



# Forblad

Husbygningstekniske problemer

E. Suenson

Tidsskrifter

Særtryk af Ingeniøren nr. 30 af 30. April 1938

1938

TILHØRER  
INSTITUT FOR BYGNINGER OG ENERGI  
DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET  
58 m 049594j

Husbygningstekniken har i de sidste Aartier været præget af Ingeniørernes Indsats. Tidligere var den traditionsbunden, man byggede paa Haandværkernes nedarvede Erfaringer, kun sjældent vovede man at bryde radikalt med Fortidens Byggeskik.

Nu er Billedet et andet. Ingeniørernes Forsøg og Beregninger har skabt et Grundlag for nye Byggeformer og Byggemaader, og den tidligere overdrevne Ængstelse for at prøve noget nyt er slaaet over i sin Modsætning. Nye Byggematerialer kommer næsten daglig paa Markedet og anvendes ufortøvet og ikke altid med fornøden Kritik; de næste Aartier vil utvivlsomt afsløre mange Fejlgreb.

#### 1. Murede Huse.

Murværket trænges haardt af Jærnbetonen og har næppe dennes Udviklingsmuligheder. Dets Hovedfortrin er dets større Varmeisoleringssevne, og denne søger man at forøge ved at blande Leret med Savsmuld, saa Stenene bliver *højporøse*. Slige Sten bruges i stor Udstrækning i Sverige til Ydermure, som da kan holdes tyndere end normalt, hvorved der spares Plads, uden at Brændselsforbruget stiger. I Stockholm kan man se Huse med 4 Etager byggede med bærende Mure, der i alle Etager er 1 Sten tykke. Tilslutningen mellem saadanne Mure og eventuelle støbte Tværvægge sker ved at udspare en  $\frac{1}{2}$  Sten dyb Fals i Muren og støbe Væggen ind i denne.

En mærkværdig Nyhed, som man straks er til-

bøjelig til at ryste paa Hovedet af, er det østrigske *Novadom* Murværk, hvis Mørtelfuger er erstattet af 1 cm tykke Strimler af Heraklithplader, Høvlspaanplader af lignende Art som de danske Serponit-

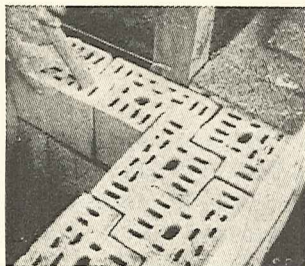


Fig. 1. Novadommurværk af gennemhullede Teglblocke.

Troldtekt- og Træbetonplader. Murværket fremstilles fortrinsvis af Teglblocke med lodrette Hulrum, som ved at overdækkes med Pladerne bliver mere varmeisolerende, end om de var gennemgaaende. Blokkene er af den forud kendte Rex-Type, der i højere Grad end de fleste andre kan sammenstilles i godt Forbandt uden Brug af Specialsten ved Hjørner og andre Sammenskræinger. Fig. 1 viser f. Eks. Forbandtet mellem en indre Tværmur og Façademuren.

Blandt Novadom Murværkets Fortrin nævnes:

- 1) Opmuringen er simpel. 1 m<sup>3</sup> Novadom Murværk opføres 2½ Gang saa hurtig som almindeligt Murværk.
- 2) Prisen er ca. 40 pCt. lavere end almindeligt Murværks.
- 3) Opmuringen standses ikke af Frost.
- 4) Huset er straks tørt.
- 5) Murene er lidet varme- og lydledende. Lydoverføring gennem Murene fra ét Dæk til det underliggende er saa godt som udelukket.

Paa Forhaand er man tilbøjelig til at mene, at Pladestrimlernes Sammentrykning vil medføre skadelige Sætninger, men det synes ikke at være Tilfældet; Pudsen springer ikke af; selv 4 Etagers Huse er opført efter Systemet (Fig. 2).

Styrken af 62 cm høje Piller med Tværsnit 24 . 37

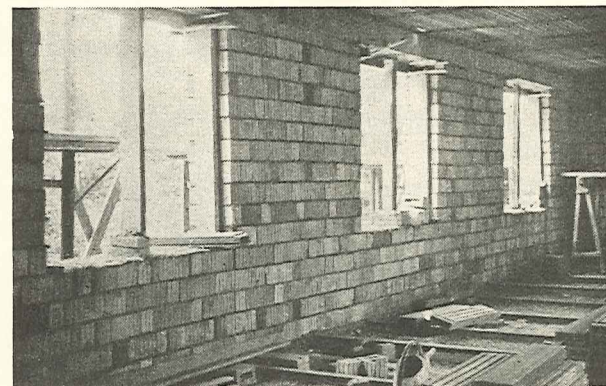


Fig. 2. Novadom-Murværk i 4 Etagers Beboelseshus.

cm<sup>2</sup> opførte af massive Sten var ca. 80 at, og Pillerens Sammentrykning ved 5 at udgjorde 2—3 pCt. At en saa betydelig Sammentrykkelighed ingen Ulemper medfører forklares ved, at Sammentrykningen i overvejende Grad sker under Opførelsen. Naar først Huset er færdigt, sker der ikke meget mere, da den bevægelige Last i almindelige Huse er ringe.

Til Dæk i murede Huse bruges i stigende Grad Jærnbeton. Træbjækelagene har saa mange Ulemper — Brandfaren, der blev saa drastisk illustreret ved Branden i Helsingør, Svampefaren, den ringe Stivhed og ringe Lydtæthed — at de utvivlsomt snart vil forsvinde fra Storbyernes Huse. I Stockholm kræves siden 1934 alle Huse med flere end 4 Etagers byggede med brandsikre Dæk. Ogsaa af Hensyn til Luftangreb tvinges man bort fra Træbjækelagene. Øverste Dæk bør være af Beton, ligesaa Kælderdækket, og dette bør bygges saa stærkt, at det kan taale, at Huset styrter ned paa det. Gennemføres disse Krav, vil det næppe kunne betale sig at bibeholde Træbjælker i Mellemdækkene; man vil støbe samtlige Dæk.

Den Fordyrelse af Huslejen, som Overgangen fra

Trædæk til lydtætte Jærnbetondæk medfører, har man i Stockholm opgjort til 15 svenske Kr. pr. Aar for en 2 Værelses Lejlighed.

## 2. Betonhuse.

Betonhusenes Antal er i livlig Vækst, navnlig paa dyre Byggegrunde, hvor det Gulvareal, der indvindes ved de spinklere Vægge og Piller, kan udlejes til en høj Pris. Dertil kommer deres Brandsikkerhed, Stivhed overfor Rystelser, Mulighed for at skaffe god Lydisolering o. s. v.

Den oprindelige Form med bærende Piller og ikke bærende Vægge er stadig den mest brugte i Udlandet bortset fra Skandinavien, og er den fordelagtigste, naar man vil have fri Hænder til at inddеле Rummen efter Lejernes Ønsker. Om det i slige Skelet-huse er fordelagtigst at støbe Ydervæggene som tynde Jærnbetonplader eller at udmure Felterne, kan ikke afgøres generelt. Ved at bruge en  $1\frac{1}{2}$  Stens Mur af almindelige Teglsten eller en 1 Stens Mur af højporøse Teglsten og føre den henover Piller og Bjælker i  $\frac{1}{2}$  Stens Tykkelse, vil man oftest kunne undvære anden Varmeisolering og er samtidig ude over de Vanskeligheder, som Betonfaçaders Overfladebehandling volder.

En nyere Form for Betonhuse er navnlig blevet udviklet i Norge og Sverige. Disse Huse har bærende Betonydervægge uden fremspringende Piller, altsaa samme System som i murede Huse. Tykkelsen kan f. Eks. variere fra 12 cm i øverste Etage til 20 cm i nederste.

I Danmark er Ingeniør *Ishøj's Systemhuse* et Skridt i Retning af Standardisering. Væggene støbes i Staalforme, der opstilles for én Etage ad Gangen og hejses op i næste Etage, naar Betonen er størknet (Fig. 3). Senere støbes de pladeformede (enkelt-armerede) Dæk, for hvilke der er udsparet Huller i Væggene af en saadan Størrelse og med en saadan

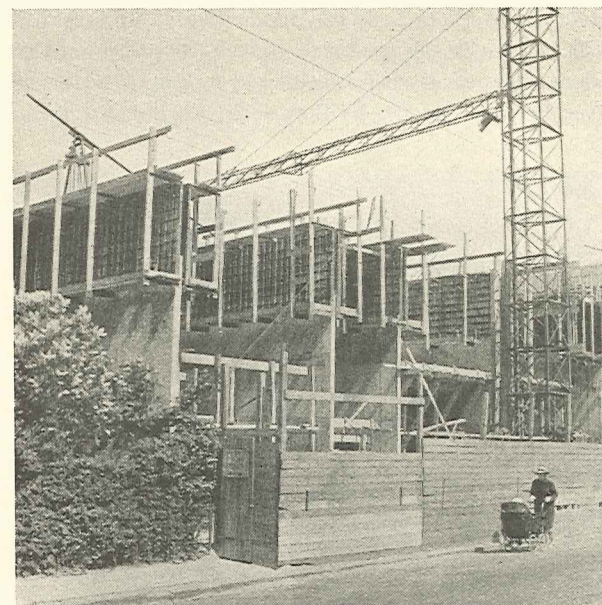


Fig. 3. Ordrupvej 70. Vægformene med deres Løbebroer er nyligt hævede en Etagehøjde.

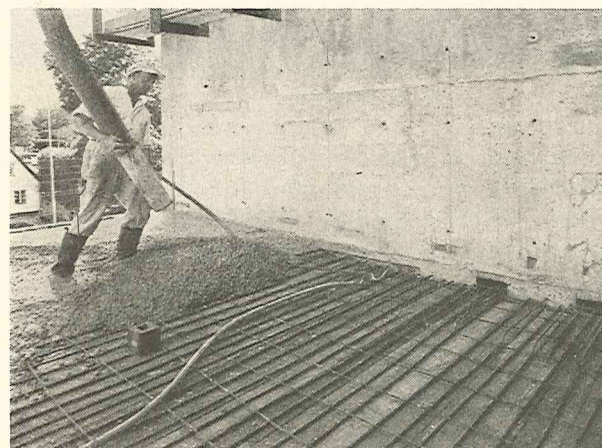


Fig. 4. Dækkene støbes.

Afstand, at Pladen bliver tilstrækkelig understøttet (Fig. 4). I disse Huse bærer kun Tværvæggene, ikke Ydervæggene; disse opsættes sidst og kan udformes efter Behag (Fig. 5), hvilket er en Fordel. En anden



Fig. 5. Facaderne indbygges.

Fordel ved at gøre Tværvæggene bærende, er, at man faar en svær, uigennembrudt Betonvæg ind mod Naboen, og dermed en god Lydisolering uden nogen Ekstraudgift. Det samme kan naturligvis opnaas i Forbindelse med bærende Ydermure; i Stockholm har man f. Eks. gjort Lejlighederne kvadratiske med 6—7 m Sidelinie og overdækket dem med en kryds-armeret 20 cm tyk Klinkerbetonplade. Ogsaa i dette Tilfælde flyttes der — om end i mindre Grad — Materiale fra Ydervæggene til de Vægge, der adskiller Lejlighederne, og dette Princip synes sundt, thi

den Støj, der kommer ind gennem Ydervæggene, kommer utvivlsomt saa overvejende gennem Vinduerne, at der næppe vindes meget ved at gøre den øvrige Del af Væggen tyk.



Fig. 6. Betonhusene i Karl Johans øvre Ende.

Oslo er den fremmeligste af de tre nordiske Hovedstæder (Fig. 6); i Perioden 1933—35 byggedes 67 Betonhuse for hver 33 Teglhuse, og det stolte Sky-skraber-Raadhus, der nu beklædes med røde Teglsten, er iøvrigt helt af Beton.

I de moderne *Skalkonstruktioner*, der navnlig bruges til Buetage (Fig. 7), udnyttes Jærnbetons Stivhed i højere Grad end tidligere, idet Buerne udføres som meget tynde Skaller, der ikke blot bærer som Tøndehvælvinger fra Vederlag til Vederlag, men samtidig som Længdebjælker, hvis Trykzone dannes af Hvælvingernes Top, medens Trækjærnene ligger

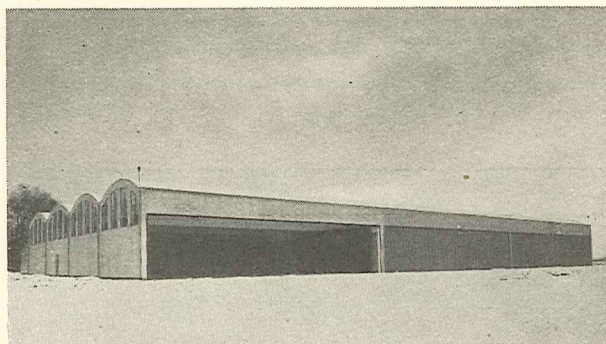


Fig. 7. Hangar paa Hærens Flyveplads ved Værlose, opført 1934 af A/S Larsen & Nielsen. Længdedragernes Spændvidde er ca. 21 m (svarende til Døraabningen). Hvælvingerne er 6 cm tykke med 7,6 m Spændvidde.

i Vederlagene, hvor Hvælvingerne skærer sig sammen; den store Nytteshøjde — Buens Pilhøjde — man derved disponerer over, gør det muligt at begrænse Søjleantallet stærkt. Ogsaa Tage sammensatte af plane Flader kan bringes til at bære paa lignende Maade.

*Dæk.* Naar man i Betonhuse ikke bruger Piller, men bærende Vægge, kan det volde Vanskelighed at faa koncentrerede Tryk fra Dragere og svære Bjælker fordelt, og da man desuden ønsker en plan Loftflade, er pladeformede Dæk den naturligste Form, krydsarmerede eller enkeltarmerede, eftersom man har bærende Tværvægge eller ej.

Man kan træffe enkeltarmerede, massive Plader af almindelig Beton brugt paa Spændvidder helt op til 8 m, d. v. s. med Tykkelser op til 25 cm, men som Regel søger man at bringe Vægten ned ved Brug af Letbeton eller ved Indlæg af hule Teglblokke (Molerblokke, Røselerblokke m. fl.).

En Letbeton, der bruges meget i Sverige, er *Klinkerbetonen*, i hvilken det naturlige Grus er erstattet af et lavaagtigt Materiale, fremstillet af almindeligt Teglværksler, der klinkbrændes i Rotérovn ved 12—

1300° og derefter knuses. Ideen stammer fra Amerika, hvor Materialet kaldes Haydite. Klinkergruset bestaar af porøse, men stærke Korn af uregelmæssig Form og giver en Beton, der er væsentlig lettere end den normale og godt varme- og lydisolerende.

Den Klinkerbeton, der bruges til Dæk, fremstilles af Klinkerskærver og Natursand. Den vejer i lufttør Tilstand 1700—1850 kg/m<sup>3</sup>, afhængig af Blandingsforholdet. Den er en god Lydisolator saavel overfor Luftlyd som — navnlig — overfor Berøringslyd.

Naar Natursandet erstattes af Klinkersand, synker Vægten til 1150—1400 kg/m<sup>3</sup>. Denne Beton er mere varmeisolerende og bruges navnlig til Ydervægge og flade Tage. Den er svagere end den førstnævnte, men kan dog bruges til bærende Ydervægge i Huse med indtil 6 Etager.

Klinkerbetondækkene afrettes med Cementmørtel, der glitpudses og bestryges med opløst Asfalt, der skal lukke Fugtigheden inde. Derefter paaklæbes et Lag Gulvpap og et Lag Linoleum (2,3 mm). Der lægges megen Vægt paa, at Pudsen glittes og ikke blot

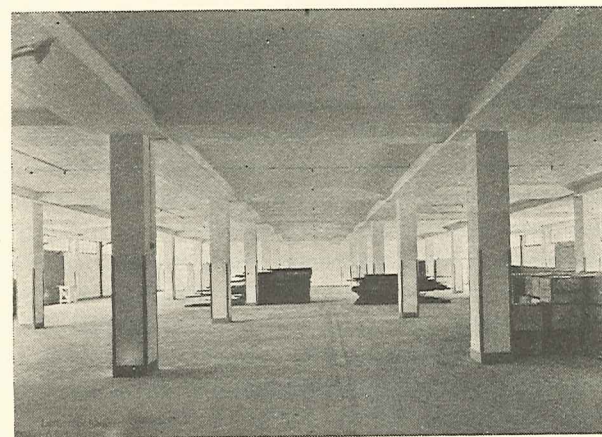


Fig. 8. Ø.K.'s Pakhus i Frihavnen. Projekteret af Dr. techn. N. J. Nielsen.

afrives, da man i sidste Fald er udsat for Svampeangreb.

I Pakhuse med stor Gulvlast har Paddehatplader, efterhaanden som Dimensioneringsreglerne er blevet skærpede, mistet noget af deres økonomiske Fordelagtighed. Ofte staar man sig ved at erstatte dem med krydsarmerede Plader baaret af *lave og brede T-Bjælker* (Fig. 8). Ved at gøre Bjælkerne brede opnaar man, at de kan optage store Lejemomenter, samt at Pladerne faar en ringe Spændvidde; til Gengæld maa Bjælkerne dimensioneres for de vridende Momenter, som opstaar, naar der kun er Last paa den ene Side af Bjælken, men de Forstærkninger, som dette fører til, er ikke betydelige. En vel ordnet Jærnføring over Søjlerne er vigtig af Hensyn til Støbearbejdet.

*Lysledningerne* føres frem gennem tynde Staalrør, der enten indlægges i Støbeformene for Væg og Dæk sammen med de Daaser, i hvilke de ender, eller lægges ovenpaa Dækkene i et Afretningslag. Rørs og Daasers Fastgørelse i Dækkets Støbeform volder ingen Vanskelighed, i Vægformen er det ikke saa let at faa dem anbragt nøjagtigt. I Stockholm har man ladet Elektrikerne fastsømme Rør og Daase paa et løst Brædt, som Tømrerne derefter indbygger i Vægformen mellem de andre Brædder.

*Varmeisolering.* Et i Forbindelse med Betonhusene vigtigt Spørgsmaal er Varmeisoleringen. Da Jærnbeton har  $\lambda = 1,0$  à  $1,3$ , og da Væggene er tynde, maa man for at begrænse Varmetabet — man tilstræber  $k \geq 1,0$  — indklæde dem i et varmetæt Stof enten paa Ydersiden eller paa Indersiden. I første Tilfælde støbes Ydervæggene mod varmetætte Plader opstillede i Formens Yderside, i andet Tilfælde kan man opstille Pladerne i Formens Inderside eller opsætte dem efter Afformningen.

Ydersideisoleringens Fordele er, at Ydervæggene faar nogenlunde samme Temperatur som Dækkene,

saaledes at der kun opstaar smaa Temperaturspændinger og ringe Fare for Revnedannelse, samt at vandret Varmebortledning gennem Dækkene hæmmes. Andre Fordele er, at Væggen virker som en Varmeakkumulator, at Pladerne danner en god Undergrund for Pudsen, og at Vinduesabningernes Sider ikke kræver Isolering, da Vindueskarmen sættes saa yderligt (4 cm fra Façadefladen), at den dækker Skillelinien mellem Beton og Isoleringsplade.

Ved Altaner er der den Vanskelighed, at de ikke kan støbes som overragende Ender af Dækket, da de i saa Fald gennembryder Isoleringsskappen og leder Kulde ind i Dækket. Man kan undgaa dette ved at lægge en Kantbjælke af U-Jærn langs Altanpladens 3 frie Sider og indstøbe dens Ender i Betonvæggen, saa den kan regnes indspændt i denne. Altanpladen udføres som en krydsarmet Plade, der paa de 3 Sider gaar ind i U-Jærnet og paa den 4. føres 3 cm ind i Isolationslaget, der gerne er 10 cm tykt, saa der bliver 7 cm tilbage til at isolere.

Indersideisoleringens Fordele er, at man bevarer den haarde og vejrfaste Betonflade paa Ydersiden, at Isoleringslaget ikke behøver at være vejrfast og derfor kan fremstilles af mere varmeisolerende Stoffer, saa det kan holdes tyndere, hvorved der spares Plads, samt at der opnaas en vis Lydabsorbtion i Rummene. Til Gengæld vil Ydervæggen kunne blive meget kold i Frostvejr og meget varm i Sommersol, og da de deraf følgende Længdeændringer hæmmes af Dækkene, hvis Temperatur er nogenlunde ens hele Aaret rundt, forøges Faren for Revnedannelse i saa-vel Ydervægge som Dæk.

I Sverige bruges overvejende Yderisolering af  $7\frac{1}{2}$ —10 cm tykke Plader af Gasbeton, Bimsbeton eller Siporex, der alle vejer mindre end  $600 \text{ kg/m}^3$ . Gasbeton fremstilles nu med Kalk som Bindemiddel og underkastes en Damphærdning; Siporex har Cement som Bindemiddel og svarer formentlig til den gamle

Gasbeton. Den ydre Puds er Kalkpuds, ofte med tættende Tilsætninger; den anbringes enten direkte paa Pladerne eller paa et Lag paasprøjtet Cementpuds.

I Norge mener man ikke, at et saadant pudset Ydersidelag taaler det norske Klima; Cementpuds vil revne, og Kalkpuds er ikke vandtæt nok. Man bruger derfor Indersideisolering. Man begyndte med at paa-klistre Isolationsplader med Asfalt, men nu opmures hyppigst en Indervæg af 7 cm tykke Bimsbetonplader i en Afstand af 3 cm fra Betonvæggen, og dermed er man godt tilfreds.

I Danmark bruges Molérsten paa tilsvarende Maade.

Man bør ikke asfaltere Betonvæggens Inderside under saadanne Forhold, da man derved hindrer den i at indsuge det Vand, der fortætter sig paa den, hvis Stuens varme Luft naar ud til den. Vandet kan drive ned ad Asfalten, samle sig paa Gulvet og derfra suges op i den porøse Indervæg. Lignende Forhold kan gøre sig gældende, naar porøse Plader klæbes paa Væggen med Asfalt; Fortætningsvandet opsamles i Pladerne, da det ikke kan komme ind i Væggen. Skønt en Betonvæg er lidet porøs og lidet vandsugende, har den dog i nogen Grad Evne til at føre Vandet videre, og den bør derfor støbes direkte mod de varmetætte Plader, hvilket ogsaa er det billigste.

Husenes Opvarmning sker i stigende Grad ved Straalevarme, idet der i Lofterne indstøbes Varmtvandsrør liggende under Armeringen. Dækkene maa da varmeisoleres paa Oversiden.

*Lydisolering.* For de tidligere nævnte Klinkerbetongulve med 24 cm Totaltykkelse, er Trinlydisolationen maalt til 32 db, medens det almindelige svenske Træbjækelag er nede paa 23 db. Ved Brug af almindelig Beton i Form af mer eller mindre tynne Plader og ved Brug af Tegldæk og andre Celle-

plader, maa man for at opnaa en kraftig Trinlydisolation gøre ét af to:

1) Bruge bløde Slidlag og lægge dem paa bløde Underlag. Den Lyddæmpning, der kan opnaas paa denne Maade, begrænses ved, at Møblerne ikke maa trykke sig for stærkt ned i de to Lag, og ved at disse under Lasten fra Flygelben og stærke Hæletryk bliver sammenpresset saa stærkt, at de bliver lydledende.

2) For at undgaa de nævnte Sammentrykninger maa man enten bruge et haardt Slidlag med saa stor Styrke og Stivhed overfor Bøjning, at det kan fordele de koncentrerede Tryk, eller indskyde et Lag med disse Egenskaber mellem det bløde Slidlag og det bløde Underlag. I begge Tilfælde kaldes Slidlaget »svømmende«, og i begge Tilfælde kan Lydtætheden blive fortræffelig, naturligvis navnlig i sidste.

Det nævnte Underlag skal være af et lydblødt Stof, d. v. s. et elastisk Stof, hvis Elasticitetstal er lille, og som derfor ikke kan gøre væsentlig Modstand mod Lydsvingningerne i det haarde Stof. Jo mindre E er, des mindre Lyd overføres; de bedste Laboratorieresultater har man opnaaet med Stoffer som Filt, Tangmaatter, Glasuldsmaatter og Svampegummi. Stoffer med større E, som Korkplader, gør større Modstand og er derfor mere lydoverførende.

Da Modstanden aftager ikke blot med E, men ogsaa med Størrelsen af det vandrette Tværsnit F, som paavirkes af Lydsvingningerne, kan man bøde paa en for stor Værdi af E ved at indskrænke F. Dette er praktisk gennemførligt, naar Slidlaget er et Trægulv paa Strøer, idet man da kan lægge disse paa Strimler eller Brikker af det lydbløde Stof.

Imidlertid maa man være opmærksom paa, at slige Stoffers E kun er lille, naar de er svagt belastede. Belastes de stærkt, bliver de tættere, og E vokser. Den gode Virkning, man har fundet ved et Laboratorieforsøg, hvor Stoffet kun var belastet med en 5



cm tyk Mørtelplade, vil derfor muligvis ikke findes i et Gulv, hvor der staar et Flygelben paa Mørtelpladen, eller naar der gaar en tung Mand paa Gulvet; maaske vokser E paa de komprimerede Steder op til en Værdi, der er større end den, man vilde have haft ved Brug af et paa Forhaand mere kompakt Stof.

Man kan i nogen Grad afbøde Komprimeringens uheldige Virkning ved at bruge Isoleringsmaatter med bølget eller toppet Underside. Naar Lasten er lille, hviler Maatterne paa Fremspringene og fjedrer stærkt. Naar Lasten er stor, afplattes Fremspringene, saa Bærefladen bliver større. Trykket pr. cm<sup>2</sup> af Maattens effektive Underside holder sig altsaa automatisk nogenlunde konstant, og Fjedringsevnen forringes ikke stærkere end netop svarende til den øjeblikkelige Last. Paa denne Maade virker Asfaltpap, hvis Underside er beklædt med Korkkrummer.

Man har i nogle Tilfælde konstateret en betydelig Føringelse af svømmende Slidlags Lydtæthed i Tidens Løb. Man har ved Norges tekniske Højskole fundet Isolationstab op til 9 db for Tangmaatter og 5,5 db for Korkplader, og paavist Aarsagen, nemlig at Mørtellaget ved Svind bliver skaalformet, saa det overvejende bliver baaret af Gulvets midterste Del og her komprimerer det lydbløde Stof saa stærkt, at dets Isoleringsevne nedsættes. En Deling af Mørtellaget i mindre Felter — men med gennemgaaende Jærn — vil formentlig være hensigtsmæssig.

Til Absorbering af Luftlyd i Lokaler for støjende Virksomhed bruges en Mængde forskellige porøse Stoffer, som Regel af fibret Karakter. Saakaldet akustisk Puds kan fremstilles af Gipsmørtel, der paa en eller anden Maade er gjort meget porøs. For at Friktionen i Porerne i nævneværdig Grad skal kunne omdanne Lydenergien til Varme, maa Porevidden ikke overstige  $\frac{1}{4}$  mm, men Pudsen bør ogsaa indeholde grove Porer, der leder Lyden ind i de fine.

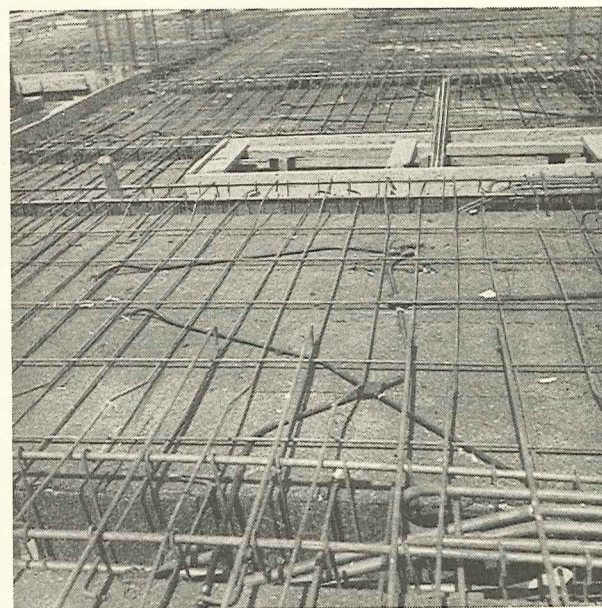


Fig. 9. Støbeform til Etageskillelse med T-Bjælker. Formen er indvendig beklædt med Korkplader, der skal virke lydabsorberende. Fra Boligkomplekset Dolphin Court, London.

I Boliger er lydabsorberende Beklædninger, udover hvad Beboerne selv indfører af Tæpper og Gardiner, som Regel unødvendige. Under Varmeisolering nævntes, at Korkplader og lignende Plader paa Ydervægges Inderside virker lydabsorberende, selv om de pudses. En tilsvarende Behandling af Lofter er ikke helt ualmindelig i England (Fig. 9).

Hvis man i samme Stue har to Lydgivere  $L_1$  og  $L_2$ , af hvilke  $L_1$  giver Lydstyrken  $I_1$  Watt/cm<sup>2</sup> og  $S_1$  db, naar  $L_2$  er tavs, medens  $L_2$  giver Lydstyrken  $I_2$  og  $S_2$ , naar  $L_1$  er tavs, vil de ved Samvirken give Lydstyrken  $I_{1+2} = I_1 + I_2$ , hvorimod  $S_{1+2}$  ikke vil være lig med  $S_1 + S_2$ , men ringere. Er  $S_1 > S_2$ , vil man have

$$S_1 < S_{1+2} < S_1 + 3$$

thi naar  $S_2$  vokser fra Nul til  $S_1$ , vokser  $S_{1+2}$  fra  $S_1$  til  $S_1 + 10 \cdot \log 2$ . Hvis  $S_1$  ikke er meget lille, vil Lydstyrken i Stuen maalt i db altsaa ikke paa-virkes væsentlig af, om  $L_2$  er i Funktion eller tavs. Er der 6 ens Lydgivere i Stuen, vil Støjen ikke overstige  $S_1 + 10 \cdot \log 6 = S_1 + 7,8$  db.

Disse Forhold er af Betydning, hvis man vil hindre Støjs Indtrængen i en Stue. Dennes 4 Vægge og 2 Dæk kan da betragtes som 6 Lydgivere, og hvis de hver for sig frembringer Lydniveauet  $S_1$  db, vil de ved Samvirken kun hæve Niveauet 7,8 db. Er Stuen kubisk, og er Kubussiderne akustisk ens med Absorptionskoefficienten  $\frac{1}{6}$ , og svækker de en udefra indtrængende Lyd 40 db, vil en Støj paa 60 db i et enkelt af Naborummene høres i Stuen med Styrken  $60 \div 40 = 20$  db; hvis to af Naborummene støjer 60 db, vokser Stuens Støj til 23 db, og hvis alle 6 Naborum støjer 60 db, kommer Stuen op paa 27,8 db. Hvis man under disse Forhold forøger en af Kubussidernes Dæmpningsevne til  $\infty$ , vil Støjen fra de øvrige 5 give Lydniveauet  $20 + 10 \cdot \log 5 = 27$  db, altsaa meget nær det samme som før. Hvis man derimod forringer en enkelt Kubussides Dæmpningsevne til 20 db, stiger Stuens Lydniveau til 40,2 db; forøges de 5 øvrige Siders Dæmpningsevne til  $\infty$ , synker Lydniveauet kun til 40 db.

Dette Eksempel viser, at Lydniveauet i en Stue næsten udelukkende bestemmes af den daarligst isolerende Begrænsningsflade. Det gavner ikke at forøge de andres Isoleringsevne, førend den førstes er bragt op paa samme Højde. — I nogen Grad sammenhængende med disse Forhold er den Kendsgerning, at man i Huse med gennemgaaende Betondæk, paa hvilke der opstilles Skillevægge, ingen Nytte har af at bruge Vægge, hvis Lyddæmpningsevne overstiger ca. 55 db. Selv om Væggen ved Laboratorieforsøg eller Beregning har vist en større Dæmpningsevne, opnaar Stuen ikke den tilsvarende Stilhed. Forklaringen er, at

de gennemgaaende Dæk overfører Lyd, som ikke høres, saalænge Væggen er en stærkere Lydgiver, men som bliver bestemmende for Lydniveauet, naar Lyden fra Væggen bliver svagere end Lyden fra Dækkene. Denne Dæklyd kan man kun undgaa ved at afbryde Dækkene (se Fig. 206 i *Byggematerialer* II, 1922), en Foranstaltning, som først nylig er blevet realiseret og med Held.

Af ovenstaaende vil man ogsaa forstaa, at lyd-bløde Underlag for Bjælker og Plader, der hviler paa Mur, ikke har nogen mærkbar Virkning i den underliggende Stue, med mindre Dækkene er saa stærkt isolerende, at de er svagere Lydgivere end Murene.

I Betonhuse synes der at gælde lignende Regler for Dækkene som for Skillevæggene, nemlig at man ingen Nytte har af at bruge Dæk, hvis Lydtæthed overstiger ca. 55 db, med mindre man samtidig gør de bærende Vægge mindre lydledende.

*Façadebehandlingen* er et vanskeligt Problem. Smukke Resultater kan opnaas ved at bevare selve den støbte Flade med de Tegninger, som Støbeformen og Støbeskellene har efterladt, men der maa da anvendes megen Omhu ved saavel Formopstilling som Støbning, og Linierne fra de vandrette Støbeskel maa reguleres paa kunstig Maade, saa de fremtræder enten som Riller eller Grater. Riller faar man ved at sømme Lister i Støbeformen, Grater ved at affase Flagernes vandrette Kanter. Sidstnævnte Fremgangsmaade er brugt ved Vandtaarnet i Brønshøj (Fig. 10 og 11). Paa Ørstedhus i København har man opnaaet en karakterfuld Overflade ved at støbe mod Bølgeblik (Fig. 12 og 13). Paa Hotel Astoria har man støbt med Granitbeton nærmest Overfladen og hugget op. Ofte skalmures med  $\frac{1}{2}$  Sten tyk Teglmur, der fuges, eller man beklæder med Naturstensplader. I Norge bruges vandtæt Mineralitpuds (Fig. 14) eller Mineralitmaling, i Sverige almindelig Puds udenpaa

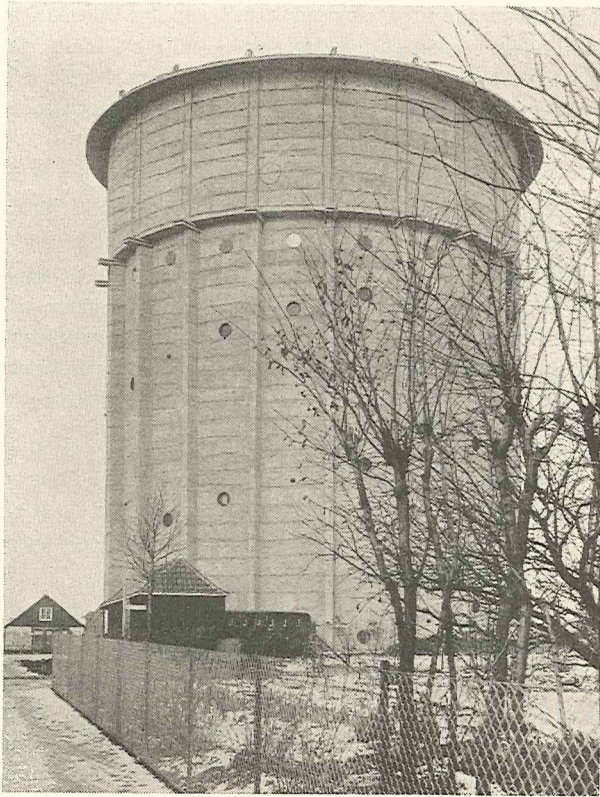


Fig. 10. Vandtårnet i Brønshøj.

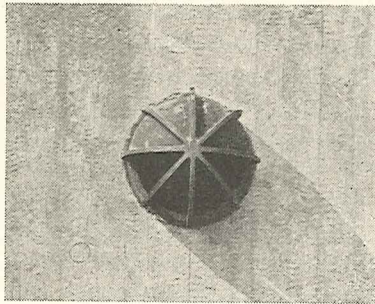


Fig. 11. Som Fig. 10. Nærbillede.



Fig. 12. Ørstedhus i København.

de varmetætte Plader. En meget anvendt Fremgangsmaade er at støbe i glatte Former og male bagefter.

De *Betonspændinger*, med hvilke Dimensioneringen udføres, ligger væsentlig højere nu end for nogle Aar tilbage, og Erfaringerne begynder at melde sig i Form af store Nedbøjninger, forårsagede af Betonens plastiske Sammentrykning i Tidens Løb. Navnlig de krydsarmerede Plader kan udføres med en i Forhold til deres Spændvidde meget ringe Tyk-

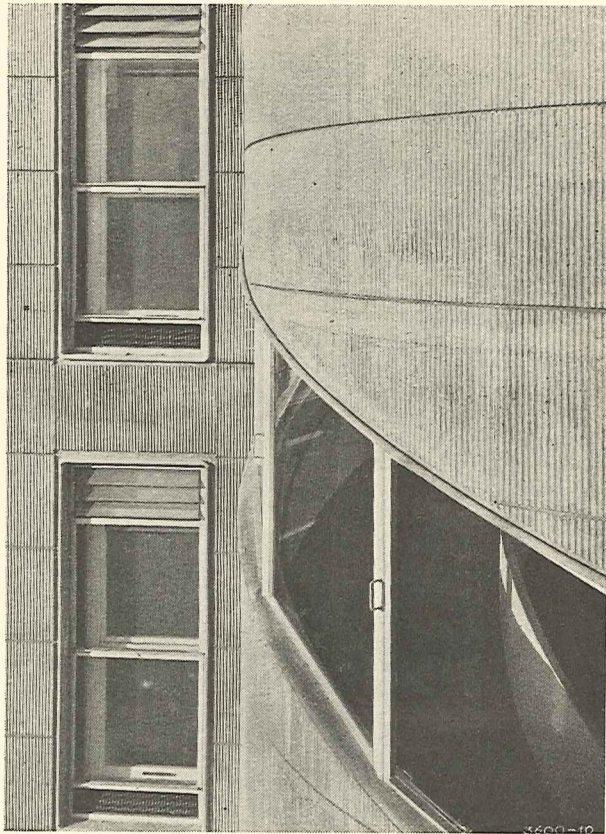


Fig. 13. Som Fig. 12. Nærbillede.

kelse, og i flere Tilfælde har man ikke i tilstrækkelig Grad taget Hensyn til Betonens »creep«, hvorved Nedbøjningerne er voksede til meget store Værdier. Det er heldigt, at saadanne Erfaringer gøres, inden endnu spinklere Konstruktioner har set Lyset, derfor er det et godt Princip, der er fulgt i de danske Jernbetonnormer, kun at lade den tilladelige Spænding vokse proportionalt med Betonstyrken op til en vis Grænse. Vil man bruge Spændinger, der ligger



Fig. 14. Huset tilhøjre paa Fig. 6. Stueetagen er beklædt med Marmorplader, derover Mineralitpuds.

højt over den Grænse, indenfor hvilken man har høstet praktiske Erfaringer, bør Sikkerhedsfaktoren forhøjes, des mere, jo mere man fjerner sig fra denne Grænse.

*Betonfremstillingen* har forskellige Nyheder at fremvise.

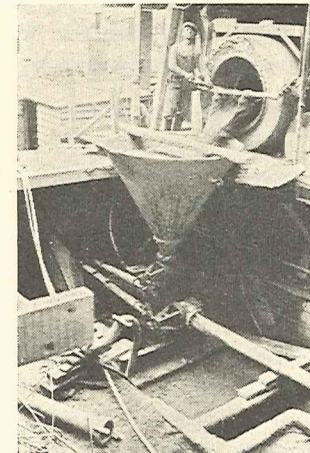


Fig. 15. Betonpumpe i Arbejde for Peter Lind & Co. under en Tilbygning til Boots Fabriker i Nottingham, England.

Betonpumpen, der pumper Betonen gennem Rør fra Blandestedet til Pumpestedet, er nu ude over Børnesygdommene og fuldt konkurrencedygtig (Fig. 15).

Den vandrige Beton, Rendebetonen, er snart bandlyst. Der er Bestræbelser i Gang for at udnytte dens Fordele — billig Transport og Udstøbning — og fjerne dens Mangler ved straks efter dens Udstøbning at bortsuge Transportvandet gennem store Sugeskiver, der enten lægges vandret paa Betonfladen (Betondæk, Mørtelslidlag) eller bruges som Flager ved Opstilling af Vægforme, og som gennem Rørledninger forbindes med Vakuumpumpen, hvorved Trykket i Betonen synker til 0,5 à 0,3 at nærmest Sugeskiven; dennes Virkning strækker sig 25—35 cm i Dybden. Betonen kan afformes straks efter Afsugningen og viser sig da meget haard og sammenhængende. Maaske kan denne saakaldte Vakuumbeton faa Betydning for Cementvarefabrikanterne, derimod næppe paa Byggepladser.

Læren om Vand-Cement-Forholdets Betydning har virket som en kraftig Agitation for den tørrere Beton, der komprimeres med Vibratorer, og Brugen af disse er i stærk Stigning.

### 3. Naturstens Forvitring.

Den stadig fremadskridende Forvitring, som navnlig Sandstenene lider under i de industrielle Storbysker, og som ofte viser sig ved, at Overfladen omdannes til en tættere Skorpe, der efterhaanden sprænges og falder af, har givet Stødet til et omfattende Forskningsarbejde paa dette Felt, og der er fremkommet et Utal af Imprægneringsvædsker, der opreklameres som ufejlbarlige Midler til at standse Forvitring.

De fleste af disse Midler gør direkte Skade. Nogle gør Gavn paa visse Sten, saafremt Behandlingen gen-

tages tilstrækkelig tit, men der er intet Universalmiddel, der passer for alle Sten. Det er uforsvarligt at behandle kunstnerisk udførte værdifulde Façader eller Monumenter, hvis man ikke forud har overbevist sig om, at den paagældende Sten taaler Behandlingen.

De farligste Forvitningsformer skyldes kemiske Processer, der staar i Forbindelse med Luftens Svovlsyreindhold, og som navnlig foregaar under det Lag Sod og Snavs, som Byluften afsætter. Undersøger man forvitrende Bygværker, vil man oftest finde, at de for Vejret udsatte Flader, der skylles rene af Regnen, er vel bevarede; det er de beskyttede, snavsede Flader, der forvitrer.

Hypelig Afvaskning er derfor det bedste Middel til at bekæmpe denne Art af Forvitring. Hvis Vaskning og Skrupning med rent Vand ikke fjerner Snavset, kan man bruge Damp. Derimod maa man aldrig blande Sæbe, Soda eller andre Rensemidler i Vandet, thi derved kan Stenen skades stærkt.

### 4. Huses Rystelser og Svingninger.

Om et Menneske mærker Svingninger og føler sig generet af dem, afhænger i mindre Grad af Udsvingets Størrelse end af Accelerationen (A) og Svingningstallet (n). Det bedste Maal har man i Størrelsen:

$$L = \frac{A^2}{n}$$

Naar denne overstiger Værdien:  $L_0 = 0,5 \text{ cm}^2/\text{sec}^3$ , plejer Svingningerne at blive mærkbare.

Fornemmelsens Styrke vokser ikke proportionalt med L, men snarere med log L, og ligesom man for Lydstyrker har indført den logaritmiske Enhed Decibel, har man for Rystelser indført Enheden »Pal«. En Rystelse, der er karakteriseret ved  $L = L_0$ ,

siges at have Styrken 0 Pal; er L større, angives Styrken ved  $10 \cdot \log \frac{L}{L_0}$  Pal.

Disse Pal-Værdier er nogenlunde proportionale med Styrken af det Indtryk, Rystelsen gør paa et Menneske.

Et raat Begreb om Pal-Værdiens Betydning faar man af følgende Tabel:

Pal

- 70 Smertegrænse, saafremt  $n > 15$  Svingninger pr. Sekund,
- 60 Fare for Søsye, saafremt  $n$  er lav,
- 50 Rystelser i en Omnibil paa daarlig Brolægning,
- 25 Rystelser i et Iltogs 1. Klasse,
- 20 Grænse for tilladelige Svingninger i en Bolig, naar de er sjældne,
- 15 do., naar de er hyppige,
- 0—5 Grænse for Mærkbarhed.

Naar en Maskine formaar at sætte et Hus i mærkbar Svingning, skyldes det altid, at Maskinens Svingninger er i Overensstemmelse med Husets Egen-svingningstid. Huset forholder sig som en Gyng, der faar et Skub, hver Gang den er i sin Yderstilling, Hvis man derfor ændrer Maskinens Omdrejningstal, hører Huset op at svinge. Disse Forhold forklarer, hvorfor en Maskine undertiden ikke generer Nabohusene, men derimod et fjernere liggende Hus; de første har da Egen-svingningstider, som afviger tilstrækkeligt fra Maskinens Svingningstid.

##### 5. Væggetøjsplagen.

Væggetøjsplagen er i de senere Aar vokset i en foruroligende Grad, og man mener, at det — i alt Fald delvis — skyldes den tiltagende Brug af Centralvarme. Dyrene kommer ind med Lejernes Møbler og gaar fra disse over i Vægge og Dæk, hvis

disse har Sprækker, hvori de kan skjule sig. Hvis de opdages i Tide, kan man desinficere Lejligheden ved stærk Opvarmning, ved Damp af Svovlsyrling, Blaasyre m. m., men Dyrene har stor Vandrelyst og finder hurtigt Vej til Naboelighederne gennem Ventilationskanaler, langs Varmerør, gennem Sprækker under og i Vægge og i Gulve. Tætte Betonvægge og Betongulve er derfor ønskelige, og alle gennemgaaende Rør for Gas-, Drikke- og Spildevand bør omstøbes tæt med Beton. Derved hæmmer man tillige Vandledningsstøjens Forplantning, idet Rørenes Svingninger bremses af Betonen. Naar man lægger lyd-bløde Stoffer om Røret, er det for at hindre Lyden i at gaa over i Dækket eller Væggen, men en saadan Overgang er som Regel at foretrække for, at Lyden løber usvækket videre i Røret. Det er dog kun kolde Rør, der kan indstøbes fast; Varmerør maa kunne bevæge sig, men ogsaa om disse kan der skaffes Tæthed ved Brug af særlige Bøsninger.

Dobbelte Bræddevægge mellem Lejligheder beskytter som Regel i samme ringe Grad mod disse Dyrs Gennemgang som mod Lydgennemgang. Der gaar Frasagn om Vægge, gennem hvilke der føres en livlig Konversation, og hvis man efter et Bridgeparti ønsker en Krone vekslet hos Naboen, sker det gennem Sprækken mellem Væg og Gulv.

Til Tætning af saadanne Sprækker og til Tætning omkring Rør kan man indpresse Konsistensfedt med indblandet Insektgift, men bedre er det naturligvis at bygge Huset uden Sprækker.

##### 6. Nye Byggematerialer.

Af varme- og lydisolierende Stoffer er der fremkommet en Mængde danske Fabrikater.

Korkplader faas i talrige Udførelser, afpassede efter Anvendelsen. Lydstandsende Lejeplader for Bjælker og Maskiner fremstilles i forskellige Kom-

primeringsgrader efter det Tryk, de skal kunne taale, og som for nogle naar til 25 at.

De grove Høvlspaanplader (Træuldplader), Serponit- og Troldektplader sælges nu under Fællesnavnet Træbetonplader og bruges til Beklædning af Ydervægge, Loftet og Tage og til Indlæg i Gulve samt til Opbygning af selvstændige Vægge.

Halmasfaltpladerne Artex, Isotekt og Soralit finder en tilsvarende Anvendelse; ligesaa den danske Træfiberplade Danatex.

Maatter med indsyet Tang, Slaggeuld, Rockwool, Glasuld, og som baade er varme- og lydisolierende, bruges som Indlæg i Vægge og Gulve.

Den største lydabsorberende Evne har den amerikanske Acousti Celotex, i hvis Overflade der er borede talrige Huller, gennem hvilke Lyden faar Adgang til Pladens Indre, hvor den fortaber sig i de fine Porer. Disse Plader absorberer ca. 70 pCt. af den Lyd, der rammer dem, og Tallet ændres ikke væsentligt, selv om de males, da Hullerne ikke dækkes.

Blandt de uorganiske Materialer staar Cellebetonen med lignende Varmeledningstal som de organiske. Den bruges mest i mer eller mindre tynde Lag, der udstøbes paa flade Tage eller ovenpaa Etageadskillelser for at dække Rørledningerne.

Ogsaa Gyprocpladerne, der fremstilles ved at udstøbe en meget porøs Gipsmasse mellem to Papskiver, udmærker sig ved stor Varmeisoleringsevne.

Et Yderpunkt af Letvægt er naaet af det svenske Varmeisoleringsmateriale *Isoflex*, der kun vejer 10—12 kg/m<sup>3</sup> og har  $\lambda = 0,04$ . Det fremstilles af en tynd Acetylcellulosefilm (uhygroskopisk) med indlejrte Aluminiumpartikler. Filmen falses, og Isoleringpladerne fremstilles ved at lægge f. Eks. 3 saadanne Film over hinanden med krydsende False. Det er naturligvis navnlig i Flyvemaskiner, Skibe og Vogne, at man har Trang til et saa let Materiale, kun sjældent i Huse; ved Ombygningen af »Hissan« i

Stockholm har man under den Bro, der fører ud til Elevatorens Top ophængt en Restaurant, hvis Tag er isoleret paa denne Maade.

*Varmeisolerende Vinduesruder* fremstilles i Czechoslovakiet af 2 Glasskiver, mellem hvilke der indlægges et 3 mm tykt Lag Glasuld, hvorefter Skivernes Rand sammensmeltes med Glas. Ulden gør Runden uigennemsigtig, men spreder Lyset godt.

Selve Glasmassen kan ogsaa fremstilles isolerende, saaledes som Calorex Glasset, der absorberer ca. 90 pCt. af Solens mørke Varmestraaler, hvorved det naturligvis opvarmes stærkt. Det anbringes 5 cm fra en almindelig Rude, og Mellemrummet ventileres. Da Glasset er svagt grønblaat, er Lyset fra det uegnet til at bedømme Farver i. Ligesom andet farvet Glas fordriver det Husfluen. Saadanne varmeabsorberende Glas isolerer ikke blot mod Solvarme, men formindsker ogsaa Stuens Varmetab om Vinteren.

*Vita-Glasset*, det engelske Sundhedsglas, der blev stærkt opreklameret, fordi det ikke standsede de ultraviolette Straaler, er forsvundet af Markedet. Dets Egenskaber i nævnte Henseende viste sig at forsvinde under Brugen.

*Marbrite* (belgisk), *Marbrunite* (østrigsk) og *Vitrolite* (engelsk) er Opalglas og bruges som en billig Erstatning for Vægfliser f. Eks. i Køkkener. Det faas i store Plader (indtil 170 · 250 cm), 6—20 mm tykke, og kan tilskæres efter Ønske. Da det opsættes uden Stødfuger eller med meget faa, foregaar Renholdelsen let, men slaas det i Stykker, er en Fornyelse af det beskadede Parti dyrere end ved Fliser.

*Splintfrit Glas* blev tidligere ofte fremstillet af to Glasskiver sammenkittet med en celluloidagtig Masse; denne guldene i Tidens Løb, og undertiden trængte der Fugtighed ind fra Randen. De nyere Sorter Securit (fremstilles i Tyskland og Frankrig), Triplex Thoughened og Armourplate (engelske) er Glasskiver, der paa begge Sider er hurtigt luftafkølede og

derved har faaet Trykspændinger i Overfladen. Dette bevirker, dels at Bøjningsstyrken 4—5 doubles og Slagbøjningsstyrken 7 doubles, dels at Bruddet sker under en meget vidtgaaende Sønderdeling.

*Eternit* bruges mere og mere, ikke blot til Tækning i Form af plane og bølgede Plader, men ogsaa til Fremstilling af Beton-Støbeforme, der ikke fjernes, men danner den endelige Overflade, saa Pudsnings eller lignende Overfladebehandling overflødiggøres. F. Eks. støbes Altanplader paa en Eternitbund og Søjler i Eternitrør.

Ved Tage af Bølgeplader er man inde paa ogsaa at fremstille de bærende Spær og Aase af Eternit.

*Farvet Støbeasfalt* har fundet megen Anvendelse som Slidlag paa Gulve. Støbeasfalt er den eneste Gulvmørtel, som ikke har Tilbøjelighed til at revne, og den er billig.

*Tagpap* er blevet et fint Materiale med Overfladelag af forskellig Art, der ikke blot virker forskønnende, men ogsaa bevarende og i nogle Tilfælde varmeisolerende, nemlig naar Overtrækket bestaar af Aluminiumpulver.

Saadan Pap hindrer i høj Grad Varmeudstraa-ling fra Tagrummet, i mindre Grad Indsugning af Solvarme, men man har dog Eksempler paa, at Temperaturen under et solbeskinnet Paptag er blevet sænket  $20^{\circ}$  ved, at Pappen forsynedes med Aluminiumovertræk. Bedre mod Sol er hvid Maling, men denne beskytter ikke mod Varmeudstraa-ling fra Huset. Hvis man ved Maling vil holde Solvarmen borte fra et Hus, bør Tag og Vægge hvidmales udvendig — thi derved tilbagekastes de lyse Varmestraaler — og aluminiummales indvendig — thi derved hindres Tag og Væg i at straa- le Varmen videre ind i Huset.

I hvilken Grad hvid Maling beskytter mod Sol, fik *Piccard* at føle ved sine Opstigninger i Stratosfæren. Ved den 1. Opstigning 27. Maj 1931 steg Tempera-

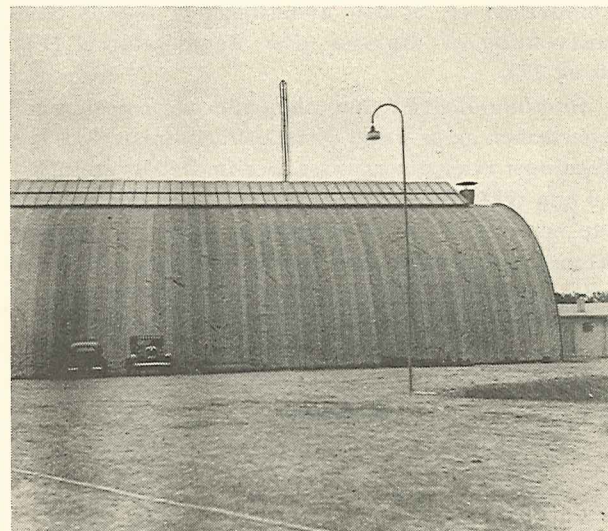


Fig. 16. Tagpap, hvis Aluminiumoverflade er revnet, fordi det underliggende Asfaltlag er blevet blødgjort af Solen og er gledet nedad.

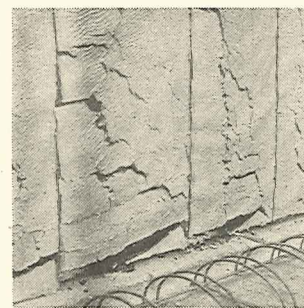


Fig. 17. Som Fig. 16. Nærbillede.

turen i Aluminiumgondolen til  $41^{\circ}$  C. som Følge af Solbestraaling, mens Yderluftens Temperatur var  $\div 55^{\circ}$ . Ved den følgende Opstigning med hvidmalet Gondol led han stærkt af Kulde.

Af Betydning for de aluminiumbelagte Overfladers



Holdbarhed er, at den underliggende Asfalts Sammensætning er afpasset efter Temperaturen (Fig. 16 og 17).

*Aluminiumtagblik* har lignende varmeisolerende Egenskaber og er brugt paa Luftfartministeriets nye Bygninger i Leipzigerstrasse, Berlin. Det leveres 0,8—1,0 mm tykt i 60 cm brede Baner af saa stor Længde (de er oprullede), at Tværfalse undgaas. Længdefalsene er staaende og i færdig Tilstand 1,5—2 cm høje. Blikket er ulegeret (99,5 pCt. Al) for ikke at tæres.

---