. Mørtlen som Helhed kan derfor kun svinde i ringe Grad (§ 1054), og Kalkklumperne, der svinder langt stærkere, maa følgelig revne. Ved Brugen af fint Sand faar man derimod mange Kalkfuger, og Mørtlen kan derfor svinde stærkt, hvorved Revnerne undgaas. Normalsandet med dets ensartede Kornstørrelse er derfor ikke egnet til Kalkmørtel, mens det som bekendt giver en rigtig god Cementmørtel¹⁾. Groft Sand med konstant Kornstørrelse er ogsaa uøkonomisk at bruge, da det kræver en stor Kalktilsætning for at give en smidig Mørtel.

Sand til Muring maa ikke indeholde Korn større end 5^{mm} af Hensyn til de tynde Mørtelfuger, man sædvanligvis tilstræber, og Sand til Finpuds maa være helt fint, for at Overfladen kan blive glat. Til Grovpuds er det af Betydning at bruge Sand med mange grove Korn, for at Svindet ikke skal blive for stort.

1191. **Kornformen** har samme Indflydelse paa Kalkmørtlens Styrke som paa Cementmørtlens (§ 1056).

I Valget mellem **Strandsand** og **Bakkesand** vil man som Regel kun lade sig lede af Prisen. I København bruges næsten udelukkende Strandsand (§ 860-1)²⁾. Dettes Salte har dog Ord for at holde paa Murværkets Fugtighed og for at blomstre ud³⁾.

Om **lerholdigt** Sand gælder, hvad der er sagt under Cementmørtel (§ 1056)⁴⁾. Sand, der indeholder **Muld-** og **Tørvestoffer**, er ikke godt⁵⁾.

Slagesand og vulkansk Sand er udmærket til Kalkmørtel, da det indeholder opløselig Kiselsyre, som forbinder sig med Kalken, hvorved Mørtlen faar hydrauliske Egenskaber (§ 1197).

5. Kalkmørtlens Blandingsforhold.

1192. **Sandet** tilsættes ikke blot af økonomiske Grunde, men er absolut nødvendig for at formindske Svindet og Dannelsen af Svindrevner og gøre

¹⁾ Kalkmørtel af Normalsand bliver kun halv saa stærk som Kalkmørtel af almindeligt Mur-sand (*Burchartz*: Luftkalk og Luftkalkmørtel, S. 108).

²⁾ Til Fugning af rødt Murværk bruges undertiden groft Bakkesand (finharpet Grus, § 859), nærmest af Hensyn til Udseendet.

³⁾ Udblomstringerne kan muligvis skyldes Magniumsulfatet i Havvandet; Fugtigheden forklares ved, at Kogsaltet forbinder sig med Kalken til det vandugende Klorkalcium (CaCl₂, 6aq).

⁴⁾ Frederiksholms graa Kalkmørtel, der er fremstillet af lerholdigt Sand fra Lerslæmmeværkerne, bruges en Del i København og siges at være særlig bekvemt at arbejde med. Til Pudsning egner den sig dog vist ikke.

⁵⁾ Berlins Byggepolititi forbyder Brugen af Mørtel, der foruden Kalk og Sand indeholder over 4 Volumenprocent eller 2,6 Vægtprocent fremmede Stoffer.

Mørtlen mindre sammentrykkelig; samtidig bliver den mere porøs, saa at Luften kan trænge ind i den.

Sandtilsætningen maa dog ikke overdrives, da Mørtlens Smidighed og Styrke ligger derunder; iøvrigt maa Blandingsforholdet afpasses efter Kalkens Fedme og Mørtlens Anvendelse. Murmørtel af almindelig fed Kulekalk bestaar gerne af 1 Maal Kulekalk og 3—5 Maal Sand, mens man ved Pudsning og Fugning fordobler Kalkindholdet.

Ved Pudsning af indvendige Vægge tilsættes undertiden noget **Gibs**, hvorved opnaas at Mørtlen hænger bedre fast paa Underlaget, samtidig med at den bliver glattere og tørrer hurtigere, hvilket har Betydning, naar Pudsningen skal males. Men saadan gibsholdig Mørtel er ikke vejrfast, den revner i fri Luft og kan derfor ikke bruges paa Façader. Se ogsaa § 1229. Ved udvendige Pudsearbejder blandes der undertiden **Cement** i Mørtlen (§ 1209).

Ved visse Pudse- og Fugearbejder, hvor man ønsker at gøre Mørtlen mere sammenhængende, blandes den med **Kalvehaar**¹⁾. Dette bruges f. Ex. ved Understrygning af Tagsten og til Rabitzværk.

6. Kalkmørtlens Blanding.

1193. Kalkmørtel hærdner meget langsommere end Cementmørtel og kan derfor i Mod sætning til denne let fremstilles paa Fabrik. Saadanne Fabrikker findes i de store Byer, hvor Mørtelforbruget er stort, og da Blandingen foregaar paa Maskine, kan de levere Mørtlen billigt²⁾, samtidig med at man paa Byggepladsen sparer Arealet til Kalkkulerne.

Hvor man selv er nødt til at blande Mørtlen, sker det altid ved Haandkraft, og Arbejdet foregaar i en Kalkbænk σ : en overdækket Bræddeflage med lave Vægge paa de tre Sider og ofte delt i flere Rum. I eet af disse udbredes Sandet med Kulekalken ovenpaa i Mængder, der afmaales ved Hjælp af Kasser uden Bund, og idet der sættes noget Vand til, blandes Massen først med Skovl og derpaa med en Rørehage. Naar den er bleven fuldstændig ensartet uden hvide Pletter, lægges den over i et af Siderummene, hvorfra den afhentes i Kurve og bæres til Mørtelbaljerne. Der maa være Tag over Kalkbænken eller i alt Fald over Lagerrummet, da Regnen ellers kan udvadske Kalken³⁾. I Mørtelbaljerne udrøres Mørtlen med saa meget Vand, at den faar den til Muringen passende grødagtige Konsistens, saaledes at den let og i samlet Klump slipper Mursken.

1194. Den fabrikmæssige Mørteltilvirkning kan ske, som Fig. 322 viser. De københavnske Fabrikker ligger ved Bolværk, og Sandskibene losses da direkte i store Jærnbeholdere; fra Bundaabninger i disse føres Sandet med Transportbaandet **A** til den paa Figuren viste Sandtragt, der kan lukkes med Skoddet **B**, men som normalt er aaben, saaledes at Sandet løber ned i Blandesneglen **F** med en Hastighed, der bestemmes af de roterende Vinger **C** samt af Opsynsmanden, der ved at slappe Snoren **E** kan aabne Klappen **D** mere. Kalken læses i et stort Kar med roterende River og kontinuerlig Tilførsel af Vand og Kalk og kontinuerligt Afløb af Kalkmælk til en Række murede Kalk-

¹⁾ 1 kg Kalvehaar til 1 m³ Mørtel.

²⁾ 1 Td. Mørtel (ca. 0,14 m³) med 8 % Kalkhydrat koster i København frit tilkøbt Kr. 1,15 og med 6 % Kalkhydrat Kr. 0,90.

³⁾ Lagerrummetts Vægge udføres undertiden af to Lag Brædder med 15 cm Sand imellem for at hindre Mørtlen i at udtørre og i at optage Kulsyre.

kuler. Naar Kalken har staaet længe nok i disse, føres den til et Kar, hvor den opspædes til Kalkmælk, der gennem Røret **G** pumpes op i den paa Figuren viste Kalkbeholder; er Pumpningen for stærk, løber Kalkmælken tilbage gennem Afløbet **H**. I Kalkbeholderens Bund sidder der en Maaler **I**, der roterer med samme Hastighed som Sandmaaleren, og fra hvilken Kalkmælken løber ned i Blandesneglen. Den færdige Mørtel falder ned paa Transportbaandet **K** og føres af dette ud i den udenfor Bygningen holdende Vogn.

MØRTELVERK.

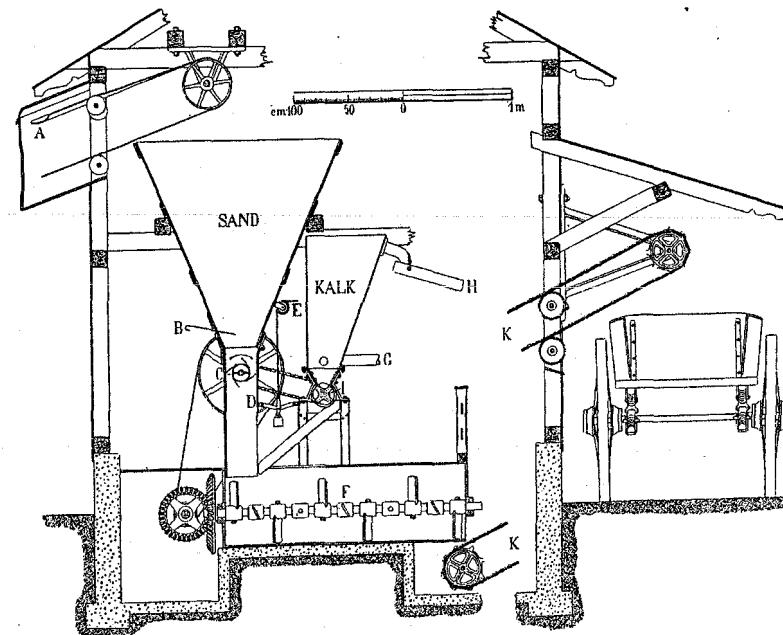


Fig. 322.

Mørtlen køres saa til Byggepladsen, hvor den aflæsses i Kalkbænken og bæres til Mørtelbaljerne¹⁾. I disse blandes den op med Vand, og saafremt den skal bruges til Pudsning eller Fugning, tilsættes der mere Kulekalk.

7. Kalkmørtlens Hærdning.

1195. Hærdningen begynder med en **Udtørring**, hvorved Mørtlen svinder, bliver fastere og samtidig porøs²⁾. Først naar Mørtlen efter en betydelig Formindskelse af Vandindholdet er bleven saa porøs, at Luften kan trænge ind i

¹⁾ Vognene rummer ca. 8 Tdr. à 4 1/2 Kubikfod, σ : 1,1 m³.

²⁾ Den Sammenkitning, som Svindet medfører, kan hos visse Mørtler være meget betydelig. Plastisk Ler kan saaledes ved Tørring opnaa en Knusningsstyrke af indtil 41 at og en Trækstyrke af indtil 14 at, σ : større Styrke end Kalkmørtel opnaar ved normal Hærdning. Svindets Indflydelse paa Kalkmørtlens Styrke er dog af mere underordnet Betydning formedelst dens store Sandindhold.

den, begynder den **egentlige Hærdning**, idet Luftens Kulsyre forener sig med Kalkhydratet under Udskillelse af Hydratvand ($\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}^1$), hvorved den yderligere svinder.

Mørtlens Vand bindes altsaa ikke ved Hærdningen, tværtimod udskilles der yderligere Hydratvand, hvilket er Aarsagen til at Huse, der opmures i Kalkmørtel, saalænge holder sig fugtige. I Modsætning til Kalkmørtel forbruger Cementmørtel Vand under Hærdningen og vilde derfor være selvskevren til Husbygningensmørtel, hvis den ikke var saa dyr.

At den kemiske Proces frembringer en Hærdning forklares ved, at Mørtel-vandet opløser lidt af Kalkhydratet (§ 796), og Kulsyren fælder da Kalken som Karbonat i Form af Krystaller, der sammenkitter Sandet og forbinder det med Stenene. Hærdningen udgaar nemlig ogsaa fra Stenene, hvis disse er porøse, idet Porerne er fyldte med kulsyreholdig Luft²). Det udskilte Hydratvand opløser ny Kalk, der ligeledes fældes af Kulsyren, og saaledes skrider Hærdningen frem, indtil der ikke er mere Vand i Mørtlen, hvilket ofte kan vare i Aarevis. Efterhaanden som Karbonatdannelsen naar dybere og dybere ind, vanskeliggøres Kulsyre's Adgang mere og mere, og Hærdningen skrider derfor langsommere frem, efterhaanden som Mørtlen bliver ældre. Samtidig hæmmes Vandfordampningen, og man kan derfor fremme Udtørringen af fugtige, pudsede Mure ved at skruppe Pudsen over med et Brædt, der fjerner Overfladens Karbonathinde.

Kalken gennemløber altsaa et kemisk Kredsløb: Raastoffet Kalciumkarbonat brændes til Kalciumilte, der læskes til Kalkhydrat, som ved Hærdningen atter bliver til Kalciumkarbonat.

1196. Udtørrer Mørtlen meget hurtigt, hvad enten det skyldes tynde Mure, varmt Vejr eller kunstig Varme, bliver den ikke stærk; i Stedet for at Karbonatet bliver udfældet af sin Opløsning som Krystaller, der lejr sig tæt mellem Sandet, træffer Kulsyren da tørt Kalkhydrat, der ganske vist omdannes til Karbonat, men ikke kommer i intim Forbindelse med Sandet, og saadan Mørtel kan smuldres mellem Fingrene³). Forholdene forbedres noget, naar man foruden Varme ogsaa tilfører Mørtlen Kulsyre ved at opstille Jærnkurve med brændende Koks i Bygningen⁴).

Saavidt mulig bør man dog ikke tørre Mørtlen kunstig, men tværtimod sørge for at den hærdner paa normal Maade. Stenene bør saaledes vandes inden Formuringen (navnlig i varmt Vejr), thi de tørre Sten suger Størsteparten af Mørtelvandet til sig, saa der næsten intet bliver tilbage til Hærdningsprocessen. Ogsaa senere hen er det meget gavnlig for Mørtlen at blive vandet fra Tid til anden, thi den trænger til mere Fugtighed, end det udskilte Hydratvand leverer. Det er en Kendsgerning, at Mørtlen hærdner særlig godt i Mure, der er stærkt udsat for Slagregn, og ved Laboratorieforsøg har det vist sig, at Tryk- og

¹) Kalkhydratet optager altsaa 59,5% CO_2 og afgiver 24,3% H_2O , saaledes at Vægtforøgelsen bliver 35,2%. Først naar Vandindholdet er sunket ned under 6%, begynder Kulsyreoptagelsen for Alvor.

²) Betydningen af Stenenes Porøsitet er dog vistnok overvurderet. Kulsyretilførslen synes hovedsagelig at ske gennem Fugen og saa langsomt, at Karbonatdannelsen i fritstaaende Mure kun trænger ca. 1 cm frem hvert Aar (Mitt. aus dem K. M. A. 1909, S. 399).

³) Absolut tørt Kalkhydrat paavirkes ganske vist ikke af Kulsyren, men der er altid nogen Fugtighed tilstede, og den gunstigste Fugtighedsgrad i kemisk Henseende ligger helt nede ved 1% Vandet virker kun i flydende Form, ikke som Damp.

⁴) Til Hærdning af Kalkpuds har Kunstmaaler *Oscar Mathiesen* patenteret en Fremgangsmaade, der navnlig er tænkt anvendt for hurtig at gøre Kalkmalerier, der udføres i fri Luft, vejrfaste. Fra en Kulsyreflaske ledes Kulsyren gennem en Slange til en Bruse, der føres hen over Fladen.

Trækstyrken efter 1 Aars Hærdning blev henholdsvis indtil 42% og indtil 149% større, naar Prøvelegemerne een Gang om Ugen mættedes med Vand, end naar de stadig henstod i Luften¹).

Ved Bygning af Beboelseshuse handles der hyppigst stik imod disse Regler, idet man tilstræber at faa Huset tørt saa hurtigt som mulig. Tørheden købes altsaa paa Styrkens Bekostning, men da denne alligevel viser sig tilstrækkelig, kan det næppe siges at være uforvarsligt.

1197. Hvis Sandet har **hydrauliske Egenskaber**, vil der foruden Kalciumkarbonatet tillige danne sig noget Kalciumsilikat, og man har ment, at ogsaa almindelig Kvartsand, som ikke indeholder opløselig Kiselsyre, i Aarhundredernes Løb skulde kunne paavirkes kemisk af Kalken, men det er næppe rigtig, thi kun ved Temperaturer over 100° har man kunnet faa de io Stoffer til at forbinde sig.

1198. Hvor Kulsyren ikke kan trænge ind, f. Ex. i tykke Mure eller mellem uporøse Sten som Klinker og Granit, kan Mørtlen ikke hærdne. I Kreuzkirche i Dresden har man inde i Murene fundet uhærdnet Mørtel, der var 140 Aar gammel, og i en Strassburgsk Fæstnings Kældermure fra det syttende Aarhundrede har man fundet 200aarig Mørtel, der var saa blød, som om den kun var 2 Timer gammel. Ganske de samme Forhold indtræder paa fugtige Steder, hvor Mørtlen stadig er vandfyldt og derfor utilgængelig for Kulsyren. Se ogsaa § 1187.

1199. Arbejder i **Frostvejr** lader sig endnu vanskeligere udføre med Kalkmørtel end med Cementmørtel, fordi Kalkmørtlen holder sig vaad saalænge og sprænges, naar Vandet fryser. Endvidere kan Hærdningen ikke foregaa, saalænge Vandet er frosset. I mange Byer er Muring derfor forbudt, naar Temperaturen er under $\div 1$ eller $\div 2^\circ$. I kolde Egne benyttes dog Kalkmørtel ogsaa i Frostvejr, idet man ved forskellige Midler afbøder Kuldens Virkninger. I Norge murer man saaledes i streng Frost med et godt Resultat ved at bruge tørre Sten og fed Mørtel og læske Kalken umiddelbart før Brugen og med varmt Vand; i Petersborg tilberedes Mørtlen med varmt, salt Vand.

Hvidtning kan ikke udføres i Frostvejr, da de nyhvidtede Mure bliver skjoldede, naar de faar Frost.

8. Kalkmørtlens Styrke.

1200. Styrken af Kalkmørtel stiger med Alderen, med Indholdet af Kalkhydrat²) og med Komprimeringen.

Ved nogle Undersøgelser, som Professor *Borch* og Docent *Gnudtzmann* foretog i 1890, viste det sig, at de danske Kalksorter stod omtrent ens i Henseende til Styrke, og at det ingen Indflydelse havde paa denne, om Kulekalken havde været læsket i 2 Maaneder eller kun i en Uge.

Styrken undersøgtes ved Knusning af Tærninger med 5 $\frac{1}{4}$ cm Sidelinie. Mørtlen blev tilberedt med almindeligt, københavnsk Mursand (Strandsand) og saaledes, at Vandindholdet udgjorde ca. 20% af den vaade Mørtels Vægt. Den blev derefter henlagt paa Mursten, der opsugede en Del af Vandet, og naar Indholdet var gaaet ned til 10—12%, blev Mørtlen stoppet temmelig fast i kubiske Staalforme og efter Udtagning stillet til Hærdning i et Værelse.

¹) *Burchartz*: Luftkalke und Luftkalkmörtel, S. 89.

²) Dog kun indtil en vis Grad; en Mørtel af lige Dele Kalk og Sand bliver stærkere end en sandfri Mørtel.

Forsøgsresultaterne findes i efterfølgende Tabel, hvor Indholdet af Kalkhydrat (tørt) er angivet i Procent af den tørrede Mørtels Vægt, mens Vandindholdet er angivet i Procent af den vaade (afsugede) Mørtels Vægt.

Blandingsforhold efter Rumfang	Indhold i Vægtprocent af		Trykstyrke i at efter		
	Kalkhydrat	Vand	28 Døgn	3 Mdr.	6 Mdr.
1:2½	14,2		9,5	21,1	32,2
1:3	12,3	13	9,4	20,7	29,0
1:4	9,6	12	8,3	19,0	25,4
Maskinmørtel	8,3	11	9,1	18,3	25,8
1:5	7,7	11	7,5	18,0	23,3
1:6	6,4	10,5	6,9	17,0	21,8
1:8	4,9		6,3	15,7	17,5
1:16	2,5		3,9	6,7	

Som man ser, er Maskinmørtels 28 Døgn Styrke knap 5 % af middelgod Cementmørtels, og naar man alligevel for Murværk i Kalkmørtel tillader en Trykspænding af 7^{at}, er det, fordi Mørtlen der er tilstede som tynde Fuger, hvis Tværuddvidelse er hindret. Murværks Styrke er omtalt i § 923 og 925-6. Iøvrigt er 28 Døgn Styrken en mangelfuld Maalestok for en saa langsomt hærdnende Mørtel som Kalkmørtlen; efter 6 Maaneders Forløb er Styrken ca. 3 Gange saa stor¹⁾. At Vanding under Hærdningen forøger Styrken er nævnt i § 1196.

Styrken stiger med Indholdet af Kalkhydrat, altsaa med Mørtlens Fedme, og for Maskinmørtel plejer man at foreskrive, at den i tørret Tilstand mindst skal indeholde 8 Vægtprocent Kalkhydrat (§ 1205-8)²⁾.

9. Kalkmørtels Anvendelse.

1201. Kalkmørtel er en udpræget **Husbygningsmørtel**, og paa dette Omraade bruges den overalt, hvor der ikke stilles særlige Krav om Styrke. Den er nemlig billig (§ 1193), let at arbejde med paa Grund af sin Fedme og langsomme Hærdning og kun i ringe Grad tilbøjelig til at faa Svindrevner.

Den kan naturligvis ikke bruges som Vandmørtel og burde kun anvendes, hvor Luftens Kulsyre har fri Adgang, altsaa ikke i Forbindelse med uporøse Sten (Klinker, Granit) eller til Teglstensmure, der er over 2 Sten tykke, lige-saalidt som til Kælder- og Fundamentmurværk.

Til Muring af Ildsteder er den heller ikke anvendelig, da Kalciumkarbonatet saa atter bliver til brændt Kalk, ligesom den angribes af Svovlsyrling. Derimod bruges den til almindelige Skorstensrør³⁾.

Den angriber Jærn (§ 395, 397) og Bly (§ 429), men ikke Zink (§ 447).

Kalkmørtel kan benyttes uden særlige Forsigtighedsregler. Murstenene maa naturligvis ligesaalidt som Sandet være støvede, hvorfor de eventuelt overbruses med en Vandkande, hvorved man tillige opnaar bedre Befingelser for Mørtlens Hærdning.

¹⁾ Mørtlens Styrke blev større, naar den formedes med mindre Vand end angivet i Tabellen; for hver 1 % Vandmængden formindskes, steg Styrken gennemsnitlig 1,3^{at}. Ved andre Forsøg med stærkere Komprimering (Böhmes Hammer) har man fundet Trækstyrken lig ca. ½ af Trykstyrken. Om Kalkmørtels Adhæsjonsevne se § 926 og 1225.

²⁾ Hvis Kalkmørtel tilberedes med skummet Mælk i Stedet for med Vand, bliver Styrken og Vandtætheden noget større, idet Æggehviten forbinder sig med Kalkhydratet. Nogen væsentlig Forbedring opnaas dog ikke.

³⁾ Høje Dampskorstene mures gerne i Blandingsmørtel, og for hver Meter lægges i Periferien et Stykke forzinket 6 mm Rundjern for at undgaa Temperaturrevner; den Anskuelse, at Kalkmørtel skulde være bedre, fordi den tillader Skorstenen at svinge uden at revne, er næppe rigtig.

Ved Stenenes Formuring klaskes der en Skefuld Mørtel paa det underliggende Skifte, og idet Stenen lægges paa Plads, trykkes Mørtlen ud til Siderne og op i de lodrette Fuger, som paa denne Maade kun fyldes dels og derfor maa efterfyldes fra oven. Murfladernes synlige Fuger fyldes først, efter at hele Muren er opført, og for at Fugekalken da skal komme til at sidde fast, maa der ikke sidde gammel Mørtel yderst i Fugen. Fugerne bliver derfor udkradsede i mindst 1 cm Dybde, hvilket gøres hver Aften paa det Stykke Mur, der i Dagens Løb er opført.

1202. Kalkmørtel **svinder** stærkere end Cementmørtel, men da den bevarer sin Plasticitet længe, giver Svindet ikke Anledning til Revner. Derimod trykkes den stærkt sammen under Murens Vægt, saa at Muren **»sætter sig**, navnlig naar man murer (hurtigt) med vaade Sten, fordi Hærdningen da udskydes. For Kalkmørtel af Sammensætning 1:3 er Sætningen ca. 1 % af Fugernes Højde, mens magrere Mørtel giver ringere Sætning. Sætningen er navnlig en Ulempe, hvor nyt Murværk skal føjes til gammelt eller hvor Stenstørrelsen er uensartet (§ 884), og i saadanne Tilfælde bør man blande noget Cement i Mørtlen, hvorved denne størkner hurtigt, saa Sætning undgaas.

Saadan Blandingsmørtel finder overhovedet stor Anvendelse i Husbygningen, hvor Kalkmørtels Styrke ikke forslaar (§ 1209-12).

1203. Kalkmørtel, der skal bruges til **Puds**, bliver først sigtet gennem en Staaltraadssigte, der tilbageholder større Sten, Muslingeskaller o. lgn.

Paa Træ pudser man ikke direkte, men anbringer først et Lag Rør, dels for at Mørtlen skal sidde bedre fast, dels for at den ikke skal revne, naar Træet arbejder.

Efter Overfladens Glathed skelner man mellem Grovpudsning, Finpudsning, Filtning og Glitning.

Hvor Pudsen ikke behøver at være særlig glat (undertiden paa Façader) bruges Grovpuds, som jævnes med et Træbrædt, og som bør fremstilles af groft Sand (§ 1190). Paa udvendige Flader gøres Pudslaget ca. 2 cm tykt, og ofte blandes der noget Cement i Mørtlen, hvilket imidlertid let medfører Svindrevner i Pudsen.

Paa Vægge og Lofter anbringes der ovenpaa Grovpudsen et Lag Finpuds af federe Mørtel med fint Sand, og som ogsaa jævnes med et Rivebrædt. Den samlede Tykkelse bliver ca. 1,5 cm.

Større Glathed opnaas ved efter Afrivningen at filtse Fladen: gnide den over med et Rivebrædt beklædt med Filt, og Glatheden kan yderligere forøges ved derefter at glitte den med et Rivebrædt af Staal.

Almindelige Vægge og Lofter bliver gerne filtset og derefter hvidtede 2—3 Gange med ren Kalk; gentagen Hvidtning gør Fladen glattere¹⁾.

¹⁾ Den første Strygning udføres med tyndere Kalkmælk end de påfølgende. I Begyndelsen er Kalken afsmittende, men efterhaanden som den omdannes til Karbonat, binder den bedre til Pudsen. Holdbarheden kan forøges ved en Aluntilsætning, hvorved der dannes Aluminiumhydrat og Gibs. Hvidtningen maa helst udføres i fugtigt Vejr og paa fugtigt Puds, da Karbonatet saa udkrystalliserer i lange Naale, der filtrer sig ind i hinanden og giver et godt Sammenhæng.

Ved at blande Kridt i Hvidtekalken faar man et tykkere og mere dækkende Lag, saa man kan nøjes med 1 eller 2 Strygninger, men saadan Hvidtning skaller lettere af. Undertiden bruges udelukkende Kridt, men opløst i et Afkog af Islandsk Mos, der virker som Klister. Islandsk Mos indeholder nemlig ca. 70 % Moostivelse, der er opløseligt i varmt Vand, og ved Afkøling stivner Udtrækket til en géléagtig Masse paa samme Maade som en Limopløsning, hvis Bindeevne dog er langt større. Kridtmassen paastryges i temmelig tyk Konsistens og dækker ved en enkelt Strygning, og den viser kun i ringe Grad Penselstrøge, men Farven gulner hurtigere end almindelig Hvidtning. Ved Hvidtning af meget sværtede Lofter kan en Kridttilsætning være nødvendig, men ellers er den forkastelig og bruges kun for at spare Arbejde. Hvidte-

1204. Da Kalkhydratet ødelægges **Oliefarve**, kan pudsede Vægge først oliemales, naar de er 2—3 Aar gamle, og al Kalken er bleven til Karbonat. I nye Huse bliver Væggene derfor til en Begyndelse limfarvede; senere, naar de er bleve tørre, kan der oliemales ovenpaa Limfarven.

Limfarve fremstilles af vandrevet Kridt og Limvand (1 $\frac{1}{2}$ Snekkerlim i 10-12 $\frac{1}{2}$ Vand) med en Tilsetning af lignende Farvestoffer, som bruges ved Kalkfarvning; er Limvandet for tyndt, bliver Farven afsmittende, er det for stærkt, skaller den af. Pudsen overstryges først med Sæbevand (1 $\frac{1}{2}$ grøn Sæbe udpisket i 6-8 $\frac{1}{2}$ varmt Vand), og naar dette er indtørret, med Limfarven; denne vil da tørre langsommere og mere ensartet, hvorved Skjolder undgaaes. Limfarve taaler ikke Fugtighed og kan derfor ikke bruges udendørs.

Puds, der skal oliemales, bliver først afrevet med en Mursten og grundet med Fernis og saa strøget 2-3 Gange med Farven. En finere, men ogsaa dyrere Maling faar man ved at spartle Muren efter Grundingen: gnide den ind med en Masse af Kridt, Fibeler og Olie med en Sikkativ og, naar det er tørret, slibe det af med Pimpsten, saa man faar en fuldstændig glat Flade at male paa. Malingens Overflade bliver da ogsaa glat og taaler Rengøring bedre end ellers.

Om Oliemalings hellige Indflydelse paa Akustikken se *Ingeniøren* 1908, Side 353.
Om de forskellige Farvers Indflydelse paa Oplysningen af et Værelse se *Elektrotekniker* 1909, Side 1.

10. Leveringsbetingelser for Kalkmørtel.

1205. I Leveringsbetingelser for Maskinmørtel hedder det gerne: Kalkmørtel skal være frisk tilberedt med skarpt, rent, groft Sand, frit for Ler og andre lignende Indblandinger, og Kalkhydratmængden skal mindst udgøre 8% af den tørrede Mørtels Vægt. Der maa ikke tilføres Byggepladsen mere, end der forbruges i Dagens Løb.

Hvis Mørtlen fremstilles paa Byggepladsen, tillades det gerne at blande $1\frac{1}{2}$ Dags Forbrug ad Gangen. Kulekalken skal være vel læsket (til Hvidtning mindst 2 Maaneder gammel) og fremstillet af friskbrændt Stenkalk.

1206. Maskinmørtelens Kalkindhold kontrolleres ved en Metode, der er angivet af den danske Ingeniør *Holmblad*. Det er en Titreringsmetode, ved hvilken man bestemmer hvormange Kubikcentimeter af en »Normalvædske«, der kræves til at neutralisere Kalkhydratet i én tørret og afvejede Prøve af Mørtlen. Normalvædsken er gul (det er en Blanding af fortyndet Saltsyre og Rosolsyre), men bliver rød, naar den neutraliseres med Kalkhydrat, og man ved, hvor mange Kubikcentimeter af Vædsken 1 Gram Kalkhydrat kan farve rød.

Mørtlen anbringes paa Bunden af et Glas (Fig. 323), hvis Stilk er forsynet med Inddelinger, og der paafyldes Vand indtil Nulmærket. Vandet har ingen Indflydelse paa Prøvens Forløb, men skal blot fylde det tomme Rum under Nulmærket. Den gule Normalvædske sættes derpaa til og farves strax rød. Naar der er tilsat saa meget, at man mener at være i Nærheden af Neutralisationspunktet, tilsættes Vædsken draabevis, og Apparatet rystes, til Farven er bleven rød. Tilsidst kommer der et Punkt, hvor den gule Farve holder sig trods Rystningen, og Apparatet aflæses da. Hvis Stilken var inddelt i Kubikcentimeter, kunde man af det aflæste Tal beregne Kalkhydratmængden i den afvejede Mørtelprøve,

Fig. 323.

kalken kan ogsaa blandes med **Jordfarve** (Anilinfarver staar sig ikke). 1 $\frac{1}{2}$ Kulekalk udværes med 4 $\frac{1}{2}$ Vand til Kalkmælk, og der tilsættes $\frac{1}{2}$ kg Alun; med denne Blanding grundes den tørre, pudsede Flade. Farverne (f. Ex. Kønrog, Umbra, Italienskrodt, Engelskrodt, Dodenkop, Okker, Ultramarin) udværes i blødt Vand og sættes til Kalkmælken; der stryges 2 Gange, ved meget ru Puds 3 Gange. Malingen bliver varigere og mere vejrfast ved Tilsetning af 5% Linoliefernis. Kalkfarvning bruges udendørs samt i Køkkener og lignende Rum, hvor der kan fortætte sig Vand paa Væggene.

men denne Beregning undgaar man ved altid at gøre Prøven med en ganske bestemt Vægt Mørtel, idet man saa kan inddele Glasset saaledes, at man direkte aflæser Kalkhydratindholdet i Procent af den tørre Mørtels Vægt.

Ved Prøvens Udtagelse undgaar man i Virkeligheden baade Tørring og Vejning og benytter en Prøvetager (Fig. 323), bestaaende af en Messingcylinder med bevægeligt Stempel. Mørtlen lægges paa et fast Underlag, og Prøvetageren trykkes een eller flere Gange ned i den, saaledes at den bliver fast stoppet med Mørtel; efter at Undersiden er afstrøget glat, presses Indholdet ned i Glasset.

Det har nemlig vist sig, at det saaledes udtagne Mørtelvolumen tilnærmelsesvis indeholder samme Vægt Tørstof uafhængig af Mørtlens Vand- og Kalkindhold og Sandets Beskaffenhed, og man har derfor een Gang for alle bestemt Tørvægten af det Volumen Mørtel, som Prøvetageren rummer, og indrettet Glassets Inddeling derefter¹⁾. Metoden er naturligvis langt fra exakt, men den er nem at anvende paa en Byggeplads, da man er helt fri for Vejning.

1207. Mørtlen er aldrig saa godt blandet, at hver lille udtagen Prøve giver samme Resultat og for at faa et paalideligt Middeltal, maa man derfor samle noget Mørtel sammen fra forskellige Steder af Kalkvognen eller Mørtelbænken, i alt $\frac{1}{2}$ Spand fuld, og blande det godt sammen for saa deraf at udtage nogle Prøver. Det er heldigst at undersøge hvert enkelt Vognlæs og lade Vognen køre igen, hvis Mørtlen er for kalkfattig; hvor en saa virksom Kontrol ikke kan gennemføres, maa man nøjes med hver Morgen, naar Mørtlen er kommen, at tage Prøver fra Kalkbænken, men man er da som Regel afskaaret fra at kunne kassere den leverede Mørtel, da man derved stopper Murearbejdet.

1208. Af Kalkmængden kan Blandingsforholdet let beregnes. 1 $\frac{1}{2}$ Kulekalk vejer nemlig ca. 1300 g af hvilke de 40%, altsaa 520 g er Kalkhydrat; 1 $\frac{1}{2}$ almindeligt Mursand med 4% Vand vejer ca. 1250 g og indeholder altsaa 1200 g tørt Sand. Blandes 1 $\frac{1}{2}$ Kulekalk med n l Sand, indeholder Blandingen 520 g Kalkhydrat + $n \cdot 1200$ g tørt Sand = 520 + $n \cdot 1200$ g tør Mørtel. Har man fundet, at Kalkhydratindholdet er 8%, maa man have:

$$\frac{520 + n \cdot 1200}{100} \cdot 8 = 520, \text{ hvoraf } n = 5.$$

Til 8% Kalkhydrat svarer derfor et Blandingsforhold af ca. 1:5.

D. Blandingsmørtel.

1209. Navnlig i Husbygningen bruges meget ofte en Blandingsmørtel (Bastarmørtel), der baade indeholder Cement og Kalk. Den bruges paa Steder, hvor Kalkmørtel ikke hærdner ordentlig (i Kældermure, mellem naturlige Sten, under Støbejernsafdækninger paa Skorstene, som Puds i Vadskekældere) eller ikke er tilstrækkelig modstandsdygtig (Hussokler, Saalbænke, Skorstenspiber) eller sætter sig for meget (Buer²⁾, Stik, nyt Murværk, der skal sammenmures med gammel, Teglstensmurværk med Beklædning af Natursten (§ 884) eller er

¹⁾ Som Norm er benyttet en Mørtel med 14% Vand, hvilket er et almindeligt Vandindhold for Kalkmørtel med 8-10% Kalkhydrat (se dog § 926). I Mørtelbaljerne forøges Vandmængden til 17-19% og i denne Tilstand er Mørtlens Vægt ca. 2000 kg/m³.

²⁾ at Krydsbæltinger o. lgn. skulde blive stærkere, naar de mures i ren Kalkmørtel og kan sætte sig noget, er sikkert ikke rigtigt.

for svag (svært belastede Piller, Dampskorsten (§ 1201)), mens paa den anden Side Cementmørtel er for dyr og unødvendig stærk.

Man kunde naturligvis gøre Cementmørtlen billigere ved at forøge Sandmængden, men naar Mørtlen bliver magrere end 1:4, mister den sin Plasticitet og adhærer ikke til Stenene, saa den bliver uskikket til at mure med. Desuden lader saa magre Mørtler sig vanskelig blande ensartet, og som Følge af deres Porøsitet er de ikke vejrfaste, men sprænges af Frosten og opløses af gennemsvivende Vand. Disse Ulemper raader en Kalktilsætning Bod paa; baade Smidigheden, Tætheden og Knusningsstyrken stiger, naar en mager Cementmørtel blandes med Kalk, naar blot Kalkmængden ikke overskrider Cement-Sand-Blandingens Porevolumen. I § 1089 fandt vi, at 1^m Cementmørtel af almindeligt Mørtelsand skulde indeholde 620^l Sandmasse og 380^l Cementgrød for at være tæt; af disse 380^l kan man erstatte en større eller mindre Mængde med Kulekalk uden at Mørtlens Tæthed forandres. Paa denne Maade fremkommer f. Ex. følgende Blandingsforhold i løst Maal:

1 C: 4,7 S: 0,5 K (21,3 C: 100 S: 10,6 K) 1 C: 8,4 S: 1,5 K (11,9 C: 100 S: 17,9 K)
1 C: 6,8 S: 1 K (15,2 C: 100 S: 15,2 K) 1 C: 10,2 S: 2 K (9,8 C: 100 S: 19,6 K)

der er lige tætte, men hvis Styrke aftager i den nævnte Orden. Da Forudsættningerne for Beregningen kun er tilnærmelsesvis rigtige, kan man i Praxis godt afrunde Sandmængden til det nærmeste hele Tal. Om Kalken udmaales i Form af Kulekalk eller som Melkalk er ligegyldigt, da man kan regne, at der er lige meget Kalkhydrat i 1^l Kulekalk og i 1^l Melkalk.

1210. Ved **Tilberedning** af Murmørtel blandes Cementen og Sandet tørt paa en Brædeflage som tidligere beskrevet og fyldes derpaa over i en flad Kasse, i hvilken man har udrørt Kulekalken til Kalkmælk, hvorpaa det hele blandes godt¹⁾.

Hvis Kalkmørtlen tages fra Fabrik, bliver Cementen undertiden tilsat i Mørtelbaljerne, idet man fylder $\frac{1}{2}$ eller $\frac{1}{4}$ Spand Cement i hver Balje og rører rundt, men paa denne Maade bliver Blandingen ikke homogen. Den rette Fremgangsmaade er at blande noget Cementmørtel (1:2 eller 1:3) tørt og skovle 1 Maal af denne Mørtel sammen med 1, 2 eller 3 Maal Kalkmørtel, hvorpaa Blandingen bæres til Mørtelbaljerne og røres ud med Vand der. Hyppigst blandes Cementmørtlen i Forholdet 1:3, og da Maskinmørtlens Blandingsforhold er ca. 1:5, kommer de nævnte Blandingsmørtlers Sættning til at ligge omkring 1:4; de er altsaa ikke tætte, men netop paa Grund af deres Gennemtrængelighed for Luft egner de sig godt til Murværk over Jorden i Beboelseshuse, da Murværket tørrer hurtigt.

1211. Professor *Borch* og Docent *Gnudtmann* har foretaget nogle **Knusningsforsøg** med Tærninger af Blandingsmørtel, komprimerede med Böhmes Hammerapparat og hærdnede dels i Luft og dels i Vand²⁾. Cementmørtlen bestod af 1 Vægtdele Cement + 3 Vægtdele Normalsand + 9% Vand, Kalkmørtlen af 1 Maal Faxe-Kulekalk + 4 Maal Normalsand³⁾. Disse Mørtler blandedes efter Maal i forskellige Forhold, hvorved følgende Styrketal fandtes:

¹⁾ Til Beton er saadan Mørtel for vaad, og da en Blanding af Kalken i Deigform vanskelig lader sig udføre regelmæssigt, foretrækker man gerne at bruge Melkalk (eventuelt hydraulisk), der blandes tørt med Cementen og Sandet, hvorpaa Vandet tilsættes. Melkalken maa ikke indeholde grove Korn, da disse læsker sig sent og kan sprænge den allerede stærknede Mørtel. Melkalken bør derfor enten males eller sigtes. Styrken af saadan Beton er omtalt i § 1094.5.

²⁾ Vandprøverne stod dog nogen Tid i Luften, nemlig 1 Døgn for de to kalkfattigste Blandingers Vedkommende og 3 Døgn for de to kalkrigeste.

³⁾ Vandindholdet var ogsaa her 9% af Tørstoffernes Vægt, og der var 8 Vægtprocent Kalkhydrat i den tørre Mørtel.

Mørtlens Art ¹⁾	Hærdnet i	Mørtlens Knusningsstyrke i at efter:			
		1 Uge	4 Uger	3 Mdr.	6 Mdr.
Ren Cementmørtel	Luft	151	260	265	257
	Vand	146	277	369	445
1 Maal Cm: $\frac{1}{2}$ Maal Km	Luft	97	159	166	178
	Vand	90	161	188	214
1 Maal Cm: 1 Maal Km	Luft	44	97	106	108
	Vand	44	80	102	123
1 Maal Cm: 2 Maal Km	Luft	19	39	41	41
	Vand	19	31	36	46
1 Maal Cm: 3 Maal Km	Luft	13	24	25	33
	Vand	10	15	22	33
Ren Kalkmørtel	Luft	0,8	7	12	13

Som man ser, bliver Styrken størst i Vand, og selv den cementfattigste Blanding (der indeholder 13 Gange saa meget Sand som Cement og 7 Gange saa meget Sand som Cement + Kalkhydrat) opnaar ved 7 Døgns Luthærdning samme Styrke, som Kalkmørtlen bruger 6 Maanedes om at opnaa.

1212. En saadan svagt cementblandet Mørtel er derfor udmærket egnet til Opmuring af Huse. Murene bliver stærke (den **tilladelige Paavirkning** for Murværk i Blandingsmørtel er omtalt i § 925), sætter sig ikke og tørrer hurtigt; Mørtlens hurtige Stærkning er ogsaa af Betydning, naar der mures med Frosten for Døren. Blandingsmørtel har imidlertid den kedelige Egenskab, at den i upudsede Façader af almindelige, porøse Teglsten i Aarevis vedbliver at give hvide Udslag, idet Regnvandet opløser Cementens Kalk og fører den ud paa Stenenes Overflade (§ 891). Denne Ulempe skal man kunne undgaa ved at udkradse og udskylle Façadens Fuger i 4^{cm} Dybde og fuge med ren Kalkmørtel eller hydraulisk Kalk²⁾. Til Puds er Blandingsmørtel mindre skikket, da den let faar Svindrevner, navnlig naar den behandles galt (§ 1118).

Ogsaa som Vandmørtel er den brugbar; naar først den er stærknet, blødes den ikke op af Vandet, og den stærkner langt hurtigere end Trassmørtel og hydraulisk Kalk, der først efter flere Dages Forløb taaler at udsættes for Vand. Til Brug i Havvand egner den sig ikke paa Grund af dens store Kalkindhold.

Blandingsmørtel bruges som sagt mest i Husbygningen og baade til Murværk og udvendig Puds. 1 Maal Cm (1:3) blandet med 2—3 Maal Km bruges f. Ex. til Maskinhusmure, 1 Maal Cm (1:3):1 Maal Km bruges til Hussokler af Granit, Kældermure, udvendige Buer og Stik, Saalbænke, fritstaaende Piller samt til Muring og Pudsning af Beklædningsmure. Glatte Betonflader, der skal kalkpudses, bliver ogsaa ofte først udkastede med Blandingsmørtel som binder bedre paa dem. Et Udkast med Cementmørtel 1:2 (groft Sand) er dog at foretrække.

Blandingsmørtel maa ligesom Cementmørtel anvendes strax efter Tilberedningen.

¹⁾ 1^l vaad Mørtel indeholdt følgende Mængder Tørstof (angivet i Gram):

	Sand	Cement	Kalkhydrat		Sand	Cement	Kalkhydrat
Ren Cm	1450	483		1 Cm: 2 Km	1562	160	94
1 Cm: $\frac{1}{2}$ Km	1499	319	47	1 Cm: 3 Km	1577	120	106
1 Cm: 1 Km	1531	240	71	Ren Km	1624		141

²⁾ Som nævnt i § 1210 bruges som Regel ret porøse Blandingsmørtler; der var derfor Grund til at prøve, om ikke federe Mørtler giver mindre Udslag.

E. Hydraulisk Kalk.

1213. Brænder man lerholdig Kalksten, læsker den og bruger den til Mørtel, vil den hærde under Dannelse af ikke blot Kalciumkarbonat, men ogsaa Kalciumsilikat, idet den ved Brændingen frigjorte Kiselsyre forener sig med Kalkhydratet, og er Kiselsyreindholdet tilstrækkeligt stort, vil Mørtlen kunne hærde uden Tilgang af Kulsyre, altsaa ogsaa i Vand.

Kalk med denne Egenskab kaldes hydraulisk (§ 970) og spiller mange Steder, f. Ex. i Frankrig, en stor Rolle, idet den finder Anvendelse i Tilfælde, hvor vi i Danmark bruger Portlandcementmørtel eller Blandingsmørtel.

Kalkstenen maa brændes ved en noget lavere Temperatur end Luftkalk, da den ellers bliver dødbændt: ude af Stand til at læske sig. Læskningen foregaar endnu vanskeligere end Tilfældet er med mager Luftkalk, og det er derfor meget vigtigt, at holde sammen paa den udviklede Varme. Kalken læskes til Melkalk med saa lidt Vand som muligt og dækkes derefter med Sand eller andre Stoffer, der beskytter den mod Varmetab. Om Fremstilling af Kulekalk kan der naturligvis ikke være Tale, da Kalken vilde hærde, hvis der var Overskud af Vand.

Den hydrauliske Kalk forhandles gerne som Melkalk i Fustager eller Sække og bør bruges saa frisk som mulig, da den optager Fugtighed og Kulsyre fra Luften. Farven er gullig.

1214. Mørtlen fremstilles ved at blande Melkalken med Sand i samme Forhold som ved Luftkalk og derpaa tilsætte saa meget Vand, at man faar en temmelig stiv Grød, der maa anvendes, inden Stærkningen begynder. God hydraulisk Kalk vil i ren Tilstand begynde at stærkne i Løbet af nogle Timer og fuldende Stærkningen i Løbet af et Døgn, men mange Sorter er langt senere i Vendingen. Først naar Mørtlen er stærknet, taaler den at udsættes for Vand.

Hvor man har god hydraulisk Kalk, bruges den baade i fersk og salt Vand til Mørtel og Beton og til Husfundamenter og Husbygningensmørtel. Navnlig til udvendig Puds er den et udmærket Materiale, stærkere end almindelig Kalkpuds og fri for Cementens Tilbøjelighed til at revne. Overhovedet egner den sig til Anvendelse, hvor Begyndelsesstyrken ingen Rolle spiller.

1215. I Danmark brydes kun hydraulisk Kalk ved **Klintebjærg** i Nærheden af Nykøbing paa Sjælland, og den fører sit Navn med Urette, da den giver svagere Mørtler end almindelig Luftkalk¹⁾. Ikke desto mindre har den i de senere Aar fundet en Del Anvendelse, navnlig til Fugning, da den har en varm lysegul Farve, som staar smukt til røde Mursten, men som sikkert kunde naas ad en billigere Vej²⁾. Den bruges ogsaa til Fugning af glaserede Fliser og Mursten, men hvor det kommer an paa Styrke og Vejrfasthed er den uden Værdi og tilmed langt dyrere end Blandingsmørtel; specielt til vandrette Afdekninger af Murværk er den ganske uanvendelig, da den sprænges af Frost.

Sælgeren anbefaler den til Fugning (1 K: 1 à 1½, S), Understrygning af Tagsten (1 K: 2 à 3 S)³⁾, Façadepuds (1:3), almindelig Muring (1:4) og til Kalkning af Murflader og Tagpap. Den blandes

¹⁾ En Prøve udtaget i April 1910 viste sig volumenbestandig ved 3 Mdr.s Henligger i fugtig Luft. Mørteltærninger 1:3 (Vægtforhold, Normalsand, Böhmes Hammer, 13,5% Vand) opbevarede i fugtig Luft knustes ved et Tryk af 8, 12 og 17 at efter henholdsvis 28 Døgn, 2 Maaneders og 3 Maaneders Hærdning.

²⁾ Privatbankens Bygning er fuget med Klintebjærg Kalk, og det kgl. oktr. alm. Brandassurance Kompagnis Bygning paa Højbro Plads er helt opmuret deri.

³⁾ Til Understrygning bruges undertiden en Blanding af 1 Maal hydraulisk Kalk og 3 Maal alm. Kalkmørtel. Se ogsaa § 939.

paa samme Maade som Cementmørtel; Sandet skal være lerfrit. Den er omtrent lige saa let at arbejde med som almindelig Kalkmørtel; vil man have den smidigere, tilsættes Kulekalk. Den koster 5½ Kr. pr. Fustage à ca. 90 kg Brutto og 5 Kr. pr. Sæk à ca. 70 kg, og Rumfanget svarer til en Cementtønde, saa Prisen bliver ca. Kr. 42 pr. m³.

1216. Den hydrauliske Kalk fra **Ekedalen** i Skaane er ogsaa af ringe Værdi, omend betydelig bedre end Klintebjærg Kalken. En Prøve udtaget 1910 viste sig volumenbestandig ved 4 Mdr.s Henligger i fugtig Luft. Mørteltærninger 1:3 (Vægtforhold, Normalsand, Böhmes Hammer, 14,5% Vand), opbevarede i fugtig Luft, knustes ved et Tryk af 14, 24 og 28 at efter henholdsvis 28 Døgn, 2 Mdr.s og 3 Mdr.s Hærdning.

1217. Ved **Styrkeprøver** med hydraulisk Kalk anbefaler *I. M.* som Normalmørtler at bruge baade 1:3 og 1:5 (efter Vægt).

Vil man hurtigt undersøge Kalkens Volumenbestandighed, kan man lægge den størknedte Mørtelkage 6-8 Timer i et 50° varmt Vandbad; den maa da hverken krumme sig eller revne.

1218. I Italien læsker man ofte den hydrauliske Kalk, samtidig med at man iblander Sandet. Kalken leveres da i Stykker, der oplægges i en ca. 50 cm høj Bunke paa en Bræddeflage, omgivet af den afmaalte Sandmængde. Derpaa tilsættes det nødvendige Vand, og mens Kalken læsker sig, skovles den sammen med Sandet og gennemarbejdes grundigt, hvorpaa den varme Mørtel strax benyttes. Ved en saadan Behandling stærkner Mørtlen langt hurtigere end ellers; selv Luftkalk faar hydrauliske Egenskaber, naar den anvendes paa denne Maade.

F. Romancement.

1219. Romancement vindes ligesom hydraulisk Kalk ved Brænding af lerholdige Kalksten, men Indholdet af fri Kalk er her ringere, saa at Produktet ikke kan læske sig, men maa findeles ved Maling. Undertiden fremstilles den af kunstige Blandinger af Kalk og Ler ligesom Portlandcement, fra hvilken den imidlertid skarpt adskiller sig ved at være brændt under Sintringsgrænsen (§ 970) og ved som Følge deraf at have en ringere Vægtfylde¹⁾.

Den udmærker sig ved sin overordentlig **hurtige Stærkning** baade i Luft og Vand; hvis Stærkningstiden er over 15 Minutter, regnes den ikke mere for hurtig stærkende. Den egner sig derfor navnlig til Arbejder under Vand, hvor det gælder om strax at tørlægge eller standse Vandets Fremtrængning, mens Styrken har mindre at sige. Til Arbejder i Luften har man sjældnere Brug for dens hurtige Stærkning, der tværtimod vanskelig gør Benyttelsen i høj Grad, da man kun kan tage minimale Mængder i Arbejde ad Gangen. Arbejderne forledes ogsaa let til at overrøre halvstærknet Mørtel, og saadan Mørtel er ikke bedre end Mørtel af hydraulisk Kalk, og er meget tilbøjelig til at faa Svindrevner paa Grund af den forøgede Vandtilsætning. For Romancement gælder det i højere Grad end for noget andet Mørtelmateriale, at den stiveste Mørtel er den bedste, thi den kan stærkne med højst forskellige Vandmængder uden at udskille noget; jo mere Vand man sætter til, des større bliver Udbyttet, men des porøse og svagere bliver ogsaa Produktet.

Den bruges gerne i meget **stærke Blandinger** som 100 Maal Sand til 70-80 Maal Cement. Sandet maa være tørt; naar det er blandet med Cementen laves der en Fordybning midt i Mørtelbunken, og deri hældes den nødvendige Vandmængde, hvorpaa det hele gennemarbejdes raskt og intensivt og strax anvendes. Bruges Mørtlen sammen med Teglsten, maa disse være godt vaade, og det færdige Arbejde maa i længere Tid vandes.

Man træffer meget ofte Romancement, der er **udbulvend**, fordi det eventuelle Overskud af fri brændt Kalk ikke er læsket som i hydraulisk Kalk; det er hændt, at en 10,5 m høj Støttemur af Romancement-Beton er voxet 6 cm i Højden.

¹⁾ 2,7-3,0.

1220. I Danmark brændes Romancement af den **bornholmske** Ortoceratit-kalk (§ 830). Produktet, der er gulligbrunt og i hærden Tilstand rød- eller chokoladebrunt, har tidligere været benyttet en Del i København som Erstatning for hydraulisk Kalk til Muring og Pudsning¹⁾ og har vist sig upaaklageligt, men for Tiden bruges det meget lidt, vistnok mest til Fugning.

Den faas i Fustager à 50 og 100 kg og i Sække à 50 kg og koster 7 à 7½ Kr. pr. 100 kg. Ved Romancementens Brænding, der sker i Kalkovne, danner Leret og Sandet Lerjordsilikater, mens kun en meget ringe Kalkmængde gaar i Forbindelse med Kiselsyren. Den meste Kalk er derfor tilstede som brændt Kalk, og følgende indtager Romancementen hurtig Fugtighed og Kulsyre fra Luften og taaler hverken lang Lagring eller lang Transport. Har man den bornholmske Cement liggende længe i Sække, kan den udvide sig (som Følge af Læstningen) og sprengte Sækkene.

I 1892 blev den bornholmske Cement undersøgt af Prof. Borch og Docent Gaudizmann. Den havde en Litervægt af 0,9 kg i løs og 1,284 kg i sammenrystet Tilstand og efterlod 21,9 Vægtprocent paa 900 Maskers Sigten og 37,5 % paa 4900 Maskers Sigten. Størkningstiden var 5 à 10 Minutter, Temperaturstigningen 12,2°. Stykretallene stillede sig som følger:

	Hærden i	Mørtlens Alder						Blandingsforhold
		1 Uge	4 Uger	3 Mdr.	6 Mdr.	1 Aar	2 Aar	
Trykstyrke	Luft	34	60	69	60	47	1 : 3 efter Vægt	
	Vand	26	43	107	137	166		
Trækstyrke	Luft	7	11	12	12	5		
	Vand	3	6	15	17	19		
Trykstyrke	Luft	22	28	42	44	45	1 : 3 efter Maal	
	Vand	10	29	62	70	89		
Trækstyrke	Luft	4	6	6	7	2		
	Vand	1	3	7	8	11		

En Prøve udtaget 1907 havde efter Udgliedning (Gliedningstab: 28,7 %) følgende Sammensætning:

Opløselig Kiselsyre (SiO ₂)	6,2 %	Svovlsyre (SO ₂)	0,7 %
Uopløselig Kiselsyre + Rest	44,6 »	Kalk (CaO)	44,1 »
Lerjord (Al ₂ O ₃)	2,0 »	Magnesia (MgO)	0,7 »
Jærnitte (Fe ₂ O ₃)	1,7 »		100,0 %

1221. Romancement fremstilledes første Gang af Englænderen James Parker (§ 972), og den spiller stadig en stor Rolle i England, hvorfor man i Tyskland ofte benævner den **engelsk Cement**.

G. Hydrauliske Tilslag.

1222. Ved hydrauliske Tilslag forstaar man en Række Mørtelstoffer, der bruges til at blande i Kalk for at forøge dennes Styrke eller for at gøre den hydraulisk, saa at den kan hærde under Vand. De indeholder alle opløselig Kiselsyre, men er saa kalkfattige, at de ikke kan hærde alene.

Blandt Stoffer, der kan bruges paa denne Maade, skal nævnes Teglstensmel, Højvonnslagge og Kulaske, samt Trass, Puzzolanjord og Santorinjord. De indeholder alle brændt, kiselsur Lerjord, og for de tre sidstnævnte Vedkommende er Brændingen sket ad naturlig Vej, idet de er Bjærgarter af vulkansk Oprindelse.

Kalkmørtel med slige Tilslag hærder kun langsomt i Forhold til Cement, men Styrken bliver stor, og i Oldtiden brugtes den Slags Mørtler meget af Romerne. Nu om Stunder er de for en stor Del fortrængte af Portlandcementen, men de vulkanske Tilslag bruges dog endnu i Omegnen af Forekomststederne, hovedsagelig af økonomiske Grunde.

¹⁾ F. Ex. til Universitetsbiblioteket, Frue Kirke, Domhuset og Nationalbanken.

Kalkmørtler med hydrauliske Tilslag kan være udmærkede Vandmørtler, mens de egner sig mindre godt til Brug i Luften, hvor de kan have Tilbøjelighed til at smuldre, enten som Følge af Svind, eller som Følge af, at Luftens Kulsyre indvirker paa eventuelt tilstedeværende Kalkhydrosilikater. Denne Tilbøjelighed kan svækkes ved at tilsætte noget Portlandcement, hvorved man samtidig faar fremskyndet Størkningen. Der bliver paa denne Maade 4 Tørstoffer at blande, hvilket er en Ulempe, navnlig da Mørtlens Godhed i høj Grad er afhængig af Blandingens Fuldkommenhed.

1223. Trassen er en vulkansk Tuf, en Stenart, der er dannet af løst Materiale fra vulkanske Udbrud, og som ofte er blevet ført et Stykke bort af de Udbruddets ledsagende Regnskyl, og saaledes aflejret af Vandet. Det er en porøs Sten sammensat af større eller mindre Partikler af Pimpsten, Lerskifer, Hornblende o.s.v., og den findes kun ved Rhinen¹⁾. Farven er lys graagul.

Trassen brydes og slaas til Skærver, der enten strax males til Pulver eller sælges som de er og males paa Byggepladsen. Trassens Godhed voxer med Fimballingen, da det kun er det fineste Pulver, der paavirker Kalken. Den malede Trass er ofte forfalsket med løs vulkansk Aske, der findes mellem Trasslagene, saa man staar sig ved at købe den i Skærveform, naar Forbruget er saa stort, at det kan betale sig at anskaffe en Kollergang, i hvilken den da sammenmales med Kulekalken.

Trasskærverne skal være haarde og faste uden jordagtige Indblandinger og skal klinge som Porcelæn, naar de slaas mod hinanden²⁾.

1 Maal Kulekalk blandes med ½—1½ Maal Trasspulver, og Sandtilsætningen tages sjældent større end 1½ Gange Summen af Kalk og Trass. Ofte er Sandtilsætningen langt ringere, men saadanne Mørtler er ikke vejrfaste paa Grund af det store Svind (§ 1028). Det maa dog bemærkes, at grøftmalet Trass kan virke ganske som Sand.

I Holland, Belgien og Vestfyskland bruges Trassen meget til Vandbygningmørtel og -beton. Den er f. Ex. benyttet ved Bremens Havnearbejder, Nordøstersøkanalen, mange Rhiinbroer o. s. v. Mørtlen udmærker sig ved sin store Vandtæthed og ved sin i Forhold til Cementmørtel meget ringe Slamdannelse ved Udstøbning i Vand.

Til Lufmørtel er Trass mindre egnet, idet Luftens Kulsyre trænger ind i Mørtlen og i Tidens Løb omdanner Kalciumsilikaterne til Karbonater, hvorved det een Gang tilvebragte Sammenhæng atter ophæves.

I Danmark bruges Trass-Kalkmørtel ikke, men erstattes af Cementmørtel eller Blandingsmørtel. Trass-Cementmørtel er omtalt i § 1155, 1168 og 1170.

Trassens Godhed er betinget af dens Indhold af Hydratvand, som mindst bør være 7 %³⁾. Iøvrigt henvises til Anton Hambloch: *Der rheinische Trass* og sammes: *Das Hydratwasser im Trass* (Armierter Beton 1911, S. 195).

1224. Puzzolanjord og Santorinjord er lignende Stoffer som Trass, men da de forekommer henholdsvis i Italien og Grækenland, har de ingen Betydning for os⁴⁾.

1225. Det danske Moler synes derimod vel egnet til at bruges som hydraulisk Tilslag til Kalkmørtel. For Prøver, komprimerede med Böhmes Hammerapparat og hærde dels i fugtig Luft (90 % Fugtighed) dels i et almindeligt Værelse (65 % Fugtighed), fandt Statsprøveanstalten:

Mørtlens Blandingsforhold efter Vægt	S _c (28 Døgn) ved Hærden i		Adhæensionsstyrke efter 8 Uger ved Hærden i tør Luft
	fugtig Luft	tør Luft	
5 % Kalkhydrat 95 » Mursand	1,9 at	6,0 at	0,6 at
2 % Kalkhydrat 3 » Moler 95 » Mursand	5,1 at	4,3 at	0,4 at

Molerets kemiske Sammensætning kan være:

Kiselsyre	67,8 %	Kulsyre	Spør
Lerjord	6,7 »	Svovlsyre	0,6 %
Jærntveite	5,5 »	Gliedningstab	7,4 »
Kalk	1,2 »	Hygroskopisk Vand	8,3 »
Magnesia	0,9 »	Alkalier (som Differens)	1,6 »

¹⁾ God Trass brydes saa godt som udelukkende i Nettethal ved Andernach am Rhein. Tidligere kom megen Trass fra den nærliggende Brohithal, men dens gode Materiale er nu udtømt, saa man bør altid forlange Trass fra Nettethal.

²⁾ Trassen er gerne afsondret i tre Lag: et graagult foroven, et graat i Midten og et graablaat nederst. Haardheden og Godheden voxer nedefter.

³⁾ Kalkmørtel med Santorintilslag er en udmærket Vandmørtel, men smuldrer, hvis den vedvarende udsættes for tør Luft.

H. Gibsmørtel.

1226. Gibsmørtel fremstilles af malet, brændt Gibs og Vand. Da Brændings-temperaturen har stor Indflydelse paa Gibsens Egenskaber, maa man skarpt skelne mellem Stukgibs eller Støbegibs, der er brændt ved en lav Temperatur, og som størkner hurtigt, i Modsætning til Murgibs, der er brændt ved en høj Temperatur og størkner langsomt.

1. Stukgibs.

1227. Stukgibs kan fremstilles ved at finmale Gibsen og fylde den i en lukket Gryde, forsynet med Røreapparat¹⁾. Her opvarmes (*koges*) den til 120—140°, hvorved den mister $\frac{3}{4}$ af sit Krystalvand. Udrører man 1 Maal saadan Gibs med 1—1½ Maal Vand²⁾, faas en Vælling, der efter faa Minutters Forløb begynder at størkne og efter en halv Time er fast. Gibsen har da atter optaget det afgivne Vand under Varmeudvikling, og samtidig er den faste Masses Volumen blevet ca. 1 % større end Vællingens; efter Størkningen uvider den sig ikke mere.

Paa Grund af disse Egenskaber egner Gibsen sig udmærket til Støbning, men da den kan størkne med højst forskellige Vandmængder, kommer Produktets Porøsitet og Styrke til at afhænge af Vandtilsætnings Størrelse; jo ringere denne er, des tættere og stærkere bliver det støbte³⁾. Stukgibsen er dog aldrig vejrfast og bruges derfor kun indendørs⁴⁾.

1228. Gibsmørtel bruges til Fremstilling af **Forme**, hvori andre Stoffer (Cementmørtel, Ler) kan formes.

Endvidere til **Stuk**, hvorved man forstaar støbte Ornamentter som Rosetter, Gesimser o. lgn.⁵⁾. De støbes gerne i Lim- eller Gibsforme og kittes fast til Loftet med Gibs; flade, lette Dekorationer kan faststøbes til Loftet, ved at Limformen med Gibsvællingen trykkes fast op mod det. Undertiden tilsættes Fyldstoffer som Træslib. Stykker, hvis Udstrækning er stor i Forhold til Godstykkelsen, forstærkes ved indstøbt groft Lærred eller forzinket Jærntraad. Til spinke, stærkt fremstaaende Ornamentter udrøres Gibsen i Limvand, hvorved den bliver haardere og stærkere.

Skal der **modelleres** i Gibsen, tilsættes ligeledes Limvand, der bevirker, at Gibsen i timevis holder sig blød, saa der kan skæres i den med en Kniv. Som Følge af den langsommere Størkning faar Gibsen Lejlighed til at lejre sig tættere, og den endelige Styrke bliver derfor større end almindelig Gibs⁶⁾.

¹⁾ Undertiden er Gibsen kun groft malet og finmales da efter Brændingen. I bægge Tilfælde risikerer man let, at en Del af Gibsen bliver dødbrændt, og fin Formgibs bliver derfor brændt som nævestore Stykker i Bagerovne; i Danmarks eneste Gibsbrænderi (*Klingsey & Levin*, København) bruges kun denne Fremgangsmaade. Brændingen kan ogsaa ske i roterende Ovne, og Gibsstenen er da knust til Hasselstørrelse (se *H. I. Hannover*: Nyheder om Gips i Tekn. For- enings Tidsskrift 1908, S. 1).

²⁾ Gibspulveret skal kommes i Vandet, ikke omvendt.

³⁾ En særlig tæt og haard Masse, der kan poleres som Marmor, faas ved *Abate's* Fremgangs- maade. Han tilsætter Vandet i Dampform og afbryder Dampningen, mens Gibsen endnu er pulverformig; Pulveret presses saa i Jærnforme under hydraulisk Tryk.

⁴⁾ Skal den bruges i det fri, maa den gøres vejrfast ved Imprægnering med Gibsfluat (Bor- fluoratrum) eller andre Stoffer.

⁵⁾ I Virkeligheden er den støbte Gibsstuk kun en Imitation; ægte Stuk modelleres i Kalk- mørtel.

⁶⁾ Limvandet maa ikke være stærkere end $\frac{1}{100}$, da de fremstillede Ornamentter ellers svinder for stærkt. Størkningen kan ogsaa hæmmes ved Tilsætning af 15 % Kulekalk.

Gibsmørtel bruges ogsaa til Udstøbning paa Betongulve som **Underlag** for Linoleum, til forskellige Gibsvarer (§ 1274) samt til Opsætning af Marmorplader (§ 886) og Vægfliser (§ 954).

1229. Endelig bruges Gibs som Tilsætning til Kalkmørtel, naar dennes Størkning ønskes fremskyndt (§ 1192).

Kalk-Gibs-Mørtel bruges f. Ex. til Fremstilling af **Rabitzvægge**. Disse bestaar af et Jærntraadvæv med 2^{cm} Masker, der udspændes stramt mellem Rundjærnstænger og udkastes med en Mørtel, der maa være hurtigstørkende for at blive hængende. Mørtlen fremstilles af den almindelige Kalkmørtel ved til eet Maal af denne at sætte eet Maal Gibs og eet Maal Sand samt noget Fæ- haar (§ 1192). Naar Mørtlen er hærdnet, pudses der paa bægge Sider med samme Mørtel uden Haar i. Tykkelsen af saadanne Vægge er 5^{cm}, men de fremstilles ogsaa dobbelte og er da gerne 11^{cm} tykke, hvoraf Hulrummet udgør de 5^{cm}. Plane Loftslader fremstilles paa samme Maade, idet Vævet befestes til Bjæl- kernes Underside¹⁾.

Rabitzvævet maa ligesom alt andet Jærn, der kommer i Berøring med Gibs- mørtel, være forzinket for ikke at ruste (§ 395 og 447)²⁾.

1230. Brændt Gibs har en ren hvid Farve og bør være fedtet og noget fugtig at føle paa i Modsætning til daarlig Gibs, der er ru og tør og bliver hængende ved Fingrene. Af de i Dan- mark anvendte Sorter er den russiske daarlig, den tyske bedre og den franske bedst, men den er ogsaa dobbelt saa dyr som den tyske.

Gibsen sælges i Tønder eller Sække for at være beskyttet mod Fugtighed.

I Følge *Tetmajers* Undersøgelse af Schweizergibs var Vægtfylden 2,55—2,87, i Gennemsnit 2,685 ved 3 % Vandindhold. I løst Maal var Litervægten 0,74—0,88 kg og sammenrystet 1,14—1,67 kg. Til at fremstille en Grød af Normalkonsistens krævedes 48—72 Vægtprocent Vand, og under Størkningen steg Temperaturen 7,3—24,2°. Størkningstiden laa mellem $\frac{4}{2}$ og 20 Minutter, og Stykken var i Gennemsnit:

Hærdningstid	7 Døgn	28 Døgn	84 Døgn
Trykstyrke i at	55,6	83,2	127,0
Trækstyrke i at	11,8	19,3	23,1

1231. Ved **Marmorcement** forstaar man Gibspulver, der er behandlet paa en saadan Maade, at det ved Støbning giver en særlig haard og tæt Masse, der kan poleres, saa den ligner Marmor, og som kan taale at vadskes. Den bruges til Stuk, kunstig Marmor, Vægpudd og Fugning af glaserede Fliser, hvortil man gerne ønsker en lys Mørtel (§ 954).

Til disse Marmorcementer hører Keenes Cement, Pariancement og Robinsons Cement.

Keenes Cement dannes ved at mætte Stukgibsen med en Opløsning af en Del Alun i 12 Dele Vand, tørre den og derpaa atter brænde den, denne Gang ved Rødgloedehede. Ved Benyttel- sen udrøres den med samme Alunopløsning. Med 20 % Vandtilsætning angiver *Hartig* Styrken efter 28 Døgn til $S_c = 411^*$, $S_t = 36,9^*$.

Pariancement fremstilles paa ganske samme Maade, blot anvendes i Stedet for Alun en Op- løsning af Borax og eventuelt en ringe Mængde Vinsten. Ved Brugen benyttes rent Vand eller en Opløsning af Vinsten, saafremt denne ikke er tilsat under Brændingen.

Robinsons Cement er ogsaa dobbeltbrændt Gibs og bruges navnlig som Erstatning for Port- landcement, dels paa Grund af sin hvide Farve, dels fordi den kan bemales kort efter Frem- stillingen. Den blandes med Sand i samme Forhold som Portlandcement, men Sandet maa ud- vadskes flere Gange og tørres før Brugen, og alle Jiærnde, der kommer i Berøring med Mørtlen, maa oftemales eller lakeres for ikke at ruste. Mørtlen er ildfast og tæt, saa at en pudset Flade nemt holdes ren ved Vadskning, og Trækstyrken skal kunne naa op paa 60^{at}. Men Fabrikatet er meget ofte ikke volumenbestandig, og der kræves megen Øvelse for at behandle det rigtig. Det kommer fra England og koster Kr. 10 pr. 100 kg.

¹⁾ Er Bjælkerne af Jærn, og ligger de med stor Afstand, anbringes der paa tværs af dem for hver 75 cm og hvilende paa Flangerne Fladjærn (60 · 8 mm), til hvilke Vævet fastgøres.

²⁾ Kalkgibsmørtel bruges ogsaa til Kalkgibstæge. Mørtlen armeres med Baandjærn og ud- støbes paa en Forskalling mellem Aase af I-Jærn.

2. Murgibs.

1232. Ved Fremstilling af Stukgibs maa Brændingstemperaturen ikke være for høj; stiger den til 2—300° bliver Produktet ubrugeligt. Hvis Gibsstenen derimod brændes ved langt højere Temperatur, ca. 900°), bliver den atter til et værdifuldt Mørtelstof, dog med væsentlig andre Egenskaber end Stukgibsen, idet den, uden at varme sig eller udvide sig, størkner langsomt i Løbet af 12—18 Timer²⁾.

Denne saakaldte Murgibs bliver meget haard, stærk og vejrfast, bulner ikke ud og hæfter fortræffelig til Mursten, og der kan mures med den i indtil 10° Kulde.

I Danmark bruges den ikke, men i Nordhannover og Paris, hvor der er store Gibslejer, er det den almindelige Husbygningsmørtel, paa samme Maade som Kalkmørtlen er det her. Ogsaa Ægypterne anvendte den, saaledes indeholder Cheopspyramidens Mørtel 83% Gibs.

1233. Medens Kalkmørtel kræver en vis Sandtilsætning for at blive haard, maa Gibsmørtlen helst bruges ren, og naar man undertiden blander noget Sand eller Murstensmel i, er det kun af Sparsommelighed.

Murgibs maa ikke være malet finere, end at Kornene er som groft Sand, da den ellers størkner for hurtig³⁾. Mørtlen bør tilberedes med saa lidt Vand som mulig⁴⁾ for at blive stærk, den skal være som en stiv Grød, men til Gengæld maa den holdes fugtig, indtil Hærdningen er afsluttet, ellers bliver den mør.

Foruden til Muring og Pudsning bruges Murgibs til Slidlag paa Gulve. Gibsen udstøbes da i ca. 4 cm Tykkelse paa et stampet Ler- eller Sandgulv, henstaar i 24 Timer, hvorpaa Laget stemples, glattes og mættes med varm Linolie. Saadanne Gulve er gode i Kornmagasiner, da de er billige, varige og brandsikre og ikke angribes af Mus.

I. Lermørtel.

1234. Lermørtel bestaar af magert Ler. Det lægges paa en Bræddelage, vandes og æltes igennem med Skovl, indtil det er blevet tilstrækkelig plastisk. For at give Mørtlen større Sammenhæng blander man ofte Halkelse, Avner eller Kalvehaar i. Den hærdner ved Ud tørring, bestider ingen stor Styrke (§ 1195) og blødes op af Vand. Af den sidste Grund benytter man den i Reglen kun til indvendige, tørre Mure, til Ydermure kun, naar disse er tilstrækkelig beskyttede mod Fugtighed og Regn. Overhovedet er det kun til de aller primitiveste Bygninger af ubrændte Lersten, at denne Mørtel benyttes.

Lerpuds er billigt og daarligt varmelædende, gør derfor Rummen kølige om Sommeren og lune om Vinteren.

Lermørtel bruges en Del til stampede Logulve, der ved Imprægnering med Olie bliver ret holdbare. Endvidere anvendes den i Stedet for Cementmørtel til Samling af saltglaserede Mufferrør f. Ex. i Gader, der endnu ikke er helt bebyggede, fordi man da lettere kan skille Rørene ad og indlægge nye Grenrør, efterhaanden som det bliver nødvendigt.

Ildefast Lermørtel er omtalt i § 962.

K. Magnesiacement.

1235. Magnesiacement eller *Sorels Cement* bestaar af svagt brændt Magnesia (Magniumoxyd, MgO). Dette Stof bliver tilbage, naar man fremstiller Kulsyre af Magnesit (Magniumkarbonat). Brændingsgradens Indflydelse paa dens Egenskaber er omtalt i § 1018.

Naar den brændte Magnesia udrøres i en koncentreret Klormagniumsopløsning, størkner den under Udvidelse og stærk Varmedvikling til en meget haard Masse⁵⁾ af ren hvid Farve, og som udfylder Formen godt og modtager en høj

¹⁾ Brændingen sker da i Schaktovne af lignende Konstruktion som Kalkovne.

²⁾ Vægtfylden er 2,8—2,9.

³⁾ Farven skal være lidt gullig eller rødlig, er den blaalig, tyder det paa for svag Brænding.

⁴⁾ ca. 60 Maal Vand til 100 Maal Gibs.

⁵⁾ Magnesiaoxyklorid ($MgO + MgCl_2 = Mg_2OCl_2$).

Politur. Dens sammenkittende Evne er større end noget andet Bindemiddels, hvorfor den kan blandes med meget store Mængder af Fyldstoffer, som Stenmel, Træslib, Diatomékisel o. s. v. og alligevel bevare en stor Styrke. Den bruges til Fremstilling af træ- og stenlignende Gulv- og Vægbeklædningsmaterialer som Xylolit, Xylopal, Linotol, Papyrolith o. dsl., men kan ikke bruges i det fri, da den opblødes af Vand, med mindre der er tilsat Vandglas, eller Overfladen er beskyttet ved Fernisering.

1236. **Linotol eller Magnesit** bestaar af Magnesiacement, blandet med Træmel og et Farvestof og bruges hovedsagelig til Slidlag paa Gulve. Det udstøbes som en halvvaad Masse i 1—1,5 cm Tykkelse ovenpaa et Træ- eller Betongulv, og efter 4—6 Dages Hærdning afslibes det og indgnides med Linolie. Det danner et fugefrit, vandtæt og brandsikkert Gulv, der er forholdsvis lyddæpende og varmeisolerende og kan lægges i flere forskellige Farver. Det bruges meget i Butikker, Badeværelser, paa Trapper (ogsaa til Udbedring af slidte Trapper) og lignende Steder og staar sig godt, naar Underlaget er tilstrækkelig fast, og naar det fra Tid til anden indgnides med Linolie¹⁾. Forsømmes Olieringen, taaler Linotolen ikke stadig at være udsat for Vand (Badeværelser), da den saa blødes op, og i tørre Rum vil den støve.

Da Mørtellaget udvider sig ved Størkningen, kan det hvælve sig op, hvis det ikke har forbundet sig intimt med Underlaget; er dette af Beton, maa det være hvidtørt og ikke porøst, da det saa opsuger Hærdningsvædsken²⁾.

Paa Trapper og lignende Steder, hvor Slidfastheden skal være særlig stor, sættes der Kalkstenspulver til Linotolen.

Papyrolith er en lignende Masse som Linotol med samme Egenskaber og samme Pris³⁾.

Alle de nævnte Gulvmørtler er billige og behagelige at gaa paa, men de lyse Farver bliver hurtigt snavsede, og Haardheden er ikke særlig stor.

1237. **Medinacement, Dolomitcement, Hvid Cement** fremstilles ved at brænde Dolomit i svag Rødgødhede og er et næsten hvidt Pulver, der i sine Egenskaber ligner Gibs, idet Massen størkner i Løbet af 10—30 Minutter under Rumfangsudvidelse. Den egner sig derfor ikke til almindelig Mørtel, men bruges meget i Udlandet ved Fremstilling af kunstige Sten.

En ganske tilsvarende Masse fremstilles af brændt Magnesia og Kridt. Styrken bliver størst ved Hærdning i Vand.

L. Naturlig Asfalt.

1238. **Bitumen** er et tjæreagtigt Stof, der hovedsagelig bestaar af Kulstof og Brint; den forekommer mange Steder, dels indsuget i Kalksten, dels i forholdsvis ren Form. Een af de reneste Forekomster er ved det døde Hav, mindre ren, men af langt større Betydning er Asfaltsøen paa Øen Trinidad. Baade den rene Bitumen, den naturligt forekommende, urene Bitumen, de bituminøse Kalksten og forskellige Fabrikater, hvis vigtigste Bestanddel er Bitumen, kaldes med et Fællesnavn naturlig Asfalt.

Af Trinidadasfalten er ca. $\frac{2}{3}$ Jord, Sten, Træ og Vand, der fjernes paa Stedet, mens Resten bringes i Handelen under Navn af **Trinidad Epuré**, nedsmeltet i Trætønder, der er aabne foroven. Trinidad Epuré danner en begagtig, brunsort Masse med muslet Brud. Den er en daarlig Leder for Varme,

¹⁾ Fernis gør Gulvet blankt.

²⁾ Som passende Blandingsforhold for Betonen anbefales 1:3:6, raat pudset med Mørtel 1:3.

³⁾ Næmlig ca. Kr. 3,25 pr. m². Papyrolithen angives at indeholde syrefast Asbest, Diatomékisel, Korkmel og Papirmasse.

Elektricitet og Lyd, er fuldkommen vandtæt og paavirkes hverken af Luft, Fugtighed, fortyndede Syrer eller kaustiske Alkalier, derimod er den fuldkommen opløselig i Petroleum, Terpentiniolie og Kloroform og delvis i Æter og Alkohol. Samtidig med at den er skør og let knækker, er den paa en vis Maade plastisk, idet et Stykke, der overlades til sig selv, i Tidens Løb synker sammen under dets egen Vægt og flyder ud til en flad Kage, des lettere jo højere Temperaturen er¹⁾. Den taaler dog i højere Grad end Beg Solskin uden at blive blød.

Trinidad Epuré bruges aldrig i ren Form, men som **Asfaltgoudron** \circ : sammensmeltet med Masut (den Rest som Raapetroleum efterlader, naar Benzin og Petroleum er afdestilleret) eller lignende Olier, der gør den mindre skør²⁾. Saadan Goudron bruges i smeltet Tilstand til Imprægnering af porøse Byggestoffer mod Fugtighed, til Samling af Kloakrør³⁾, Understøbning af Sporvejskinner (§ 1117) samt overhovedet hvor man har Brug for en letflydende Asfaltmørtel. Asfaltgoudron taaler naturligvis i endnu ringere Grad end Trinidad Epuré at udsættes for store Tryk⁴⁾.

1239. Ved et blande Grus og pulveriseret bituminøs Kalksten i den smeltede Asfaltgoudron faar man en fastere Masse, der bruges som Slidlag paa Steder med ringe eller let Færdsel som Gaarde og Fortove, sjældnere Gader, idet det udstøbes paa et Betonunderlag⁵⁾. Saadan **Støbeasfalt** bruges desuden som vandstandsende Lag paa flade Tage og Altaner⁶⁾. I stærkt Solskin bliver Belægningen blød, og selv i almindelig Temperatur er Massen plastisk, saaledes at tunge Genstande, ja selv Jærnsenge, der stilles paa den, i Tidens Løb trykker sig ned i den. Betonlaget, paa hvilket Asfalten lægges, skal være tørt og tæt, da der ellers i Solskin vil udvikles Vanddampe, der presser Asfalten op i Blærer (§ 1096, 1130).

1240. De **bituminøse Kalksten** indeholder kun 8—12 % Bitumen. Naar de males til Pulver, og Pulveret opvarmes, sammenpresses og atter afkøles, binder det sammen igen til en meget slidfast Masse, **presset Asfalt**, der i stor Udstrækning bruges til Slidlag i stærkt befærdede Gader. Komprimeringen frembringer hovedsagelig af Færdslen, uden denne bliver Belægningen porøs og lidet varig, og til svagt befærdede Kørebæner, f. Ex. i Porte, er Støbeasfalt

derfor bedre egnet, ogsaa fordi den dæmper Lyden mere og er langt billigere. Hverken presset Asfalt eller Støbeasfalt er syrefast, idet Kalkstenen angribes¹⁾.

1241. **Adiodon** er Bitumen²⁾ opløst i Terpentiniolie og bruges navnlig til Strygning af fugtige Mure. Den leveres i Dunke færdig til Brug og paastryges koldt, og det er hovedsagelig derfor, at den foretrakkes for kunstig Asfalt, der er langt billigere, men ganske vist ogsaa vanskeligt lader sig paaføre i saa tynde Lag³⁾. Adiodon sidder ogsaa bedre fast, men pudser man ovenpaa den, risikerer man, at den slaar igennem, saa der kommer brune Skjolder.

M. Kunstig Asfalt.

1242. Kunstig Asfalt sammensmeltes af Beg, Tjære og Masut og bruges til Bestrygning af Kældervægges Yderside og som vandret Isoleringslag i Bygninger. Asfalten hugges ved Brugen i smaa Stykker, der smeltes, og den paastryges saa varm som muligt og saa tykt som muligt (bedst i to Lag). Fladen, der skal asfalteres, maa være tør og rensed for løs Kalk, og efter Arbejdets Udførelse maa man paase, at der intet Sted er Huller i Asfaltlaget, gennem hvilke Fugtigheden kan trænge. Kældermure berappes inden Bestrygningen, da Hullerne i den raa Murflade vilde sluge for megen Asfalt, og ofte pudses der ovenpaa Asfalten for at beskytte den mod Beskadigelse under Jordens Tilfyldning. Et saadant Asfaltlag bliver langt lettere tæt end et Lag Cementmørtel, og paa Grund af dets relative Sejghed taaler det bedre Sætninger.

Kunstig Asfalt er ikke saa vejrfast som den naturlige, idet Begens og Tjærens flygtige Bestanddele i Tidens Løb fordamper (navnlig naar den er udsat for Sol), hvorved den svinder og skaller af. Desuden paavirkes den stærkere af Temperaturen, bliver blødere i Varme og skørere i Kulde end den ægte. Til Fortovsbelægning egner den sig ikke, da den hurtig bliver skør, men ved de ovennævnte Anvendelser gør den fuldt ud Fyldest⁴⁾. Brugen af kunstig Asfalt som Rustbeskyttelsesmiddel er omtalt i § 123, 128, 399 og 420.

¹⁾ I København bruges hovedsagelig bituminøs Kalksten fra Sicilien og Schweiz (Val de Travers), sjældnere fra Tyskland (Vorwohle) og Italien (San Valentino). Presset Asfalt udlægges i et 5 cm tykt Lag, og Prisen er ca. 12½ Kr./m², hvoraf 3 Kr. for Betonfundamentet. Brudfladen er chokoladebrun, Slidfladen lysegul; Vægtfylden er til at begynde med 2,05—2,10, men Færdslen forøger den til 2,25—2,35. Sliddet i stærkt befærdede, berlinske Gader er ½—1 cm om Aaret. Længs Sporvejskinner staar Asfalten sig mindre godt, og her bruges derfor Støbeasfalt eller Trækloster (*Ingeniøren* 1911, S. 181).

²⁾ Enten **Neutralit**, en syrefast, italiensk Asfaltart, eller Trinidad Epuré blandet med noget Harpax. Handelsvaren kan eventuelt fortyndes med Terpentiniolie.

³⁾ Ved enkelt Strygning forslaar 1 kg Adiodon til 2,4 m², og 1 kg kunstig Asfalt til 0,8 m².

⁴⁾ Asfaltering af berappede Mure koster ca. 30 Øre pr. m².

Til vandrette Isoleringslag bruges ogsaa **Mastixpapir** \circ : to Lag Karduspapir sammenklæbede med Beg; det leveres i hele Ark (63·95 cm) eller i Bredder svarende til Murtykkelse og koster 50—55 Øre pr. m². Holder man det op for Lyset, vil man bemærke, at Beglagets Tykkelse er meget uens, og man opnaar derfor næppe nogen Fordel ved at bruge det, med mindre man asfalterer ovenpaa. Det frembyder endvidere den Fare, at en Glidning kan finde Sted i varmt Vejr, hvis den øvre Del af Muren er paavirket af et Sidetryk. **Asfalteret Papir**, der bestaar af to Lag tyndt Papir gennemtrængt med Beg, koster kun 12 Øre pr. m² og er formentlig at foretrække. Endnu bedre er naturligvis **Tagpap** (gerne Nr. 0, lægges med 8 cm Overdækning ved Støbene), som man ogsaa plejer at stryge efter Lægningen; om Pap med Blyindlæg se § 435. Langt seigere end alle de nævnte Stoffer er **Asfaltfil** (§ 1157).

Træcement (Holzement) er et asfaltagtigt Klæbemiddel, der bruges til Pap- og Papirtage; de enkelte Lag paa- og sammenklæbes med det, og det øverste Lag overstryges med det, hvorpaa der drysses Sand i det, for at det ikke skal drive af. Det er opfundet af K. S. Häusler som Middelt til at tætte Træfade, og først senere (1839) begyndte han at bruge det til Tage. Det sammensmeltes af Beg, Tjære, Trinidad Epuré, Svovl, Harpax og en ringe Mængde Masut; det originale Præparat bestod af 60 kg Stenkulstjære + 15 kg Bitumen + 25 kg Svovl. En Svovltil sætning til Stenkulstjære indvirker baade fysisk og kemisk paa denne, gør den fastere og mindre tilbøjelig til at blive blød i Varme.

Komprimeringen udføres hyppigst med almindelige Jærnstampere; i enkelte udenlandske Fabrikker, der af andre Grunde har Lufttryksanlæg, bruges pneumatiske Stampere, der virker kraftigere, saaledes at Værene hurtigere kan fjernes fra Arbejdsstedet.

Naar Betonens Fugtighedsgrad forøges noget ud over Jordfugtighed, kan Stampningen erstattes med en **Sammenrystning**, og til dette Brug er der konstrueret en engelsk Maskine¹⁾, bestaaende af et Bord, paa hvilket Formene stilles, og som derpaa sættes i stærke Rystelser. Betonen lejr sig paa denne Maade i Løbet af kort Tid tæt. Metoden egner sig i særlig Grad til stærkt armerede Genstande²⁾.

I det efterfølgende skal de forskellige Cementvarer nærmere omtales.

VII. Kunststen og Mørtelprodukter.

A. Cementvarer³⁾.

1243. Ved Cementvarer forstaaes Genstande af Cementmørtel eller Beton, der er støbte paa en Fabrik, saaledes Rør, Fliser, Kantsten, Trappetrin, Mursten, Tagsten m. m.

Formene kan være af Træ, der imidlertid slaar sig paa Grund af Fugtigheden, saaledes at de allerede efter faa Ganges Benyttelse bliver unøjagtige; til de mest gængse Handelsvarer bruges derfor Jærnforme⁴⁾.

Ofte bruges en næsten **tør Mørtel** af Hensyn til, at Formen strax skal kunne fjernes og bruges paany, og Genstandene maa da passes meget omhyggeligt med Vanding eller stilles til Hærdning i et Vandbassin eller et dampfyldt Rum⁵⁾.

Undertiden bruges Tørstampning ikke blot af økonomiske Grunde, men ogsaa af æstetiske, f. Ex. ved Fremstilling af Hegnsstolper og andre Varer, hvis Overflade skal have et tiltalende, sandstensagtigt Udseende, frit for den Cementslam, der altid fremkommer ved en vaadere Støbning. I slige Tilfælde er det ogsaa af Betydning at bruge en Cement, der ikke giver for meget Udslag.

Af Hensyn til Værenes Værdi og Betydningen af at kunne spare paa Cementen, lægges der megen Vægt paa at faa godt Grus. I København bruges saaledes ofte Bakkegrus til Trods for dets højere Pris. Om **Grusets Bedømmelse** se § 1140⁶⁾.

Tørstampning kan ikke bruges til Varer, der skal være vandtætte eller have en stor Styrke, disse maa fremstilles af **jordfugtig Mørtel**; Vandtilsætningen maa dog altid være sparsom baade af Hensyn til Styrken og til Svindet; jo mere man sparer paa Vandet og frembringer Plasticiteten ved intensiv Stampning eller Presning, des bedre bliver Resultatet.

¹⁾ For flere Oplysninger om Cementvarer skylder jeg Fabrikant A. Thomsen, Aarhus, Tak.

²⁾ Ogsaa Gibs- og Cementforme finder Anvendelse. Cementforme bruges navnlig til Tagsten, undertiden ogsaa til Trappetrin, Skorstenspiber o. lign.; de smøres med alm. Maskinolie.

³⁾ Den sidstnævnte Fremgangsmaade er patenteret af Entreprenør P. Hansen, Frederiksberg. Værene stemples i et Rum, der, naar Gulvet er fyldt, aabnes for Spildedamp (ca. 50°). Man sparer da Vandingen og faar fuldkommen ens Fugtighedsforhold i hele Stykket, navnlig undgaar man den hurtigere Fordampning fra Hjørnerne, der svækker disse. Samtidig fremskyndes Hærdningen af Væren. For mindre Stykker er 4-8 Timers Dampning tilstrækkelig, saa kan de transporteret til Lagerpladsen.

⁴⁾ Det i § 1140 omtalte Bøjningsforsøg bør udføres med Bjælker, der er indspændt i den ene Ende og belastede i den anden; hvis Bjælkerne har to Understøtninger, fremkommer der let en Hvelvingsvirkning.

1. Betonrør.

1244. Betonrør er et af Cementvareindustriens vigtigste Produkter, idet de finder en udstrakt Anvendelse til **Spildevandsledninger**. Til Rør, hvis Diameter ligger mellem ca. 50 og 70-90 cm, bruges næsten altid Beton, da Lerrør af denne Størrelse ikke kan fremstilles stærke nok, og da det volder Vanskelighed at mure en Kanal af saa ringe Diameter uden Anvendelse af dyre Formsten. Men de bruges ogsaa i alle mulige andre Størrelser og udmærker sig fremfor Lerrør ved at kunne fremstilles mere nøjagtigt og med et hvilket som helst Tværnsnit og ved kun at koste henimod det halve. Til Gengæld er de indtil 50% tungere, altsaa vanskeligere at transportere, og de staar sig ikke saa godt mod Syrer og Slid. Afløbsrør fra kemiske Fabrikker o. lgn. maa derfor imprægneres med Bitumen⁷⁾, hvorved Prisen forøges med 10%, men en saadan Imprægnering er kun nødvendig for de smaa Stikledningers Vedkommende, i de store Samleledninger er Opspædningen som Regel saa stærk, at der intet Angreb finder Sted⁸⁾.

Betonledninger kan ikke blot bruges til Spildevand, men ogsaa til **Drikkevand**, naar blot Vædskestrykket er ringe (§ 1096); de bruges saaledes ved mange af de smaa Vandværker, som for Tiden anlægges omkring paa Landet. Hvis Vandet er blødt eller endog kulsyreholdigt, bør man dog være varsom med at lede det gennem Betonrør (§ 1159); man har saaledes Exempel paa, at Flodvand til Fødning af en Dampkedel ved at passere en nybygget Betonledning har optaget saa megen Kalk, at det har foraarsaget stærk Kedelstensdannelse. Til Ledninger med større Tryk bruges Betonrør sjældent, navnlig paa Grund af Vanskeligheden ved at skaffe tætte Samlinger.

Drænrør af Beton har hidtil spillet en meget underordnet Rolle i Danmark, men Brugen vil formentlig stige, thi der eksisterer nu praktiske Maskiner, paa hvilke de kan fremstilles billigere end Lerrør. En Vandgennemsvivning gennem Rørvæggen, som den eventuelt finder Sted ved Lerrør, maa selvfølgelig

⁵⁾ opfundet af P. Burn Jagger.

⁶⁾ En tysk Opfindelse (dansk Patent Nr. 10290) gaar ud paa at støbe Rør, Master og lignende hule Genstande ved **Centrifugalkraft**, idet Formen sættes i en meget hurtig Rotation. Støbematerialet er en Blanding af ren Cement, Asbesttrævler og en Masse Vand, som dog for Størstedelen presses ud (eller rettere ind) under Processen. Flere Oplysninger findes i *Beton & Eisen* 1908, S. 35.

⁷⁾ I Tyskland fluateres undertiden Bunden, eller den belægges med et halvt, saltglaseret Lerrør.

⁸⁾ I København er Brugen af Betonrør (med eller uden Jærnindlæg) til Spildevandsledninger forbudt, undtagen for de større Samleledningers Vedkommende. Om Blandingsforhold se § 1096.

Mørtel medgik 11,1 ens Hammerslag, mens Antallet for Fyrretræ var henholdsvis 5,7 og 8,4, eftersom det var i Endetræ eller Sidetræ (radiært). 2 ganske ens, lukkede Beholdere, den ene af Cementmørtel 1:3, den anden af sømfast Mørtel som ovenfor, bægge ca. 1 Maaned gamle, blev fyldte med varm Olie og henstillede i et 16° varmt Rum. I Cementmørtelbeholderen sank Olie-temperaturen fra 88° til 43° i Løbet af 22 Minutter, mens den samme Temperatur-sænkning for den sømfaste Beholder krævede 58 Minutter.

1258. Sterilplader benevnes nogle patenterede Plader, der bruges til Henbægning mellem Jernhjelker, saaledes at Undersiden danner Loftsfladen, mens der ovenpaa dem lægges Isolationsstoffer. Pladerne bestaar af Trælister kogte i Asfalt, der bærer fra den ene Bjælke til den anden, mens de paa tværs er forbundne med tynde Jærnstænger. Pladernes Overside er pudset med Blandingmørtel. Efter Henlægningen udstøbes sømfast Mørtel ovenpaa Pladerne, og for at Mørtelvandet ikke skal trænge igennem, er Pladens Overside beklædt med asfalteret Papir. Ovenpaa den sømfaste Mørtel kan der dernæst støbes Betongulv, eventuelt med Jærndindlæg.

6. Cementmursten.

1259. Cementmursten fremstilles som Regel paa Maskine ved Presning og i det normale Teglstensformat; ofte er der indpresset Fordybninger i Liggefladen for at formindskede Materialmængden.

Saadanne Sten kan naturligvis opnaa samme Styrke og Godhed som anden Cementmørtel, men ofte bruges meget magre Blandinger som 1:7 à 1:10, da Stenene ellers ikke kan konkurrere med Teglsten og Kalksandsten, og disse stærkt porøse Sten har en meget ringe Styrke og taaler ikke Frost. De er heller ikke ildfaste, hvorfor Justitsministeriet har forbudt deres Anvendelse til Skorsten¹⁾. De bruges navnlig i Jylland, i afsidesliggende Egne med vanskelige Transportforhold, hvor deres Pris er væsentlig under Teglstens.

I Aaret 1909 fabrikeredes der i Danmark ca. 47 Millioner Cementmursten. For danske Sten angiver Statsprøveanstalten Middelstyrken til henholdsvis 56 og 48^{at}, eftersom Stenene er massive eller har Fordybninger; Stenene prøvedes tørre; i vandmættet Tilstand er Styrken ofte meget mindre. Vandindsigelsesvevnen var i Middeltal 13,5 Vægtprocent (8,7—20,0^o), hvilket antagelig svarer til ca. 25^o Hulrum.

Trykprøven foregår som ved Teglsten, undtagen for Sten med Fordybninger, der prøves i Form af to hele, sammenmurede Sten, liggende ovenpaa hinanden.

1260. Foruden almindelige Mursten fremstilles ogsaa større hule Sten af Cementmørtel eller Beton. Fig. 334 viser en dansk Cement-Rørsten, bestemt til Opbygning af mindre Huse.

De faas med et Tværnsnit af 35 · 35 cm (1/2 Stens Mur) og 23 · 35 cm (1 Stens Mur) og med det nødvendige Tilbehør af Hjørnestein og kortere Sten samt Sten til at optage Bjælkelagene. Den afbildede Sten har et Volumen som 75 almindelige Mursten, saa en Bygning af disse Sten kan rejses hurtigt. Stenene, der er varmerede, stemples op af tør Cementmørtel, hvorved de bliver ret porøse, saa at Fugtighed udefra kan slaas igennem; de egner sig derfor bedre til Skure og lign. end til beboede Huse.

Lignende Sten fremstilles i Amerika ved Vaadstøbning, og ofte formes Overfladen saaledes, at den faar Karakter af en naturlig Stens Kloveflade²⁾.

1261. Sømfaste Mursten af sømfast Cementmørtel fremstilles i almindeligt Murstensformat blot forsynede med Riller, saa de nemt kan deles i halve og kvarte Sten. De bruges mest enkeltvis til Indmuring eller Indstøbning paa de Steder i en Byg-

ning, hvor der senere skal fastsømmes Træ, som i Dør- og Vinduesaabninger, bag Paneler, i Betongulve o. s. v. Fremfor Træ har de den Fordel ikke at svinde.

7. Cementtagsten.

1262. Cementtagsten vinder efterhaanden Indpas paa Landet, hvor de fortrænger Pap- og Straatage, mens de næsten ikke bruges i København³⁾. De

¹⁾ dog ikke til Skorstenspiiber.

²⁾ Blfh. er 1:2:4 à 1:3:5. Se f. Ex. *Beton & Eisen* 1908, S. 387.

³⁾ I 1909 var den danske Produktion ca. 16¹/₂ Million.

fremstilles som Falstagsten af forskellig Form (Fig. 335-36), nu ogsaa i hollandsk Form, og er en lille Smule billigere end alm. Tegl-Falstagsten, desuden er de lettere¹⁾ og mere regelmæssige, hvorved Taget bliver tættere. De kan have Cementens naturlige Farve eller være belagte med et farvet Mørtellag (rødt, violet, gult), undertiden er Overfladen gjort sort ved Imprægnering. De kan fremstilles ved tør Presning ligesom Fliser, men Overfladen maa da bagefter gøres vandtæt ved Imprægnering²⁾, og man er derfor nu gaaret over til at støbe Stenene vaadt, hvorved de bliver tilstrækkeligt vandtætte³⁾.

1263. Eternitskifer er en Efterligning af de naturlige Tagskifre; den er noget dyrere end disse, men ogsaa langt bedre. Den fremstilles ved at sammenslæmme 80—90% ren Cement med 20—10% Asbestuld og behandle denne Masse paa Maskiner, idet Fremgangsmaaden omtrent er som ved Papfabrikation, hvorefter den skæres ud i Plader, der underkastes et meget stærkt hydraulisk Tryk og derpaa lagres i 3—6 Maaneder.

Pladerne er 4^{mm} tykke og fremstilles i 4 Former (Fig. 337), af hvilke de tre første er 12·24" engl. Pladerne er svagt krumme i Længderetningen og lægges med den hule Side vendt indad, hvorved Tagets Tæthed forøges. Skal Taget lægges i Kit (hvilket er nødvendigt for Diagonalstenens Vedkommende), bruges Tjære-kit (letflydende Kultjære blandet med saa meget revet Kridt som muligt), skal det understryges, bruges Cementmørtel.

Vægtfylden er 2,16, Bøjningsstyrken ca. 500^{at}, og Modstandsevnen mod Slag er langt større end de naturlige Skifres; desuden er dens Varmedledningsevne kun 1/3 af disses, og den er mere ildfast⁴⁾.

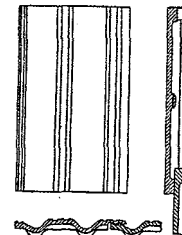


Fig. 335—336.

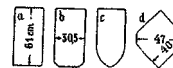


Fig. 337.

8. Kunstig Granit og Sandsten.

1264. I de senere Aar har Færdigheden i at fremstille gode Efterligninger af naturlige Sten gjort store Fremskridt, og man vil i talrige Nybygninger se disse Produkter anvendte til Façadebeklædning, Dørindfatning, Saalbænke, Gæsimser, Søjler o. s. v. De fremstilles af Cementmørtel eller Beton, men der bruges særlige Tilslagsmaterialer og anvendes stor Omhu ved Støbningen, ligesom Overfladen som Regel undergaar en Efterbehandling.

Denne Industris Fremskridt skyldes navnlig, at man har forladt de Mineralfarver, der bruges til Cementfliser og har erstattet dem med pulveriseret Sandsten eller Kalksten af en livlig, varm Farve. Ønsker man at efterligne en bestemt Sten, bruges ofte Pulver af den paagældende Sten. Ved tilmed at behandle Overfladen efter Hærdningen med Stenhuggerværktøj er man naaet til at fremstille meget skuffende Efterligninger af Natursten, og en saadan Efterbehandling er forholdsvis billig, da alle Fremspring og Ornamente er dannede ved Støbningen, saa der kun bliver Tale om en ren Overfladebehandling.

¹⁾ Tykkelsen er gerne 10—13 mm.

²⁾ f. Ex. med Tjære eller med en Opløsning af grøn Sæbe, der omdanner Cementens fri Kalk til en uopløselig Kalksæbe, der stopper Porerne. Vandtætheden kan ogsaa opnaas ved at glitte Overfladen med paatrøet Cement (ren eller blandet med en Jordfarve). Vandoptagelsen er i Middeltal 8—10 Vægtprocent.

³⁾ Støbningen foregaar paa Underlagsplader af Jærn eller Cement. Sandet er omtalt i § 1153.

⁴⁾ Se løvrigt Ingeniøren 1908, S. 364.

og Stenene bruger gerne 24 Timer om at mætte sig, men Hastigheden aftager med voxende Tæthed. Af Hensyn til Husenes Tørhed er der ingen Grund til at lægge Vægt paa særlig tætte Sten, thi ligesom disse bruger lang Tid om at mætte sig, bruger de ogsaa lang Tid om at tørre. I Almindelighed vil Mætningen saavel som Udtørringen foregaa noget langsommere end ved en god Bagmuringsten af Tegl.

Kalksandsten taaler ikke i samme Grad som Teglsten den almindelige **Frostprøve**, hvilket rimeligvis hænger sammen med, at Porerne er finere og i højere Grad hæmmer det frysende Vands Udvidelse. I Praxis vides Stenene ikke at have givet Anledning til Klage, og Statsprøveanstalten har derfor mildnet Prøven noget for deres Vedkommende¹⁾.

Overfor **Ild** og Sprøjtning forholder de sig som Teglsten: de taaler Temperaturer under 1100°, men ved denne Temperatur bliver de møre og skaller af, naar de træffes af det kolde Vand. Varmeledningsevnen er større hos Kalksandstenene end hos Teglstenene, selv om Porøsiteten er den samme, da Sandet er en bedre Leder end det brændte Ler.

Stenene udmærker sig fremfor Teglsten ved deres **regelmæssige Form** og mere bestemte Dimensioner samt ved ikke at give Udblomstringer, men de lader sig ikke overhugge saa regelmæssigt som Teglsten og bruges derfor mest til Gavle og andre større Murflader. De kan anvendes baade i fersk og salt Vand.

Stenene sælges til Dagens Flamstenspriser. I Aaret 1909 produceredes paa Danmarks 8 Fabrikker 16 Millioner Sten.

C. Rhinske Svømmesten m. m.

1272. De **rhinske Svømmesten** er fremstillede af Pimpstenstuff, en Stenart sammensat af Smaadele af Pimpsten, Trachyt og Glimmer, sammenkittet med Ler og Mergel. Mange Steder, f. Ex. ved Andernach, forekommer Pimpstenstussen som Grus og bruges da til Fremstilling af lette Betonhvalvinger og Svømmesten. Disse sidste fabrikeres paa den Maade, at Gruset oplægges i Bunker i det fri, overhældes med Kalkmælk (ca. 1 Maal Kulekalk til 6 Maal Grus) og blandes godt, hvorpaa den fugtige Masse fyldes i Træforme og stemples med Jærnstadere. Stenene stilles til Tørring i fri Luft, og efter 3—4 Maaneders Forløb er de brugbare, men bliver dog bedre med Alderen. Hærdningen beror paa Dannelsen af Kalciumkarbonat, dog dannes ogsaa lidt Kalciumsilikat.

Stenenes fremtrædende Egenskab er deres store Porøsitet, de vejer derfor kun halvt saa meget som Teglsten²⁾, er daarlige Ledere for Varme (§ 1273) og Lyd, Mørtlen binder godt til dem, og Murværket tørrer meget hurtigt. De er ildfaste, og der kan sømmes i dem.

Stenene, der har en meget ringe Styrke³⁾, bruges til Indervægge, der skal være lette og isolerende, til indvendig Beklædning af fugtige Mure, til lette Hvalvinger, til Isolering af Dampkedler og Iskældere o. s. v.

1273. **Meurers sømbare Ideal-Sten** fremstilles ligesom Svømmestene af Pimpstensgrus, men Bindemidlet er her Cement, der gør Stenene tungere og dyrere, men ogsaa bedre at sømme og skruer i. De bruges kun enkeltvis (i Stedet for Træpropper) paa Steder i Muren, hvor der senere skal fastgøres Træværk, f. Ex. 4—5 Skifter paa hver Side af en Døraabning. Stenene har Formatet 25 · 12 · 6,5 cm og koster 13 Øre pr. Stk. (67 Kr./m³), Vægten er 920 kg/m³.

D. Gipsvarer.

1274. **Vægplader** af Støbegibs og Slagger fremstilles i samme Former og Tykkelser som de tilsvarende Cementplader (Fig. 333) og er noget billigere.

¹⁾ Se § 799 og *Ingeniøren* 1908, S. 299.

²⁾ Vægten er ca. 700 kg/m³, for Murværk i Kalkmørtel regnes 1000 kg/m³. I Danmark forhandles Stenene i Størrelsen 25 · 12 · 9,5 cm og til en Pris af 26 Kr. pr. m³; paa Fabrikationsstedet er den tilsvarende Pris kun ca. 6 Kr.

³⁾ Knusningsstyrken er gennemsnitlig 29 at, og de revner allerede ved et Tryk af ca. 18 at. Naar S_c mindst er 20 at, tillader det preussiske Ministerium for offentlige Arbejder en Trykspænding af 3 at.

De kan ogsaa faas med rørformede Udsparringer¹⁾ (Fig. 338), og 1 eller 2 af Rørene i hver Plade er da gennemgaaende og udstøbes fra oven med Gibs efter Opsætningen. Slige Vægge er sømbare og kan oliemales eller tapetseres faa Dage efter Opsætningen.

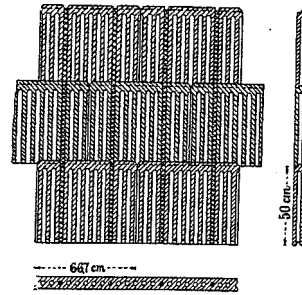


Fig. 338.

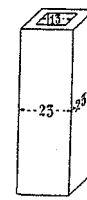


Fig. 339.

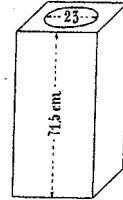


Fig. 340.

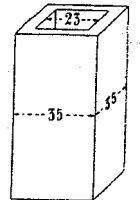


Fig. 341.

Ventilationsrør (Fig. 339—41) fremstilles ligeledes af Slagger og Gibs.

1275. **Cocolithplader** og Cocosplader bestaar udelukkende af Gibs og Kokostrevler, der er indstøbt for at forøge Bøjningsstyrken²⁾. De er gerne 2 m lange, 30—50 cm brede og 1½—7 cm tykke³⁾. De er noget billigere end Slaggepladerne og meget lette (850 kg/m³); de er ildfaste, isolerer godt mod Varme, Lyd og Elektricitet⁴⁾ og kan saves og sømmes (med forzinkede, bredhovedede Søm). De samles med Fjer og Not.

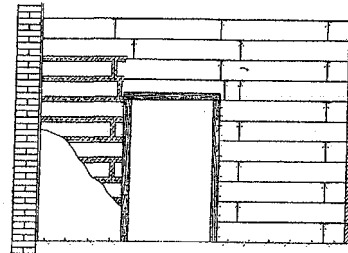


Fig. 342.

Vægplader (Fig. 342) er gerne 5 cm tykke og opsættes i Gibsgrød eller tørt (blot sammenfæstet med Søm); i sidste Tilfælde maa Fugerne udspartes med Gibsgrød. Hvis Udscendet er uvæsentlig, eller hvis Væggen skal tapetseres, bruges glatte Plader, der blot afrives i Gibs, saa at Pudsning spares. Skal Væggen pudses, bruges Plader, hvis Sideflader er riflet i Bølgelinier⁵⁾; efter Opsætningen overklistres Fugerne med 7 cm brede Strimler af stormasket Lærred, hvorved man sikrer sig mod, at den senere paaførte Puds revner⁶⁾. Pladerne kan ogsaa bruges til Ydervægge, hvis udvendige Flade da maa oliemales eller pudses, samt til Tage, der beklædes med Tagpap.

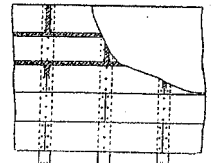


Fig. 343.

Plader til Lofts- og Tagforskalling er glatte paa den ene, rifledede paa den anden Side og gerne 2 cm tykke. De fastsømmes under Bjælkerne (Fig. 343) og lægges i Forbandt, saaledes at Stødene falder under en Bjælke⁷⁾. Skal der pudses, vendes den rifledede Side nedad, og Behandlingsmaaden er som beskrevet for Vægplader. Pladerne kan bære frit paa en Længde lig godt 40 Gange Tykkelsen. I vaad Tilstand mister de ganske deres Bæreevne, og Pudsningen maa derfor udføres forsigtigt⁸⁾.

¹⁾ Tykkelsen er da 6, 7½ eller 10 cm.

²⁾ Pladerne leveres i to Kvaliteter, 2' Kvalitet er fremstillet af en tarveligere Gibs med indblandet Savsmuld. Af andre Stoffer, der indblandes i Gibsplader for at gøre dem lettere eller stærkere, skal nævnes Korkstumper, Fæhaar og Tagvør.

³⁾ De gængse Tykkelser er 1½, 2, 2½ og 3 cm (50 cm brede), 4 og 5 cm (37½ cm brede), 6 og 7 cm (30 cm brede). Plader af 2 og 5 cm Tykkelse koster henholdsvis 55 og 44 Kr./m³.

⁴⁾ Se *Elektrotekniker* 1909, S. 213.

⁵⁾ Normalt er Pladerne rifledede paa den ene og glatte paa den anden Side, men de 4—7 cm tykke Plader kan ogsaa faas med begge Sider ens behandlede.

⁶⁾ Strimlerne paa klistres og overstryges med en Vælling af Gibs og Limvand. Vællingens Konsistens skal være saaledes, at en Finger ved Neddypning bliver hvid.

⁷⁾ Da Bjælkeafstanden er variabel, bliver Forskallingspladerne (1½, 2 og 2½ cm), for saavidt muligt at undgaa Tilpasning og Spild, fremstillede i Længder paa 1,6, 1,7, 1,8, 1,9, 2,0, 2,1, 2,2, 2,3 m.

⁸⁾ Pudsningen udføres med Kalk-Gibs-Mørtel, og det anbefales at bruge Cocolithgibs (1 Spand i hver Balje Kalkmørtel), som vistnok er en stærkt brændt Gibs (Murgibs).