

NYERE METODER I BETONGBYGGERI

Norges byggforskningsinstitutt's kurs

6.—10. mai 1957

OSLO 1958

Særtrykk av «Arkitektnytt», «Bygg» og «Byggmesteren»

NYERE METODER I BETONGBYGGERI

Norges byggforskningsinstitutt's kurs

6.—10. mai 1957

FORORD

Etter i de første år av sin virksomhet å ha konsentrert seg vesentlig om trehusbygging, har Norges byggforskningsinstitutt i den senere tid målbevisst gått inn for forskning på en rekke områder som dekker bygging i steinmaterialer.

Som et ledd i dette arbeid arrangerte instituttet i tiden 6.—10. mai 1957, et kurs, «Nyere metoder i berongbyggeri», i Oslo. Der hadde lykkes instituttet å få en rekke av Nordens fremste folk på området til å forelese på kurset. Kurset hadde 85 deltakere fra hele landet og 20 forelesere fra Danmark, Sverige og Norge.

Foredragene og diskusjonene på kurset ble tatt opp på lydbånd og utarbeidd som konsentrerte artikler. Der er disse artiklene som nå foreligger i samlet utgave og som herved presenteres i bokform. Instituttet håper at både kursdeltakerne og de mange som er interessert i problemene omkring moderne berongbyggeri, må få glede av denne boken.

Norges byggforskningsinstitutt vil samtidig gjerne takke foredragsholderne og andre medvirkende både utenfor og innenfor instituttet som bidro til å gjøre kurset så vellykket.

Oslo, 20. mai, 1958.

Øivind Birkeland.

INNHold

Fra «Arkitektnytt»:

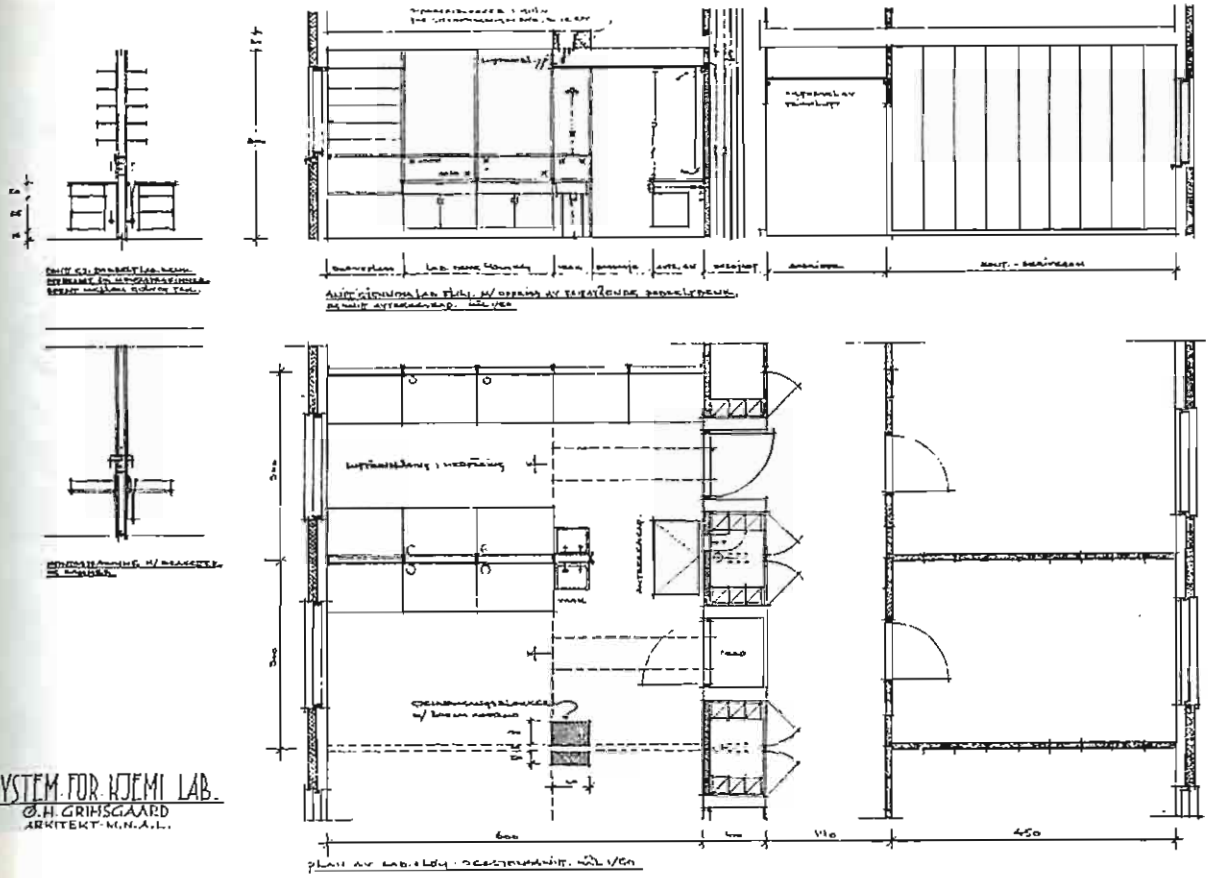
- Arkitekt Øivin H. Grimsgaard: «Fremtidsperspektiver i moderne byggeteknikk» 1

Fra «Bygg»:

- Tekn. dr. Arne Johnson: «Konstruktive problemer i montasjebyggingen» 5
Civilingenjör Ove Brandt: «Lydisolasjonsproblemer i montasjebyggeriet» 12
Direktør, sivilingeniør Kaare Heiberg: «Det teoretiske grunnlag for løsning av bygningsindustriens pasnings- og toleranseproblemer» .. 29
Civilingeniør Povl R. Andersen: «Målnøyaktighet og unøyaktighet» .. 39
Rundebordskonferanse etter Povl Andersens foredrag 47

Fra «Byggmesteren»:

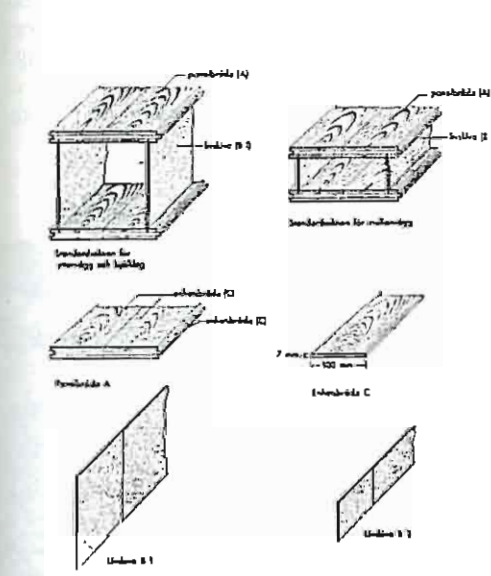
- Arkitekt Roar Bjørkto: «Modulkoordinering» 56
Arkitekt Eske Kristensen: «Montasjebyggeriets utvikling i Danmark» .. 62
Civilingenjör Hans Høls: «Montasjebygging i Sverige» 72
Sivilingeniør Arne Breistrand: «Montering av forspente betongkonstruksjoner» 76
Sivilingeniør Erling Brekke: «Elementbygging — U.S.B.L.'s elementmetode» 78
Arkitekt Harald Løkeland: «Paddemyrprosjektet i Bergen» 80
Sivilingeniør Kåre Hellan: «Montasjebygg i Trondheim» 87
Arkitekt Harald Hille: «Lette, ikke-bærende yttervegger» 90
Sivilingeniør Sven D. Svendsen: «Krav til lette, ikke-bærende yttervegger» 94
Arkitekt Kjell Grønn: «A/S Forremingsbygg» 100
Diskusjon i forbindelse med lette, ikke-bærende yttervegger 104
Dr.techn. Rolf Schjødr: «Overflatebehandling av betong» 105
Arkitekt Erling Viksjø: «Naturbetong — et nytt byggemateriale» 108
Rundebordskonferanse om tynn puss og sparkelmasser 110



SYSTEM FOR KJEMI LAB.
 Ø. H. GRIMSGAARD
 ARKITEKT N.N.A.L.

FREMTIDSPERSPEKTIVER I MODERNE BYGGETEKNIKK

Av arkitekt maal Øivin H. Grimsgaard.



Øverst: Planenheten — som tar sikte på lys, arbeidsplass og tekniske opplegg. Kjemilaboratoriet, Sentralinstituttet for industriell forskning, Blindern. Arkitekt maal Ø. H. Grimsgaard.
 Over: Konstruksjonselement — Mocksjård ferdigbustabrikk, Dalarna. Arkitektene SAR Bergvall og Dahlberg.

For å vise tendensene i det omfattende begrep som vi kaller *den moderne byggeteknikk*, vil vi først foreta en ganske enkel analyse av den, — eller rettere: vi vil oppdele den i dens hovedkomponenter.

Vi kan si at byggeteknikken består av følgende fem komponenter: *Plan — Konstruksjon — Byggemåte — Materialer — Produksjon*.

Disse komponenter betegner *faser* i den samlede prosess som et byggeprodukt gjennomgår. I hver av disse faser virker en mengde forskjellige krefter eller enkeltkomponenter.

Det er et spill av krefter som stadig er i virksomhet, et organisk hele, hvor ingen bestemt fase eller enkeltkomponent kan skilles ut og virke helt alene. Selv den minste endring i en komponent kan gi merkbare urslag i byggeproduktet.

Hvordan man enn ser på byggeteknikken er hovedtendensen etter funksjonalismens gjennombrudd i 30-årene *analysen*, den stadig dyperegående analyse på alle hold. Vi skal se hvordan den gir seg til kjenne i de forskjellige faser.

I *plan*-fasen arbeider man seg ved analyse bevisst fram til *plan-enheten*. Arbeidsoperasjoner som skal foregå, analyseres for å gjøre planenheten så *funksjonell* som mulig: fra plassens side, fra lysets, de tekniske framlegg, osv.

Planenheten gir grunnlaget for typifisering og gir der

almengyldige i planen; det gir *flexibilitet* som kan nyttes etter behov.

Det stadig sterkere krav fra den økende spesialisering i vår tekniske tidsalder nødvendiggjør en slik utvikling av planteknikken.

I *konstruksjonen* følger analysen liknende baner fram til *konstruksjons-enheten*, *konstruksjons-elementet*. Arbeidet fram til konstruksjons-elementer virker tilbake på og korrigerer planenheten, likesom det selv mottar impulser og korreksjoner fra de andre faser som byggemåte, materialvalg og produksjonshensyn. Analysen har dermed brakt oss fram til det praktiske grunnlag for *prefabrikasjon*.

De nevnte impulser fra byggemåte, materialer og produksjonshensyn kan være så sterke at de blir framherskende og *karakteriserer* dermed konstruksjonen. Jeg tenker her på de mange spesielle konstruksjoner, skall-konstruksjoner, lamell-konstruksjoner, buer, osv.

Denne søken fram til enheten — elementet i plan og konstruksjon — er nok den framherskende tendens i den generelle byggeteknikk. Vi ser den gi seg tydelige og synlige utslag i og karakterisere arkitekturen. —

I den fase av byggeproduktets tilblivelse som vi kan kalle valg av *byggemåte*, bestemmer vi hovedmaterialene for våre konstruksjoner; naturlig virker dette tilbake på og korrigerer konstruksjonselementet. Vi velger f. eks. betong, stål, mur, tre, osv. Etter valget av hovedmateriale søker man *mer og mer å rendyrke de enkelte byggeledds funksjoner*. Ta f. eks. ytterveggenes funksjoner: som bærende, som isolerende, som beskyttende. Ved slik dissekering kommer man fram til å kunne tilfredsstille de enkelte funksjoner etter de behov som opptrer, f. eks. styrke de bærende ledd, øke isolasjonsevnen vesentlig, eller i et utsatt sted ta på en sterkere beskyttende hud, osv.

Denne spaltning i enkelte funksjoner og senere sammenstilling etter ønske og behov er ytterligere et framherskende trekk i den moderne byggeteknikk. Den gir grunnlaget for rendyrking av konstruksjon og en variasjon i byggemåte som tidligere bare var en ønskedrøm. Den gir arkitekten det logiske grunnlag for en nyansert utforming, og til slutt gir den også grobunn for en rik og bevisst produksjon av *materialer*.

Øverst: *Alcoa, Pittsburg. Distinkt formgivning hvor metallet er presset til bestemte former. Arkitektene Harrison and Abramowitz.*

Under: *Stål og glass. Eksakte linjer og flater karakteriserer Technical Center i Detroit. Arkitekt Eero Saarinen.*

Til h.: *Prefabrikerte betonglameller er nyttet i denne dristig konstruerte hangaren ved Roma. Arkitekt Luigi Nervi.*

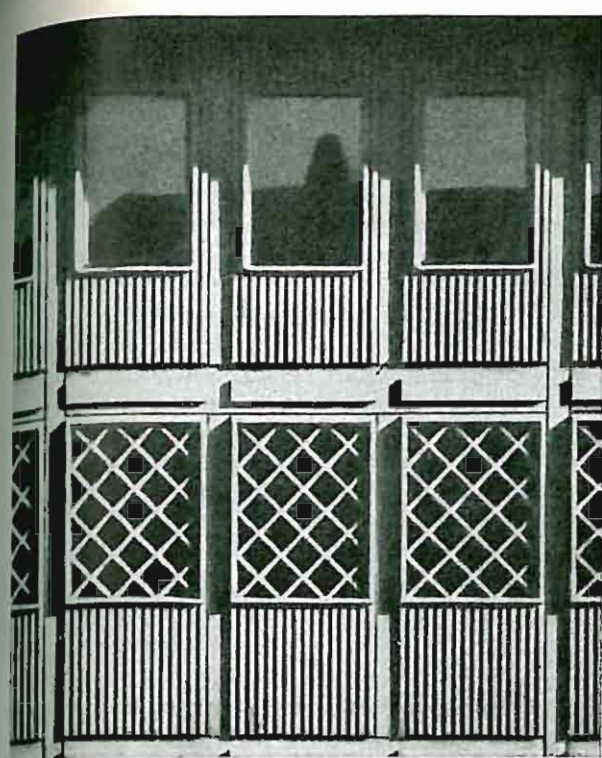


Den tekniske utvikling på alle hold gir oss en stadig strøm av nye materialer som har — eller kan gis — de fysiske egenskaper som kreves for de forskjellige funksjoner som skal tilfredsstilles. Man er i dag langt nærmere en *riktig materialanvendelse* enn noen gang tidligere.

På den ene side gir analysen av hva materialet blir utsatt for — og derfor hva det bør kreves av dets forskjellige fysiske egenskaper — en sunn problemstilling.

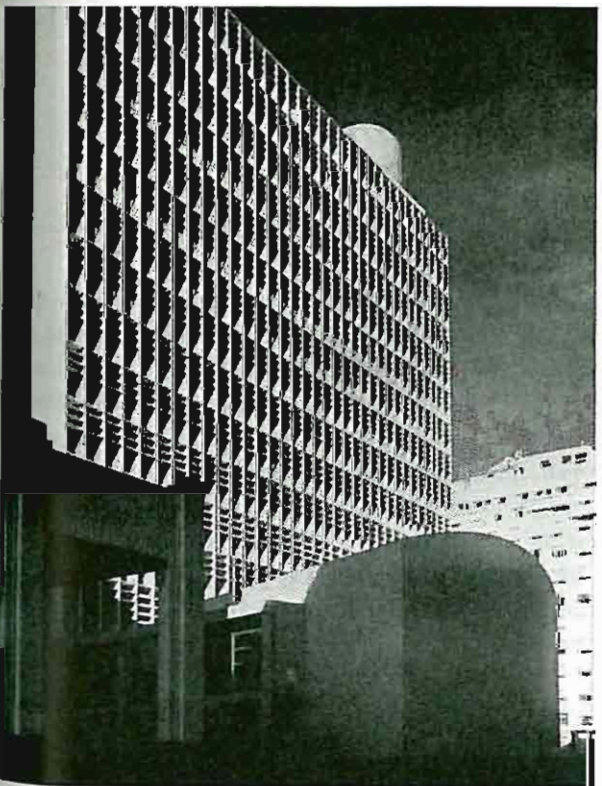
På den annen side gir den stadig stigende kjennskap til materialenes egenskaper og de utviklede tekniske mu-





Prefabrikerte betongelementer med sterke relieffer. Fasade i kontor og lagerbygning.

Departementsbygning i Rio de Janeiro. Fast og sin konstruksjon, effektiv og funksjonell. Fasaden kunne en gjerne kalle «raster»-fasade, men den er avklaret og har sterke relieffer. Tegnet av flere arkitekter med Le Corbusier som konsulent.



ligheter til å forbedre disse, sjanse til å løse nesten ethvert problem.

Vårt bevisste materialvalg skjer med grunnlag i materialets fysiske egenskaper med henblikk på driftsøkonomi og på produksjonsteknikk. Særlig det siste er mer og mer brakt i forgrunnen. Hensyn til andre faktorer, særlig anskaffelses-økonomi, menneskelige hensyn, estetiske verdier, osv. spiller naturlig som alltid sin rolle.

Vi ser nye materialer som med ett slag virker tilbake på byggemåte, konstruksjon og alle de andre faser av byggeteknikken. Bare for å ta ett eksempel: Tenk hvilke omveltninger i byggemåter og hvilke driftsøkonomiske verdier de høyverdige varmeisolasjoner har gitt oss! En kunne nevne eksemplet i massevis på materialer i metaller, plast, glass og kombinerte materialer som daglig influerer på byggeteknikken. I sannhet en rik utvikling som tross alt er naturlig sett i sammenheng med den generelle tekniske utvikling for øvrig.

Den fase av byggeteknikken som i økonomisk henseende er den mest utslagsgivende, er produksjonen. Det er de økonomiske faktorer som bestemmer retningen og styrken av de tekniske bestrebelser som skal settes i verk. De virker helt tilbake til plan, til konstruksjon og byggemåte, til materialvalg, og til syvende og sist til formgivning og detaljering.

Hovedfaktorene i produksjonsfasen er: arbeidskraftens tilgang og pris. Materialpris og pengenes pris spiller som alltid sin rolle. Arbeidskraftens pris bestemmer hvor meget det lønner seg å ofre på rasjonaliseringen i dens forskjellige former, og herunder hvor meget bør ofres på prefabrikasjon. I vår tid med stadig høyere levestandard vil arbeidskraften bli relativt dyr. Arbeidet med å finne fram til rasjonelle og arbeidssparende produksjonsmetoder blir derfor en av byggeteknikkens hovedtendenser.

Når jeg så at de økonomiske faktorer virker sterkt tilbake på de andre hovedfaser i byggeprosessen som plan, konstruksjon, osv., ligger her drivfjæren til den dyprgående analyse som er framherskende i vår tid, denne søken ned til plan og konstruksjonsenheten, til modulen. Dette må jo til som der nødvendige tekniske forarbeid for prefabrikasjon. Men det virker også utslagsgivende for selve formgivningen i arkitekturen. Ifølge professor Ole Gripenberg har arbeidskraftens pris vært sterkt medvirkende til å bestemme byggeteknikkens uttrykksformer. I tider med billig arbeidskraft har de overlessete, rikt ornamentale formgivinger vært framherskende. I tider hvor arbeidskraften har vært kostbar, har de enkle flater vært dominerende.

Når vi har nådd fram til den moderne byggeteknikk, vil ikke denne lovmessighet helt ut følges lenger. Prefabrikasjon f. eks. i betong kan gis kraftige relieffer og ornamenten uten vesentlig merkostnad. Det er bare en liten endring i formene som skal til.

Arkitekt Eero Saarinen holdt i fjor foredrag i O.A.F. Han inndelte uttrykksformene for den moderne byggeteknikk i 3 hovedgrupper:

1. De ferdigstøpte betong-elementer. (Relieff-ornamenter.)
2. Stålets og glassets form. (Der eksakte lineære preg.)
3. De ferskalete flaters formspråk. (Sfæriske og individuelle former.)

Disse tre hovedformer vil være karakteristiske, og jeg synes Saarinens klassifisering er riktig.

Ett er sikkert: arkitektene og ingeniørene står overfor et utvalg i konstruksjoner, byggemåter og materialer som

aldri før! Det kreves en systematisk analyse som virker dissekerende for å trer å sammenfatte, hvis man skal nå fram til det rasjonelle i plan, konstruksjon, byggemåte, og til riktig bruk av materialer. Utviklingen fortsetter, og kravene skjerpes.

Å lage god arkitektur kan defineres med *å gi det funksjonelle en rasjonell og vakker form*. Jeg er oppmerksom på at dette er en svært virkelighetsnær definisjon, hvis man tar den for bokstavelig. La oss høre hva Frank Lloyd Wright sier om dette:

«Ar form skal følge funksjon er et motto som kan gjøre megen ugagn. Skjelletter er ikke menneskets endelige form, — og å skrangle med knoklene er ikke å lage god arkitektur.

Poesi i form er like nødvendig for god arkitektur som løvverk for treet, blomster for planten, og kjøtt for det menneskelige legeme.»

Ja, dette er noe å tenke på!

For å komme tilbake til vår lille verden her er jeg enig med professor Odd Brochmann når han ivrer for en videre-utdannelse av arkitektene, og begrunner dette med at de må gis forutsetninger til å fylle de sterke krav som tidens utvikling stiller i dag. Arkitektene og ingeniørene må ikke srå likegyldige overfor den tekniske utvikling, men delta aktivt i den til enhver tid. De må gjøre seg helt fortrolig med den, for å kunne beherske de muligheter som tiden gir og dermed yre der som kreves av dem.

Rasjonaliseringen krever at stadig mer arbeid skyves over på de tekniske fagfolk. Det er en ganske stor påkjenning som gir seg rilkjenne i vårt daglige arbeid.

Kommer man inn på den økonomiske side av saken, må man vel si at hverken arkitekt- eller konsulenthonorarer er basert på der stadig mer omfattende tekniske forarbeid som kreves i den moderne byggeteknikk. Dette gjelder plan- og konstruksjonsfasen.

Når det så kommer til rasjonaliseringen av produksjonsfasen, så krever denne ikke alene en tidtakkende kostbar detaljplanlegging, men den krever en langt større investering i maskiner og transportapparater enn de nåværende økonomiske vilkår for byggevirksomheten tillater. Jeg vil derfor sitere dr. Poul Becher som i en diskusjon med forskningsinstituttets styre i fjor i København sa: «På grunn av byggevirksomhetens struktur og den lille økonomiske margin der arbeides med, er det neppe mulig at byggevirksomheten selv har resurser til å finansiere en gjennomgripende rasjonalisering.»

Der er ikke som i andre industrier hvor det står større kapitaler til rådighet. Har derfor myndighetene et åpent øye for de store økonomiske vinninger det ligger i en hurtig rasjonalisering av byggeteknikken, gir de byggevirksomheten rommeligere økonomiske vilkår.

Oppgavene må få større målestokk, og kontinuitet i byggingen sikres, slik at det blir mulig å ofre vesentlig mer på rasjonalisering og slik at en avskrivning av maskineri kan skje på lengre sikt.

Mønstrer av den moderne byggeteknikk og dens faser kunne utbroderes videre; men jeg skal bare nevne et par ting som avslutning på denne generelle del.

De framherskende tendenser som den stadig dyperegående analyse forårsaker i de forskjellige faser av byggeteknikken, gir en frodig grobunn for *standardiseringsarbeidet*. I standardiseringsorganisasjonene har den moderne byggeteknikk sin utrettelige medarbeider og sin beste støtte. Dagens brennaktuelle standardiseringsspørsmål — *modulen* — skal lerte gjennomføringen av de forskjellige rasjonaliseringstiltak hvor de enn framkommer innen plan, konstruksjon, byggemåte, material- eller produksjonsfasen.

Til slutt vil jeg nevne *den organiserte byggforskning* som skal hjelpe fagmennene til å fylle de krav som til enhver tid stilles til dem.

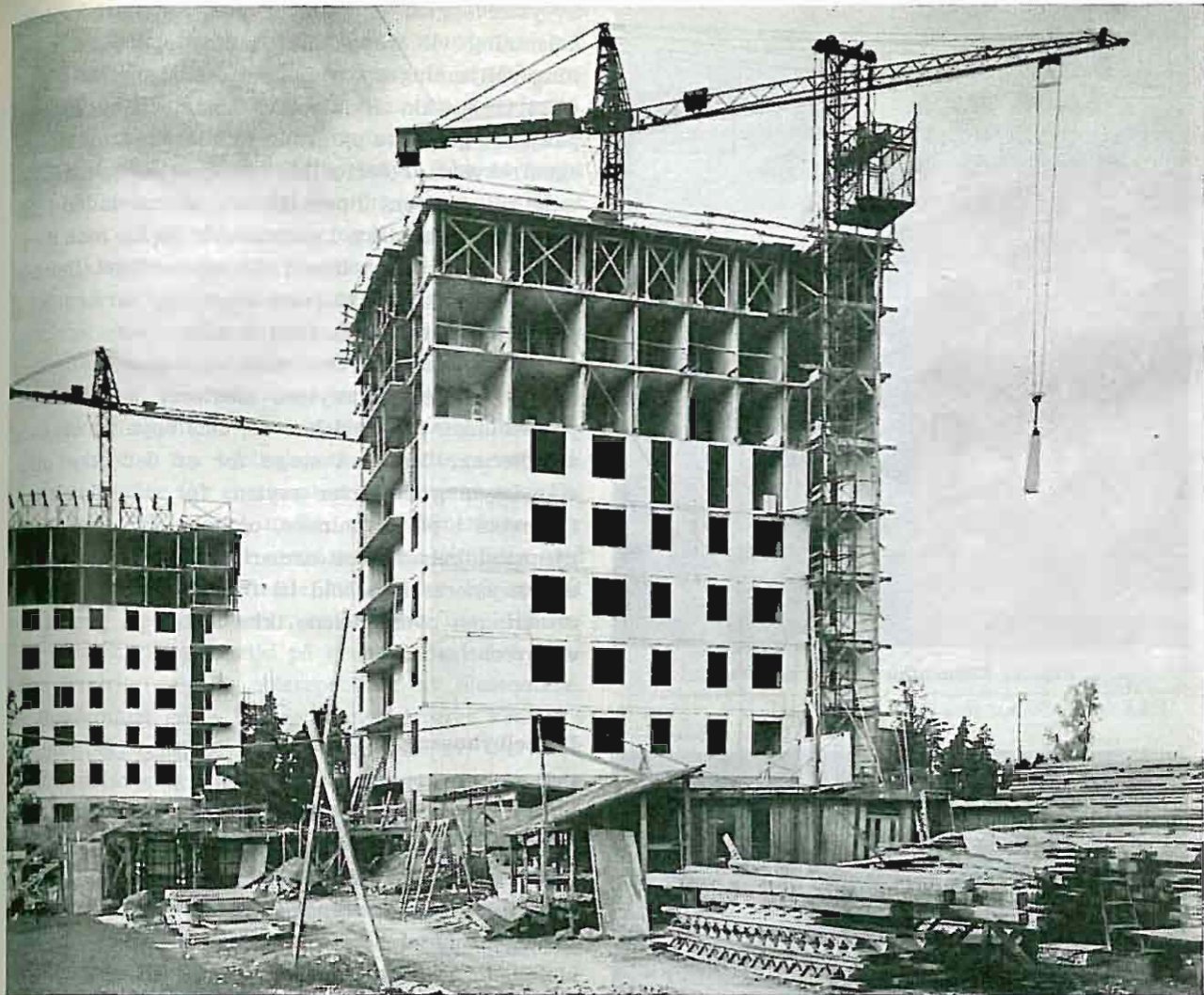


Fig. 1: Elementhus i Hässelby.

Konstruktive problemer i montasjebyggingen

Av tekn.dr. A. I. Johnson

Ser man på byggeriet i Sverige, så har det de siste årene foregått en ganske kraftig omstillingsprosess fra murte hus av teglstein og lettbetong til *betonghus*. Betrakter man videre bare betonghusene, så har utviklingen gått fra hus med utvendig bærende vegger til hus med innvendig bærende vegger med lette, godt isolerte yttervegger. Av hus med innvendig bærende vegger er det to hovedtyper: a) de hvor praktisk talt alle innvendige vegger utnyttes som bærende, og b) de hvor man anvender bærende søyler.

Elementhuset i Sparreholm

Vi skal først se på et eksempel med bærende søyler. Vi velger elementhuset i Sparreholm. Alle søyler

er her prefabrikerte, mens trappehuset er støpt på stedet. Bjelkelaget er støpt på stedet, 17 cm tykt, utformet som et platedekke uten vouter ved søylene. Søylene er T- og L-formede med 7 cm tykke flenser; dette er bestemt av bredden på innerveggene.

Søylene små dimensjoner har gjort det nødvendig med *belastnings- og brannforsøk*. Maksimal midlere trykkpåkjenning er 170 kg/cm², og betongkvaliteten er K. 400. Brannforsøkene viste at søylene har en brannsikkerhet på over en time, som er kravet til de bærende konstruksjoner i 3—4 etasjers hus. Det farligste tilfelle opptrer når bare én flens oppvarmes. Man kan da få meget store skjærpåkjenninger som fører til brudd. Høyden

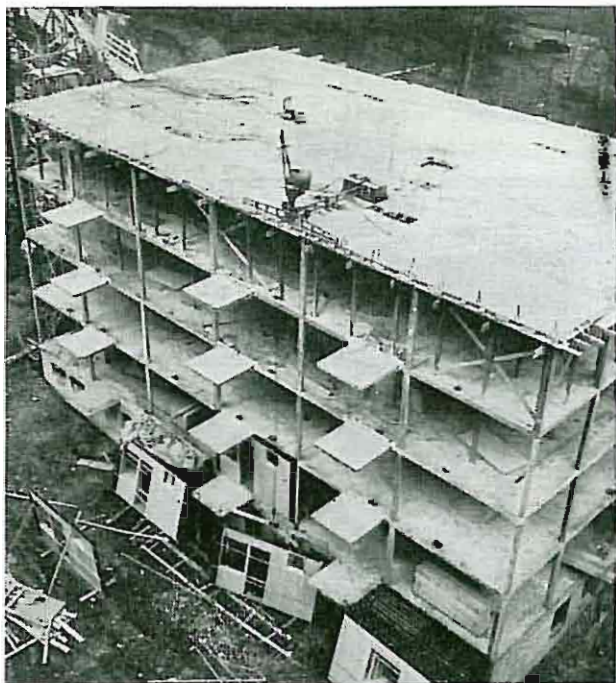


Fig. 2: Elementhus i Sparreholm.

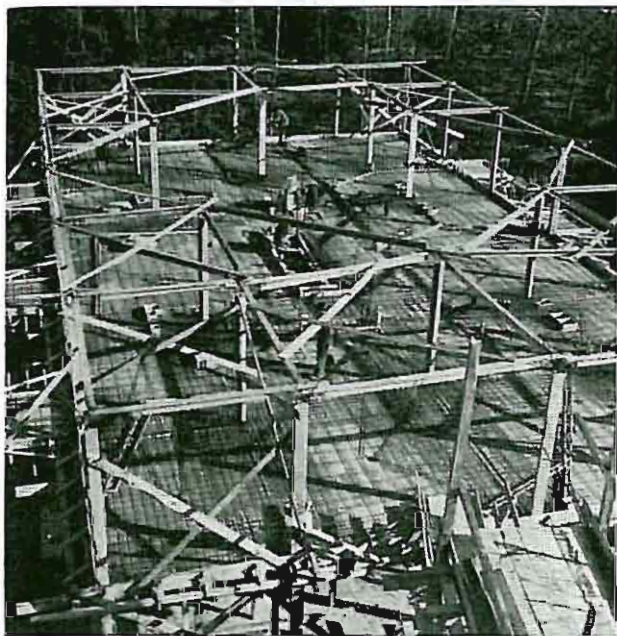


Fig. 3: Søylene montert og avstaget.

på flensen bør derfor ikke være større enn 1,2 ganger bredden.

Et annet problem ved et slikt hus er *vindstabiliteten*. Når huset bygges, har man bare trappehuset til å ta opp vindkreftene. Når ytter- og innervegger er montert, vil disse gi en avstivende virkning, og huset kan da sidestilles med et vanlig hus når det gjelder vindstabilitet. Det er derfor forholdene under byggetiden som har størst interesse. Det ugunstigste tilfellet inntreffer når bare endel

av ytterveggene er montert, men for statisk vindbelastning vil trappehuset kunne oppta de vridningspåkjenninger som inntreffer ved ugunstig fordelte vindtrykk. Hvis vinden kommer i byger, kan påkjenningene øke på grunn av resonans, og husets egenfrekvens er derfor blitt beregnet. Egensvingetallet blir omtrent 5 perioder/sek., mens vinden ikke når høyere enn maks. 1 periode/sek. Hadde man derimot ikke hatt trappehuset, ville egensvingetallet for huset ha blitt ca 1/10 periode/sek., og dermed ville det ha vært stor risiko for resonans.

Et annet problem er *dimensjoneringen av bjelkelaget*. De spesielle søylene medfører konsentrerte påkjenninger ved søylehodene, dels bøyning og dels avskjæring. Man må sørge for at det ikke oppstår bøyningssriss over søylen, for da vil skjærfastheten i platen minske, og man får risiko for gjennomlokning. Støttearmeringen bør derfor overdimensjoneres i forhold til feltarmeringen, slik at armeringen over søylene ikke flyter på grunn av en overbelastning.

Hässelbyhusene

Den andre typen vi skal se litt på er Hässelbyhusene, som er oppført av firmaet Ohlsson & Skarne. Samtlige vertikale deler består av prefabrikerte elementer, men bjelkelagene er støpt på stedet. Innerveggene er bærende og består av 1 m brede betongelementer, som støpes etter den såkalte pakemetoden. Ytterveggene er stående siporexplanker, veggtykkelse 25 cm.

De innvendig bærende vegger er 12 og 14 cm tykke; de siste brukes til leilighetskillende vegger. Som sideformer anvendes U-bjelker av stål med den tykkelse veggen skal ha. Mellom hver U-bjelke klemmes siden inn en kryssfinerskive som forskaling mellom veggene. På denne måten støpes 18 vegger samtidig, og siden rives forskalingen fra den ene enden ved at man bøyer ut U-bjellkene som er leddet nede, og heiser opp elementene med kranen. Når elementene monteres, må de støttes opp, og dette oppnår man ved å montere forskalingen for bjelkelaget over først og utnytte denne som støtte ved monteringen.

Også når det gjelder disse hus, som er på 11 etasjer, har man visse problemer når det gjelder vindstabiliteten. Da alle vertikale elementer monteres, får man ingen kontinuitetsarmering, og kan derfor ikke overføre strekkpåkjenninger gjennom veggene. Veggelementene har en innsnevring ved foten; dette er gjort for å minske virkningen av en eventuell eksentrisitet. Når det gjelder skjøtene mellom elementene, kan man ikke regne med at disse kan ta strekkpåkjenninger. Den bøyningspåkjenning man

får av vindtrykk, må i kanten av bygningen ikke overskride den trykkspenningen som konstruksjonen der har. Det viser seg at man kan få strekkspenninger på 17 kg/cm^2 ved kanten av bygningen, mens vertikalspenningen er omtrent 19 kg/cm^2 — altså en liten margin. Dette betyr ikke at huset ville falle ned om vindpåkjenningen økte, men at man fikk en sprekkdannelse og at lasten ble overført til andre deler av konstruksjonen.

For å redusere påkjenningene fra vinden, har det vært nødvendig å passe på at elementene kan virke sammen over hele konstruksjonen. Elementene vil få et visst svinn, og dermed oppstår sprekkdannelse i skjøtene. En virkning i motsatt retning får man dog fra bjelkelaget, som støpes etterpå, og som derfor får et noe større svinn enn veggelementene. Bjelkelaget under, som elementene står på, kan man regne er støpt omtrent samtidig med disse, og det gjenstående svinnet av bjelkelaget under og elementet over, er omtrent likt. Bjelkelaget over vil imidlertid på grunn av svinnvirkningen bevirke en viss etterspenning av elementene.

Spørsmålet er nå om det kan overføres krefter i elementskjøtene, og hvor store disse er. Selv om det oppstår små svinnsprekker i skjøtene, kan man regne med at skjærkrefter kan overføres gjennom friksjon og trykk, fordi sprekken får en sagtakket form. Vanskeligheten er å bedømme virkningen av sprekken og hvor store krefter som kan overføres. I ugunstige tilfelle kan sprekken bli så store at krefter ikke kan overføres.

Ved disse husene måtte man etter en diskusjon med myndighetene gå med på å anta at ingen krefter kunne overføres i skjøtene. Dette betyr at man får skjærspenninger i bjelkelaget ved overføring av vindkraftene. Systemet fungerer som en fordyblet trebjelke som er stilt vertikalt, der trebjelkene er 1 meter brede og bjelkelaget fungerer som dybler. Største påkjenninger får man ved døråpningene, hvor man må legge en meget kraftig armering i bjelkelaget for å overføre skjærkreftene på grunn av vinden.

Videre har man naturligvis de vertikale påkjenningene på veggene som er relativt store i høybus. Hässelbyhusene hadde som nevnt 11 etasjer, og vi prosjekterer nå hus med 16 etasjer hvor det gjelder å utnytte betongen så mye som mulig. Da kan man spørre om ikke gjeldende forskrifter for betongvegger er vel konservative, f.eks. når det gjelder tillatte tykkelser på veggene. Leilighetsskilende vegger må være 14 cm tykke, mens andre romskillende vegger kan være tynnere om dette er konstruktivt mulig. På elementbygg vil man ofte ha tynne vegger, fordi veggene da blir lettere og en kan løfte større elementer.

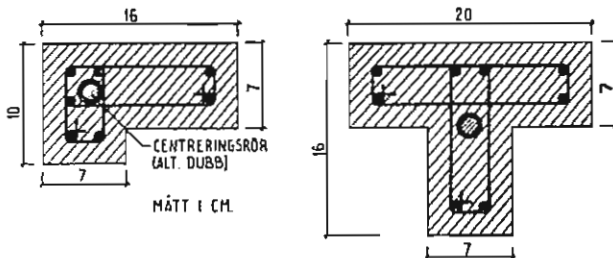


Fig. 4: Søyletverrsnitt for Sparreholmhus.

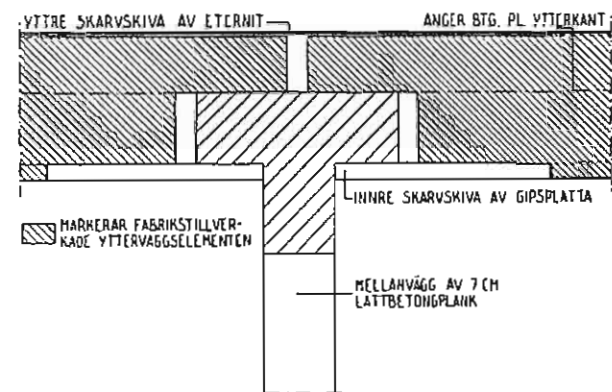
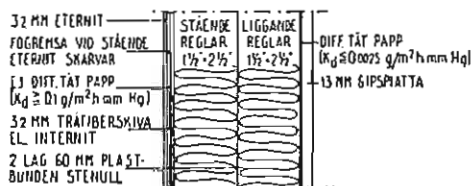


Fig. 5: Snitt gjennom yttervegg og eks. på vertikal fuge.

Vi har gjort forsøk med vegger på 10, 8 og 6 cm med forskjellige opplagerbetingelser, og med både sentrisk belastning og eksentrisk tilsv. kjernegrensen. Vi har også undersøkt virkningen av slisser, 3 cm dype og 3,5 cm brede, 25 cm fra toppen. Resultatene viser at selv med små slankhetstall kommer man aldri over ca 0,6 av terningfastheten. Dette kommer av at sjansen for svake seksjoner er betydelig større i en 2,5 m høy vegg enn i et vanlig prøvestykke. Støpemetoden har også betydning. Støper man vertikalt, får man sterkere betong nede i veggen og svakere oppe. Av resultatene ses videre at det er et markert skille mellom de bruddverdier som man beregner ut fra betongforskriftene, og de som ble funnet ved forsøkene. Forskriftene tillater ikke høyere slankhetstall enn 25. I realiteten kan man tillate ganske store laster på 6 cm vegger.

Eksentrisiteten har ikke så stor betydning som man vanligvis tror. Det ugunstigste tilfellet får man med samme eksentrisitet i begge ender, men dette forekommer normalt ikke i en slik bygning. Slissen i veggen viste seg å sette ned bæreevnen med ca. 10 % for 8 og 10 cm vegger, som var innspent i toppen.



Fig. 6: Montering av betongelement.

Større krav til tegningene ved elementbygg

Når det gjelder tegningene, stilles det større krav ved elementbygg enn ved vanlige bygg. Ved Hässelbyhusene var det én arbeidsgruppe som støpte veggelementene, og i disse inngikk både elektriske ledninger og avløpsrør. Alt dette må inn på en tegning slik at arbeiderne ikke behøver å se på flere tegninger når de skal legge inn disse sakene. I visse tilfelle må også tegningene inneholde opplysninger om monteringsrekkefølgen. Hver elementtype eller variant tegnes på en særskilt A-4 tegning med opplysninger om armering, elektriske installasjoner osv.

Rør for elektriske ledninger monteres aldri inn, man bare setter inn koblingsboksene. Så legger man inn et slett armeringsstål, og en stund etter at elementet er støpt, vrir man på stålet og drar det ut, og så kan man trekke ledningene direkte i hullet uten noe innlagt rør.

Overflatebehandling

Til overflatebehandling brukes mest sprøytemaling. Flatene blir som regel så glatte at man kan innskrenke seg til skjotesparkling over fugene, i visse tilfelle bredsparkling. Deretter sprøytes fargen på; det brukes gjerne en slags plastfarge. Det har vært endel vanskeligheter med sprekkdan-

nelser i malingen på grunn av elementenes svinn, men ikke over alt. De har spesielt opptrått ved de husene hvor elementene er blitt montert 2—3 dager etter støpingen. Man bør derfor ordne seg slik at elementene kan få ligge en stund etter at de er støpt. Dette er også av betydning ved monteringsarbeidet, idet man ikke blir så bundet i arbeidsgangen når elementene mellomlagres.

Når det gjelder sprekkene, kan man også klare disse på mange måter, f.eks. som *Svenska Bostäder i Stockholm*. Veggelementene, som her er 1,2 m brede, fases i kantene, slik at skjotene blir synlige. Dette går meget bra så lenge man bare maler veggene, men skal det tapetseres, får en store vanskeligheter, og en kan bli nødt til å sparkle igjen skjotene. Sprøytemaling brukes også i badetrom, hvor man har meget gode erfaringer. Overflaten blir jevn, meget hard og vannfast.

Yttervegger

Ytterveggene i Hässelby er av lettbetongstaver, 50 cm brede, 25 cm tykke og etasjehøye. Staven settes i sementmørtel og er forankret ved hjelp av skjotjern mellom stavene og jern som stikker ut fra dekket. Disse støpes inn. Fasaden blir faset slik at den får markerte fuger. På innersiden er stavene slette og sparkles og males eller tapetseres. På utsiden legges det på en silikatfarge i to lag. Første laget børstes eller strykes på mens det andre laget sprøytes med pistol.

En slik yttervegg har en k-verdi på 0,5, men på et nytt prosjekt av liknende type brukes i ytterveggene lettbetongplanker bestående av 7,5 cm siporex på hver side og 7,5 cm skumplast, altså en såkalt sandwich-vegg, som da blir 22,5 cm tykk med en k-verdi på 0,30. Disse elementer leveres ferdige fra fabrikken.

Fra et teknisk synspunkt byr en slik vegg naturligvis på flere problemer. Den kalde ytterflaten øker risikoen for kondens. Videre kan ytterskallet bevege seg om sommeren, mens innerskallet ligger stille. Denne veggtype er imidlertid et forsøk fra lettbetongindustrien på å konkurrere med de høyt isolerte veggtyper av bindingsverk med mineralullisolasjon. Varmeisoleringen får stadig større betydning for driftsøkonomien i våre boliger, og en brenselutredning som den svenske stat gjorde for en tid siden, antyder at prisene på brensel vil komme til å øke ytterligere.

I denne variant av husene som oppføres av firmaet Ohlsson & Skarne i Rågsved, blir selve trappehuset støpt ved glideforskaling etter at kjelleren er ferdig. På toppen av trappehuset monteres en kran som kan foreta alle transporter på bygget, og i trappehuset er også trappene og heisen montert.

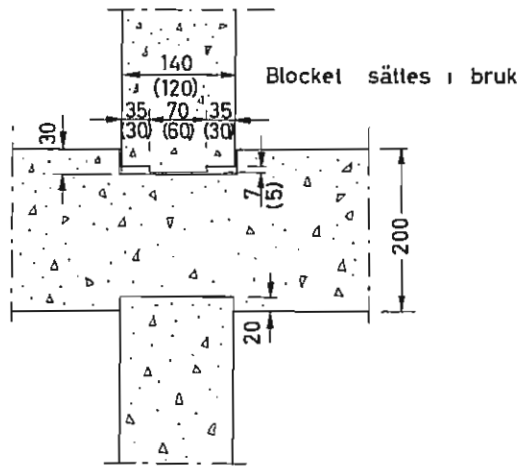
På elementhuset i Sparreholm var ytterveggen en trevegg. Den bærende delen utgjøres av to lag $1\frac{1}{2}'' \times 2\frac{1}{2}''$, horisontal på innsiden og vertikal på utsiden. Veggen ble prefabrikkert i etasjehøye elementer med normalbredde på 4,10 m, og ble levert ferdig med innsatte vinduskarmer. Før øvrig består veggen utvendig av eternitkledning, deretter papp og eternit, to lag 60 mm mineralullskiver, innvendig diffusjonstett papp og gipsplater.

Dobbeltkonstruksjonen har visse fordeler når det gjelder brannsikkerhet. Veggen går opp under bjelkelaget og forbi dette med halve tykkelsen. Ved andre veggtyper passerer treveggen ubrutt forbi bjelkelaget, og så har man typer hvor betongbjelkelaget går helt ut til ytterfasaden. Sammenliknende brannforsøk har vist at flammene har vanskeligere for å spre seg ut fra etasje til etasje ved Sparreholmveggen.

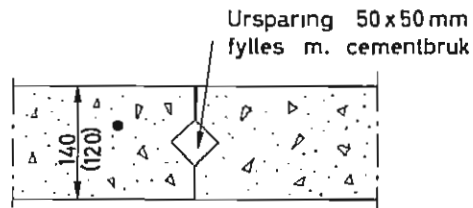
Monteringen av veggene forgikk med en lett bjelkelagskran, og man monterte rad for rad ved å flytte kranen på øverste bjelkelaget smilgn. fig. 2. Bruker man slike lette yttervegger, må man ved kalkulasjonen huske på å ta med *den sekundære virkning* veggene har på de bærende deler av huset. Tas bæringen bort fra ytterveggene, får man større laster på innervegger, resp. bjelkelag, og altså øking i bjelkelagsarmeringen. Dette blir en merkostnad på ytterveggen som man ellers ofte har lett for å glemme. På den andre siden kan den lettere vekten bety enklere fundamentering og besparelser der, spesielt om grunnforholdene er vanskelige.

Tidligere brukte vi i betonghus ca. 30 cm tykke bjelkelag bestående av en betongplate 16—20 cm tykk, og over denne et flytende golv. Tendensen har gått i retning av å minske bjelkelaget til ca. 20 cm total tykkelse, av homogen betong. Først en bærende betongplate av 16 cm betong og så 4 cm overbetong som stålglattes. På dette legges linoleum.

Man får da problemet med *steglydisoleringen*, som det har vært relativt høye krav til i Sverige. Det viser seg at denne kan bli meget god dersom man legger en myk korkmatte e.l. under linoleumen. I elementhus er golvbeleggingen ofte et problem, idet man både ved in-situ-støpte bjelkelag og monteringsferdige bjelkelag forlanger samme tykkelse over alt. I Sverige har man tidligere delvis brukt parkett i bolighus, men dette blir vanskelig fordi man vil ha samme tykkelse og samme golvbelegg over alt. Man har også begynt å støpe hele bjelkelaget i ett uten avretting, og gjør overflaten ferdig til belegging med en gang. En vanskelighet med dette er jo røroppleggene, og derfor har man begynt å legge disse synlige slik som i Danmark.



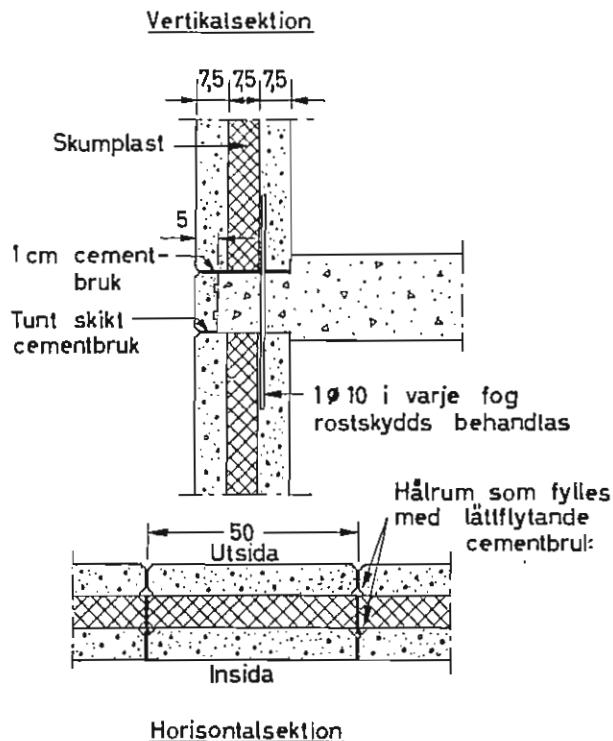
Anslutning betongblock - bjälklag



Vertikalfog mellan betongblock

Mått inom parentes avser 12cm block

Fig. 7: Vertikal- og horisontalsnitt av monterte betongelementer.



Horisontalseksjon

Fig. 8: Montering av velisolerte ytterveggselementer av lettbetong og skumplast. Sporene i kantlisten av lettbetong sikrer betryggende faststøping.

Når det gjelder *innredninger*, leveres disse nå flere steder ferdig behandlet og malt, med godt resultat. Dette har ført til at malere ikke har fått noe å gjøre på bygget, fordi betongarbeiderne selv maler betongelementene.

Oppvarming og ventilasjon

Oppvarming og ventilasjon er også et område hvor vi har arbeidd med forbedringer. Tidligere har vi nesten bare brukt radiatorer med torørsystem fra en setralkjele. HSB har gjort noen økonomiske utredninger, dels på det tradisjonelle system og dels som en sammenlikning med et sekundært oppvarmingsapparat i hver leilighet, som forsynes med varmt vann fra en sentral. Fra dette apparat går et enrørsystem innen hver leilighet og tilbake til apparatet. Endelig har man drevet sammenliknende undersøkelser med varmluftoppvarming.

Forskjellige forbedringer og besparelser på det tradisjonelle systemet, som bl.a. er basert på en k-verdi på 0,65, viser at man ved å bruke høyisolerte yttervegger, treglassvinduer, sløyfe radiatorene i entreene og regne systemet for -15° istedenfor -20° utetemperatur, får en besparelse i byggekostnadene på 16 kr/m^2 og en minsking i årskostnadene på $2,50 \text{ kr/m}^2$.

Det er således ikke ubetydelige kostnadsbesparelser som kan gjøres på dette området ved helt enkelt å forsøke å gjennomarbeide problemet. Man er dessverre meget konservative når det gjelder oppvarmingsberegninger i Sverige.

Måling av varmeforbruk

Måling av varmeforbruk er også blitt undersøkt, og både i Sverige og Danmark har man funnet at slik måling knapt lønner seg. Det man sparer i forbruk, går for en stor del ut til å måle besparelsen. Når det gjelder varmtvann til annet bruk, viser det seg at forbruket minskes kraftig de første årene ved innføring av målere; første året med hele 40 %. Etter noen år har det dog vist seg en tendens til at besparelsen blir mindre. Kosnaden til målingen er relativt liten i forhold til besparelsen, og en innføring av målere kan i visse tilfeller være motiverert. Skal man innføre måling, bør det derfor bare være på varmtvannet. Ved måling av varmeforbruket er det også vanskelig å innføre en helt rettferdig fordeling av kostnadene, fordi forbruket varierer med leilighetenes beliggenhet i bygget.

Ventilasjon

Ventilasjonen er også blitt undersøkt i forbindelse med H. S. B.'s utredninger Vi bar i Sverige to ventilasjonssystemer: a) mekanisk ventilasjon

og b) oppdriftsventilasjon. Ved mekanisk ventilasjon foreskrives en luftomsetning på 1,35 pr. time, mens man ved oppdriftsventilasjon foreskriver dimensjonene på kanalene. Gjør man målinger i hus med oppdriftsventilasjon, viser det seg at omsetningen er ca. 0,5 pr. time, altså betydelig lavere enn ved mekanisk ventilasjon.

Ser vi på kostnadene og går ut fra et krav på 0,7 omsetninger pr. time, tjener vi $0,85 \text{ kr/m}^2$ i anleggskostnad og $0,30 \text{ kr/m}^2$ i årskostnad, dersom vi går ned til 0,5 omsetninger pr. time. Økes omsetningen til 1 pr. time, går anleggskostnaden opp med $1,15 \text{ kr/m}^2$; og går man så over til mekanisk ventilasjon, øker anleggskostnadene med $2,20 \text{ kr/m}^2$ og årskostnadene med $1,35 \text{ kr/m}^2$. Dette gjelder for 4-etasjers hus, hvor valget mellom de to ventilasjonsmåter er mest aktuelt. I høyhus må man av forskjellige grunner ha mekanisk ventilasjon.

Kalkylene viser at når det gjelder 3- og 4-etasjers hus, lønner det seg å bruke oppdriftsventilasjon, særlig fordi man da har mindre luftomsetning. Så kan man spørre hvorfor det kreves større omsetning ved mekanisk ventilasjon, og hvor stor omsetning som trengs ut fra fysiologiske og medisinske krav. Undersøkelser utført ved KTH i Stockholm av docent Ronge i Uppsala viser at omsetningen i de fleste hus i Sverige er 0,5, og folk blir ikke syke eller føler seg dårlige av den grunn. Vi arbeider derfor med å få myndighetene til å godkjenne en luftomsetning ved mekanisk ventilasjon på ca. 0,7. Derved vil den mekaniske ventilasjon bli langt mer konkurransedyktig overfor oppdriftsventilasjonen. Den mekaniske ventilasjonen er best også når det gjelder reguleringsmuligheter. Er det svært kaldt ute, kan man minske ventilasjonen og dermed klare oppvarmingen i et knipe-tak. Med oppdriftsventilasjonen øker ventilasjonen med minskede utetemperaturer, hvis man ikke har muligheter for å stenge av.

Fra sammenlikningen med *varmluftoppvarming* har vi brukt et tradisjonelt system med mekanisk ventilasjon og den luftomsetning som forskriftene krever. Med innblåsing ved innervegg, varmeveksler og luftomsetning på 1,55 tjener man $3,00 \text{ kr/m}^2$ i anleggskostnad og $0,35 \text{ kr/m}^2$ i årskostnad. Brukes innblåsing ved yttervegg, som er et noe bedre system, blir tilsvarende tall $1,75 \text{ kr/m}^2$ i anleggskostnad og $0,25 \text{ kr/m}^2$ i årskostnad.

Tallene viser en viss besparelse, selv om den er liten i forhold til det valgte tradisjonelle system; men sammelikner vi med et tradisjonelt system med oppdriftsventilasjon, blir det ingen forskjell. Kravet til luftomsetningen ved varmluftoppvarming kan nemlig ikke minskes, fordi luften både skal tilføre varme og gi en viss luftomsetning.

Resultatene av kalkylene viser at det tradisjonelle systemet for øyeblikket er meget konkurransedyktig. Varmluftsystemet kan for tiden ikke konkurrere i 3—4 etasjers hus, men derimot i høyhus.

Det første spørsmål til foredragsholderen gjaldt slankheter i vegger og søyler.

Foredragsholderen: Det kreves i Sverige en minste tykkelse på 12 cm med adgang til dispensasjon ned til 10 cm. Et slikt krav er etter min mening alt for kategorisk. I elementbyggeriet kan man nå bygge 6 cm vegger med god presisjon, og man bør få utnytte disse som bærende i visse tilfelle.

Når det gjelder søyler, har vi omtrent samme minstekrav som i Norge. For å få godkjent søylene i Sparreholms hus, har vi, som nevnt, utført både statiske forsøk og brannforsøk, og videre måtte vi lage prøver for å se om det var arbeidstekniske vansker ved produksjonen på fabrikkene. Vi kan altså gjøre slike konstruksjoner med stor fasthet og stor nøyaktighet. Så kommer spørsmålet om hva slags inngrep man siden skal forutsette at det

blir gjort i konstruksjonene. Det kan imidlertid være aktuelt å forandre på kravene, slik at mindre søyledimensjoner kan bli tillatt.

Siv.ing. Reymert: Det har vært skrevet i tidsskrifter om bruk av høyverdig stål med endeforankringer, hvor man har gått til en tillatt påkjenning på 4000 kg/cm². Kan foredragsholderen si noe om dette, særlig med hensyn til mulige sprekke-dannelser i konstruksjonen?

Foredragsholderen: Etter forslaget skal man ved statisk belastede prefabrikerte konstruksjoner tillate en spenning på 4000 kg/cm²; men med særskilte krav når det gjelder rissvidder. Rissvidden skal kontrolleres etter en formel utarbeidd av Cement- og Betonginstituttet og som Väg- och Vattenstyrelsen også har brukt i sine bestemmelser.

Summary:

Some Swedish projects for tall concrete buildings based on prefabrication are described. The problem of stability of the buildings against horizontal loads caused by wind pressure is especially underlined, and an assumption is made as to the load distribution between the walls, which consist of elements with joints of non-load-transmitting capacity, and the floors which are cast in situ.

Some Swedish investigations concerning heating and ventilation problems are briefly mentioned.

Lydisolationsproblemer i montasjebggeriet

Av civilingenjör Ove Brandt, Stockholm

Vid övergång till elementbyggda flerfamiljshus aktualiseras en del ljudisolationsfrågor. Först och sist gäller det här att klara ljudisoleringen med mycket lätta konstruktionselement och som bekant är ljudisoleringen primärt beroende av elementens vikt. Låg vikt medför i regel risk för låg isolering, om inga speciella motåtgärder vidtagas. För bjälklagen gäller vidare, att man önskar förenkla övergolven eller golvbeläggningen mest möjligt, vilket medför vissa problem med stegljudisoleringen. Ventilationsanordningen och de sanitära installationerna medför också vissa svårigheter ur ljudsynpunkt.

De synpunkter som i det följande framförs på dessa frågor har framkommit i samband med husbyggnadsteknikens utveckling i Sverige. Frågeställningen är emellertid stort sett samma som i Norge, eftersom byggnadsmetoder och prefabricerade konstruktionselement är ganska lika i de båda länderna.

Tyvärr är de mätmetoder som man använt i de båda länderna för karakterisering av ljudisoleringen än så länge icke helt lika, men ett nordiskt utskott hållar f. n. på att förbereda enhetliga metoder för hela Norden i god anslutning till internationella förslag. Det är därför nödvändigt att även beröra mätmetoderna och att omnämna de krav man ställer på ljudisoleringen i bostäder, vilket sker i efterföljande avsnitt.

Flertalet mätresultat som användas för illustration av frågeställningen härstammar från undersökningar vid Institutionen för byggnadsakustik vid Tekniska Högskolan, Stockholm.

Definitioner och ljudisolationskrav

Luftljud är som bekant ljud som fortplantas från källan via luftmediet. Exempel är tal, sång och radiomusik. Styrkan hos ett luftljud bestäms genom mätning av de förändringar som ljudvågen åstadkommer i luften. Det viktigaste styrkemåttet är *ljudtrycksnivån* L_p (vanligen avkortad till *trycknivån*), definierad genom:

$$L_p = 20 \log p/p_0 \quad \text{dB} \quad (1)$$

där p är effektivvärdet (i N/m^2) av ljudvåxelttrycket i luften och p_0 referensvärdet $2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$ för ljudtryck (tillnärmelsevis det minsta ljudtryck som av en person med god hörsel kan uppfattas som ljud, när detta senare speciellt är en ren ton med frekvens 1 000 Hz). Enheten för trycknivå är decibel, vanligen avkortad till dB.

Vid definition av trycknivån har man icke tagit hänsyn till att örat har olika känslighet för ljud av olika tonhöjd (frekvens). Ett mått i vilket man har försökt bygga in det mänskliga örats frekvensberoende har man i *ljudnivån*, som direkt kan avläsas på en ljudnivåmätare. En sådan är i princip en trycknivåmätare, bestående av en mikrofon, förstärkare och ett indikerande instrument, men där man i förstärkaren inbyggt olika filter svarande mot örats känslighetskurvor. Dessa filter betecknas som *vägningar* och användes enligt de normbeskrivningar för sådana instrument som bl. a. föreligger i USA och Tyskland. Enheten för ljudnivå är ävenledes dB, men man brukar bifoga en uppgift om vilken vägning som tillämpats vid mätningen — t. ex. dB(A), dB(B) eller dB(C), om mätningen utförts med de i USA normerade vägningarna A, B eller C för svaga, medelkraftiga resp. kraftiga ljud — A användes under 55 dB, B mellan 55 och 85 dB och C över 85 dB.

Man kan dock icke karakterisera ett ljuds styrka helt tillfredsställande enbart genom att ange dess trycknivå eller ljudnivå, utan man vill i regel också känna till dess innehåll av olika frekvenskomponenter. Genom att frekvensanalysera ett sammansatt ljud får man fram dess *frekvensfördelning* i ett *spektrogram*. Man anger här styrkan genom trycknivån inom varje uppmätt frekvensband. Inom byggnadsakustiken är bandbredden vanligen 1/3 eller 1 oktav (1 oktav omfattar bandet mellan frekvenser f [Hz] och $2f$ [Hz], 1/3 oktav omfattar området f till $2^{1/3}f$ [Hz]). Frekvensanalys är aktuell exempelvis vid mätningar av bjälklagens stegljudsisolering.

För att karakterisera transmissionsförhållandena i en byggnad har man en del mått att välja på. För

väggar, bjälklag, dörrar och fönster använder man t. ex. *reduktionstalet* eller *isoleringen R* för luftljud enligt:

$$R = L_S - L_M - 10 \log A/S \quad \text{dB} \quad (2)$$

där enligt fig. 1 L_S är trycknivån i rummet på elementets ena sida, där ljudet alstras av en högtalare. L_M är den ljudtrycksnivå som samma källa frambringar i rummet bakom elementet. I det senare rummet är absorptionen A m²-Sabins, bestämd genom en efterklangsmätning. S är elementets transmissionsyta i m².

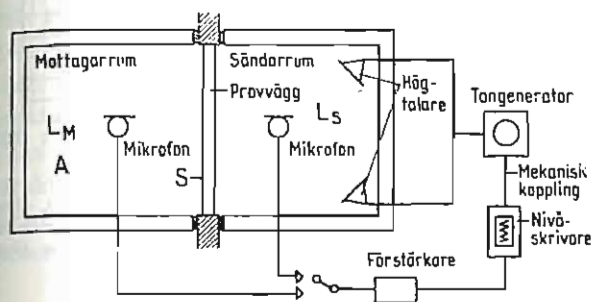


Fig. 1. Princip för isoleringsmätning genom bestämning av trycknivåerna L_S och L_M , absorptionen A och provväggens yta S .

Formeln (2) förutsätter, att allt ljud som fortplantas mellan mätrummen går genom undersökningselementet. Denna förutsättning är ofta icke fylld i ett färdigt bostadshus, där transmissionen kan ske via flankerande väggar eller bjälklag. I så fall använder man ett annat mått, som icke karakteriserar det enstaka byggnadselementet som det anförda måttet utan alla transmissionsvägarna mellan mätrummen: *Rumsisoleringen mot luftljud* D_{10} enligt:

$$D_{10} = L_S - L_M - 10 \log A/10 \quad \text{dB} \quad (3)$$

där L_S , L_M och A har samma betydelse som ovan och mätmetodiken överensstämmer med den i fig 1 beskrivna. Man ser, att isoleringsmättet D_{10} är den nivåskillnad $L_S - L_M$ som uppstår mellan rummen S och M , när absorptionen i M är 10 m²-Sabin. Detta referensvärde för absorption har valts på grund av att absorptionen i möblerade bostadsrum normalt är av denna storleksordning.

Såväl R som D_{10} är beroende av ljudets frekvens och man uppmäter därför en konstruktions isolering ved olika frekvenser inom området 100 till 3 200 Hz, som är det för tal viktigaste frekvensområdet. Resultaten anges vanligen grafiskt i form av en kurva samt genom ett eller flera medelvärden, t. ex. inom delintervallen 100—550 Hz, 550—3 200 Hz eller eventuellt hela området 100—3 200 Hz.

Principiellt kan man uppställa luftljudsisoleringskrav på reduktionstalet R (ekvation 2) eller på rumsisoleringen D_{10} (ekvation 3). I Norge har man hittills enligt gällande föreskrifter baserad isoleringskraven på R och man fordrar f.n. att R icke får underskrida 50 dB i medeltal för området 100—3 200 Hz i bostäder. Det innebär, att man kan låta en vägg- eller bjälklagskonstruktion prova i ett laboratorium och omedelbart genom mätresultatet få ett generellt godkännande av konstruktions-typen. Ett krav som formuleras på detta sätt medför enkla föreskrifter, som är lätta att administrera.

I Sverige har man — efter en tid att ha provat detta system — av skäl som icke här skall diskuteras valt att ställa isoleringskraven på rumsisoleringen D_{10} , i princip på förhållandena i det färdiga huset. Detta innebär bl. a., att man måste taga hänsyn till en del faktorer, som inverkar på ljudisoleringen mellan två angränsande rum: Förutom mellanväggskonstruktionens reduktionstal arbets-kvaliteten — slarvigt utförande kan ha stor inverkan på isoleringen, i synnerhet vid dubbelkonstruktioner —, väggstorleken — stor gemensam väggyta orsakar kraftig ljudtransmission och därmed lägre ljudisolering —, samt flanktransmissionen, som exempelvis kan försigga längs en lätt yttervägg och därmed minska isoleringen, även om mellanväggen iövrigt är bra. Man kräver i Sverige att D_{10} icke får understiga 48 dB. Et krav, som formuleras på detta sätt är naturligtvis icke så lätt att administrera som det norska och det fordrar också en viss skolning i ljudisoleringsteknikens grunder hos konstruktören eller arkitekten. Om man emellertid kan bortse från flanktransmission och från arbetskvalitetens fördärvande inverkan — vilket just vid elementbygge är möjligt jämfört med det traditionella bygget, där improvisationer kan förekomma på byggnadsplatsen — innebär kravet $D_{10} \geq 48$ dB (Sverige) att man måste använda sig av väggar eller bjälklag med $R \geq 50$ dB (Norge). I praktiken överensstämmer för elementbygge de norska och svenska kraven väl. I båda länder innebär isoleringskraven att mellanväggar av 1-stens tegel med puts på bägge sidor är godtagbara ur ljudisoleringssynpunkt.

Stegljud uppstår genom fotsteg på en byggnads-konstruktion, ett bjälklag eller en trappa. För att få fram ett objektvt värde för stegljudisoleringen använder man en speciell stegljudsmaskin som drives av en elektromotor. Stegljudsmaskinen har 4 eller 5 hamrar med en vikt av 500 g vardera, som genom ett fritt fall från höjden 4 cm tilldelar golvytan 10 slag per sekund. Hamrarna är på undersidan klädda med antingen mässing eller gummi

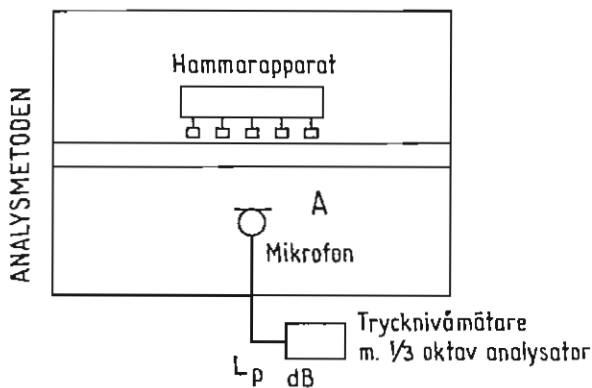


Fig. 2. Princip för stegljudmätning. Det av hammarapparatens alstrade stegljudet frekvensanalyseras i mottagarrummet, där absorptionen är A m^2 Sabins.

enligt närmare specifikationer. Maskinen alstrar ett kraftigt ljud i rummet under bjälklaget, kraftigare än vid verkligt stegljud för att man även skall kunna mäta konstruktioner med mycket hög isolering.

Enligt det förslag till internationella normer som framlagts vid internationella standardiseringskommissionens senaste möte i Paris i januari 1957 skall man mäta stegljudsnivån L_p (dB) i rummet under bjälklaget och korrigera till absorptionen $10 m^2$ Sabins, alltså, se fig. 2:

$$L_{10} = L_p + 10 \log A/10 \quad (4)$$

där L_{10} är den korrigerade stegljudsnivån inom ett visst frekvensintervall och A är absorptionen i rummet under bjälklaget. När man använder L_{10} till att karakterisera ett bjälklags stegljudsisolering, får man alltså ett mått, som är desto större, ju sämre bjälklagets stegljudsisolering är. Resultatet av en stegljudsmätning enligt denna metod blir alltså icke en enda siffra utan en kurva, som anger L_{10} inom olika frekvensintervall.

I Norge och Sverige har stegljudskraven hittills baserats på metoder, som helt avviker från metoden enligt det internationella förslaget, och någon «översättning» från de äldre metoderna är tyvärr icke möjligt. Dessa speciella metoder kommer dock snart att överges och skall icke diskuteras här. I praktiken innebär detta dock icke någon ändring i de effektiva isoleringskraven utan de nuvarande bestämmelserna kommer stort sett att bibehållas. Det innebär i Norge en standard svarande mot ett 15 cm betongbjälklag med linolag och linoleum, i Sverige fordras 14 cm betong med något slag av överkonstruktion. För träbjälklag gäller speciella krav, vilka dock är utan intresse i denna diskussion.

En analys av mätresultat med metoden enligt det internationella normförslaget har visat att nämnda krav mycket väl överensstämmer med gällande

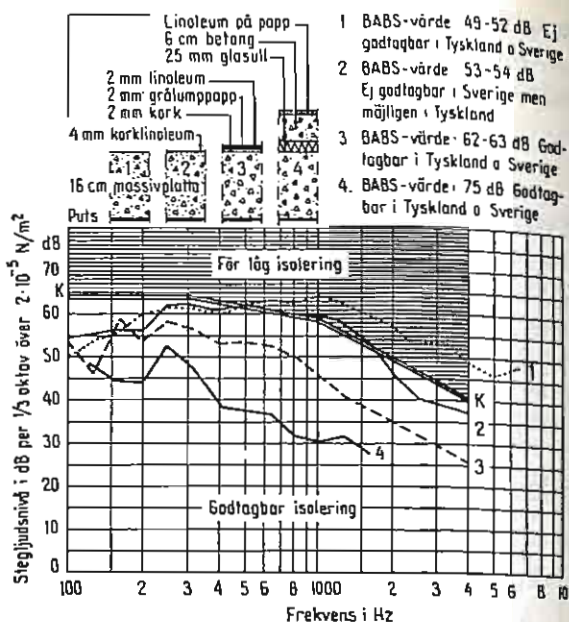


Fig. 3. Jämförelse mellan tyska och svenska stegljudskrav för bjälklag. Svensk minimikrav: 55 dB enligt BABS-metoden. Tyskt krav: Stegljudsnivån skall vara lägre än värdena enligt kurvan K.

isoleringskrav i Västtyskland, där man enligt DIN 52210 redan tillämpar en liknande metod. Enligt denna formulering skall för att bjälklags stegljudsisolering skall vara godtagbart stegljudsnivån inom varje frekvensintervall ligga under en viss maximitkurva, se fig. 3, där stegljudsnivån hos några bjälklagstyper anges till jämförelse med isoleringskravet i kurvform. Så länge man ännu icke uppställt nya fordringar i Norge och Sverige enligt den internationella metoden kan det Västtyska kravet alltså tjänstgöra som en god indikering, vilket också kommer att utnyttjas i efterföljande framställning.

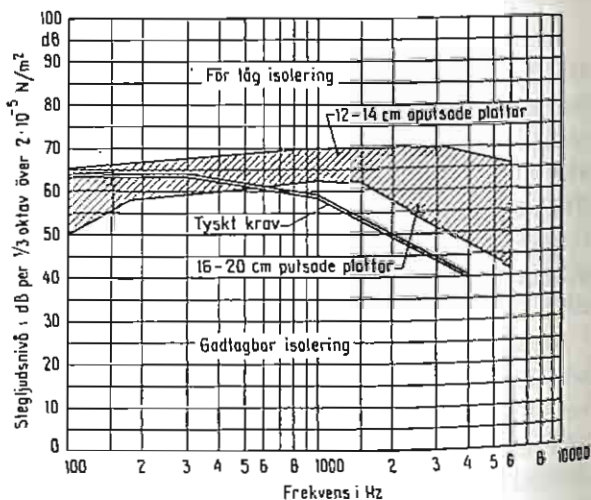


Fig. 4. Stegljudsisolering hos massiva betongplattor utan överkonstruktion i relation till det tyska isoleringskravet. Vid tunna oputsade betongplattor krävs alltså stor isoleringsförbättring hos överkonstruktionen.

I många sammanhang är det icke den samlade bjälklagskonstruktionens stegljudsisolering som är av primärt intresse utan man vill t. ex. veta den isoleringsförbättring som överkonstruktionen medför. Man anger då den stegljudsminskning som överkonstruktionen åstadkommer och bestämmer denna storhet vid olika frekvenser som differens mellan värdena för hjälklaget med och utan överkonstruktion.

Den isoleringsförbättring som kräves av en överkonstruktion är beroende av den bärande konstruktionens stegljudsisolering. Som framgår av fig. 4 behöves mindre stegljudsförbättring hos ett övergolv på en 16—20 cm putsad betongplatta än på en 12—14 cm oputsad platta för att isoleringskravet skall fyllas. Något allmänt krav kan därför icke uppställas för övergolvskonstruktioner. I fig. 5 visas ett förslag till isoleringskrav för överkonstruktion vid två olika tjocklekar hos massivbjälklag. Isoleringsförbättringen skall alltså uppgå till minst de värden som framgår av kurvorna.

Väggar

De väggar, som ur ljudisoleringssynpunkt behandlas i det följande är dels sådana som förekommer mellan rum i *samma lägenhet: rumskiljande väggar* eller *rumsväggar*, dels väggar mellan olika lägenheter, *lägenhetsskiljande väggar* eller *mellanväggar*. Ljudisoleringsfrågor kommer också att diskuteras för *ytterväggar*.

Lägenhetsskiljande väggar

För homogena, lufttäta väggar i ett sammanhängande skikt, *enkeltväggar*, gäller som bekant, att isoleringen huvudsakligen beror på väggvikten i kg/m^2 — hög isolering betingas av hög väggvikt. För att reduktionstalet 48—50 dB skall kunna nås, måste väggen väga minst ca 300 kg/m^2 . Sambandet mellan vikt och isolering — grafiskt återgivet i den s. k. *viktcurvan* — är emellertid icke exakt utan variationer på upp till ± 2 à 3 dB kan mycket väl förekomma. Orsaken till denna spridning är att andra faktorer än väggvikten, t. ex. höjstyvhet och inspanning, inverkar på isoleringen.

I fig. 6 visas resultaten av några laboratoriemätningar på oputsade betongväggar med tjocklek 12—20 cm. Enligt dessa mätningar skulle värdet 50 dB alltså nås redan vid betongtjockleken 11 cm.

Det visar sig emellertid, att samma väggkonstruktioner i färdiga byggnader ger något lägre värden. Av sådana fältmätningar framgår att isoleringen 50 dB nås först vid vägg-tjockleken 12—14 cm för oputsade betongväggar, vilken tjock-

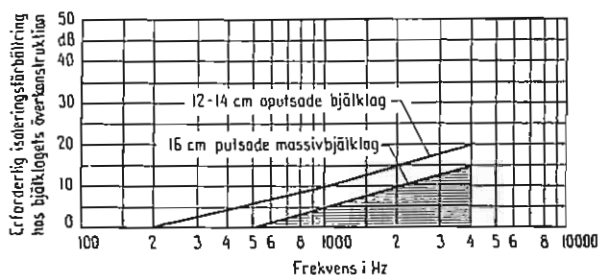


Fig. 5. Erforderlig stegljudsförbättring hos överkonstruktioner på 16 cm putsade massivbjälklag resp. 12—14 cm oputsade bjälklag.

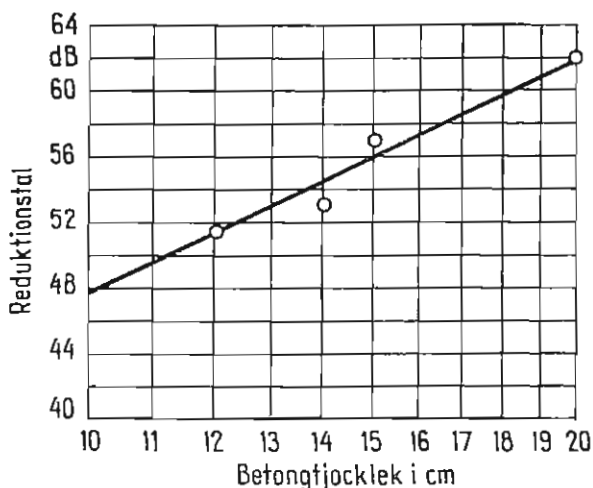


Fig. 6. Reduktionstal inom oputsade betongväggar enligt laboratiormätningar på KTH.

lek alltså är ett minimimått ur ljudisoleringssynpunkt.

Å andra sidan visar det sig, att det i en färdig byggnad icke lönar sig att öka betongtjockleken väsentligt över 15 cm — högre isoleringsvärden än ca 55 dB nås normalt icke på grund av flanktransmissionen genom bjälklag och flankerande väggar. Ur isoleringssynpunkt förefaller därför en *betongtjocklek mellan 14 och 16 cm vara optimal för oputsade betongväggar*.

För tyngre lägenhetsskiljande väggar har putsen mycket liten inverkan på isoleringen. När man borttager ett 1,5 cm putsskikt på bägge sidor om en minst 300 kg/m^2 tung betongvägg, faller isoleringen sålunda mindre än 1 dB.

De bärande mellanväggarna i elementbyggda flerfamiljshus är numera vanligen utförda som oputsade betongväggar. Isoleringen är knappast beroende av om väggarna tillverkas genom gjutning som helhet på arbetsplatsen eller genom hopsättning av pretillverkade betongelement, när blott kravet på lufttätethet kan tilgodoses. Viktig är väggarnas avslutning till fasadväggen, i synnerhet om denna senare är av lätt, icke-bärande typ, då flanktransmission kan befaras öka. Denna fråga behandlas i avsnittet om ytterväggar.

I många fall önskar man klara ljudisoleringskravet med en lätt mellanvägg som icke är bärande. Man måste då utföra väggen som *dubbelkonstruktion* av något slag. I traditionellt bygge är den mest använda dubbelkonstruktionen som bekant en dubbel plattvägg, bestående av exempelvis två 5–10 cm putsade plattväggar på ett avstånd av 2–5 cm och isolermatta. Isoleringen kan vid gott utförande uppgå till ca 50 dB, men en dåligt utförd vägg ger mindre än 45 dB. Låga värden erhålles, när brukskontakter förekommer mellan väggarna, t. ex. då isolermatta icke använts eller hopskarvats så slarvigt, att den icke skyddar mot brukskontakter mellan väggskiivorna.

Det är därför relativt osäkert att använda denna väggtyp, när man önskar god isolering. Bättre är den pretillverkade versionen utförd av våningshöga oputsade lättbetongelement som hopfogas och spacklas på byggnadsplatsen. Risker för ljudbryggor mellan väggskiivorna är betydligt mindre för denna variant än för den platsmurade plattväggen, men man bör dock icke slopa isolermattan. Lättbetongväggen kan tillfredsställa krav upp till 55 dB, om den ena väggen isoleras vid golv, väggar och tak med hjälp av korkskivor, se fig. 7. Korkskivorna kan spacklas och ytbehandlas på samma sätt som övriga väggar utan att isoleringsminskning behöver befaras.

De odämpade lättbetongskivorna utan kork kan emellertid medföra den nackdelen att de leder ljudet in i byggnadsstommen. Denna ökning av stömljuden gäller icke blott direkta knackljud mot de inspända väggskiivorna utan också kraftigare luftljud i de rum som lättbetongväggarna avgränsar. Eftersom man också använder denna väggtyp som rumsskiljande element kan man alltså riskera märkbar ökning av flanktransmissionen inom byggnaden. Man har ännu blott konstaterat att detta problem existerar, men direkta mättekniska undersökningar föreligger icke.

Av stort teoretiskt och praktiskt intresse är de modifierade dubbelkonstruktionerna som utvecklats på senare tiden. [2,3] Ett exempel på detta är en vägg bestående av 7 eller 10 cm oputsad lättbetongplank, som på bägge sidor förses med 1/2" höga regler på ett avstånd av minst 50 cm. På reglarna fästes lätta, böjelastiska skivor av exempelvis 1/2" gipsskivor. Som framgår av fig. 8 kan man med en sådan konstruktion nå isoleringsvärden över 50 dB. Fördelen med den låga väggvikten är ju uppenbar, men konstruktionen är dessutom mycket okänslig för varierande arbets kvalitet, eftersom ljudbryggor mellan beklädnadsskivor och »kärnvägg» ju redan finns via reglarna utan att isoleringen dock försämras. Beklädnaden med lätta skivor på regler är

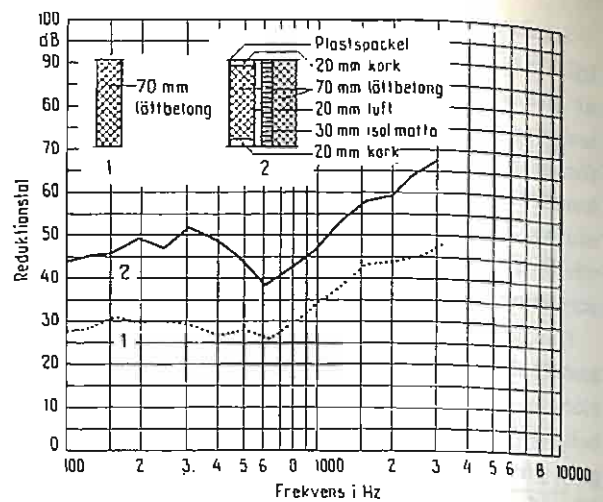


Fig. 7. Isolering hos enkel och dubbel lättbetongvägg utan puts. Medelvärden (1) 34 och (2) 51 dB inom 100–3 200 Hz. Ena väggskiivan är placerad på kork och luftmellanrummet dämpat med isolermatta.

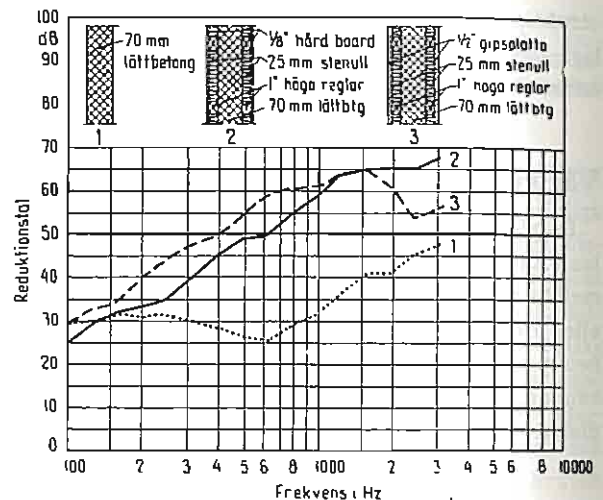


Fig. 8. 7 cm lättbetongvägg med strålningsminskande beklädnad av 1/8" hård board resp. 1/2" gipsskivor på 1" höga regler. 25 mm stenullsmatta. Medelisolering inom 100–3 200 Hz: för 1 34 dB för 2 49 dB för 3 52 dB

också användbar vid förbättring av befintliga väggar eller bjälklag med otillfredsställande isolering.

För att en beklädnad av denna s. k. strålningsminskande typ skall medföra god isoleringsökning fordras, att skivorna är böjelastiska, att minsta möjliga förbindelse förekommer mellan skivorna och kärnkonstruktionen och att förbindelsen icke medför någon väsentlig ökning av styvheten hos skivorna. Reglarna bör därför vara höga och smala och placeras med största möjliga c/c-avstånd — minst 50 cm — i antingen horisontal- eller vertikalled, men icke bådadådera, i vilket fall skivorna får en olämplig ökning av styvheten. Denna delvis fria montering av de böjelastiska skivorna är en förutsättning för att isoleringsökning skall erhållas. Placeras skivorna däremot direkt mot kärnväggen utan luftmellanrum, när man ingen förbättring

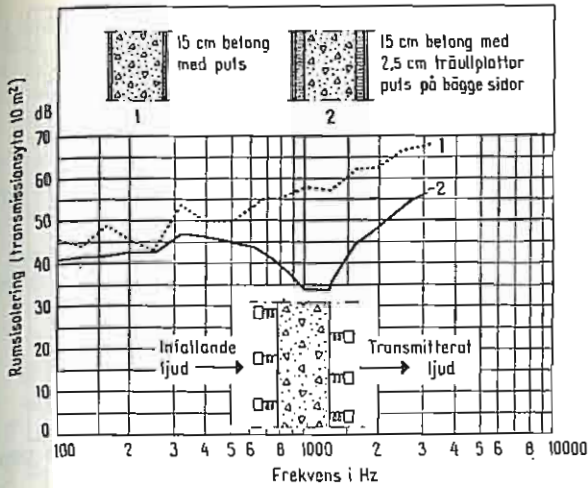


Fig. 9. 15 cm betongvägg med beklädnad av putsade träullsplattor. Diagrammet visar isoleringen med och utan beklädnad (medelvärden 44 resp. 54 dB). Beklädnaden förstärker genom massa — fjäder — resonans det ljudtryck som når betongväggen och ökar svängningsamplituden hos de svängningar som lämnar väggytan.

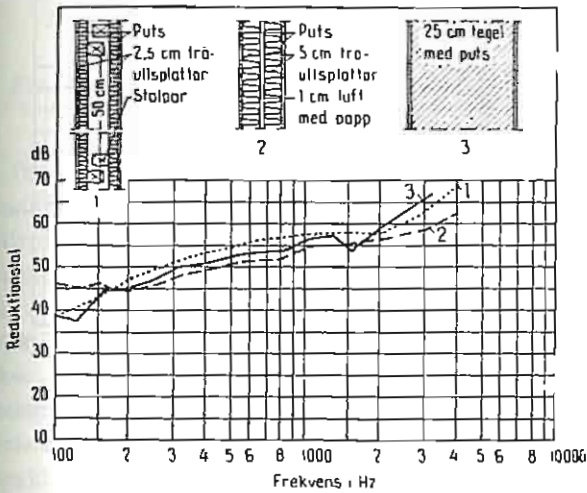


Fig. 10. Lätta dubbelväggar av putsade träullsplattor. 1. 2,5 cm plattor på skilda stolpsystem. Vikt 70 kg/m². Medelisolering 52 dB. (Gösele.) 2. 5 cm plattor på 1 cm avstånd med papp som skydd mot ljudbryggor av bruk. Vikt 85 kg/m². Medelisolering 50 dB. (Gösele.) 3. 25 cm tegel med puts. Vikt 460 kg/m². Medelisolering 52 dB.

Vissa beklädnadstyper kan t. o. m. åstadkomma isoleringsminskning, om reglarna uteslutas. Ett exempel på detta är en 15 cm betongvägg, som förses med putsade träullsplattor utan regler.^{10,11} En sådan beklädnad minskar väggens isolering från 50—52 dB till under 45 dB. Orsaken till detta fenomen är att den putsade träullsplattan på en tung eller styv vägg kan betraktas som en fjäder, belastad med en massa. Beklädnaden verkar därför som ett resonanssystem, som medför större kraftpåverkan på den tunga väggen liksom en förstärkning av svängningarna, som lämnar denna senare, se fig. 9. Vid en tjocklek av 1/2—1" hos träullsplattan och ca 1,5 cm puts ligger isoleringsminskningen inom frekvensområdet ca 600—2000 Hz och blir därför mycket märkbar för taltrans-

missionen. Vid riktig placering av träullsplattorna, dvs. på regler, kan man däremot vinna en avsevärd isoleringsökning.

I Tyskland är det för övrigt mycket vanligt att utföra lätta mellanväggar av putsade träullsplattor med luftmellanrum.¹⁰ Fig. 10 visar de stora möjligheter sådana konstruktioner skapar för att nå hög isolering med mycket låg väggvikt. I stället för puts som tätningsmaterial kan också gipsbeklädnad tillämpas på träullsplattorna, en metod, som är bättre anpassad till elementbygge.

Rumsväggar

För rumsväggar har man för närvarande inga direkta ljudisoleringskrav. Inom en lägenhet är det nämligen i regel dörrar eller ventilationsspringor, som dimensionerar ljudisoleringen i högre grad än rumsväggarna — oftast är nivåskillnaden mellan rum i samma lägenhet endast omkring 25 dB på grund av den stora transmissionen genom dörrar och springor. Man brukar därför för rumsväggar kunna acceptera konstruktioner med reduktionstal av 30—35 dB inom 100—3 200 Hz. Vid större lägenheter förekommer dock att man vill isolera t. ex. ett arbetsrum väl mot övriga rum — ett sådant önskemål kan tillfredsställas blott, om man väljer väggarna kring rummet med reduktionstal minst 40 dB och tager vittgående hänsyn till frågan i lägenheternas planlösning.

I det traditionella bygget har rumsväggarna i regel utförts som enkla plattväggar, vilka också ur ljudsynpunkt varit tillfredsställande, eftersom isoleringen uppgår till 34—39 dB. Väggtypen är emellertid mindre lämplig vid elementbygge, där den i stor utsträckning ersatts med våningshöga letthetselement utan puts. Sådana väggar har vid tjockleken 7 eller 10 cm en medelisolering av 34—35 dB, dvs. något lägre än för den putsade plattväggen men knappast så låg att den icke är acceptabel med hänsyn till övrig ljudtransmission inom en lägenhet, se fig. 12. Se dock anmärkningen om denna väggtyps flanktransmitterande egenskaper i avsnittet om lägenhetsskiljande väggar! Av samma figur framgår egenskaperna hos några olika väggtyper som är användbara som rumsväggar. Även helgjutna betongplattor är givetvis en lösning, eftersom man vid betongtjockleken 6 cm kan förvänta en medelisolering av ca 40 dB för en oputsad vägg.

Ytterväggar

Man kanske ställer sig frågande inför att ytterväggens konstruktion togs upp till behandling i samband med ljusisoleringsfrågor. Emellertid kan ytterväggens ljudisoleringsegenskaper vara av be-

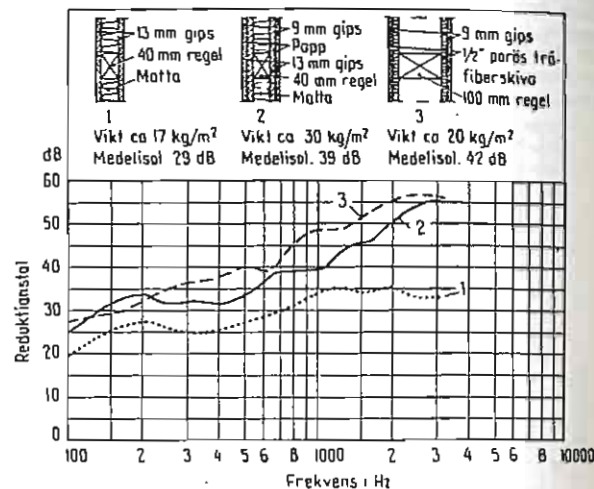
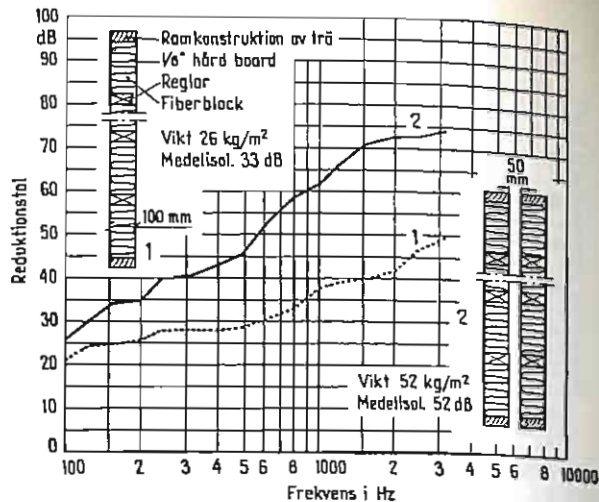
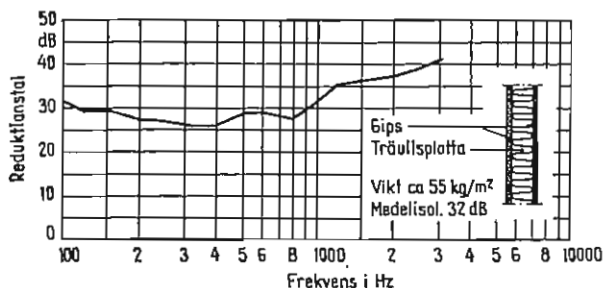
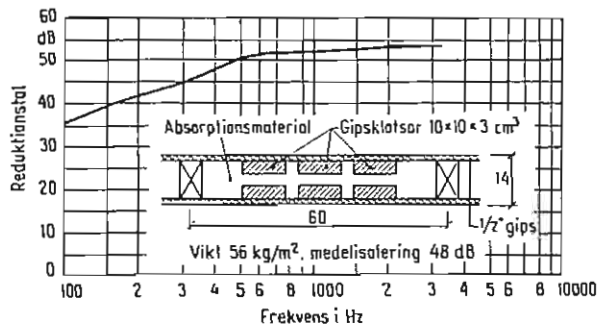
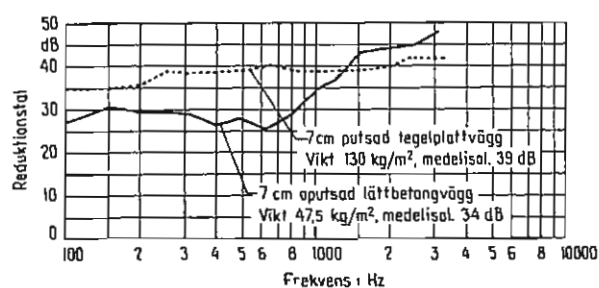


Fig. 11 a, b, c, d och e. Några olika typer av rumsskiljande väggar och deras isolering.

tydelse i flera sammanhang. Om väggen sålunda är mycket lätt, kan man riskera att isoleringen mot utomhusbuller blir lägre än vad som betingas av fönsterkonstruktionen — den senare är ju för en konventionell bärande yttervägg helt bestämmande för den resulterande isoleringen mellan lägenhet och gata. Man bör alltså undersöka extremt lätta ytterväggars isolering för att försäkra sig om att man icke får lägre värden än vad som nås genom fönstren.

En annan och kanske viktigare fråga är ytterväggens förmåga att leda ljud kring mellanväggar och -bjälklag, flanktransmission. Om ytterväggen närmast lägenheten består av t. ex. en tunn panel som fortsätter obruten över lägenhetsskiljande väggar eller bjälklag, blir rumsisoleringen mellan berörda rum låg, oberoende av hur bra mellanväggar eller bjälklag man valt. Vid anslutning mellan yttervägg och lägenhetsskiljande element kan man också riskera att få springor eller andra otätbeter som bidrager till ökad flanktrans-

mission och därmed lägre rumsisolering än vad man beräknar med ledning av väggarnas eller bjälklagens konstruktion. Några synpunkter skall lämnas på dessa frågor.

Vi ägnar oss först åt frågan beträffande isoleringen mot gatan. Den traditionella ytterväggen av betong, lättbetong, tegel etc. med värmeisolerande skikt har en luftljudsisolering av 45—50 dB. Fönsterpartiet har normalt en isolering av storleksordningen 30 dB. Det blir alltså vid sådana ytterväggskonstruktioner i första hand fönstrets isolering och dess relativa yta som bestämmer den resulterande isoleringen.

Med de nya, lätta ytterväggskonstruktionerna ändras bilden något. Med en dubbelkonstruktion av två lätta paneler på gemensam regelstomme och med värmeisolerande mellanskikt är det icke lika självklart att *enbart* fönstrets egenskaper bestämmer den resulterande isoleringen. Låt oss först undersöka vilket reduktionstal man kan förvänta av en sådan lätt yttervägg.

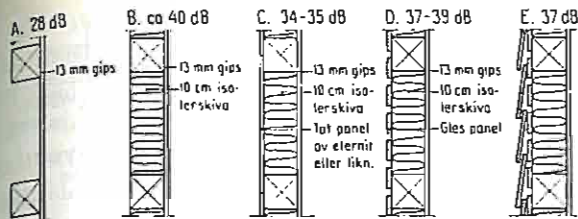


Fig. 12. Ytterväggselement och deras luftljudsisolering.

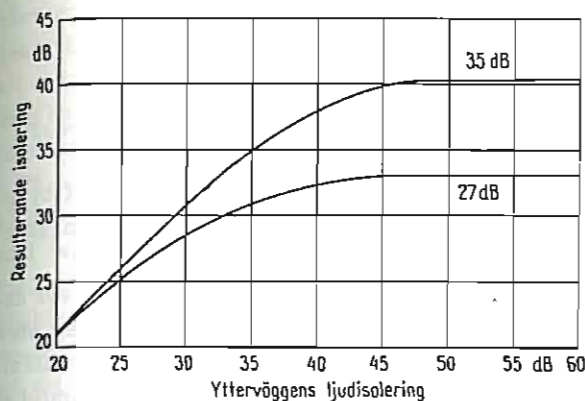


Fig. 13. Resultierande isolering för ytterväggen med 25 % fönster och 75 % vägg.

Om man tänker sig att väggen enligt fig. 12 A består av endast innerpanelen, t. ex. 13 mm gipskivor, på en regelkonstruktion, men utan det värmeisolerande materialet, får den ett reduktions-tal av i medeltal 28 dB (inom 100—3 200 Hz). När man lägger in ett värmeisolerande poröst material, ökas väggens reduktionstal proportionellt mot isolermaterialets tjocklek. Placerar man en 10 cm isolerskiva av stenull bakom gipspanelen, ökar konstruktionens reduktionstal till i medeltal 40 dB enligt fig. 12 B.

Man skulle vänta att isoleringen ökar när man kompletterar med en tät panel mot reglarnas ytter-sidor. Enligt fig. 12 C faller konstruktionens iso-lering till omkring 35 dB. Förklaringen till detta fenomen är enkel: ljud som träffar den inre eller yttre panelen fortplantas via den gemen-samma regelkonstruktionen och »kringgår» alltså den tjocka isolerskivan. Det är därför en fördel att öppna ytterpanelen för ljudet genom att förse den med springor. Som framgår av fig. 12 D ökar denna »punktering» av ytterpanelen medel-isoleringen till 37—39 dB. *Det är alltså vid lätta väggar med tjock isolerskiva — dvs. minst 8—10 cm — en fördel att använda en gles ytter-panel i stället för en tät.* Den glesa ytterpanelen är ju också förmånlig ur en annan synpunkt eftersom man genom luftning hindrar kondens i mellan-skiktet.

Man ser alltså att en yttervägg av lätt konstruk-tion kan ge en medelisolering av 37—39 dB. Hur

är detta värde nu avstämt med fönsterpartiets iso-lering?

Fönsterpartiets ljudisolering har redovisats i an-nat sammanhang.⁰ Sammanfattningsvis gäller att isoleringen hos enkelglas ökar med tjockleken: 2 mm glas har reduktionstalet 25 dB, 4 mm har 27 dB och 8 mm ca 29 dB. Tjockleksökning från 2 till 8 mm medför alltså en isoleringsökning av endast 4 dB, vilket delvis är märkbart.

För fönster med dubbla glas gäller att isoleringen ökar med avståndet mellan glasen och glastjock-leken. För att nå ett värde av ca 35 dB, måste man vid 2 mm glas ha ett avstånd av över 20 cm. Vid 3 mm glas når man samma isolering vid avståndet ca 12 cm, och vid 4 mm glas kan man klara sig med avståndet 9 cm. I den vanliga dubbelkonstruktionen är glasavståndet mellan 2 å 3 mm tjocka glas endast ca 32 mm. Konstruktionen ger därför en isolering av endast 27 dB, dvs. ungefär samma isolering som ett enda glas med en tjocklek av 4 mm.

Av värmeisoleringshänsyn använder man numera ofta 3-glasfönster och väntar då att man skall vinna ökad ljudisolering. Vid de konstruktioner, som f. n. finns i marknaden, vinner man emellertid inga för-delar med det extra glaset. För att nå ökad isolering med ett 3-glasfönster, måste konstruktionstjock-leken vara extremt stor, t. ex. över 15 å 20 cm, och man vinner då endast en isoleringsökning av stor-leksordningen 2—3 dB. Vid förekommande standard-konstruktioner med två eller tre glas och normal tjocklek kan man alltså påräkna en medelisolering mot luftljud av endast ca 27 dB.

Ljudisoleringen mellan ljudkällor utomhus och lägenheterna sammansättes av fönsterpartiets och fasadväggens reduktionstal. Om man förutsätter att fönstret utgör 25 % av väggytan och har reduk-tionstalet 27 dB, kan man lätt beräkna den resul-terande isoleringen vid olika ytterväggskonstruk-tioner.

I fig. 13 visas den resulterande isoleringen vid ytterväggskonstruktioner med olika reduktionstal. Kurvan märkt 27 dB visar kombinationen 25 % fönsteryta med reduktionstal 27 dB — alltså ett vanligt perspektivfönster — och 75 % yttervägg med olika reduktionstal. Man ser att när ytter-väggens reduktionstal överstiger omkring 40 dB är det uteslutande fönstret som bestämmer den resulterande isoleringen, som då uppgår till 33 dB. När ytterväggens isolering minskar till 35 dB, faller resulterande isolering till omkring 31 dB, alltså med ca 2 dB. Man börjar alltså få en märk-bar minskning av ljudisoleringen mot gatan, om ytterväggens reduktionstal faller under ca 35 dB vid den gjorda förutsättningen beträffande ytpro-portionen.

Om man i vissa fall eftersträvar högre isolering mot gatan och därför använder fönster med speciella konstruktioner, kan man som nämnts nå ett reduktionstal av omkring 35 dB. Vid ytterväggar med reduktionstal över 45 dB blir det återigen fönstret som bestämmer den resulterande isoleringen — denna kan vid 25 % fönster och 75 % yttervägg icke överstiga ca 41 dB enligt fig. 13, hur bra man än gör ytterväggen. Placerar man ett sådant specialkonstruerat fönster i en lätt yttervägg med reduktionstal 35 dB, kan den resulterande isoleringen icke överstiga 35 dB. De lätta, värmeisolerande ytterväggarna medför alltså i sådana fall en begränsning av isoleringen mot gatan, som man icke kan kompensera för med bättre fönster.

Vi vänder oss därefter mot det viktigare problemet, att hindra flanktransmission via den lätta ytterväggen. Vilka egenskaper skall väggen ha för att man skall få minsta möjliga flanktransmission?

Flanktransmissionen via ytterväggen kommer till stånd, då väggen träffas av ljudet i rummet. Härvid försättes väggskivan i svängning med en amplitud som i första hand beror på ljudets styrka och skivans tyngd — ju större styrka och ju lättare skiva desto större svängningsamplitud. Svängningsrörelsen fortplantas i fasadväggen fram till skärningen med väggar eller bjälklag, där en amplitudminskning kan uppkomma beroende på hur dess avslutningar sker. Efter det att svängningsrörelsen passerat väggarna eller bjälklagen kan det avstrålas som ljud till bakomvarande rum. Det gäller här i stort sett att avstrålningen sker obehindrat från en tjock och därmed styv, tung konstruktion. Viss strålningsminskning kan nås för en böjelastisk skiva. För att åstadkomma små väggamplituder är det alltså förmånligt att välja väggskivorna tunga, dvs. tjocka, men då får ljudet samtidigt goda möjligheter att avstrålas från konstruktionen efter passage av skärningen mellan bjälklag eller väggar. Vid tunna väggbeklädnader får man däremot stora amplituder, men detta motverkas av att strålningen blir dålig. Härtill kommer, att de tunna väggbeklädnaderna medför att reflexer uppstår vid skärningspunkter med väggar och bjälklag och man får därmed ett extra isoleringstillskott. *Man får därför minst lika goda möjligheter att hindra flanktransmission vid extremt tunna väggbeklädnader som vid tunga, konventionella ytterväggskonstruktioner.*

Gösele har påvisat att den ogynnsammaste tjockleken hos flankerande obrutna stenkonstruktioner är 10 cm.⁰ Vid större tjocklek minskas flanktransmissionen på grund av konstruktionens större tyngd, dvs. mindre svängningsamplitud. Vid mindre tjocklek minskas flanktransmissionen på grund av att väggskivan strålar mindre ljud. Det är kan-

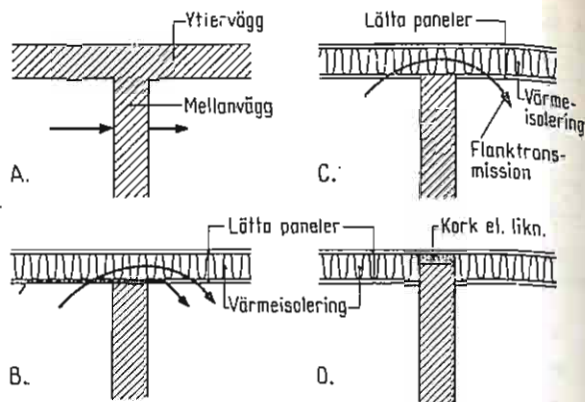


Fig. 14. Anslutning av mellanvägg till yttervägg.

ske detta förhållande som gjort att stålskelettbyggnader fått sådant vanrykte ur ljudisoleringssynpunkt.

Fig. 14 visar schematiskt hur tätningen vid anslutning mellan yttervägg och mellanbjälklag eller -väggar inverkar på ljudisoleringen. Det väsentliga är här att man får god lufttätning samtidigt med att en eventuell lätt innerbeklädnad icke fortsätter obruten förbi det lägenhetsskiljande elementet. Någon svårighet att få god tätning i samband med byggnadens färdigställande torde väl knappast finnas; man bör emellertid också räkna med framtida sprickbildning på sådana ställen och exempelvis motverka den minskade ljudisoleringen genom att införa porösa tätningsmaterial.

Bjälklag

Genom att anpassa planlösningen efter en byggnads »bullerkarta» kan man ofta klara sig med mellanväggar med isoleringsvärden omkring minimumvärdet utan att större risk för ljudproblem behöver befaras. Någon liknande anpassning är knappast möjlig för bjälklagen. Redan av denna anledning måste man ägna stor omsorg åt bjälklagens ljudisolering.

Samtidigt skall man tänka på att bjälklagen — som ju alltid är lägenhetsskiljande — i regel har större transmissionsyta än mellanväggarna. Bjälklagens reduktionstal måste därför väljas högre än väggarnas för att rumsisoleringen mot luftljud i byggnadens vertikalled skal bli lika stor som i horisontalled.

Bjälklagen måste dessutom konstrueras så att god isolering erhålles mot stegljud. Vid betongbjälklag är det framförallt övergolvet och golvbeläggningen som måste väljas med hänsyn till stegljudisoleringen.

För att bedöma ett bjälklags ljudisolering kan man lämpligen schematiskt indela konstruktionen i följande element: den bärande delen, övergolvet och golvbeläggningen. I vissa fall tillkommer av olika skäl ett *undertak*, som också är av betydelse för ljudisoleringen.

Hos *massiva betongbjälklag* bestämmes luftljudsisoleringen primärt av den bärande betongplattans tjocklek, men däremot inverkar överkonstruktionen eller golvbeläggningen obetydligt på rumsisoleringen. När plattjockleken uppgår till minst 14 cm har ett sådant bjälklag ett reduktionstal över 50 dB och man har alltså god säkerhet för att rumsisoleringen icke skall underskrida 48 dB.

På senare tid har betongbjälklag av typ *hålbalks-bjälklag* börjat bli aktuella. Även konstruktioner med *tunna plattor på bärande balkar*, t. ex. Ergebjälklag, har funnit större användning. Sådana bjälklag har emellertid lägre ljudisolering än massivbjälklagen, vilket kanske bäst illustreras av att det f. n. icke finns någon bjälklagstyp av dessa typer som utan speciella åtgärder — t. ex. flytande övergolv eller ljudisolerande undertak — kan fylla gällande isoleringskrav. Även om ett hålbalks-bjälklag har så hög vikt som exempelvis 300 kg/m², kan dess luftljudsisolering mycket väl vara så låg som 40—45 dB, dvs. omkring 10 dB lägre än för ett massivbjälklag med samma vikt. En så stor isoleringsminskning måste man kompensera för med hjälp av ett särskilt undertak liksom en stegljuds-isolerande övergolvskonstruktion blir nödvändig. Det är självklart att man på detta sätt ofta förlorar de fördelar som de lätta konstruktionerna i övrigt erbjuder ur många andra synpunkter, t. ex. lättheten i hantering och möjlighet att bygga in rörinstallationer i den bärande konstruktionen.

För alla bjälklagskonstruktioner med ojämn vikt-fördelning gäller i övrigt att man icke kan använda ett medelvärde för areavikten till att beräkna ljudisoleringen — den avläses ju för homogena enkelkonstruktioner direkt av viktcurvan. För ett bjälklag med bärande balkar och tunna plattor skall man sålunda vid beräkning av isoleringen endast begagna sig av vikten hos plattorna, men icke av balkvikten. För ett hålbalks-bjälklag är frågan mera komplicerad, eftersom avståndet mellan »balkarna» är mycket litet, och man är därför här helt hänvisad till experimentella undersökningar för varje ny bjälklagstyp.

Av bjälklagens olika delelement är alltså den bärande konstruktionen viktigast för ljudisoleringen, men även undertaket har inverkan. Ett direkt behov av undertak uppstår dock endast om bjälklagsplattan är extremt tunn, dvs. under 12—14 cm, eller då bjälklaget består av hålbalkar eller

tunna betongplattor på balkar. Med undertak av strålningsminskande typ som i fig. 8 kan man nå en isoleringsförbättring av omkring 10 dB. Denna förbättring är så stor, att det blir möjligt att använda mycket lätta, bärande konstruktioner, såsom exempelvis oputsade lättbetongplattor.

Bjälklagets *stegljudsisolering* bestämmes av den samlade vikten och av överkonstruktionens sammansättning. För massiva bjälklag med minimi-tjockleken 14 cm är stegljudsisoleringen dock endast mycket svagt beroende av plattjockleken — ökning från 14 till över 20 cm medför så liten isoleringsökning att den knappast kan konstateras i en färdig byggnad. Hålbalks-bjälklag eller bjälklag med bärande balkar och mellanliggande tunna plattor har enligt tyska undersökningar lägre stegljuds-isolering än massivplattkonstruktionen. [12] Svenska undersökningar angående bjälklags stegljuds-isolering av mera generell omfattning saknas ännu.

Innan överkonstruktionens inverkan på stegljuds-isoleringen omtalas skall anföras att ett undertak naturligtvis också kan vara en lösning, när man vill nå hög stegljudsisolering hos ett bjälklag liksom fallet var för luftljudsisoleringen. Ett undertak kan emellertid icke alltid förväntas åstadkomma stor stegljudsminskning, vilket ju sammanhänger med att ljudet kan fortplantas till väggarna, varifrån det strålas i lika stor omfattning, oavsett om bjälklaget är försett med undertak eller ej. Det är därför bättre att lösa stegljudsisoleringen genom att anordna stegljudsdämpande keläggningar på bjälklagets översida och sålunda hindra att ljudet tränger in i byggnadskonstruktionen. Det primära för bjälklagets stegljudsisolering är därför hur överkonstruktion och övergolv är sammansatta.

I det traditionella bygget består överkonstruktionen i regel av en överplatta av betong, lättbetong eller liknande på något slag av fyllning, vari bl. a. värmeledningsrör skall kunna framdragas. Som golvbeläggning använder man antingen linoleum etc. eller parkett. Överkonstruktioner av dessa typer har stegljudsisolering som tillfredsställer ett normalt behov. Då särskilda krav ställes har man använt s. k. flytande övergolvskonstruktioner med isolermatta i stället för fyllning.

Erfarenheterna med de traditionella, flytande överkonstruktionerna, bestående av överplatta som gjutes på matta, har emellertid icke varit goda — det visar sig, att flertalet flytande golv är gjutna så att kontakt förekommer mellan över- och underplatta och isoleringen minskas då till värdet svarande mot den bärande konstruktionens, dvs. icke ens godtagbart. Denna typ av flytande golv är därför användbar blott då man kan förutsätta synnerligen god arbets kvalitet och -kontroll.

En modifikation är att använda ett 2—4 cm sandskikt mellan mattan och överplattan. Sandskiktet medför då en mindre ökning av stegljudsisoleringen. Av större betydelse är emellertid att det skyddar mattan för åverkan då överplattan gjutes och att det minskar den skadliga inverkan av eventuella kontaktytor mellan bärande platta och överkonstruktion. Fig. 15 visar isoleringen hos ett flytande golv med matta resp. sand och matta. Använder man enbart sand, vinner man däremot mycket liten isoleringsförbättring, vilket också framgår av fig. 15. Ett mellanskikt av asfalt är också olämpligt, vilket fig. 16 visar.

På senare tid har man, främst i Västtyskland, gjort teoretiska och experimentella undersökningar av vilka egenskaper mellanskiktet skall besitta för att stegljudsisoleringen skall bli optimal. Av undersökningarna framgår att överkonstruktionens stegljudsförbättring blir större ju mjukare mellanskiktet är och ju tyngre överplatta, vilket man ju också inser omedelbart. Överplattans tjocklek och därmed dess tyngd bestäms i regel av andra skäl än akustiska, främst av kravet på hållfasthet, och tjockleken blir vanligen omkring 5 cm. Avgörande för stegljudsförbättringen blir därför mellanskiktets styvhet, ett faktum, som man också känt till sedan länge. Det intressanta är nu, att denna styvhet i mycket hög grad influeras av den inneslutna luftmassans styvhet. Vid en skiktjocklek av 10 mm — dvs. som vid användning av en 25 mm matta — bidrager luftmassan sålunda med en styvhet av $1,5 \text{ kg/m}^3$, isolermattan med $0,1\text{--}0,4 \text{ kg/m}^3$, och den totala styvheten blir $1,6\text{--}1,9 \text{ kg/m}^3$. Man skulle alltså vid denna skiktjocklek kunna acceptera större styvhet hos isolermaterialet utan att förlora i stegljudsisolering. Vanliga isolermattor är dessutom så mjuka, att de icke väl motstår den mekaniska åverkan som uppstår i samband med gjutning av överplattan och man är därför intresserad av andra materialkombinationer för att öka arbets säkerheten utan att stegljudsisoleringen blir lägre. Det gäller tydligen att hitta ett material, som har god mekanisk resistens mot åverkan och har porös struktur. Kombinerar ett sådant material med en vanlig isolermatta, uppnår man alltså att luftstyvheten blir liten — eftersom materialporerna ökar luftvolymen och därmed minskar luftstyvheten — och att arbetssäkerheten blir stor. Man kan då nå större isolering än vad som är möjligt med enbart matta. Ett lämpligt täckmaterial är träullsplattor med en tjocklek av t. ex. 25 mm. I fig. 17 visas stegljudsförbättringen [10] med ett övergolv med enbart isolermatta resp. isolermatta och träullsplatta — det senare övergolvet har som väntat högre isolering och är givetvis bättre ur arbetssynpunkt.

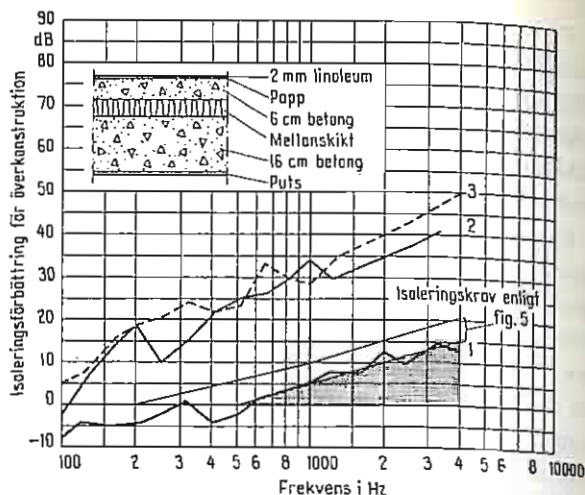


Fig. 15. Flytande golv. Sand anges ofta som ett alternativ till en isolermatta mellan över- och underplatta. I själva verket är det avsevärd skillnad på stegljudsisoleringen i de båda fallen. Kurva 1 visar isoleringen vid mellanskikt av 4 cm sand. Den är icke godtagbar. Kurva 2 visar isoleringen för samme bjällklag men med 2,5 cm isolermatta. Användas både sand och matta ökar man säkerheten mot kontakter mellan över- och underplatta — kurva 3 visar isoleringen i detta fall. Till jämförelse: isoleringskrav enligt fig. 5.

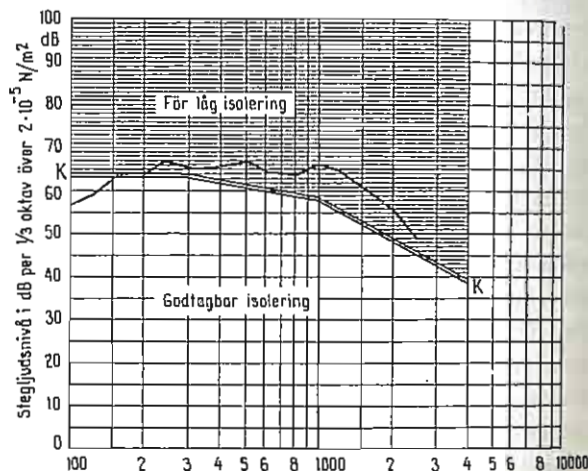


Fig. 16. Stegljudsisolering hos oputsat 15 cm betongbjällklag med övergolv av 0,8 cm asfalt, 4,2 cm betong, 2 mm papp samt 2 mm linoleum. Isoleringen är icke godtagbar. Kurvan K är minimikravet i Västtyskland.

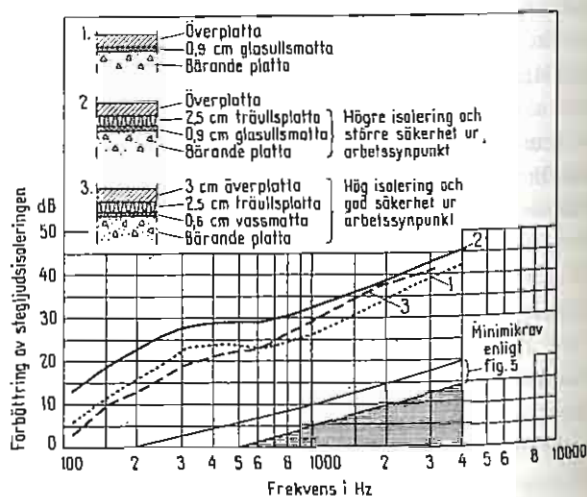


Fig. 17. Modifikationer av flytande övergolv (Gössel.)

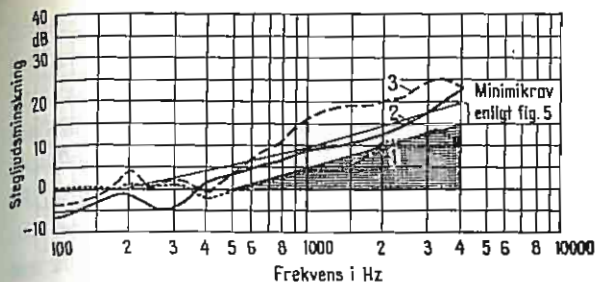


Fig. 18. Stegljudsisolering för 4 mm tjock linoleummatta med och utan underlag av papp. 1. Enbart 4 mm korklinoleum. 2. 4 mm korklinoleum + 2 mm papp. 3. 4 mm korklinoleum + 2 skikt 2 mm papp. Beläggning 1 är icke godtagbar för något bjälklag; nr 2 är på gränsen till godtagbarhet, när bärande bjälklaget är minst 16 cm tjockt. Nr 3 är godtagbart även vid något tunnare betongplattor.

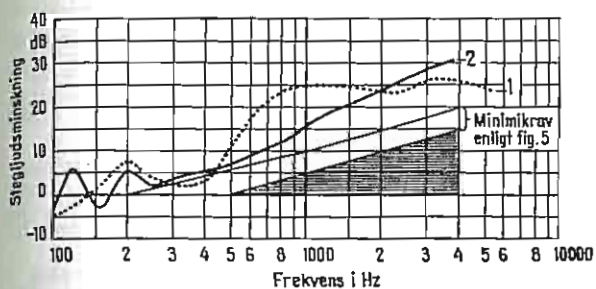


Fig. 19. Stegljudsisolering hos golvbeläggningar. 1: 10 mm kork + 2 mm papp + 3,2 mm linoleum. 2: 2 mm kork + 2 mm papp + 2 mm linoleum. Bägge beläggningarna fyller stegljudskrav även för 12—14 cm oputsade betongplattor.

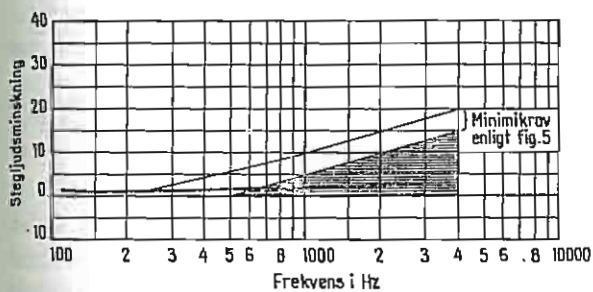


Fig. 20. Inverkan på stegljudsisoleringen av ett 2 cm skikt av porös betong av specialsammansättning. Isoleringsvinsten är försumbar. (Gösele.)

För att en golvbeläggning skall öka stegljudsisoleringen måste den ha hög elasticitet — det räcker icke att man använder ett elastiskt material utan man måste också använda det så att fjädringen blir stor vid den givna belastningen.⁸ Det visar sig att en golvbeläggningens styvhet per ytenhet skall ligga inom området 100—500 kg/cm³, om väsentlig stegljudsisolering skall kunna nås — vid en beläggningstjocklek av 2 cm motsvaras detta av en elasticitetsmodul av 200—1 000 kg/cm². Detta innebär, att man vid en belastning av 20 kg/cm² fordrar en hoptryckning av omkring 1 mm. Flertalet beläggningmaterial tål naturligtvis icke en sådan defor-

mering utan att förstöras. Hög stegljudsisolering och god hållbarhet är alltså svårt att förena och man måste i praktiken söka sig fram med kompromisslösningar. Fig. 18 och 19 visar vad som kan nås med hjälp av mjuka skikt mellan en linoleummatta och det bärande bjälklaget.

På senare tid har bl. a. från Tyskland importerats porösa beläggningmaterial avsedda att gjutas som avjämnings-skikt på betongplattor. Det anges att sådana material skall kunna öka stegljudsisoleringen väsentligt på grund av mjukheten. Materialen har måhända goda byggnadstekniska egenskaper i övrigt, men någon inverkan av betydelse på stegljudsisoleringen har de hittills undersökta materialen dock icke. Fig. 20 visar efter ett tyskt undersökningsresultat⁸ inverkan av ett 4 cm avjämnings-skikt av denna typ — det påverkar stegljudsisoleringen obetydligt. Detta är också i överensstämmelse med svenska erfarenheter. För att sådana material skall kunna öka stegljudsisoleringen fordras som anförts så stora intrycksdeformationer att de icke skulle vara praktiskt användbara som underlag under t. ex. linoleummattor.

Man väntar sig kanske att beläggningsskikt med hög inre dämpning skulle vara lämpliga för att minska stegljudet. Detta är emellertid icke fallet som också framgår av exemplet med asfaltbeläggningen i fig. 21.

Intressant är nu, att man kan ersätta isolermattan med andra material som tål den mekaniska åverkan bättre. Anbringas man sålunda träullsplattan på en ojämn betongyta eller ännu bättre på en vassmatta, utnyttjar man materialstrukturens elasticitet och god stegljudsisolering kan nås.¹⁰ I fig. 17 visas sålunda att kombinationen 25 mm träullsplatta på 6 mm vassmatta medför praktiskt taget lika hög stegljudsisolering som de konventionella skikten med enbart isolermatta och säkerheten mot ljudbryggor bör utan tvekan vara god.

Vid elementbygge ställer man emellertid krav på att bjälklagskonstruktionen skall vara enkel att applicera; bl. a. vil man helst undvika överplatta och i stället lägga golvbeläggningen direkt på den bärande konstruktionen. Kan man nu fylla stegljudskravet med sådan direkt golvbeläggning utan att använda överplatta?

Vid beläggning med parkett har man möjlighet att nå mycket hög stegljudsisolering utan att behöva gjuta en extra överplatta. Ett sätt är att belägga den bärande plattan med en 10—20 mm isolermatta samt ett avjämnings-skikt av sand i vilket parketten lägges direkt. Som framgår av fig. 22 kan ett sådant golv på en 15 cm oputsad betongplatta medföra en mycket hög stegljudsisolering. Använder man däremot enbart ett sand-

skikt utan matta, blir isoleringsvinsten för stegljud mycket liten. En annan metod, som tillämpats i Tyskland, är att lägga parketten på ett skikt av träullsplattor och matta.⁷ Enligt fig. 23 kan man få mycket god stegljudsisolering med ett sådant övergolv.

Anförda synpunkter beträffande bjälklagskonstruktioner och övergolv är avsedda blott för en allmän orientering men är naturligtvis icke tillfyllest för belysning av de många varierande frågeställningar, som uppkommer i praktiken. Omfattande undersökningsserier är emellertid planerade vid institutionen för byggnadsakustik, KTH, och kommer senare att redovisas i en specialrapport.

Stegljudsisolering hos trappkonstruktioner

Genom trafiken i trappan alstras vibrationer i trappkonstruktionen. Via trapphusväggarna eller bjälklagen inträngar detta stegljud till boningsrummen. Är dessa senare belägna omedelbart intill ett trapphus med intensiv trafik, exempelvis i hus utan hiss och 3—4 våningar, kan besvärande störningar uppstå för hyresgästerna.

Även om man naturligtvis i första hand bör se till att sovrum icke förläggas vägg i vägg med trappan, kan man dock i vissa fall icke undvika en sådan planlösning och riskerar då klagomål från de boende. Det är därför viktigt att välja en trappkonstruktion som medför minsta möjliga stegljud eller som hindrar att stegljud transmitteras till byggnadsstommen. Några synpunkter på denna fråga skall lämnas.

De trapp typer som hittills undersökts ur ljudisolerings synpunkt — med samma metod som för bjälklag — är av tre huvudtyper:

1) Monteringsfärdiga trappor, där varje steg monteras separat. Exempel härpå är vinkelblockstegstrappor, där varje trappsteg inspännes i trapphusväggen.

2) Monteringsfärdiga trappor, där hela trapploppet tillverkas i en enhet; monteringen kan sedermera utföras på något olika sätt: upplagd på vilplanen enbart, eller upplagd på vilplan och med kontakt mot trapphusväggarna. Av betydelse i detta sammanhang är också om trappan är upplagd direkt (eventuellt hopgjuten med) på byggnadens konstruktioner, eller om elastiskt material — exempelvis gummelement eller korkskivor — införts mellan trappan och belastningsytorna.

3) Trappkonstruktion av konventionell typ, där trappan gjutes på platsen med hjälp av vanlig formbyggnad. En sådan trappa har styv kontakt med vilplan och trapphusväggar och i regel stor massa.

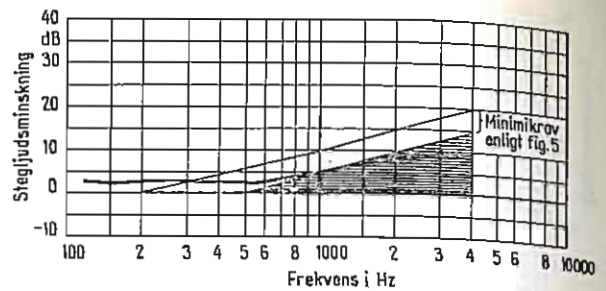


Fig. 21. Inverkan på stegljudsisoleringen av 2 cm asfalt direkt på ett massivbjälklag. Trots asfaltens höga inre dämpning är isoleringsvinsten obetydlig. (Gösele.)

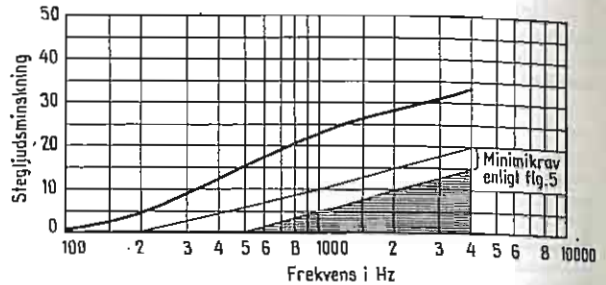


Fig. 22. Stegljudsisolering hos flytande parkettgolv: 1" parkett på 1" regler c/c 33 cm, som vilar i 1 cm sand + 2,5 cm isolermatta. Konstruktionen godtagbar för alla typer massivbjälklag.

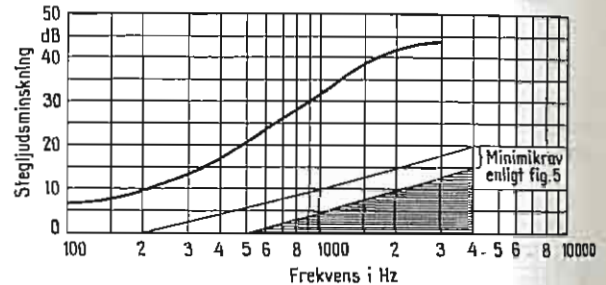


Fig. 23. Stegljudsisolering hos flytande parkettgolv på 2,5 cm träullsplatta, 1 cm mjuk matta samt 1 cm sandavjämning. Godtagbar för alla förkommande massivbjälklag. (Gösele.)

Ur ljudisolerings synpunkt är typ 1 i regel sämst. Varje steg är intimt kopplat med trapphusväggen och är dessutom så lätt att det sätts i kraftiga vibrationer av fotstegen. Man har funnit, att sådana konstruktioner har stegljudsisolering som vida underskrider gällande isoleringskrav. Erfarenheten i Sverige är också, att många klagomål kan påräknas från hyresgäster, som bor omedelbart intill en sådan trappa. Konstruktionen bör därför endast användas, när trapphuset omges av sekundärutrymmen såsom kök eller badrum.

Bättre är den tunga platsgjutna trappan, upplagd längs 2 eller 3 sidor, som ger en stegljudsisolering på gränsen till godtagbarhet. Det gäller dock även för denna trapp typ, att man bör undvika att förlägga t. ex. sovrum omedelbart intill trapphuset.

Monteringsbara enlöpstrappor ligger i regel i samma isoleringsklass som den tunga platsgjutna trappan. Sådana trappor erbjuder även den stora

fördelen att man kan införa elastiska element i infästningspunkterna. Detta isoleringssätt har undersökts i flera elementhus, där trappan via vilplanen upplagts på gummielement. Resultaten var oerhört gynnsamma, i själva verket så bra, att man här utan störningsrisk kan förlägga ett boningsrum omedelbart intill trapphuset. Med hänsyn till åldringen hos gummielement bör man kanske i stället välja isoleringsskikten av kork, med mindre man föreskriver utbyte av gummit efter vissa tidsintervaller, t. ex. 10—15 år.

För att förbättra trappstegens isolering kan man givetvis som vid bjälklag använda beläggningmaterial som kork, linoleum, papp etc. Förbättringen blir dock relativt liten för praktiskt acceptabla material, och man undviker i övrigt helst en sådan lösning, efter som slitstyrkan är tämligen liten — utbyte av sådan beläggning måste antagligen ske vart 3:e—5:e år.

Synpunkter på buller från sanitära installationer

Inom flertalet av våra bostadshus uppspelas en symfoni av olika instrument som kan identifieras som länkar i den sanitära anläggningen: tappning av vatten, spolning av WC, fyllning av badkar etc. Även grannarnas diskning är ofta väl hörbara. Dessa ljud är endast i mera elakartade fall mycket kraftiga och medför relativt sällan direkta klagomål. En annan grund till att hyresgästernas klagomål mot sådana ljud är sällsynta, är att man anser dem för oundvikliga. Skall vi behöva taga detta arv med oss över i de elementbyggda husen utan att försöka förbättra dessa skönhetsfel?

Vid institutionen för byggnadsakustik har nyligen slutförts en undersökning för att belysa vilka åtgärder, som behöves för att minska bullret från sanitära installationer. Resultaten kommer senare att i detalj redovisas i fackpressen. Här skall i detta sammanhang endast nämnas, att man med rimliga åtgärder kan minska ljuden från vattentappning, diskning, fyllning av badkar m.m. i sådan omfattning, att de vid normal yttre störningsnivå blir praktiskt taget ohörbara bakom en lägenhetskyljande vägg. För att få så goda resultat måste i första hand följande åtgärder vidtagas:

1) Rörledningar, tappkranar, WC-stolar eller liknande komponenter får icke fästas i mycket lätta och styva väggar såsom putsade eller oputsade platt- eller plankväggar med tjocklek 5—10 cm. Sådana väggar verkar nämligen som resonansbotten, som förstärkar både luft- och stomljuden. I elementhusen borde man därför samla rörledningarna i särskilda betongtrummor med tjocka

väggar och om möjligt frilägga dessa trummor från byggnadsstommen i övrigt.

2) Rörledningar, tvättställen, diskbänkar etc. monteras med gummielement mot byggnadsstommen. Härvid hindras transmission till byggnaden och därmed en ljudstrålning från väggar och bjälklag. Själva rörledningarna är nämligen dåliga ljudstrålare och åstadkommer endast svaga ljud, när de icke är kopplade till byggnadselementen. Speciella gummielement för infästning av skruvar och bultar i betong- och tegelväggar finns i handeln.

3) Diskbänkar av plåt sprutas på undersidan med speciella dämpningsmaterial av samme typ, som användas vid underredsbehandling av bilar. Härigenom minskas såväl luft- som stomljud. Vidare monteras diskbänkarna på gummiremsor mot snickeri och mellanvägg för minskning av stomljudet till byggnadsstommen.

4) Tappning av vatten i badkar kan ske helt bullerfritt genom att man förser tappkranen med en rörförlängning så att vattnet tillförs karet nära botten i stället för nära kanten. Event. kan man reducera andra ljud från karet genom att montera detta på gummiremsor.

Flertalet ljud i vattenledningssystemen uppstår genom turbulens i tappkranerna, varifrån ljudet transmitteras omkring i rörsystemet. Om man därför kan få fram en tyst krantyp, som samtidigt är prisbillig — detta har ännu icke lyckats i Sverige — behöver man icke montera ledningssystemet och övriga komponenter, som föreslagits enligt åtgärd 2).

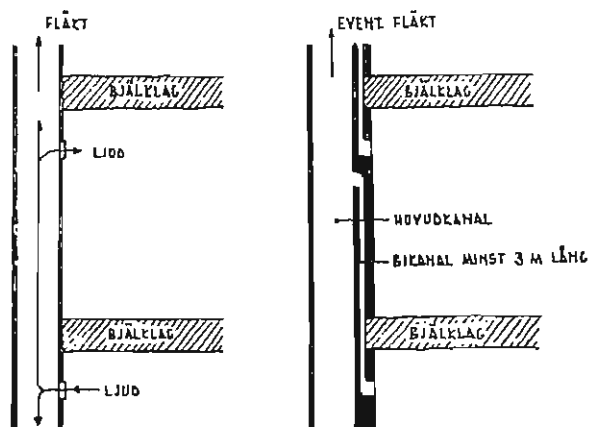
Ventilationsanläggningen och ljudisoleringen

Det är känt, att man i hus med mekanisk ventilation av lägenheterna kan få vissa svårigheter med bullret och vibrationerna från fläkten. Detta problem är emellertid icke svårt att lösa, om man vidtager normala åtgärder, dvs. vibrationsisolerar fläkten och placerar en effektiv ljudfälla mellan fläkt och kanalsystemet. I övrigt motiverar detta problem ingen närmare behandling i detta sammanhang.

En annan fråga tillspetsas emellertid vid elementbygge. Man vill nämligen förenkla kanalsystemet så mycket som möjligt för att få en enkel montering. Det gäller dessutom att anordna kanalerna så att man får lågt luftmotstånd i själva kanalerna och därmed det väsentliga motståndet koncentrerat till ventilerna, där individuell luftreglering kan företagas av hyresgästen (kontrollventilation).

I det traditionella huset består kanalsystemet ofta av en huvudkanal, som är förbunden med

VENTILATIONSPROBLEMET



KONTROLLVENTILATION

BEFINTLIGT SYSTEM

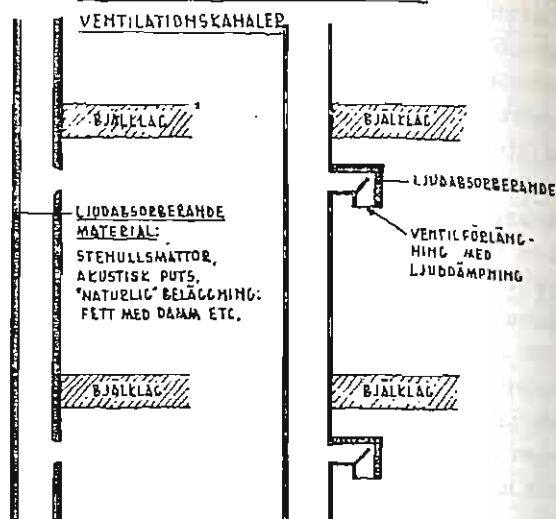
Fig. 24. Ljudöverföring via kanalerna i det äldre (till höger) och kontrollventilationssystemet.

lägenheterna med ca. 3 m långa bikanaler, se fig. 24. Ett sådant system utesluter helt ljudöverföring mellan lägenheterna via kanalerna och det medger också en bra dämpning av luftljudet från fläkten. Ur ventilations- och byggnadssynpunkt är det emellertid mindre lämpligt.

Vid kontrollventilationssystemet förenklar man kanalerna till att bestå av en vertikalkanal med direkt anslutning av ventilerna och utan bikanaler, se fig. 24. Denna lösning medför icke besvärande ljudöverföring mellan lägenheterna, så länge avståndet mellan ventil och ljudkälla eller lyssnare är normalt, dvs. minst 1 a 2 m från ventilöppningarna. Det medger emellertid att en hyresgäst kan avlyssna samtal i andra lägenheter, om vederbörande lägger örat omedelbart intill en ventil eller ännu bättre: avlägsnar ventilen och lyssnar i kanalöppningen. Anläggningen tjänstgör alltså som ett telefonsystem för huset och dess nyfikna hyresgäster. I Sverige övervägar man speciella ljudkrav på sådana kanalsystem för att eliminera avlyssningsrisken.

Principiellt kan frågan lösas på två sätt, se fig. 25. Man kan dels förse kanalen med olika slag av ljuddämpande material, ex. stenullsmattor med perforerad skyddplåt, akustisk puts el. likn.; dels kan man kombinera ventilen med en ljuddälla. Den förre lösningen är mindre lämplig ur ekonomisk synpunkt och medför också vissa svårigheter med renhållningen av kanalerna. Bättre är den senare lösningen, som tyvärr har nackdelen att ventilanordningen blir rätt skrymmande. Någon definitivt helt tillfredsställande lösning av frågan föreligger ännu icke.

ÅTGÄRDER MOT LJUDÖVERFÖRING VIA



KANALDÄMPNING

VENTILDÄMPNING

Fig. 25. Ett par åtgärder för att minska ljudöverföring vid kontrollventilation.

Det skall tilläggas, att problemet i vissa fall får en «naturlig» lösning — i kökskanaler belägges evakueringskanalerna nämligen efter en viss tid med en hinna av fett och damm, som har utmärkta egenskaper ur ljudsynpunkt och effektivt hindrar överhöring via kanalerna. Frågan är därför viktigast att lösa, då sovrum eller vardagsrum skall förses med evakueringskanaler.

Det skall också påpekas i detta sammanhang, att man haft en del svårigheter med besvärande brusljud från ventilerna vid kontrollventilation. De höga lufthastigheterna ställer nämligen mycket höga krav på ventilernas strömlinjeform och man måste därför välja ventiltypen mycket kritiskt, helst först efter praktiska prov.

Slutord

Läsaren, som tappert kämpat sig genom det föregående kommer kanske till slutsatsen, att elementhuset medför heklämmande många ljudisoleringsfrågor. Utan tvekan finns det också — av skäl som berördes i inledningen — flera problem att brottas med än i huset, som bygges med traditionella metoder. Det står emellertid klart, att man har stora möjligheter att komma till rätta med dessa frågor i elementhuset genom att teoretiskt och experimentellt studera dem i provbusskala. Man kan härigenom nå lösningar, som icke stannar vid vackra ritningsföreskrifter men verkligen tillämpas på byggnadsplatsen — tidigare ett ställe för oeränkliga improvisationer. Det torde därför knappast vara för optimistiskt att sluta denna översikt i övertygelsen om att ljudisoleringsfrågorna kan nå en tillfredsställande lösning i elementhuset.

Diskusjon:

Siv.ing. Røstad: Vi har i noen bygg med oppdelt vegg, benyttet oss av å sette de to stenderverk vekselvis og henge matten mellom slik at den henger i en bølge-linje. Jeg undrer meg på om foredragsholderen kan gi noen måleresultater for slike vegger. Veggen hadde 2" x 3" stendere vekselvis, 2,5 cm matte innhengt i bølgelinje mellom stendere og 13 mm gipsonit på begge sider.

Foredragsholderen: En slik vegg har vi undersøkt. Den ligger ved vanlig utførelse på fra 40—45 db. Den kan ikke godtas mellom ulike leiligheter, men kan brukes mellom kontorer.

Professor Granum: Sivlingenior Brandt viste at man kan oppnå meget gode gjennomsnittsreduksjonstall for lette skillevegger, men karakteristikken av reduksjonskurven har en annen form enn for tunge vegger. De begynner på meget lave reduksjonstall for frekvenser på omkring 100 Hz og ender på meget høye reduksjonstall for høye frekvenser. Det kunne være interessant å få en vurdering av dette spørsmålet, hvilken vekt man skal tillegge hellingen på reduksjonskurven.

De nevnte vesentlig gjennomsnittstall, altså om man har et gjennomsnittstall på ca 30db, er det tilfredsstillende i alle tilfelle eller må man samtidig stille krav til reduksjonskurvens form?

Så var det et spørsmål om golvbelegg. De viste gode resultater av en treullplate lagt på betongen og et pappsjikt under linoleum. Hvordan ville det være om man brukte et tynt lag polytenplast eller lignende materiale som antagelig har en betydelig lavere E-modul. For polytenplast ligger den antagelig på ca 40 kg/cm², men er samtidig tilstrekkelig fast til at man kan gå på det. Vil man med et meget tynt lag av den typen oppnå en betydelig økning av bankelydisoleringen?

Foredragsholderen: Det er et meget vanskelig spørsmål dette om hvilken form reduksjonskurven bør ha. I mitt foredrag snakket jeg om middelverdien for å forenkle saken. Da vi fastla kravet på bygningskonstruksjoner i 1946, gikk vi inn for tre ulike krav, ett for de lave tonene, det var 42 db, ett for høye toner, det var 54 db, og så et krav fra hele området. Dette var meget vanskelig å bruke i praksis slik at vi måtte gå over til middelverdien. Det viser seg at praktisk talt alle konstruksjoner som har tilfredsstillende middelverdier, altså 48—50 db, også er tilfredsstillende for lave toner. Imidlertid kan det forekomme konstruksjoner som i et område har dårlig isolering.

Jeg viste selv et par tilfelle, eksempelvis den dobbelte lettbetongveggen, som har en meget kraftig senkning i mellomfrekvensene. Og man har også endel lette konstruksjoner som får lav isolering ved lave toner. Disse tilfellene har vi sett bort i fra, mens f. eks. tyskerne har satt opp en kurve og krever at lydisoleringen for en vegg i alle frekvenser skal ligge over en minimumskurve på samme vis som jeg viste for en bankelydkurve. Hvorfor det forekommer slike senkninger på kurven for enkelte konstruksjoner, er et for innviklet emne til å diskutere her idag.

Når det gjelder spørsmålet om man skulle kunne gjøre bankelydisoleringen med en polytenskive 1—2 cm tykk under en linoleumsbelegning, så vil jeg si at jeg

ikke tror det er rette veien å gå. Jeg kan ikke forestille meg at en skulle få noen vesentlig forbedring om man ikke gjør noen rifler så sjiktet blir elastisk.

Professor Granum: En spesiell måte å isolere bjelkelag på som jeg tidligere har hørt foredragsholderen fortelle om, består i å spikre lekter under bjelkene og så legge på en plate eller spenne opp en duk. Dette brukes vesentlig ved forbedring av lydisolasjonen i gamle trehus. Kan ikke denne metode tenkes brukt ved monteringsferdige betongbjelkelag f. eks. ribbedelker eller hulldekker slik at man der oppnår tilfredsstillende lydisolering?

Foredragsholderen: Det er mulig å oppnå en betraktelig forbedring av lydisoleringen ved en bekledding med gipsonitplater på lekter. Men spesielt mot bankelyd gjelder det at det er bedre å isolere mot denne på oversiden, enn ved å sette inn en strållingsminskende konstruksjon på undersiden.

Ark. Nicolaysen spurte om resonansvirkninger i slike dobbeltvegger.

Foredragsholderen: Når man skal lage en dobbeltkonstruksjon, lærte man før at man skulle velge ulike tykkelse på de to elementene. Dette er undersøkt med moderne måleteknikk, og det har noe for seg.

Hvert sikt har nemlig en resonansfrekvens som gir en senkning av reduksjonstallet, og ved forskjellig tykkelse på elementene får man senkningen i forskjellige frekvensområder.

Når det gjelder vinduer, så kommer denne forverringen innen måleområdet når glasstykkelsen ligger i området 3—4 mm. Bruker man tynne glass opp til 4 mm, har det ingen betydning om man velger ulike tykkelser. Anvender man tykkelser over 5 mm, er det svært viktig at man bruker forskjellige tykkelser. Eksempelvis 6 mm + 8 mm eller 4 mm + 6 mm.

Gjelder det tykkere vegger, er det en teoretisk fordel å bruke f. eks. 7 cm + 10 cm, men den praktiske forskjellen er svært liten, så der behøver ikke lydisoleringshensyn å spille noen rolle.

Siv.ing. Quale: Når det gjelder bankelyden på gulv, som vel er det mest sjenerende, får man vanskeligheter fordi gulvbelegget f. eks. linoleum ligger på et elastisk underlag. Gulvbelegget vil da slites mye fortere, og er vanskelig å holde rent. Hvordan bør man forene kravet til bankelydisolering og kravet til et hårdt underlag? Bør man ikke her holde på kravet til hårdt underlag og heller legge matter e.l. oppå gulvet?

Foredragsholderen: Det er alltid et vanskelig kompromiss mellom bankelydisolering og gulvets holdbarhet, og dette er spesielt aktuelt for kontorhus. Men her er ikke kravene heller så store som ved bolighus, og jeg tror at man må holde meget på kravet til holdbarhet av gulvbelegget. Verre er det å oppnå en brukbar løsning ved bolighus. Selv er jeg bekymret over å legge en linoleum på et elastisk sjikt, og vi holder på å utrede hvordan dette kompromisset skal gjøres best. I Skåne har man i 20 år visstnok fått gode resultater ved å legge 2—3 mm linoleum på korksmuler. Dette skal kunne holde 20—30 år. Det er klart at linoleum som legges på et elastisk underlag, får mindre holdbarhet enn om det legges på en hård overflate.

Ark. Kristiansen: Det var snakk om montasjebygging hvor man kan tenke seg elementene opplagt på fire punkter slik at de kan svinge fritt, eller forbindelsene

kan gyses ut slik at man får en sammenhengende flate. Volder slike sammenføyninger problemer m. h. t. lyd-isoleringen, og kan noen sammenføyning i prinsippet sies å være bedre enn andre?

Foredragsholderen: Det er knapt trolig at dette har noen betydning, men vi har ikke gjort systematiske undersøkelser av dette. Har vi f. eks. en betongvegg, kan man tenke seg at denne støpes på stedet eller fremstilles på fabrikk og monteres. Det blir da ingen forskjell på de to arbeidsmetoder.

Siv.ing. Leganger: Hvis man forsøker å gjøre dekker lettere ved å legge inn utsparinger slik som f. eks. ved Paddemyrprosjektet, hvor dekketykkelsen er ca 18 cm mens betongtykkelsen i gjennomsnitt er ca 9 cm, hvordan blir det da med lydisolasjonen? Jeg vil gjerne høre om det er gjort forsøk med slike konstruksjoner.

Foredragsholderen: En slik konstruksjon kan gi en meget dårlig lydisolering idet den kan bli 5—10 db dårligere enn for en massiv plate med samme vekt. Det kan da bli aktuelt med en underkonstruksjon for å kompensere dette.

Professor Granum: Dette vil jo si at en ikke kommer opp i mer enn 35—40 db for et slikt bjelkelag, og det ligger jo langt under hva man kan godta. Slike bjelkelag brukes jo i stor utstrekning i Sverige. Hva gjør man der for å forbedre lydisoleringen?

Foredragsholderen: Det stemmer at man i Sverige har brukt slike bjelkelag med en isolering på 45 db, og man har hatt mange klager på dette.

1. *Gösele, K.:* Über die Schalldämmung von Leichtwänden, Die Bauzeitung, Heft 6 und 7, 1951.
2. *Gösele, K.:* Schallabstrahlung von Platten, die zu Biegeschwingungen angeregt sind, Acustica, vol. 3 (1953), p. 243—248.
3. *Brandt, Ove:* Metod för ljudisolering av väggar och bjälklag, Teknisk Tidskrift, 28 april 1953, s. 357—359.
4. *Gösele, K.:* Der Einfluss der Biegesteifigkeit auf die Schalldämmung von Doppelwänden, Acustica, vol. 4 (1954) p. 276—278.
5. *Gösele, K.:* Die schalltechnischen Eigenschaften von Dämmschichten unter Parkettbelägen, Parkett, Heft 7, (1954).
6. *Gösele, K.:* Der Einfluss der Hauskonstruktion auf die Schall-längsleitung bei Bauten, Gesundheits-Ingenieur, Heft 17/18, p. 282—290, 1954.
7. *Gösele, K.:* Neuere Wege zur Entwicklung von Trittschall-dämmstoffen, Gesundheits-Ingenieur, vol. 75 (1954) Heft 1/2, 3/4.
8. *Gösele, K.:* Wann wirken Estriche schalldämmend? Boden und Decke 4, (1954).
9. *Brandt, Ove:* Ljudisolering hos fönster och glaspartier, Tekn. Tidskrift 84 (1954) s. 1129—1133.
10. *Gösele, K.:* Die schalltechnischen Eigenschaften von Holzwole-Leichtbauplatten, Bericht der Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen, Stuttgart, dec. 1955.
11. *Brandt, Ove:* Rätt och fel användning av träullspattor vid ljudisolering av väggar och bjälklag, Byggnadsvärlden nr 14 (1956).
12. *Gösele, K.:* Trittschall-Entstehung und Dämmung, Acustische Beihefte, Heft 1, (1956) p. 67—72.
13. *Brandt, Ove:* Elementhuset och ljudisoleringen, Byggmästaren 36 (1957) nr. B 1, s. 9—20.

Det teoretiske grunnlag for løsning av bygningsindustriens pasnings- og toleranseproblemer

Direktør, sivilingeniør Kaare Heiberg

Norges Standardiserings-Forbund

Når jeg i dag skal redegjøre for endel av bygningsindustriens pasnings- og toleranseproblemer, tror jeg det er nødvendig å angripe disse problemer helt fra bunnen av. Jeg har nemlig et ganske bestemt inntrykk av at enkelte bygningsfolk — hvis de overhodet anser disse problemer for å være noe annet enn teoretiske snurrepiperier — tror at de er overordentlig innviklede.

Det er ganske visst så at når det gjelder å angi tallmessig de toleranser som bør komme til anvendelse i det enkelte tilfelle, er dette endel vanskeligere enn i maskinindustrien, hvor man for lengst er fortrolig med pasningsproblemene, hvor man har et veld av erfaringstall å bygge på, og hvor man kan betjene seg av uttømmende tabeller med vel prøvede verdier.

En annen vanskelighet skyldes at mens man i maskinindustrien bare har å gjøre med døde materialer, i alminnelighet metaller, og med et relativt begrenset antall arbeidsprosesser, såsom støpning, pressing, dreining, boring, høvling og fresing, har vi i bygningsindustrien å gjøre med en rekke forskjellige, ikke stabile materialer og med helt andre bearbeidelses- og arbeidsmetoder.

Ser vi bort fra den rent tallmessige angivelse av toleranser og dermed av pasninger, er imidlertid de grunnleggende problemer enkle nok også i bygningsindustrien. Men det nytter ikke, like så lite i bygningsindustrien som i andre industrier, å forsøke å løse oppgavene på dette felt uten å ha det teoretiske grunnlag helt på det rene. Har man ikke det, er det fare for å gjøre ganske store bommerter. Min oppgave er derfor å redegjøre for dette teoretiske grunnlag.

Som sagt tror jeg det er nødvendig at jeg begynner helt fra bunnen av, og la meg da først forvise meg om at vi er enige om hva som skal forstås med ordene *toleranse* og *pasning*.

Det burde være en vel kjent sak at det ikke er mulig å fremstille en gjenstand så den får nøyaktig de mål som er angitt på en arbeidstegning. Tenker vi oss at det var mulig å måle en gjenstand helt nøyaktig — noe som forevrig er helt utenkelig,

idet et hvilket som helst måleinstrument alltid vil være belemret med feil av forskjellig art — ville vi alltid kunne konstatere at det er en forskjell, om aldri så liten, mellom målene på tegningen og de som finnes ved å måle en gjenstand fremstillet etter tegningen.

Nu vet vi uten videre at jo strengere krav vi setter til en overensstemmelse mellom tegningene og den ferdige gjenstands mål, desto dyrere vil det bli å fremstille gjenstanden. Men vi vet også at vi ofte kan tåle en ganske stor forskjell mellom de oppgitte og det virkelige mål uten at dette går ut over bruken av gjenstanden, også i de tilfelle hvor den skal bygges sammen med andre gjenstander.

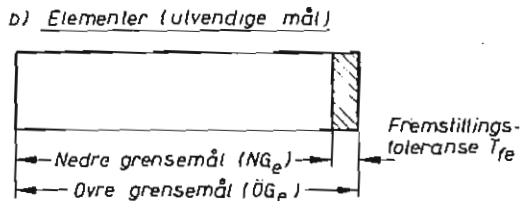
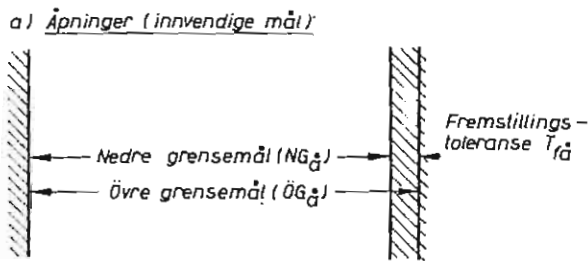
I erkjennelse av dette har man i moderne produksjon mer og mer forlatt den gamle metode, hvor en gjenstands mål angis ved en bestemt verdi, og gått over til å angi en største og en minste *tillatt* verdi for det virkelige mål. Av disse grenseverdier betegner vi den største som *Øvre Grensemål* og den minste som *Nedre Grensemål*.

Differansen mellom disse grensemål betegner vi som *Toleranse*. Toleransen vil således alltid være en positiv størrelse. Den representerer samtidig det *maksimum av unøyaktighet som kan tillates* av hensyn til bruken av gjenstanden, og det *maksimum av nøyaktighet som kan kreves* hvis ikke fremstillingen skal bli uforholdsmessig dyr.

Hvis en slik toleranse gjelder den tillatte unøyaktighet ved fremstillingen, kaller vi den en *Fremstillingstoleranse*. Gjelder toleransen for den tillatte unøyaktighet ved plasingen av en gjenstand i forhold til en annen, betegner vi den som en *Monteringstoleranse*.

Disse toleranser kan angis på forskjellig måte: Vi kan angi grensemålene direkte, ved f. eks. å skrive 102/98 eller maks. 102, min. 98. Eller vi kan angi hvor grensemålene ligger i forhold til et felles utgangspunkt, som vi betegner som *Basismålet*.

Differansen mellom et grensemål og basismålet betegner vi som *Tillatt Avvikelse*. Vi kaller den til-



c) Monteringstoleranse (T_m)

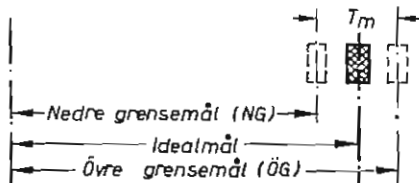


Fig. 1. Grensemål — toleranser.

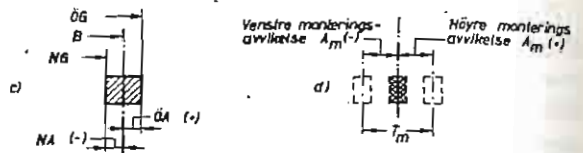
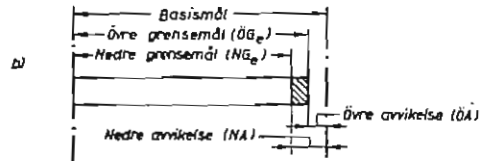
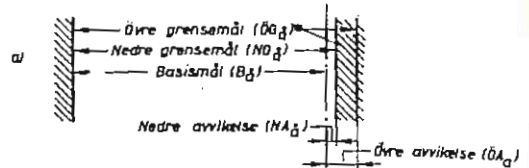


Fig. 2. Avvikelser.

latte avvikelse for det øvre (det største) av grensemålene for *Övre Avvikelse* og den tillatte avvikelse for det nedre (minste) av grensemålene for *Nedre Avvikelse*. Alt etter hvor grensemålene ligger i forhold til avvikelsene, vil begge avvikelsene kunne være positive eller negative, eller den ene være positiv og den annen negativ, f. eks.

$$100_{+2}^{+4}, \quad 100_{-4}^{-2}, \quad \text{eller} \quad 100 \pm 1$$

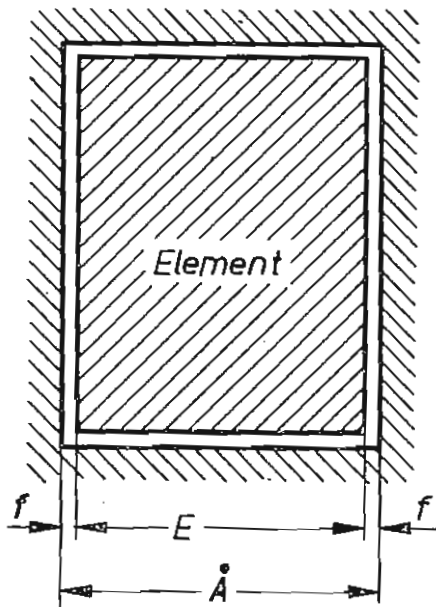
Toleransen er i disse eksempler den samme, nemlig 2, men de tillatte avvikelser er forskjellige.

Når det gjelder en monterings-toleranse, må man anta en positiv (+) og en negativ (-) retning i forhold til en eller annen idealposisjon med avvikelse = 0.

Samtligge de begreper vi hittil har hatt å gjøre med, er vist i Fig. 1 og 2.

Det neste begrep vi må gjøre oss fortrolig med er begrepet «*Pasning*». Å gi en helt klar definisjon av dette ord er ikke så ganske lett. Jeg tror vi kommer nok så nær om vi sier at pasning er et uttrykk for den grad av *bevegelsesmulighet* som er tilstede mellom to sammenbyggede gjenstander, slik som bevegelsesmulighet er bestemt av differansen mellom sammenhørende mål på de to gjenstander før disse bygges sammen. Er denne differanse stor og positiv, har vi å gjøre med en «*vid*» pasning, er den positiv og liten eller negativ, har vi en «*trang*» pasning.

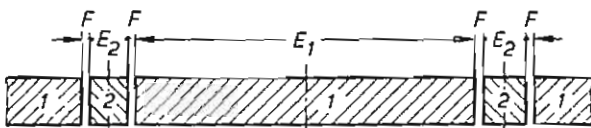
Det som vi da skal befatte oss med, er de pasningsproblemer vi har å gjøre med i bygningsindustrien og den innflytelse som toleranse for sammenhørende deler vil ha på pasningen mellom dem.



De 2 hovedgrupper av pasningsproblemer.

Fig. 3. (over) Element i åpning.

Fig. 4. (under). Sidestillede elementer.



Vi må da med en gang fastslå at vi i bygningsindustrien har å gjøre med 2 hovedgrupper av pasningsproblemer, alt ettersom vi har å gjøre med:

- elementer som er anbragt i en åpning i et annet element, for eks. en vindus- eller dørkarm i en åpning i en murvegg, Fig. 3 eller
- elementer av samme eller forskjellig art som stilles sammen til større lengder eller flater, se Fig. 4.

Det vi da er ute etter i denne sak er å gi slike mål på våre arbeidstegninger at et større antall sammenhengende elementer, uavhengig av hverandre, kan gjøres fullt ferdige hver for seg, og slik at de uten noe særskilt tilpassningsarbeide ikke bare kan bygges sammen, men også med den riktige klaring, eller med fuger som hverken er for store eller for små.

Hvis vi tenker på en vinduskarm i en åpning, se Fig. 5, er det i dag meget alminnelig at det på tegningene angis samme mål både for karmen og for åpningen, uten at det sies noe om hvor fugen skal tas, dvs. om den skal tas av karmen eller av åpningen.

For å vise hvor dette bærer hen, vil vi tenke oss at det på begge sider mellom en karm og en åpning, som begge er angitt med en bredde på 1000 mm, skal være en dyttefuge på 10 mm.

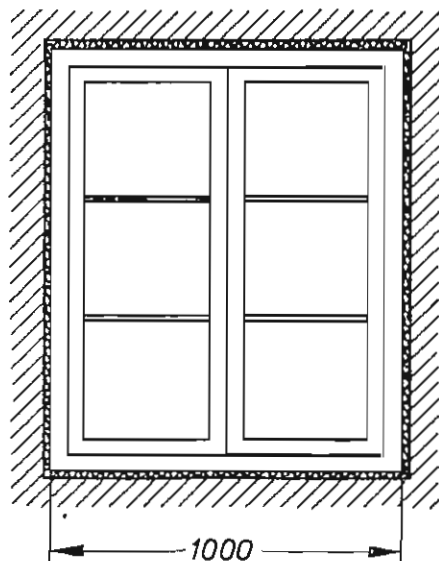
Man må da være forberedt på at én murer regner med at han må sørge for fugen. Han gjør da åpningen 1020 mm og regner med at snekkeren vil gjøre karmen 1000 mm. En annen murer regner med at snekkeren sørger for fugen. Mureren gjør da åpningen 1000 mm og regner med at snekkeren gjør karmen 980 mm.

Snekkeren får i slike tilfelle å gjøre med to forskjellige vinduer. Værre er det at disse vinduer ikke er omhyttbare. Forsøker vi å sette den 980 mm brede karm inn i den åpning som er 1020 mm, blir fugen 20 mm og ikke som forutsatt 10 mm på hver side. Forsøker vi å sette den 1000 mm brede karm inn i 1000 mm åpning, vil det ikke bli noen fuger i det hele tatt, Fig. 6 og Fig. 7.

Skal vi være sikret mot denslags kalamiteter, må vi én gang for alle gi regler for hvorledes vi skal gå frem i slike tilfelle.

Vi kan da, uansett om fugen må være større eller mindre, enten basere oss på det samme mål for elementet, og gjøre åpningen større eller mindre. Vi kaller dette system for «*Elementbasis-systemet*».

Eller vi kan, uansett den nødvendige fugetykkelse, basere oss på samme mål for åpningen, og



Det antas at det på begge sider mellom karm og åpning, som under ett er angitt med en bredde på 1000 mm, skal være en dyttefuge på 10 mm.

Alternativ 1: Karm 1000 mm i åpning 1020 gir: 10 mm fuger på hver side.

Alternativ 2: Karm 980 mm i åpning 1000 gir: 10 mm fuger på hver side.

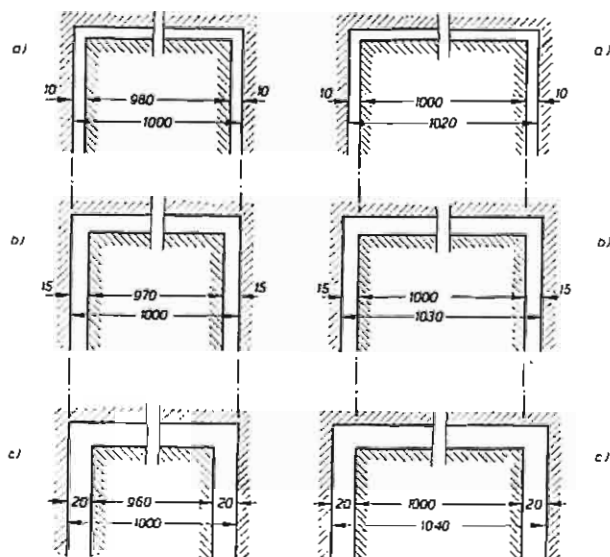
Vi bytter om karmen og åpninger og får:

- Karm 980 mm i åpning 1020 gir: 20 mm fuger hvilket er for meget.
- Karm 1000 mm i åpning 1000 gir: 0 mm fuger hvilket er for lite.

Fig. 5. Ombyttbarhetskravet.

gjøre karmen større eller mindre. Vi kaller dette for «*Åpningsbasis-systemet*».

Disse to systemer er grafisk vist i Fig. 6 a - c og Fig. 7 a - c.



De 2 hovedprinsipper for pasninger ved elementer i åpninger og ved varierende klaringer (fugetykkelse).

Fig. 6. (t.v.). Åpningsbasis-systemet.

Fig. 7. (t.h.). Elementbasis-systemet.

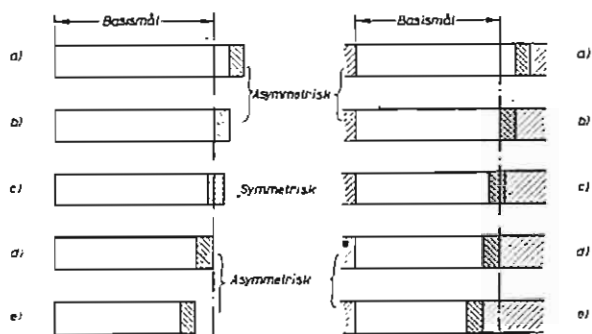
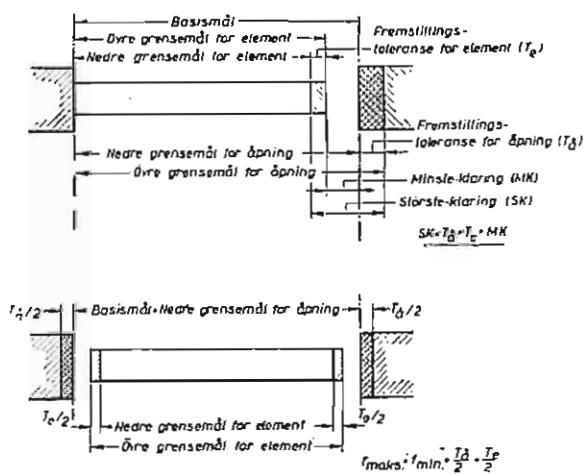
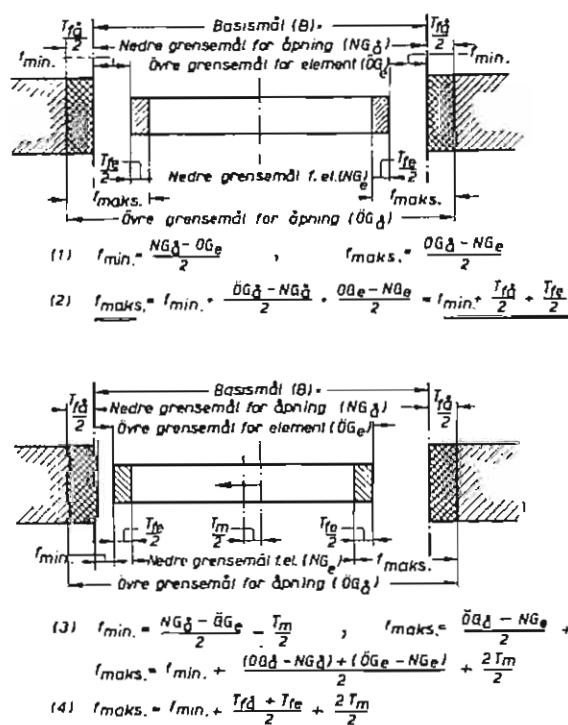


Fig. 8. (t.v.) Elementbasis-systemet.

Fig. 9. (t.h.) Åpningsbasis-systemet.



Fuger og fugeandeler ved element i åpning



$$(1) f_{\min} = \frac{NG_{\Delta} - \Delta G_E}{2}, \quad f_{\max} = \frac{\Delta G_{\Delta} - NG_E}{2}$$

$$(2) f_{\max} = f_{\min} + \frac{\Delta G_{\Delta} - NG_{\Delta}}{2} + \frac{\Delta G_E - NG_E}{2} = f_{\min} + \frac{T_{\Delta} + T_E}{2}$$

$$(3) f_{\min} = \frac{NG_{\Delta} - \Delta G_E}{2} - \frac{T_m}{2}, \quad f_{\max} = \frac{\Delta G_{\Delta} - NG_E}{2} + \frac{T_m}{2}$$

$$f_{\max} = f_{\min} + \frac{(\Delta G_{\Delta} - NG_{\Delta}) + (\Delta G_E - NG_E) + 2T_m}{2}$$

$$(4) f_{\max} = f_{\min} + \frac{T_{\Delta} + T_E}{2} + \frac{2T_m}{2}$$

Vi har hittil sett bort fra de uunngeelige uøyaktigheter ved fremstillingen av henholdsvis åpning og karm, dvs. vi har ikke tatt fremstillingstoleransen for åpningen og elementet i betraktning. Hvis vi gjør dette, vil det som først og fremst interesserer oss være toleransen for den del som skal danne basis for den annen dels mål, og spesielt denne toleransens beliggenhet i forhold til basismålet.

De muligheter som her foreligger er vist i Fig. 8 og Fig. 9 for henholdsvis elementbasis- og åpningsbasis-systemet: Vi ser hvorledes det er mulighet for å anbringe toleransen enten helt på den ene eller helt på den annen side av basismålet og i større eller mindre avstand fra dette («asymmetrisk toleranse»), eller å plasere den med en del på hver side av basismålet. Vi kaller dette siste symmetrisk toleranse, selv om ikke toleransen er fordelt med nøyaktig en halvdel på hver side.

De erfaringer som er gjort innenfor maskinindustrien, og som for dette punkts vedkommende vil kunne overføres også til bygningsindustrien, har helt tydelig vist at når det gjelder den av de to deler som skal danne basis for den annen dels mål, bør toleransene være asymmetrisk plasert, og slik at vi for en basisåpning får nedre grensemål lik basismålet og for et baseelement får øvre grensemål lik basismålet (Fig. 8 d og 9 b).

Av mitt tidligere talleksempel med en dørkarm i en veggåpning vil det være klart at vi, når det gjelder bygningsindustrien, én gang for alle vil måtte treffe et valg mellom elementbasis-systemet og åpningsbasis-systemet.

Det vil føre for langt her å diskutere pro og kontra. Jeg må innskrenke meg til å si at undersøkelser og erfaringer som hittil er gjort innenfor bygningsindustrien, så avgjort peker i favør av åpningsbasissystemet at vi faktisk ikke har noe valg. I realiteten er åpningsbasissystemet i dag å anse som standardssystem for hele bygningsindustrien, selv om dette — som vi senere skal se — ikke alltid kommer like tydelig frem.

Går vi inn for åpningsbasissystemet, hva jeg vil forutsette at vi gjør, vil altså beliggenheten av åpningens toleranse være gitt. Nu må vi imidlertid også ta hensyn til fremstillingstoleransen for de elementer som skal anbringes i åpningen. Gjør vi

Fig. 10—13, ovenfra og ned.
 Fig. 10. Standardssystemet for bygningsindustrien.
 Fig. 11. Standardssystemet når elementet blir satt i midtstilling.
 Fig. 12. Element i idealstilling midt i åpning.
 Fig. 13. Element forskjøvet så meget som monteringsavvikelsen $\frac{T_m}{2}$ tillater.

dette, får vi det pasningsbilde som er vist i Fig. 10, og som kan sies å være *standard pasningsbilde for bygningsindustrien i alle de tilfelle hvor et element skal anbringes i en åpning i et annet element.*

Vi har i dette bilde valgt å vise elementet forskjøvet i åpningen. På denne måte får vi nemlig et meget klart bilde av de faktorer som innvirker på pasningen mellom elementet og åpningen, nemlig:

- størrelse og beliggenhet av toleransen for åpningen
- størrelse og beliggenhet av toleransen for elementet
- den sammenlagte fuge på to sider mellom elementet og åpningen.

Det er uten videre klart at denne fuge ikke er en konstant størrelse. Vi får minimum av sammenlagt fuge (en *Minsteklaring*) hvis et element som har sitt største tillatte mål anbringes i en åpning som har sitt minste tillatte mål. Omvendt får vi maksimum av sammenlagt fuge (en *Størsteklaring*) hvis et element som har sitt minste tillatte mål anbringes i en åpning som har sitt største tillatte mål.

Av Fig. 10 kan vi uten videre avlede følgende formel:

$$(1a) \quad SK = MK + T_d + T_o$$

eller

$$(1b) \quad F_{\text{maks}} = F_{\text{min}} + T_d + T_o \quad (1. \text{ hovedformel!})$$

Hvis vi istedenfor å tegne elementet forskjøvet i åpningen, tegner det anbragt midt i denne, vil vårt pasningsbilde bli som i Fig. 11, idet vi da må tenke oss toleransen for åpningen og for elementet anbragt med en halvpart på hver side.

Bruker vi Fig. 12 får vi for *fugeandelen* (f) på hver side, formelen

$$(2) \quad f_{\text{maks}} = f_{\text{min}} + \frac{T_d}{2} + \frac{T_o}{2} \quad (2. \text{ hovedformel!})$$

Av Fig. 12, som forøvrig bare er en gjentakelse av Fig. 11, kan vi avlede et par andre formler. Vi finner, hvis vi regner med grensemålene:

$$(3) \quad f_{\text{min}} = \frac{NG_d - \emptyset G_e}{2}$$

$$f_{\text{maks}} = \frac{\emptyset G_d - NG_n}{2}$$

Av Fig. 12 får vi:

$$(4) \quad f_{\text{maks}} = f_{\text{min}} + \frac{\emptyset G_d - NG_d}{2} + \frac{\emptyset G_e - NG_e}{2}$$

(Nå er

$$\emptyset G_d - NG_d = T_d$$

og

$$\emptyset G_e - NG_e = T_o$$

Insetter vi disse verdier i formel (4), får vi

$$(5) \quad f_{\text{maks}} = f_{\text{min}} + \frac{T_d}{2} + \frac{T_o}{2}$$

dvs. formel nr. (2), som forøvrig sier det samme som formel (1.).

Kjenner vi, eller antar vi, verdiene for 3 av de størrelser som inngår i disse formler, kan vi lett beregne den fjerde, og vil ved å dimensjonere åpningen og elementet deretter, ikke bare være sikret at elementet får plass i åpningen, men også at vi får en praktisk brukbar verdi for fugen.

Vi har hittil ikke forutsatt noe som helst med hensyn til hvorledes elementet skal være plasert i åpningen. Det er ikke alltid at dette er likegyldig, eller at det fritt kan overlates til arbeideren.

Svært ofte er vi nødt til foruten en *fremstillings-toleranse* for åpningen og elementet å angi hvor meget elementet, som aldri kan bli helt riktig plassert, kan tillates å stå forskjøvet i åpningen. Dette vil si at vi også må angi en tillatt *monteringstoleranse*. Denne skal altså angi tallmessig hvor meget elementets eller åpningens plassering kan tillates å avvike til den ene eller den annen side ut fra en idealplassering.

Denne avvikelse, som vi kaller den tillatte *monteringsavvikelsen*, vil i de fleste tilfelle være like stor til begge sider. Vi kan uttrykke dette slik:

$$(6) \quad A_{m^+} + A_{m^-} = T_m$$

eller hvis A_{m^+} og A_{m^-} er tallmessig like store, dvs.

$$|A_{m^+}| = |A_{m^-}|$$

$$(7) \quad A_{m^-} = A_{m^+} = \frac{T_m}{2}$$

Vårt pasningsbilde blir da som vist i Fig. 13, hvor elementet er vist forskjøvet et stykke $\frac{T_m}{2}$ til venstre i åpningen.

Direkte av denne figur kan vi avlede følgende formler for fugeandelen, idet vi vil få minimum av fugeandel på venstre side og maksimum av fugeandel på høyre side.

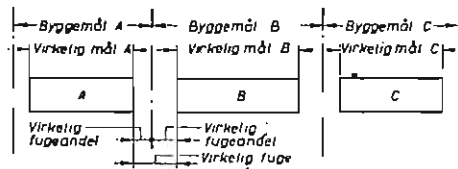
$$(8) \quad f_{\text{min}} = \frac{NG_d - \emptyset G_e}{2} - \frac{T_m}{2}$$

$$(9) \quad f_{\text{maks}} = \frac{\emptyset G_d - NG_n}{2} + \frac{T_m}{2}$$

Herav fåes:

$$f_{\text{maks}} = f_{\text{min}} + \frac{(\emptyset G_d - NG_d) + (\emptyset G_e - NG_e)}{2} + 2 \frac{T_m}{2}$$

eller



Maksimale og minimale fuger og fugeandeler

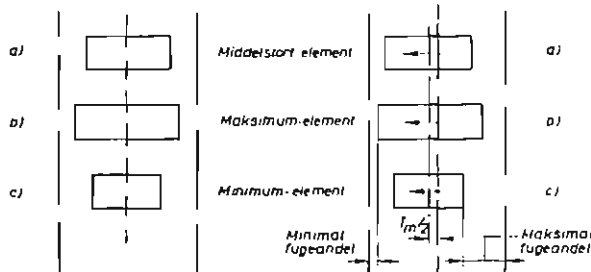


Fig. 14 (øverst). Virkelige fuger og fugeandeler ved idealplasingering.

Fig. 15 (t.v.). Idealplasingering.

Fig. 16 (t.h.). Forskjøvet plasingering.

$$(10) f_{maks} = f_{min} + \frac{T_{f1} + T_{f2}}{2} + 2 \frac{T_m}{2} \quad (3. \text{ hovedformel!})$$

Kjenner vi, eller antar vi, verdien av 4 av de størrelser som inngår i denne formel, kan vi beregne den 5te.

Vi har her bare regnet med den relative forskyvning av elementet i forhold til åpningen og ikke med at de begge kan være forskjøvet i forhold til en idealstilling for hver av dem. Dette kommer vi inn på siden.

Så meget foreløbig om den ene hovedgruppe av pasninger hvor et element er anbragt i en åpning i et annet element.

Vi kommer så til den annen hovedgruppe av pasninger, hvor flere elementer av samme eller forskjellig art stilles ved siden av hverandre til større lengder eller flater.

Et typisk eksempel av denne art er de tilfelle hvor det mellom søyler i bestemt avstand i en fasade skal anbringes prefabrikerte veggelementer, vinduselementer eller lignende.

Vi må da tenke oss at disse elementer har fått anvist hver sin celle av en bestemt bredde, som de må holde seg innenfor. Hvis vi har å gjøre med moduldimensjonerte elementer, kan vi tenke oss at disse celler er begrenset av planer eller linjer i modulnettet. Fyller to naboelementer begge dårlig ut sin celle, vil det bli relativt stor avstand, dvs. relativt stor fuge mellom elementene. Desto mer elementet fyller ut sin celle, desto mindre blir fugen mellom elementene.

Gjør vi dette, og tenker vi oss foreløbig at disse elementer blir idealplaset, vil vi få det pasnings-

bilde som er vist i Fig. 14, som viser hvorledes totalfugen mellom 2 elementer består av en fugeandel på hver side av celleveggen eller modulplanet mellom elementene.

Som vist i Fig. 15 vil disse fugeandeler være minimum for et maksimumselement og maksimum for et minimumselement, og ha en midlere verdi for et middelsstort element.

I praksis vil vi imidlertid ikke kunne gå ut fra en slik idealplasing. Som regel vil et element bli plasert noe utenfor sin idealplasing, se Fig. 16. Det gjelder da bare å sikre seg at plasingen ikke avviker for meget fra den ideelle.

Dette passer vi på ved å fastsette en monterings-toleranse, som vi tenker oss fordelt med en halvpart på hver side ut fra idealplasingen. Dette fører til at fugeandelene og totalfugene øker på den ene side og blir tilsvarende mindre på den annen. Vi får som vist i Fig. 16 b minimum av fugeandel på den ene side av et maksimalt forskjøvet maksimumselement, og, som vist i Fig. 16 c, maksimum av fuge på den ene side av et maksimalt forskjøvet minimumselement.

For tre elementer som er stillet ved siden av hverandre, får vi det pasningsbilde som er vist i Fig. 17. Vi har her minimum av totalfuge mellom 2 maksimumselementer som er maksimalt forskjøvet mot hverandre, Fig. 17 b, og maksimum av totalfuge hvor to minimums elementer er maksimalt forskjøvet fra hverandre, Fig. 17 c.

Hvis vi i ett diagram samler hva som er vist i Fig. 17, får vi det pasningsbilde som er vist i Fig. 18, og som ikke skulle behøve ytterligere forklaring.

Vi skal så matematisk analysere de forhold vi her har å gjøre med, og betjener oss da av Fig. 19, hvor et større element (nr. 1) er vist anbragt mellom to mindre, like store elementer (nr. 2), og hvor disse elementer foreløbig er tenkt plasert i sine respektive idealstillinger. Av figuren utleder vi direkte følgende formeler for fugeandeler og totalfuger:

a) Fugeandeler

$$(11) f_{min1} = \frac{B_1 - OG_1}{2} \quad \text{og} \quad f_{min2} = \frac{B_2 - OG_2}{2}$$

$$(12) f_{maks1} = \frac{B_1 - NG_1}{2} \quad \text{og} \quad f_{maks2} = \frac{B_2 - NG_2}{2}$$

b) Totalfuger

$$(13) F_{maks} = \frac{B_1 - NG_1}{2} + \frac{B_2 - NG_2}{2}$$

$$(14) F_{min} = \frac{B_1 - OG_1}{2} + \frac{B_2 - OG_2}{2}$$

Herav fåes:

$$F_{maks} = F_{min} + \frac{\varnothing G_1 - NG_1}{2} + \frac{\varnothing G_2 - NG_2}{2}$$

eller da

$$\varnothing G_1 - NG_1 = T_{f1}$$

$$\varnothing G_2 - NG_2 = T_{f2}$$

$$(15) \quad F_{maks} = F_{min} + \frac{T_{f1} + T_{f2}}{2} \quad (4. \text{ hovedformel})$$

Hvis elementene er like store, får vi:

$$(16) \quad F_{maks} = F_{min} + T_f$$

Hittil har vi bare tatt fremstillingstoleransene T_{f1} og T_{f2} i betraktning. Tar vi også monterings-toleransene T_{m1} og T_{m2} , eller rettere sagt de til-latte monteringsavvikelser A_{m1} og A_{m2} i betrakt-ning, får vi det pasningsbilde som er vist i Fig. 20. Av dette utleder vi følgende formler:

a) for fugeandeler

$$(17) \quad f_{maks1} = \frac{B_1 - NG_1}{2} + \frac{T_{m1}}{2}$$

$$f_{min1} = \frac{B_1 - \varnothing G_1}{2} - \frac{T_{m1}}{2}$$

$$(18) \quad f_{maks2} = \frac{B_2 - NG_2}{2} + \frac{T_{m2}}{2}$$

$$f_{min2} = \frac{B_2 - \varnothing G_2}{2} - \frac{T_{m2}}{2}$$

eller

$$(19) \quad f_{maks1} = f_{min1} + \frac{\varnothing G_1 - NG_1}{2} + \frac{2T_{m1}}{2}$$

$$(20) \quad f_{maks1} = f_{min1} + \frac{T_{f1}}{2} + 2 \frac{T_{m1}}{2}$$

b) for totalfugen

$$(21) \quad F_{maks} = \frac{B_1 - NG_1}{2} + \frac{T_{m1}}{2} + \frac{B_2 - NG_2}{2} + \frac{T_{m2}}{2}$$

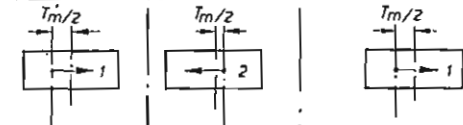
$$(22) \quad F_{min} = \frac{B_1 - \varnothing G_1}{2} - \frac{T_{m1}}{2} + \frac{B_2 - \varnothing G_2}{2} - \frac{T_{m2}}{2}$$

eller

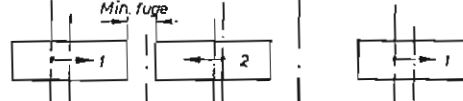
$$(23) \quad F_{maks} = F_{min} + \frac{\varnothing G_1 - NG_1}{2} + \frac{\varnothing G_2 - NG_2}{2} + 2 \frac{T_{m1}}{2} + 2 \frac{T_{m2}}{2}$$

$$(24) \quad F_{maks} = F_{min} + \frac{T_{f1} + T_{f2}}{2} + 2 \frac{(T_{m1} + T_{m2})}{2}$$

a) Middelse elementer, maksimalt forskjøvet



b) Maksimum-elementer, maksimalt forskjøvet



c) Minimum-elementer, maksimalt forskjøvet

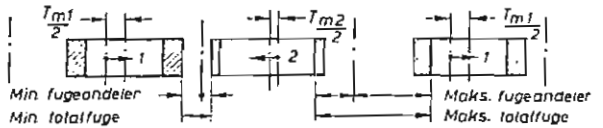
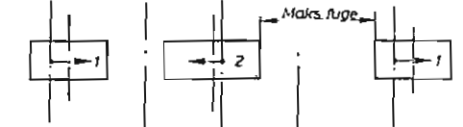
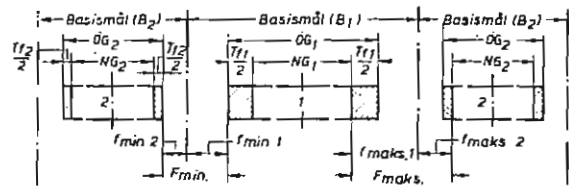


Fig. 17 (øverst). Fuger mellom sidestillede elementer.

Fig. 18. Det bestemmende pasningsbilde for sidestillede elementer.

Fuger og fugeandeler ved sidestillede elementer



a) Fugeandeler (f)

$$1) \quad f_{min1} = \frac{B_1 - \varnothing G_1}{2} \quad f_{min2} = \frac{B_2 - \varnothing G_2}{2}$$

$$2) \quad f_{maks1} = \frac{B_1 - NG_1}{2} \quad f_{maks2} = \frac{B_2 - NG_2}{2}$$

b) Totalfuger (F)

$$3) \quad F_{maks} = \frac{B_1 - NG_1}{2} + \frac{B_2 - NG_2}{2} \quad F_{min} = \frac{B_1 - \varnothing G_1}{2} + \frac{B_2 - \varnothing G_2}{2}$$

$$F_{maks} - F_{min} = \frac{\varnothing G_1 - NG_1}{2} + \frac{\varnothing G_2 - NG_2}{2}$$

$$4) \quad F_{maks} = F_{min} + \frac{T_{f1} + T_{f2}}{2} \quad (\text{Ved like elementer: } F_{maks} = F_{min} + T_f)$$

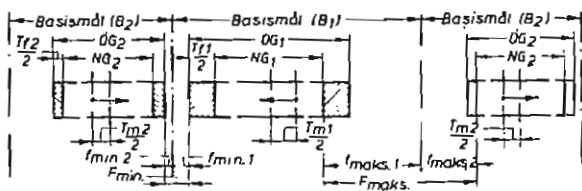
Fig. 19. Elementer i idealstilling.

Ved like store elementer går formelen over til

$$(25) \quad F_{maks} = F_{min} + T_f + 4 \frac{T_m}{2}$$

Vi har, som det sees, også i dette tilfelle å gjøre med ganske enkle formler.

Når jeg bruker skrivemåten $4 \frac{T_m}{2}$ og ikke $2 T_m$, skyldes dette at monterings-toleransen T_m som regel vil være gitt med en like stor tillatt avvikelse $\frac{T_m}{2}$ til begge sider fra idealplasingen.



a) *Fugeandeler (f).*

$$5) f_{\min 1} = \frac{B_1 - \overset{\circ}{G}_1}{2} - \frac{T_{m1}}{2}, \quad f_{\max 1} = \frac{B_1 - N_{G1}}{2} + \frac{T_{m1}}{2}$$

$$6) f_{\min 2} = \frac{B_2 - \overset{\circ}{G}_2}{2} - \frac{T_{m2}}{2}, \quad f_{\max 2} = \frac{B_2 - N_{G2}}{2} + \frac{T_{m2}}{2}$$

$$7) f_{\max 1} - f_{\min 1} = \frac{1}{2}(\overset{\circ}{G}_1 - N_{G1}) + \frac{2T_{m1}}{2} = \frac{1}{2}T_{f1} + \frac{2T_{m1}}{2}$$

$$8) f_{\max 2} - f_{\min 2} = \frac{1}{2}(\overset{\circ}{G}_2 - N_{G2}) + \frac{2T_{m2}}{2} = \frac{1}{2}T_{f2} + \frac{2T_{m2}}{2}$$

b) *Totalfuger (F).*

$$9) F_{\max} = \frac{B_1 - N_{G1}}{2} + \frac{T_{m1}}{2} + \frac{B_2 - N_{G2}}{2} + \frac{T_{m2}}{2}$$

$$10) F_{\min} = \frac{B_1 - \overset{\circ}{G}_1}{2} - \frac{T_{m1}}{2} + \frac{B_2 - \overset{\circ}{G}_2}{2} - \frac{T_{m2}}{2}$$

$$F_{\max} = F_{\min} + \frac{\overset{\circ}{G}_1 - N_{G1}}{2} + \frac{\overset{\circ}{G}_2 - N_{G2}}{2} + \frac{2T_{m1}}{2} + \frac{2T_{m2}}{2}$$

$$11) F_{\max} = F_{\min} + \frac{T_{f1} + T_{f2}}{2} + 2\left(\frac{T_{m1}}{2} + \frac{T_{m2}}{2}\right)$$

Hvis elementene er like tåes:

$$12) F_{\max} = F_{\min} + T_f + 4\frac{T_m}{2}$$

Fig. 20. Elementer forskjøvet så meget som monteringsuavvikelsen $\frac{T_m}{2}$ tillater.

I praksis blir de formler som vi her er kommet frem til å bruke på den måte at vi forsøksvis velger eller antar verdier for størrelsene $f_{\max 1}$, $f_{\min 1}$, $f_{\max 2}$, $f_{\min 2}$, F_{\max} , F_{\min} , T_{f1} , T_{f2} , samt for T_{m1} og T_{m2} og innsetter disse i den av formelene som gjelder for det tilfelle vi har å gjøre med. Hvis disse verdier ikke stemmer med formelen, må vi forandre en eller flere av dem inntil vi finner verdier som passer sammen.

I alminnelighet vil vi kunne si at f_{\min} eller F_{\min} nesten alltid vil være gitt. Det vil nesten i hvert eneste konstruksjonstilfelle være en viss nedre grense for fugeandelen eller totalfugen, hvis man ikke bare skal få delene sammen, men også kunne tette fugene mellom dem. Man vil i de fleste tilfelle også ha et ganske klart begrep om den bøyeste grad av nøyaktighet som man kan kreve både ved fremstillingen og ved monteringen av et element, dvs. en minste verdi for T_f og $\frac{T_m}{2}$.

Vi innsetter da disse verdier i formelen og ser hva vi kommer frem til for f_{\max} eller F_{\max} .

Er disse verdier fullt brukbare, er alt i orden, og vi kan foreskrive de verdier for T_f og T_m som vi har gått ut fra, eller vi kan foreskrive de tilsvarende grensemål. Skulle derimot verdiene for f_{\max} og F_{\max} bli for store, må vi koste på oss noe mindre toleranser.

Man kan si om de formler som vi her er kommet frem til at de er svært teoretiske, for såvidt som de

regner med det ugunstigst mulige sammentreff av omstendigheter, og at dette er noe som inntreffer svært sjelden.

Dette er selvfølgelig riktig. Ved hjelp av sannsynlighetsberegningens og den statistiske kvalitetskontrollers teorier er det imidlertid mulig å ta hensyn til dette. Hvis man slår noe av på fordringene om 100 % ombyttbarhet, vil vi, ut fra toleransekrav som vil måtte oppfylles ved 100 % ombyttbarhet, kunne regne oss frem til noe større toleranseverdier som vil gjelde ved en nærmere angitt mindre grad av ombyttbarhet og som vi så kan angi på arbeidstegningen for de enkelte elementer.

Blir dette riktig gjort, vil vi bare i noen grad risikere at elementer som ligger innenfor de fastsatte toleransegrenser, og som dermed er godkjent som riktige, ikke passer inn som de skal, idet de enkelte ganger er for store, andre ganger er noe for små. Det er dermed ikke sagt at de alltid vil være ubrukbare. De vil ofte kunne brukes enten etter en parring av storfalne og småfalne elementer, eller etter at elementene er blitt noe bearbeidet.

Å bestemme hvorvidt de toleranser som angis på tegningene skal være større enn de som man har funnet ved beregninger som ovenfor, er imidlertid ikke noen liketil sak, idet differansen vil være avhengig av en hel rekke faktorer som er forskjellig fra tilfelle til tilfelle, såsom de materialer, de arbeidsprosesser og de kombinasjoner herav som vi har å gjøre med i det enkelte tilfelle, samt den grad av ombyttbarhet — 99 %, 98 %, 97 % osv. som vi mener under alle omstendigheter må være sikret. Den første betingelse for at vi skal kunne foreta slike korreksjoner er imidlertid at vi har forholdene ved grensetilfellet — 100 % ombyttbarhet — klart på det rene, slik som dette er kommet til uttrykk ved de formler jeg tidligere har utviklet.

Jeg vil her sterkt understreke at selv om vi ved tegninger vil kunne skaffe oss en viss oversikt over de innbyrdes avhengighetsforhold som vi har å gjøre med, tror jeg at en matematisk behandling langt er å foretrekke, bl. a. av den grunn at rene tallverdier med én gang vil tale et tydeligere sprog enn en tegning. Tegningene vil jo i tilfelle måtte settes opp minst i naturlig målestokk.

En annen ting som jeg også vil understreke, er at den toleranse som vi angir på en tegning eller i en spesifiksjon, er noe som *uavkortet* skal komme fremstillingen eller monteringen til gode. *Det er et ufravikelig prinsipp at, uansett hvor en gjenstands virkelige mål ligger innenfor det foreskrevne toleranseområde, skal elementet anses som riktig.* Hvis det først fastsettes toleransegrenser, vil det

stride imot hele toleransemålsetningens ide om man skulle forlange at en gjenstands virkelige mål skulle ligge f. eks. midt i toleranseområdet eller ved den ene av grensene for dette. Dette vil jo ikke bety noe annet enn at man med den ene hånd tar tilbake hva man har gitt med den annen, eller at vi stiller strengere krav til nøyaktighet enn egentlig forutsatt. Som jeg har sagt tidligere, skal jo toleransene samtidig gi uttrykk for det maksimum av nøyaktighet som man kan kreve og det maksimum av unøyaktighet som kan tillates.

Antar vi nu at vi på den måte jeg her har beskrevet har funnet frem til toleransekrav som vi kan forlange oppfylt, blir spørsmålet: Hvorledes skal vi angi toleransene på tegningen?

Her er det flere veier å gå. Vi kan enten direkte angi øvre og nedre grensemål ved f. eks. for en veggåpning og en tilhørende dørkarm å skrive:

for veggåpningen: maks. 810, min. 800 eller 810/800
for dørkarmen: maks. 790, min. 786 eller 790/786

Eller vi kan angi de tillatte avvikelser fra et eller annet basismål, f. eks.:

for åpningen: 805 ± 5

for karmen: 788 ± 2

Svært ofte er det imidlertid ønskelig å betjene seg av samme basismål for begge de sammenhengende deler. Vi skriver i såfall, med tall fra vårt tall-eksempel:

for åpningen: 800^{+10}_0 for karmen: 800^{-10}_{-14}

Uansett hvilken av disse metoder som brukes, vil toleransen for åpningen og for karmen være entydig angitt både med hensyn til størrelse og beliggenhet. Størrelsen er for åpningen 10 mm og for karmen 4 mm. Det er også sagt at de virkelige mål skal ligge mellom 810 og 800 mm resp. 790 og 786 mm. *Hvor mellom disse grenser de virkelige mål ligger, ansees altså å være uten noen som helst betydning.*

Å si noe bestemt om når den ene eller den annen av disse angivelsesmåter bør brukes, er ikke mulig. En gang kan den ene metode være fordelaktigst, en annen gang den andre.

En ting som vi må være oppmerksom på ved angivelse av toleranser, er at de toleranser som angis ikke motsier hverandre, eller at det kan bli mulig for tillatte unøyaktigheter å adderes på en uheldig måte.

En angivelse som den som er vist i Fig. 21 t.v. gir eksempel på dette. Vi kan ikke angi tillatte avvikelser for hver enkelt etasjehøyde og samtidig kreve en mindre avvikelse fra totalhøyden enn den

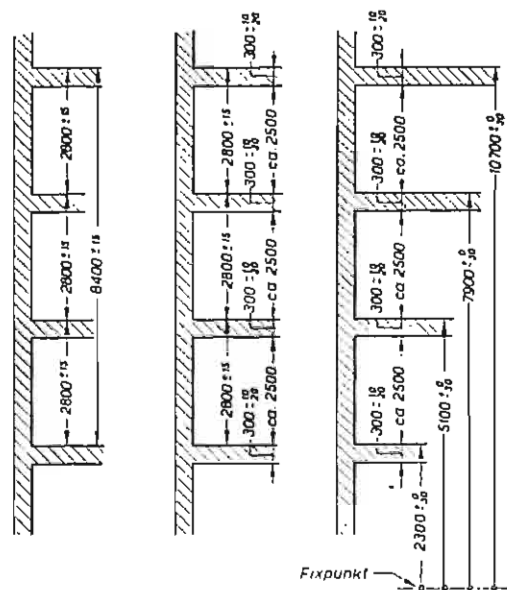


Fig. 21 (fra v.): Gal målsetning. Ufullstendig målsetning. Koordinatmålsetning.

som fremkommer som summen av avvikelserne for hvert enkelt element.

I Fig. 21 i.m. er det i noen grad rettet på dette. Feilen her er imidlertid at målsetningen vil tillate stadig større avvikelser til overkant ferdig gulv jo høyere i bygningen vi kommer. I dette eksempel vil vi ved overkant gulv måtte ha en avvikelse på $\pm 3 \times 15 = \pm 45$ mm, eller hele 9 cm forskjell mellom den største og den minste tillatte verdi.

Vil vi forhindre dette, må vi bruke en såkalt koordinatmålsetning som vist i Fig. 21 t.h., hvor man ved tillatte avvikelser angir hvert enkelt gulvs avstand fra et felles utgangspunkt.

En slik koordinatmålsetning er ikke bare nødvendig i tilfelle som dette. Den er særlig aktuell i tilfelle hvor det mellom prefabrikerte søyler i en fasade skal anbringes prefabrikerte veggelementer. Skal vi i slike tilfelle være sikker på at monteringen skjer knirkefritt, må vi først sikre oss at søylene blir plassert riktig.

Vi vil gjøre dette, ikke ved å angi deres innbyrdes avstand, men disses avstand fra et felles fikspunkt.

Er det f. eks. av estetiske eller andre grunner nødvendig at veggelementene står med en viss nøyaktighet i forhold til f. eks. tenkte midtakser, gjelder det samme for veggelementene. Også disse vil foruten med en fremstillingstoleranse måtte angis med tillatte avvikelser fra de tenkte akser.

Dette siste er det ikke tatt hensyn til i Fig. 22 hvor det for søylene både er angitt en fremstillings- og en monterings-toleranse, men for veggelementene bare en fremstillingstoleranse.

Vi ser umiddelbart av figuren at det for søylene vil være fordelaktig å bruke et basismål som betinger en symmetrisk anbrakt toleranse og for vegg-

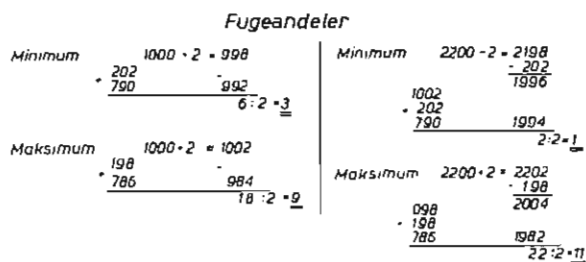
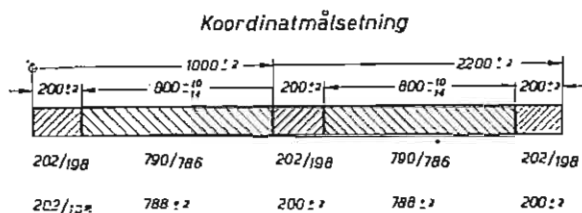


Fig. 22. Fugevariasjoner — Talleksempel.

elementene å bruke et basismål som betinger en asymmetrisk toleranse. På denne måte blir det meget lettere å kontrollere summålene. Hensikten med figuren er imidlertid ikke så meget å vise dette, som å vise hvilke følger toleranseangivelsene, dvs. fremstillings- og monterings-toleransen, har på fugevariasjonen.

Vi ser at selv med en så liten fremstillings- og monterings-toleranse som 4 mm, som forutsatt i dette talleksempel, får vi for venstre veggfelt en fuge på hver side av elementet et eller annet sted mellom 3 — 9 mm og på hver side av høyre veggfelt en som ligger mellom 1 — 11 mm.

Jeg har i dette foredrag bare rent eksempelvis sagt noe om størrelsen av de toleranser og de fuger vi vil få å gjøre med. Dette er gjort av to grunner.

For det første fordi vi i bygningsindustrien, i motsetning til hva tilfellet er i maskinindustrien, ennå ikke har tilstrekkelig kjennskap til de nøyaktigheter man arbeider med eller til de nøyaktigheter som med rimelighet kan forlanges ved utfø-

relsen av et byggearbeide og de fugevariasjoner som kan tillates. Og dernest fordi jeg har forutsatt at disse spørsmål vil bli behandlet i et av de andre foredrag på dette kursus.

Jeg kan bare helt i sin alminnelighet si at etter at vi har det teoretiske grunnlag på det rene, må det igangsettes inngående undersøkelser med henblikk på å fastslå de nevnte nøyaktigheter og unøyaktigheter for hele rekken av de materialer og de arbeidsmetoder som vi har å gjøre med i bygningsindustrien. Det er mulig at vi da vil finne frem til en matematisk sammenheng mellom den absolute størrelse av de elementer vi har å gjøre med og de tilsvarende fremstillings- resp. monterings-toleranser. Særlig sannsynlig er dette dog ikke.

Jeg har lest utenlandske avhandlinger hvor forfatteren har hevdet at de matematiske relasjoner som man er kommet frem til i maskinindustrien, uten videre skulle kunne overføres til bygningsindustrien. Personlig tror jeg at dette er helt galt og at man bør se på slike påstander med den aller største skepsis.

Til vi også for bygningsindustriens mange forskjellige materialer og materialkombinasjoner og de mange forskjellige arbeidsmetoder, gjennom et omfattende undersøkelsesmateriale har funnet frem til regler eller formler for fastsettelse av størrelsene av toleransene — slike undersøkelser er forøvrig igang i en hel rekke land — har vi intet annet å gjøre enn å behandle hvert enkelt pasningstilfelle for seg. Jeg tror imidlertid ikke det skulle volde større vanskeligheter i slike tilfelle å komme frem til et helt brukbart resultat. Det er bare én ting jeg til slutning gjerne vil pointere, nemlig nødvendigheten av at man, når omfattende undersøkelser som de jeg her nevner, blir igangsatt, legger disse an på en slik måte at de gir oss de verdier vi trenger for å kunne arbeide på det fundamentale grunnlag som jeg her har redegjort for.

Målnøjagtighed og unøjagtighed

Av civilingeniør Poul R. Andersen, København

Når den følgende rundbordssamtale har fået titlen «Målnøjagtighed og unøjagtighed», ligger der ikke heri et modsætningsforhold, men snarere en antydning af hele målproblemets natur. Et eksakt mål er en matematisk abstraktion, og en fysisk størrelse, f. eks. bredden af et rum, kan håde i teori og praksis kun fastsættes og angives indenfor et vist område. Ordene nøjagtighed og unøjagtighed bliver derved vage og ubestemte begreber, og de kan paradoksalt nok blive synonyme.

En vis nøjagtighed i byggeriet er en forudsætning for at komme bort fra det gamle princip: «Alle mål tages på stedet». Dette princip virker som en hemsko på byggeriet ved at hindre det ene fag i at tage fat, før det foregående er færdigt eller er vidt fremskredet, og desuden bevirker det, at man må udføre en række varianter af bygningsdele, som funktionsmæssigt er ens, og som mere rationelt kunne fremstilles ens.

Overholdelsen af en forud given nøjagtighed er desuden nært knyttet til de problemer, som er belyst i arkitekt Bjørktos og direktør Heibergs artikler.

Enhver standardisering — hvad enten den bygger på en modulordning eller ej — må være ledsaget af nøjagtighedsbestemmelser for de standardiserede dele. Standarddelene må være frit ombyttelige, eller — i visse grænsetilfælde — næsten frit ombyttelige.

Spørgsmålet om nøjagtighed er, som de fleste andre tekniske spørgsmål, et spørgsmål om økonomi.

Når det er blevet særlig aktuelt i de sidste år, er det fordi det, ikke mindst i sammenhæng med de nye byggemetoder, giver mulighed for en mere økonomisk fremstilling af forskellige dele af byggeriet.

Mange bygningsteknikere står usikre overfor nøjagtighedsproblemet. Hvilken nøjagtighed er det økonomisk at kræve, og hvordan får man den overholdt og kontrolleret? Er nøjagtighed simpelthen et spørgsmål om at gøre sit arbejde bedre end sædvanlig ved at ofre mere tid på det, eller ligger der teoretiske problemer i det, som kan give overraskelser?

For at belyse disse og lignende problemer har Dansk Ingeniørforenings udvalg til rationalisering

af byggeriet taget spørgsmålet om bygningsnøjagtighed — specielt for montagebyggeriet — op til undersøgelse [6], og i det følgende gives nogle af undersøgelsens væsentligste resultater og konklusioner.¹⁾ Det vil væsentligst blive betonelementers nøjagtighed, der omtales, og man vil måske mene, at det er et problem, der kun vedrører nogle ganske få, nemlig dem, der kommer til at lede produktionen af betonelementer. I virkeligheden er det et problem, som de fleste bygningsteknikere bør være fortrolige med. For det første er de principper, som omtales i det følgende, almengyldige og kan anvendes på ethvert målproblem i byggeriet, og for det andet må det erindres, at elementfabrikkerne skal arbejde efter tegninger og betingelser, som er udarbejdet af de projekterende arkitekter og ingeniører. For at fabrikkerne kan få det rigtige arbejdsgrundlag, er det nødvendigt, at de projekterende er lige så godt inde i målproblemerne som de udførende.

Man kan naturligvis finde eksempler på byggerier efter nye byggemetoder, hvor det ikke er lykkedes at overholde en passende nøjagtighed. De eksempler, der omtales i det følgende er dels eksempler på, hvorledes nøjagtigheden kan opnås med enkle midler, dels viser de fejlkilder, som ret ofte forekommer.

Hvis en genstand fremstilles i en række eksemplarer, vil målene på de enkelte eksemplarer variere lidt. afhængigt af fremstillingsmåde, materialevalg o. s. v. Hvis genstanden er fremstillet efter en tegning, hvorpå der er angivet et bestemt mål, kan man sige, at de enkelte eksemplarer har en fejl eller måske korrekte en målafvigelse, for så længe målet ligger indenfor de opgivne nøjagtighedsgrænser, er der reelt ikke fejl i ordets egentlige betydning. For kortheds skyld anvendes dog i det følgende ordet fejl for enhver afvigelse fra det opgivne teoretiske mål.

Lad os tænke os, at et støberi fremstiller en række betonelementer til etageadskillelser. For at danne os et begreb om deres nøjagtighed udvælger

¹⁾ Litteraturlisten omfatter de publikasjoner som til nå er sendt ut av Dansk Ingeniørforenings udvalg til rationalisering af byggeriet.

vi 10 tilfældige elementer og måler længden af dem. På tegningen er elementets længde angivet til 401 cm. Dette mål betegnes i det følgende som tilvirkningsmålet. Vi måler elementerne og finder, at de har længderne 401,0, 401,2, 401,3, 401,1, 401,4, 400,8, 401,1, 401,1, 401,3 og 400,7 cm. Middeltallet af disse tal er 401,1 cm. Formen har åbenbart været lidt for lang.

Forskellen mellem middeltallet og tilvirkningsmålet kaldes den ensidige fejl.

Fejlene på de enkelte elementer kan angives i forhold til tilvirkningsmålet eller til middeltallet. I det følgende vælges middeltallet, idet vi da uden videre kan anvende den almindelige fejlteori.

I årene under og efter den anden verdenskrig er der udviklet metoder til statistisk kvalitetskontrol, som muliggør en dyberegående analyse af et observationsmateriale som det, der forelægges i det følgende, men det vil være tilstrækkeligt at vi i alt væsentligt holder os til den klassiske fejlteori. Som mål for hvor meget de enkelte målte størrelser af giver fra middeltallet, anvendes middelfejlen eller spredningen, der betegnes m og er defineret som

$$m = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}}$$

hvor v er de enkelte fejl, d. v. s. den målte størrelse minus middeltallet, og n er antallet af målinger.

Grafisk kan resultatet af målingerne afbildes som vist på fig. 1. Som abscisse afsættes fejlen v og som ordinat antallet af målinger svarende til hver af de afsatte værdier af v . For et meget stort antal målinger og med meget lille afstand mellem måleværdierne går afbildningen over i den på fig. 2 viste klokkeformede kurve, der kaldes normalfordelingen eller Gauss' fordeling. Fejl, der skyldes tilfældige årsager, vil i regelen være fordelt efter denne kurve. Anvendelsen af middelfejlen, som det sker i det følgende, forudsætter normal fordeling af de målte resultater.

De samme resultater, som blev vist på fig. 1, kan også fremstilles ved fig. 3. Som abscisser afsættes igen v -værdierne, som ordinat det procentiske antal afvigelser, der er mindre end eller lig med abscisseværdien. De konstruerede punkter forbindes med den viste trappekurve, idet man fra hvert punkt går lodret ned til skæring med en vandret linie gennem det foregående punkt. F. eks. ses på figuren, at 30 % af målingerne giver større fejl end +1 mm, 10 % giver +1 mm og 60 % giver mindre fejl end +1 mm, alt i forhold til middeltallet.

Trappekurven på fig. 3 går for et meget stort antal målinger over fig. 4, der altså fremstiller normalfordelingen.

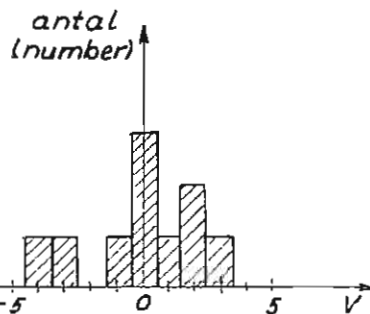


Fig. 1. Måleresultaternes fordeling om middeltallet. Afvigelserne eller fejlene er afsat som abscisse, antallet af målinger med den pågældende fejl som ordinat.

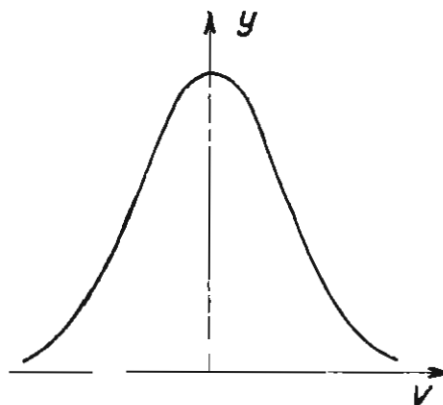


Fig. 2. Normalfordelingen eller Gauss' fordeling. For et meget stort antal målinger med små intervaller går fig. 1 over i fig. 2.

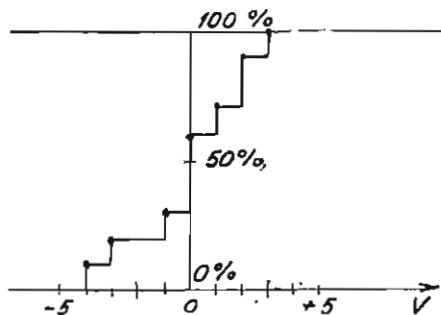


Fig. 3. Denne fremstilling viser samme måleresultater som fig. 1: Den viser, hvor mange procent af måleresultaterne, der giver en mindre eller større fejl end en given værdi v .

Fremstillingen i fig. 3 bliver umiddelbart anskuelig, hvis man tænker sig de målte elementer sorteret efter størrelse og stablet, så det ene sæt endeflader flugter (fig. 5). Det andet sæt endeflader vil da danne en trappekurve, som har samme form som trappekurven på fig. 3. Herved ses også, at en lille middelfejl, d. v. s. tætliggende måleresultater, giver stejle kurver på fig. 3 og 4, medens en stor middelfejl, d. v. s. spredte måleresultater, giver svagt hældende kurver på fig. 3 og 4.

Middelfejlen m 's betydning ses af, at 68 % af alle målinger vil ligge indenfor grænserne $\pm m$, når fordelingen er normal, 95 % vil ligge indenfor

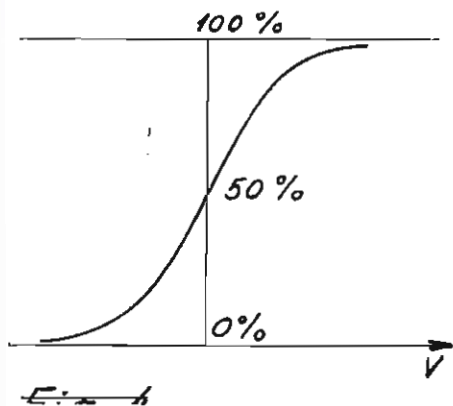


Fig. 4. For et stort antal målinger med små intervaller går fig. 3 over i fig. 4. Kurven er en fremstilling af normalfordelingen som en sumkurve.

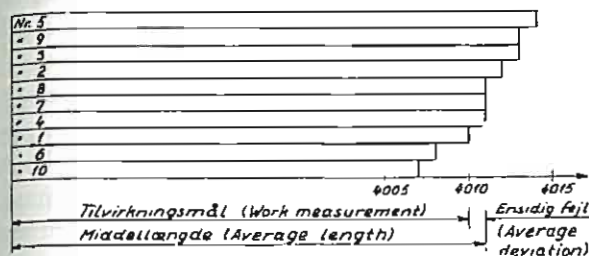


Fig. 5. Stabediagram. Måleresultaterne sorteres efter størrelse og afsættes ud fra linien til venstre. Trappekurven til højre får da samme form som kurven på fig. 3.

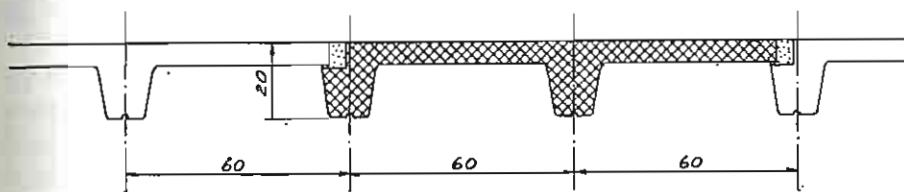


Fig. 6. Tværsnit i betonribbeplade.

grænserne ± 2 m og 99,7 % indenfor ± 3 m. I landmålingen regner man som bekendt med, at hvad der ligger udenfor grænserne ± 3 m, er en grov fejl. Man har derved 3 promille chance for at bedømme et resultat uretfærdigt, men det er uden betydning for praksis.

De fundne størrelser, middeltal og middelfejl, er naturligvis selv behæftet med usikkerhed på grund af det ringe antal målinger. En nøjere analyse af dette er mulig ved hjælp af den statistiske kvalitetskontrols metoder.¹⁾

Den nøjagtighed, som kan opnås i byggeriet i dag, kan belyses ved en række målinger, som er hentet fra DIF's undersøgelser. En væsentlig del af de resultater, der refereres, stammer fra målerækker på ensartede etageadskillelsesplader, som er støbt på forskellige fabrikker og med forskellig fremgangsmåde, så en umiddelbar sammenligning er mulig. Man skal dog vogte sig for at drage alt

for generelle slutninger af en sådan sammenligning, men det er værd at notere sig de kilder til unøjagtigheder som nævnes, da de fleste vil kunne undgå eller svækkes kraftigt, når deres eksistens er kendt ved planlægningen af produktionen.

Pladerne er ribbeplader (fig. 6), som består af en 6 cm tyk betonplade understøttet på ribber med totalhøjde 20 cm og med 60 cm afstand. Pladen er også forsynet med enderibber. Længderibberne løber ud gennem disse og danner knaster, hvorpå pladen lægges op. Med «ribbelængde» betegnes pladens længde fra knastende til knastende, «pladelængden» måles ved siden af knasterne. «Ribbetykkelsen» er pladens totale tykkelse målt fra underside af ribbe til overside af plade, og «ribbehøjden» måles fra underside af ribbe til undersiden af den tynde betonplade.

Når man måler til en mere eller mindre ujævn flade er det nødvendigt at definere nøjere, hvortil man vil måle, da resultatet ellers præges for meget af tilfældigheder. En betonflade, der er støbt mod en glat form kan nærme sig stærkt til planen med variationer på brøkdele af en mm, medens en flade, der f. eks. er afrettet med en vibratorbjælke, kan variere nogle få mm i forhold til en plan. Her er

der valgt at lægge en lineal eller plan flade på betonoverfladen, så det er de «højeste» toppe, der måles til.

For 10 elementer af typen på fig. 6, støbt i træforme, fandtes

Tabell 1.

| | Ribbelængde Alle mål i mm | | Pladelængde Alle mål i mm | |
|--|------------------------------|-------|------------------------------|-------|
| Middellængde | 4184 | 4185 | 4101 | 4103 |
| Tilvirkningsmål | 4180 | 4180 | 4100 | 4100 |
| Middeltals afvigelse fra tilvirkningsmål | + 4 | + 5 | + 1 | + 3 |
| Største afvigelse fra tilvirkningsmål | {+ 10 | {+ 12 | {+ 9 | {+ 12 |
| Største afvigelse fra middeltal | {- 1 | {- 2 | {- 5 | {- 5 |
| | {+ 6 | {+ 7 | {+ 8 | {+ 9 |
| | {- 5 | {- 7 | {- 6 | {- 8 |

Toleransen var opgivet til ± 5 mm og er altså langt fra overholdt. Der er ikke beregnet middelfejl, da en nøjere undersøgelse viser, at der er overordnede fejlkilder til stede, så fejlfordelingen ikke er normal. Formene var ret spinkle træforme på underlag af træ. Variationen i målene skyldes ikke

¹⁾ Særlig interesserede henvises til speciallitteraturen, f. eks. A. Hald: Statistisk kvalitetskontrol. Teknisk Forlag, og A. Hald: Statistiske metoder, Kbh. 1948 (samme i forbedret udg.: Statistical Theory, Wiley).

alene unøjagtigheder i selve formen, men også så ustabile samlinger, at der kan være stor forskel på elementer fra samme form.

Pladebredderne viser også utilladelig variation.

Ribbetykkelsen målt 7 steder på hver plade gav resultatet:

| | |
|---|-------|
| Tilvirkningsmål | 200 |
| Middeltallets afvigelse | + 2 |
| Middelfejl på det enkelte element | 1,7 |
| Største afvigelse fra tilvirkningsmål | { + 5 |
| | { - 2 |
| Største afvigelse fra middeltal | { + 3 |
| | { - 4 |

Her er der ikke konstateret overskridelse af tolerancen, men middeltallet plus 3 gange middelfejlen viser, at der er risiko for at finde det i det ikke kontrollerede materiale.

En opmåling af de 4 forme, hvori elementerne er støbt, viser at en tilstræbt ensidig fejl på minus 2 mm i middel på længden er overholdt. Betonens tryk under udstøbningen har udvidet formene.

Et eksempel på en meget stabil træform haves i en opmåling af 10 tagplader. Træformen var her understøttet på en stålkonstruktion og sideformene var meget svære. Tolerancen var opgivet til ± 10 mm. Måleresultatene gav:

| | |
|---|---------|
| Middellængde | 8974,2 |
| Tilvirkningsmål | 8980,0 |
| Middellængdens afvigelse | - 5,8 |
| Middelfejl på det enkelte element | 1,1 |
| Største afvigelse fra tilvirkningsmål | { - 4 |
| | { - 7 |
| Største afvigelse fra middeltal | { + 1,8 |
| | { - 1,2 |

Det ses, at alle de målte størrelser ligger indenfor et ganske lille område af toleranceområdet og ligger skævt i det. En sådan placering kan være uhensigtsmæssig, men resultaterne viser, at formene har været af en udmærket og stabil konstruktion.

Når der er talt om spinkle træforme, hentydes der til dimensioner af samme størrelsesorden som ved sædvanlige forme til betonstøbning. En elementform af træ kan næppe udføres tilfredsstillende, med mindre dimensionerne er to—tre gange så svære. Der må tages hensyn til den måde, træet kaster sig på, til samlingernes mekaniske egenskaber, deres modstandsdygtighed overfor slid og deres mulighed for rensning, og der må gives en passende overfladebehandling af træet for at hindre vandopsugning og eventuelt vælges særligt egnede træsorter.

En anden produktion af plader af typen på fig. 6 foregik i betonforme. En form består normalt af

en bundform, sideforme og endeforme. Når det tales om betonforme, er det bundformen der er udført af beton, medens sideforme og endeforme i regelen er af stål eller træ. I dette tilfælde bestod sideformene af meget stive stålprofiler, som blev boltet fast til underformen og desuden havde et anslag på denne. Nogle af pladens mål vil være bestemt af stålsideformene og disses samlinger, andre af den faste betonbundform.

Til den første gruppe hører længder og bredder. For 10 elementer fandtes:

Tabell 2.

| | Ribbelængder | Pladelængder |
|---|--------------|--------------|
| Middellængde | 4099 | 4028 |
| Tilvirkningsmål | 4100 | 4020 |
| Middeltallets afvigelse | - 1 | + 8 |
| Middelfejl på det enkelte element | 1,7 | 2,0 |
| Største afvigelse fra tilvirkningsmål | { + 3 | { + 12 |
| | { - 3 | { + 3 |
| Største afvigelse fra middeltal | { + 4 | { + 4 |
| | { - 2 | { - 5 |

Tabell 3.

| | Pladebredder | | |
|---|--------------|-------|-------|
| Middelbredde | 1226 | 1229 | 1227 |
| Tilvirkningsmål | 1226 | 1226 | 1226 |
| Middeltallets afvigelse | 0 | + 3 | + 1 |
| Middelfejl på det enkelte element | 1,5 | 1,6 | 1,0 |
| Største afvigelse fra tilvirkningsmål | { + 2 | { + 5 | { + 3 |
| | { - 3 | { + 1 | { 0 |
| Største afvigelse fra middeltal | { + 2 | { + 2 | { + 2 |
| | { - 3 | { - 2 | { - 1 |

For pladelængdens vedkommende var der på forhånd givet tilladelse til at afvige fra det opgivne mål 4020. Afvigelsen + 8 mm hør derfor ikke betragtes som en fejl.

Når det erindres, at 5 % af måleresultaterne ligger udenfor området ± 2 m og 3 % udenfor ± 3 m, ses det, at produktionen gennemgående opfylder de stillede tolerancekrav ± 5 mm, men at der dog er en vis risiko for at træffe resultater udenfor de tilladte. For det begrænsede materiale 10 stk. har det dog ikke været tilfældet med det nævnte forbehold vedrørende pladelængderne. Kombinationen af ensidig fejl og middelfejl ligger lige over det tilladelige. Med en lille reduktion ville man have det helt tilfredsstillende resultat.

| | |
|---|-------|
| Middeltal | 203 |
| Tilvirkningsmål | 200 |
| Middeltallets afvigelse | 3 |
| Middelfejl på det enkelte element | 1,6 |
| Største afvigelse fra tilvirkningsmål | { + 7 |
| | { 0 |
| Største afvigelse fra middeltal | { + 4 |
| | { - 3 |

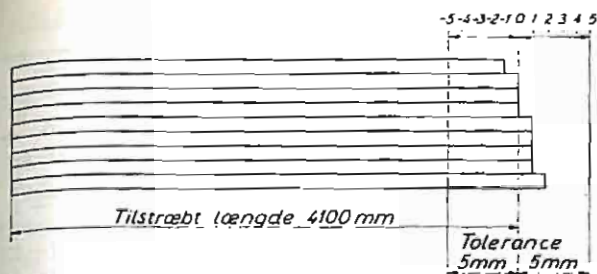


Fig. 7. Længden af 9 ribbeplader fra samme betonform med stålsideform.

Beregningen af en middelfejl er ikke korrekt i dette tilfælde, idet der er en overordnet fejlkilde, altså ikke tilfældig fordeling af fejlene: der er en tendens til, at alle målene fra en bestemt plade har en bestemt overstørrelse. Det skyldes ikke, at sideformen har været for høj. Den var nøjagtig 200 mm. Forholdet er let forklarligt ud fra støbemetoden. Formen fyldes med beton, som rettes af med en bjælkevibrator, som trækkes hen over elementet styret på sideformene. For at vibratoren kan have noget at rette af, fyldes der lidt for meget beton i formen. Vibratoren skyder da en bølge af beton foran sig, men da beton under vibration opfører sig som en vædske, skyder der også en bølge op bag vibratoren, og dermed er højden blevet for stor.

Et forhold af denne art bør tages i betragtning ved formkonstruktionen. En overhøjde på 3 mm i gennemsnit forekommer måske de fleste betonfolk ligegyldig, men det er værd at bemærke, at udover de vanskeligheder, som opstår i montagearbejdet, hvis de givne tolerancer ikke overholdes, betyder disse 3 mm dog et materialespild på ca. 1 kr. pr. element à 5 m², eller nok til å betale hele den målkontrol, som til enhver tid vil kunne give næsten fuldstændig sikkerhed for, at produktionen er i orden.

Stabiliteten af stålsideformene illustreres ved længden af 9 elementer, som er støbt i samme form. Længderne er vist på stabeldiagrammet fig. 7. Den største afvigelsen fra middeltallet, som for denne form tilfældigvis er lig tilvirkningsmålet, er plus 2 mm og minus 1 mm. Middelfejlen er kun 0,8 mm.

De mål, der er bestemt af betonformen alene, har stor interesse som udtryk for betonformens egen-skaber. Der er derfor kontrolleret 9 elementer, som er støbt i samme betonform. De mål, der er bestemt direkte af betonbundformen, er ribbeafstand og ribbehøjde. Målene var identiske de samme for de 9 elementer, afvigende 2 mm fra tilvirkningsmålene.

De samme størrelser blev bestemt for 10 elementer fra betonforme, der var støbt over samme matrice. Ved fremstillingen af betonforme udføres først en model af træ eller gips, i dette tilfælde af gips.

Over modellen støbes en betonmatrice, og over denne igen formene. Ved kontrollen af elementer fra forskellige forme støbt over samme matrice fandtes igen identisk samme mål. Afvigelsen fra tilvirkningsmålene var for afstanden 0 mm og for højden + 1 mm. Dette vil sige, at man ved at ofre den fornødne omhu på fremstillingen af model og matrice har et middel til at opnå en meget høj grad af nøjagtighed.

Betonbundforme kan også kombineres med sideforme af træ. Bredden af 8 ribbeplader af en anden konstruktion end den hidtil omtalte blev kontrolleret. Sideformene var af svært tømmer og blev boltet fast til bundformen med tætsiddende bolte.

Kontrollen gav:

| | |
|---|---------|
| Middelbredde | 1205,4 |
| Tilvirkningsmål | 1202,0 |
| Middelbreddens afvigelse | + 3,4 |
| Middelfejl på det enkelte element | 0,23 |
| Største afvigelse fra tilvirkningsmål | { + 3,5 |
| | { + 3,0 |
| Største afvigelse fra middeltall | { + 0,1 |
| | { - 0,4 |

Des ses af variationen på målene, at formen har været særdeles stabil, men man har ikke fundet det nødvendigt at bringe den ensidige fejl tilsvarende stærkt ned.

Stålforme er ikke altid enbetydende med nøjagtige forme. En produktion af ribbeplader af typen på fig. 6 foregik i stålforme, som var udført af 2 mm plade. Sideformene var ret ustabile. De var bukket af plade i stedet for at være understøttet på et stift stålprofil, og fabrikationen af formene havde været for unøjagtig.

For 10 elementer fandtes følgende:

Tabell 4.

| | Ribbelængde Alle mål i mm | | Pladelængde Alle mål i mm | |
|---|------------------------------|--------|------------------------------|-------|
| Middellængde | 4103 | 4095 | 4025 | 4016 |
| Tilvirkningsmål .. | 4100 | 4100 | 4020 | 4020 |
| Middeltallets afvigelse | + 3 | - 5 | + 5 | - 4 |
| Middelfejl på det enkelte element | 5 | 5 | 6 | 3 |
| Største afvigelse fra tilvirknings- mål | { + 9 | { + 1 | { + 15 | { + 2 |
| | { - 4 | { - 16 | { - 3 | { - 7 |
| Største afvigelse fra middeltal .. | { + 6 | { + 6 | { + 10 | { + 6 |
| | { - 7 | { - 11 | { - 8 | { - 3 |

De store middelfejl viser, at formene har været for elastiske og samlingerne ikke tilstrækkeligt solide.

Den variation, man finder på elementmålene, skyldes i de fleste tilfælde formsamlingerne, og dette

Tabell 5.

| Alle mål i mm | Længde | | Bredde | | Tykkelse | |
|---|--------------|------------------|--------------|------------------|------------------|------------------|
| | a | b | c | d | e | e |
| Middeltal af målinger | 2450 | 366 | 367,5 | 81 | 81 | 81 |
| Tilvirkningsmål | 2450 | 365 | 365 | 80 | 80 | 80 |
| Middeltalets afvigelse | 0 | + 1 | + 2,5 | + 1 | + 1 | + 1 |
| Middelfejl på det enkelte element | 1,8 | 1,6 | 1,5 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| Største afvigelse fra tilvirkningsmål | { + 4 - 5 | { + 3,0 - 0,5 | { + 5 - 2 | { + 6 0 | { + 2,5 - 1,0 | { + 2,5 - 1,0 |
| Største afvigelse fra middeltal | { + 4 - 5 | { + 2,0 - 1,5 | { + 4 - 3 | { + 3,5 - 2,5 | { + 1,5 - 2,0 | { + 1,5 - 2,0 |

betyder igen, at der ikke er væsentlig forskel på fejlene for store og små elementer. Der er ingen grund til at lade nøjagtighedskravene variere meget efter elementstørrelsen.

Ribbetykkelsen for de undersøgte plader viser sig at variere med pladenummer og målested, d. v. s. den er ikke normalt fordelt, og der er derfor ikke beregnet nogen middelfejl på den. Den gennemsnitlige fejl er - 5 mm og de største konstaterede afvigelser fra tilvirkningsmålene er + 6 og - 13 mm. Det er karakteristisk for denne produktion, at pladerne bliver for tynde, medens de tidligere omtalte plader støbt i betonforme blev for tykke. Støbningen foregår her på vibrationsbord, og der foretages ikke nogen særlig omhyggelig afretning, idet betonen under vibration er tilstrækkelig bevægelig til at stille sig vandret som en vædske. For at «betonvædsken» ikke skal flyde ud over kanten, er folkene tilbøjelige til at fylde for lidt i. Tykkelsen bliver stærkt afhængig af den ifyldte betonmængde, og det ses tydeligt under vibreringen, at pladen ikke bliver lige tyk over det hele, dersom formen ikke står nøjagtigt vandret.

Den unøjagtighed, som er illustreret med de foregående målinger, er naturligvis ikke karakteristisk for stålforme, men kun for elastiske forme med ustabile samlinger.

En opmåling af 63 vægelementer støbt i stålforme gav følgende resultater, idet længden blev målt langs den ene side, bredden i begge ender og tykkelsen i begge ender af en langside.

Elementerne blev støbt stående på den ene smalle side, således at den resulterende bredde er et resultat af en afretning. Bredderne er blevet for store, sandsynligvis af en lignende årsag som ved tykkelserne af etagepladerne fra betonforme. De små fejl viser, hvad der vil kunne opnås med en almindelig veludført stålform.

De mål, der har været omtalt i det foregående, har alle været længdemål, men der er andre mål, der er lige så vigtige. Elementerne kan have en vinkelafvigelse, eller de kan være vindskæve. Et element som vist fuldt optrukket på fig. 8 kan, selv om alle konstaterede længdemål er rigtige,

være skævt, og det kan give lignende problemer ved montagen som forkerte længdemål.

Det er ret vanskeligt at fastsætte bestemmelser om en sådan vinkelafvigelses tilladelige størrelse. Det samme gælder vindskævheder, d. v. s. det fænomen at f. eks. en plade ikke er plan men svagt skrueformet ell. lign. I mange tilfælde vil «kassedefinitionen» være tilstrækkelig. Denne siger, at elementet fuldstændig skal kunne omslutes af en figur, hvis begrænsende flader ligger den halve tolerance (en fjerdedel af toleranceområdet) uden for den teoretisk rigtige figur, og at elementet skal kunne omslutte en anden figur, hvis begrænsende flader ligger den halve tolerance inden for den teoretisk rigtige figur.

Bestemmelsen er geometrisk korrekt og kan anvendes i tvivstilfælde. Den er lidt vanskelig at administrere, fordi det kan være svært at konstatere, om elementet ligger indenfor grænserne, men i de fleste praktiske tilfælde vil man ud fra kassedefinitionen kunne opgive nogle geometriske bestemmelser, f. eks. hvor stor forskel der må være på diagonalerne. Disse bestemmelser må naturligvis tage hensyn til, om elementet som helhed ligger i nærheden af en tolerancegrænse. I så tilfælde kan der kun tillades en ganske lille vinkelafvigelse eller vindskævhed. Hvis elementets længdemål derimod ligger i nærheden af tilvirkningsmålene, kan der

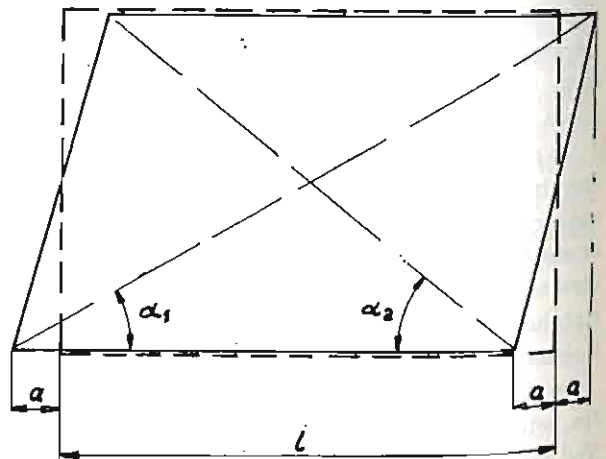


Fig. 8. Vinkelafvigelse på element med korrekte længdemål.

tillades så stor vinkelafvigelse, at den ene side af elementet kommer ud til den ene tolerancegrænse og den anden side til den anden grænse.

Der har ikke i de produktioner, vi her har beskæftiget os med, været særlige problemer med vinkelafvigelserne, men i andre tilfælde har man været ude for elementer, som, skønt længdemålene var rigtige, havde så store skævheder, at det gav vanskeligheder ved montagen.

Vindskævheden er blevet opmålt for de etageribbeplader, som er omtalt i det foregående. En plade af denne art har ikke nogen særlig stor vridningsstivhed, og de skævheder, der har interesse er kun dem, der viser sig ved montagen. Pladerne er da ved kontrollen blevet understøttet så nær tre af de fire hjørner som muligt, nivelleret, derefter er en understøtning flyttet til det sidste hjørne, og pladen er atter nivelleret. Kun hvis pladen ikke ved nogen af disse understøtningsmåder kan vride sig, så den bliver plan, betragtes den som vindskæv, og som mål for vindskævheden opgives det ene hjørnes afvigelse fra den vandrette plan gennem de tre andre hjørner for den understøtningsmåde, der giver det gunstigste resultat.

For pladerne fra træforme var der en gennemsnitlig vindskævhed på 2 mm med en middelfejl på 2,6 mm. Der blev konstateret fejl på + 2 mm til - 7 mm i forhold til det tilstræbte, d. v. s. at nogle af pladerne lå og vippede, til de blev sammenstøbt med den øvrige konstruktion.

For pladerne fra betonforme var der en middel vindskævhed på 2,5 mm, men kun en middelfejl på 1 mm, d. v. s. at elementerne lignede hinanden, men havde en karakteristisk fejl, som enten må skyldes forkert opstilling af formene, eventuelt atter forårsaget af en skæv matrice, eller forkert lagring. Lagringen er ofte årsag til vindskævheder. I en produktion af elementer, som har været rigtige ved støbningen, kan der ved uhensigtsmæssig lagring opstå krybnings- og svindfænomener. For meget tynde plader, 5-6 cm eller mindre, er svindfænomener et af de vanskeligste problemer at beherske for betonelementfabrikkerne. De to sider af et element har aldrig fuldstændig samme betingelser under lagringen, og det medfører at pladerne krummer, mere jo tyndere pladen er.

Pladerne fra stålforme havde en middel vindskævhed på 2 mm og en middelfejl på 3,9 mm.

Samtidig med kontrollen af vindskævheder blev pilhøjden til midten af ribberne efterprøvet. Disse resultater ændrer ikke indtrykket af formene.

Inden vi forlader elementfabrikationen, er der grund til at hæfte sig ved afsætning af huller og indstøbning af bolte o. lign. De foretagne undersøgelser viser, at disse arbejdsoperationer kan ud-

føres med en lignende nøjagtighed som gælder elementfabrikationen i det hele taget ved anvendelse af gode forme, men i mange tilfælde blev der fundet betydelige fejl på afsætningen, helt op til 4 cm. Der har i disse tilfælde ikke været ofret tilstrækkelig opmærksomhed på problemet. På den anden side viser det sig også, at man i visse henseender kan opnå en meget stor nøjagtighed ved afsætninger, f. eks. når flere bolte fastholdes af samme skabelon. Fejlene på den indbyrdes afstand kan da blive mindre end en mm. Det må være en ufravigelig regel, at der ved enhver afsætning eller indstøbning foretages en fastspænding enten direkte til formen eller ved hjælp af en skabelon, så der for det første ikke indføres fejl ved forkert målafsætning, og der for det andet ikke sker en forskydning af den indstøbte genstand under betonens ifyldning og bearbejdning.

Både for producenten og for den eventuelle kontrollant melder spørgsmålet sig: Hvorledes bør man kontrollere en elementproduktion?

Det kan gøres ved tilfældigt udtagne stikprøver, men en stikprøve siger ikke stort andet end om det tilfældige element, man undersøger, kan godkendes eller skal kasseres. Ved en systematisering af kontrollen kan man få væsentlig sikrere oplysninger om produktionen, og man kan tilmed indskrænke det samlede kontrolarbejde.

Kontrollen kan f. eks. tilrettelægges med udtagning af serier på 10 elementer. Af disses måleresultater beregnes middeltal og middelfejl, og herudfra bedømmes risikoen for at en del af produktionen falder uden for toleranceområdet, selv om noget sådant ikke er konstateret i selve kontrolserien. Eksempelvis erindres om, at 5 % af resultaterne ved normal fordeling afviger mere end 2 gange middelfejlen fra middeltallet, men kun 3 ‰ mere end 3 gange middelfejlen.

For en egentlig masseproduktion findes hurtigere og enklere regler, der giver en advarsel, når der er noget galt med produktionen, men herom og om en nøjere analyse af de antydede kontrolproblemer må særlig interesserede henvises til den tidligere omtalte speciallitteratur.

De hidtil refererede undersøgelser har udelukkende drejet sig om betonelementer. De problemer, som vedrører overholdelsen af en given tolerance, er nye for de fleste betonfolk, og man har ikke gjort sig klart, hvilke betingelser der må opfyldes, for at tolerancen ikke overskrides.

For selve råbygningens vedkommende adskiller problemerne ved et montagebyggeri sig ikke meget fra de problemer, der eksisterer ved opførelsen af ethvert hus. Man har mulighed for at opnå en større nøjagtighed ved anvendelse af passende materiel

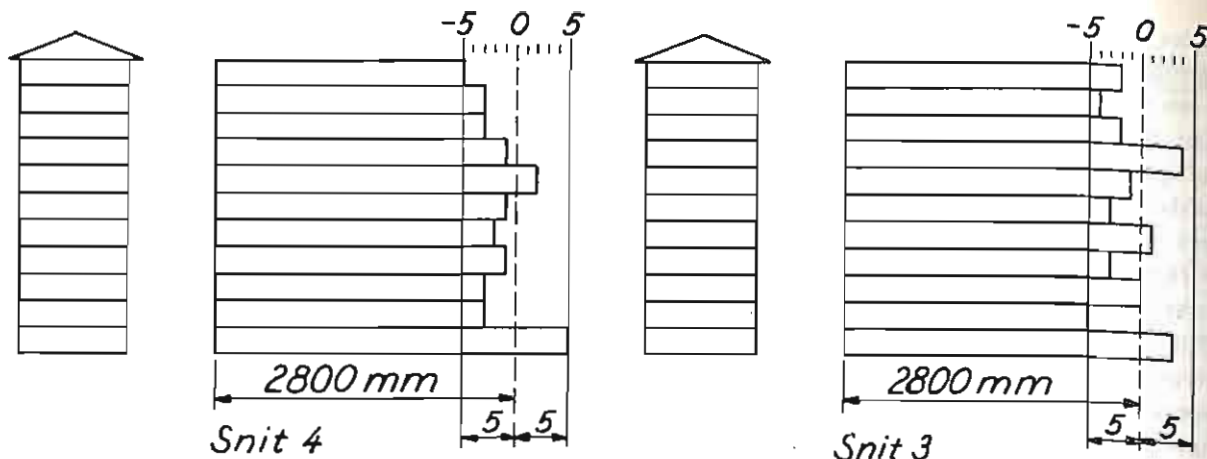


Fig. 9. Etagehøjder i et højhus.

og montagemetoder og ved fornuftige afsætningsmetoder, som hindrer fejlophobning.

Nogle få måleresultater vil illustrere mulighederne. De stammer fra et 13 etagers højhus med bærende tværvægge af beton støbt på stedet i stålforme og med præfabrikerede etageadskillelser og facader.

Vægttykkelsen blev sikret ved, at de to sider af stålformen blev fastholdt mod hinanden ved hjælp af gennemgående bolte med et anslag. Tilvirkningsmålet var 200 mm. Den ensidige fejl var $+ 1$ mm og middelfejlen 1 mm. Alle de fundne fejl ligger mellem 0 og $+ 3$ mm.

Tilvirkningsmålet for vægafstandene var skiftevis 4,00 m og 2,80 m. De lange fag havde en ensidig fejl på $+ 3$ mm, de korte 0. Huset som helhed var afsat nogle cm for langt. Middelfejlen på de to faglængder var 3,7 mm og 3,3 mm. Der er kun konstateret en enkelt fejl, som er større end den foreskrevne tolerance ± 10 mm.

Etagehøjderne blev kontrolleret fire steder ved måling til undersiden af dækket. Bygningen havde to trapperum med elevatorskakt. Målene var ved opførelsen ført op i skakten, og der blev kontrolleret i en passende afstand til begge sider for skakten. Fig. 9 viser en grafisk fremstilling af resultaterne. De to målinger ved den ene skakt havde en ensidig afvigelse på 1 mm og en middelfejl på 2,8 mm. Ved den anden skakt er den ensidige fejl omtrent den samme, men middelfejlen dobbelt så stor. Så vidt det kan konstateres, er forklaringen på denne forskel, at målene er ført op i den ene skakt, og der er derefter nivelleret ud over hele etageadskillelsen herfra, altså en væsentlig længere strækning

til punkterne i nærheden af den anden skakt. Der var ikke foreskrevet tolerancer på etagehøjden, men det kan sluttes ud fra målingerne, at man med rimelighed kan forlange en tolerance på ± 10 mm overholdt på et byggeri af den omhandlede art.

Det uddrag, som her er givet af DIF's rationaliseringsudvalgs rapport, har til hensigt at illustrere, hvilke principper man bør gå frem efter, når man vil vurdere, om man ved en bestemt teknik opnår det tilsligtede resultat. Det skulle tillige illustrere, hvilken nøjagtighed det vil være rimeligt at anvende med den støbe- og montageteknik, som står til vor rådighed i dag.

Litteraturliste

Samtlige arbejder i den efterfølgende opstilling er utgitt i serien Montagebyggeri av Dansk Ingeniørforening, Byggrasjonaliseringsudvalget, på Teknisk Forlag, København.

1. Andersen, H. O. Sonne: Skiver opbygget af elementer. 1956. 8 s. Er også publiceret i: Ingeniøren 1956, nr. 30, s. 598—605.
2. Egeskjold, M.: Kuldebroer. 1956. 46 s.
3. Modulordningen. 1956. 9 s. Er også publiceret i: Byggeindustrien, 1956, nr. 1, s. 3—10.
4. Fuger. Samling af elementer, specielt betonelementer. 1957. 54 s.
5. Rasmussen, B. H. og K. Nommesen: Koncentrerede belastninger på bjælker med rektangulært, konstant tværsnit. 1956. 26 s. Er også publiceret i: Bygningsstatistiske meddelelser, 1956, s. 199—238.
6. Byggeriets nøjagtighed. Statistik, målinger fra praksis, betonelementer, forme, råbygningen. 1956. 180 s.
7. Egeskjold, M.: Fugttransport i ydervægge. 1957. 34 s.
8. Facadeelementers rationelle opbygning og virkemåde. 1957.
9. Montagebyggeriet idag. 1957. 120 s.

Målnøyaktighet og unøyaktighet

Målsetting av tegninger og utsetting av mål på byggeplassen

Referat fra rundebordskonferanse under ledelse av professor Hans Granum,

Norges tekniske høgskole

Rundt bordet satt følgende:

Civilingeniør Poul R. Andersen, c/o ing. P. E. Malmstrøm, København.

Arkitekt Geir Grung, Oslo.

Sivilingeniør Knut Strom Gundersen, c/o firma Gundersen & Løken, Oslo.

Sivilingeniør Hartvig Quale, c/o firma F. Selmer A/S, Oslo.

Sivilingeniør Otto Ruge, c/o firma Astrup & Aubert A/S, Oslo.

Sivilingeniør Nils-Jacob Wiig, Norges tekniske høgskole, Trondheim.

De spørsmål som er satt opp i programmet, faller i tre grupper. Den første er «Målnøyaktighet og unøyaktighet». Det civilingeniør Andersen har sagt, kommer stort sett under denne gruppen. Det neste er «Målsetting av tegninger», og det tredje «Utsetting av mål på byggeplassen». Disse spørsmålene griper selvfølgelig nokså sterkt inn i hverandre. Det er derfor ikke mulig å behandle dem helt atskilt, og det skulle heller ikke være nødvendig. Men i den utstrekning det er mulig, skal vi forsøke å holde dem fra hverandre. Vi vil starte med å diskutere *utsetting av mål på byggeplassen*. Dette spørsmålet vil vi dele i tre undergrupper, nemlig:

1. Metoder for utsetting av mål på byggeplassen.
2. Måleverktøy.
3. Hva vi kan gjøre for å hedre målnøyaktigheten?

Vi vil begynne med å se på typiske metoder for utsetting av mål, både hovedmål og detaljmål i horisontal- og vertikalplanet. Vi har to entrepenørrepresentanter her, og jeg vil først be sivilingeniør Quale fortelle litt om sine erfaringer.

Sivilingeniør Quale: Her i byen er det vanligvis Oppmålingsvesenet som avsetter eller oppgir fasadelinjer og eventuelle hjørner. Jeg mener det er farlig å benytte den gamle metoden med å sette opp noen bord og salinger med noen spikrer på.

Det er viktig at man har fastmerker på byggeplassen som kan kontrolleres og som må være ubevegelige. I leirgrunn eller annen teleskytende grunn, anser jeg det nødvendig ved to hjørner, godt utenfor gravelinjen, å sette ned betongfundamenter telefritt med en plugg og kryss i, og få kontrollert av Oppmålingsvesenet at man setter pluggene slik at de ligger i fasadelinjen. Dette bør helst gjøres for den viktigste fasadelinje. Man har da et sikkert utgangspunkt. Man nivellerer samtidig inn disse pluggene og kan da, hvis det foregår peling eller større utgraving i tomten, fra tid til annen nivellere tilbake til nærmeste fastmerke.

Har man denne linjen, er det bare en enkel målesak med stålbandmål å måle seg ut til hjørnepunktene, og derfra med tachymeter slå de rette vinkler, så har man konturene av bygget. For tiden oppfører vi Philips-bygget oppe ved Majorstua. Der var det meget ustabil grunn, og det viste seg at vi har hatt en liten bevegelse av fastmerket på grunn av pelingen. Vi har derfor holdt det stadig ajour med fastmerket oppe i Sørkedalsveien.

Når det gjelder videre oppmåling, er det meget viktig at man får høydene så nøyaktige som mulig, og slik at eventuelle feil ikke oppsummerer seg i bygget. Vi har gjort det slik at vi har satt inn en jernplugg 1 m fra hver side av hjørnet. Over denne har vi satt utsparingsåpninger som går gjennom hvert dekke oppover, og så målt med stålband i hvert hjørne opp. Om man derfor skulle få en liten feil i en etasje, så er det en helt annen måling som bestemmer neste etasje. På denne måten får vi satt av de forskjellige høydene i hjørnene. Når vi siden har lagt ut forskalingen, har måleteknikerne brukt kikkert mellom disse høydene.

I et større bygg er det etter min mening nødvendig å ha en måletekniker som ene og alene har ansvaret for utsettingen, og samtidig at også hans mål med visse mellomrom kontrolleres av en uhildet tredjemann, f. eks. fra et målefirma.



Fig. 1. Museumsbygging ved De Sandvigske Samlinger, Lillehammer.

Flere detaljer ved utførelsen kunne man kanskje komme nærmere inn på siden, men i store trekk kan man vel si at jo mer man går over til ferdigstøpte elementer, jo mer forlanger man at utførelsen på byggeplassen skal være nøyaktig.

Professor Granum: Kanskje sivilingeniør Ruge kunne supplere Quale og komme med sin erfaring angående utsetting av mål. Er det noen spesielle ting De ønsker nevnt i denne forbindelse?

Sivilingeniør Ruge: Vi har for tiden under oppførelse to bygg. Det ene kan nærmest karakteriseres som halvt elementbygg; det er Fellesbygget på As. Det andre er et rent elementbygg, nemlig nybygget for Norges Elektriske Materiekkontroll. Vi har der lagt stor vekt på ikke å spare noen omkostninger for å få nøyaktigheten så stor som mulig. Vi er kommet til at selv ved et tradisjonelt byggverk av en viss størrelse, bør man ha en egen formann til å lede forskalingslaget. Han blir på en måte en overbas for forskalingslaget. Økonomisk har man ham delvis betalt ved at mye av den dagtiden som ellers en normal forskalingsbas vil ha, kan brukes til å betale hans månedsgasje. Man er da sikker på at den nøyaktighet som forskalingsarbeidet blir utført med, blir vesentlig større når denne uhildete mann, som ikke betales av akkorden, følger det hele opp.

På Fellesbygget på As er det bærende, prefabrikerte søyler, som står i en avstand av 1,25 m. Det er ca 40 slike søyler etter hverandre. For å være helt sikker på at disse står plassert nøyaktig, vil vi på bygget legge en hjelpebasislinje i en viss avstand utenfor byggelinjen. Når man så monterer en søyle, skal man ha et konstant avsett fra hjelpebasislinjen til sentret av søylen. Skal man sikte over flukten av søylene, vil det uvegerlig komme unøyaktigheter. Sivilingeniør Quale var inne på at salinger er unøyaktige, og jeg vil også støtte opp om at man aldri må stole på salinger. Man skal ikke se bort fra at man har behov for å ha salinger på en byggeplass, men i så tilfelle må man ofte kontrollere deres nøyaktige beliggenhet ut fra fastmerkene som sivilingeniør Quale var inne på.

Professor Granum: Jeg vet at arkitekt Grung har et par bygg gående, som stiller meget store krav til målnoyaktigheten, og hvor det, så vidt jeg skjønner, er brukt spesielle metoder. Vil De fortelle ganske kort om dette?-

Arkitekt Grung: Vårt første bygg med aksemål var Økern Aldershjem. (Fig. 8 og 9.) Der var det ganske begrenset bruk av elementer, fordi vi hadde svært lite kjennskap til den nøyaktighet vi kunne oppnå med målsettingen. Der ligger aksene i 2,75 m i jevne avstander i begge retninger. Denne form gir en lite smidig plan, og jeg gikk da over til ved Maihaugen, De Sandvigske Samlinger, å bruke et noe annet utgangspunkt. Vi hadde konstruksjonsaksler og dessuten de individuelle aksene, som kunne dekke de forskjellige planmessige behov. Vi la der et fastmerke i terrenget innenfor bygningen, og gjennom fastmerket ble der da stukket opp en basislinje som ble direkte fiksert i terrenget ved hjelp av en stålkabel. Bygget er ganske lavt, og vi hadde ingen tekniske vanskeligheter med å få plasser denne over bygningen. Derifra stakk vi ut konstruksjonsaksene i ca 3,50 m avstand gjennom hele basislinjen. Vi hadde da et bestemt utgangspunkt. Når vi loddet fra basislinjen brukte vi olje for at ikke loddet skuldet slingre i vinden. For at ikke temperaturen skulle innvirke på basislinjen, ble alle målene satt ut på en dag, og vi satte faste merker i terrenget til bruk for senere målsetting.

Professor Granum: Arkitekt Grung var inne på bruk av olje for utsetting av loddlinjer. Det fører oss naturlig over i spørsmålet om de forskjellige typer av måleverktøy som brukes: nivellerkikkert, målestenger, målebånd, tomrestokker, lodd, vater, teodolitter osv. Vi har en instrumentmann med oss her, sivilingeniør Strøm Gundersen, og jeg vil be ham fortelle litt om den nøyaktighet man kan gjøre regning med sett fra selve måleverktøys side.

Sivilingeniør Strøm Gundersen: Når det gjelder måleverktøy, så var det kanskje greiest å begynne med nivellerkiketter. Det er i grunnen det som kommer til anvendelse først på en byggeplass, og

det fins et utall av forskjellige typer. Det bare gjelder å velge den type som egner seg til formålet.

Med hensyn til nivelleringsinstrumenter kan man oppnå en meget stor nøyaktighet på de såkalte presisjonsinstrumenter. Man inndeler som kjent, disse i forskjellige klasser, og da går man gjerne ut fra den midlere nivellementsfeil pr. km for vedkommende instrumenttype. De instrumenter som bør brukes til å utsette de virkelige fastmerker på bygget, bør være presisjonsinstrumenter. Da kan man regne med en type med f. eks. en midlere nivellementsfeil pr. km på ± 1 til ± 4 mm. Et slikt instrument skulle dekke meget godt de virkelige viktige målinger på et bygg. Til vanlig utsetting av høyder bør man bruke en type med en midlere nivellementsfeil pr. km på fra ± 4 mm og oppover til $\pm 8-9$ mm.

Jeg støtter fullt ut sivilingeniør Quale når han snakker om at det burde være en tekniker som står for de viktige målinger. Instrumentene bør justeres med visse mellomrom, så man virkelig kan stole på dem.

Når det gjelder stålbandmål, er det mange typer i handelen med stor forskjell i nøyaktighetsgraden. Jeg kan bare kort nevne hvorledes slike stålbandmål blir kontrollert. Det skjer vanligvis på plant underlag med 5 kg strekk. Båndmål med større tverrsnitt blir kontrollert med 10 kg strekk ved 20° C. Toleransen der er nokså stor, og man regner at man har et meget godt stålbandmål hvis det har en toleranse på ± 1 mm pr. 20 m. Det kan ofte gå opp i både 4 og 5 mm på 20 m. Korreksjonstabeller for disse målebåndene kan man få i Justerveesenet her i Oslo, som setter opp en korreksjonsskala \pm for hver meter oppover, så man siden kan korrigere sine målinger selv.

Ofte måler man med fritthengende bånd, og man må da selvsagt ta pilhøyden i betraktning. Denne vil gi en reduksjon av $8/3 P^2 : L$. P er pilhøyden. Dette må man ta i betraktning hvis man måler større lengder.

De vanlige stålbandmål har en varmeutvidelseskoeffisient på 0,000011. Jeg vil illustrere hva dette betyr ved et eksempel: Hvis man har en måling på 100 m med båndmål som er justert ved 20° C, mens målingen utføres f. eks. ved 0° , så vil temperaturforskjellen bevirke en feil på 23 mm. Hvis man vil måle med nøyaktigere bånd, må man gå over til invar; men det blir å måle ved hjelp av strenger, og det er ikke så hensiktsmessig på en byggeplass.

Professor Granum: Det er bare et lite spørsmål til. Jeg forstår at man kan få justert målbånd i

Justerveesenet. Er det en billig affære, og er det nødvendig å ta den betryggelsen?

Sivilingeniør Strøm Gundersen: I mange tilfelle mener jeg det er nødvendig. Når det er viktige mål man skal kontrollere til stadighet, bør man alltid ha et stålbandmål som man kan stole på. Justeringen koster ca. 1 kr. pr. m.

Professor Granum: Utsetting av vertikale linjer er meget viktig, og de instrumenter som brukes til dette, er ytterst enkle. Jeg vil spørre om sivilingeniør Quale kunne si noe om dette. Er loddet et tilstrekkelig pålitelig måleverktøy?

Sivilingeniør Quale: Loddet er jo det som iallfall snekkerne og håndverkerne har som sitt første og nær sagt eneste presisjonsverktøy, og jeg tror det er vanskelig å finne et enkelt optisk lodd som kunne erstatte loddsnoen. Der hvor det er fri bane, har vi tachymeteret som vi kan slå opp høyder med, men inne i en beisesjakt e. l., hvor det skal være stor nøyaktighet, er det vanskelig å tenke seg et instrument som er tilstrekkelig hendig å stille opp. Hvis man bruker en bøtte med olje eller vann for å dempe av eventuelle utslag, så tror jeg ikke at vi her på Østlandet i alminnelighet trenger å måle i slik vind at det generer.

Professor Granum: Siden det har vært nevnt at været kan ha stor innvirkning, kan kanskje sivilingeniør Wiig, som har sine erfaringer fra Nord-Norge og Trøndelag, fortelle om man er spesielt plaget med bruk av lodd under værharde forhold enn her på Østlandet?

Sivilingeniør Wiig: Vi har mange ganger vært av den mening at det måtte kunne gå an å få et optisk instrument, slik at vi kunne sikte oss ned til et fastmerke i en underliggende etasje på samme måte som man bruker nivellerkikkert.

Professor Granum: Kanskje sivilingeniør Strøm Gundersen kunne si noe om muligheten av å lage et spesielt instrument for utsetting av loddlinjer. Fins det slike instrumenter eller kan man lage det på en enkel måte?

Sivilingeniør Strøm Gundersen: Det vil bli det samme prinsipp som et optisk lodd, som for så vidt er et kjent system som brukes ved tachymetere o. l. Det kan selvsagt lages i forbindelse med et vater, slik at man faktisk setter inn en kikkert med en prisme-virkning, så man får strålene brutt. Det er ikke noen vanlig lagervare, men det er ikke tvil om at det kan lages. Det måtte da bli i forbindelse med byggeledere, som kunne prøve det etter hvert og se hvorledes det virker i praksis.

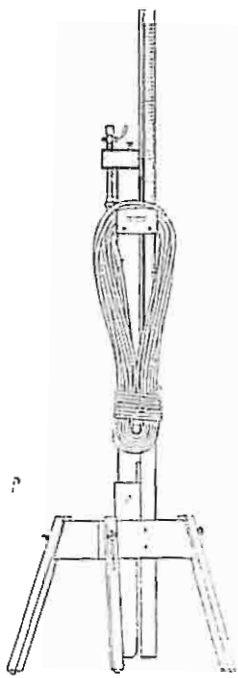


Fig. 2. Vannmålet «nivellerstokkens». Den veskefylte slange som på fig. er opphengt for flytting av apparatet, forbinder en beholder og et glassrør. Beholderen er anbragt på en stokk som igjen er fastgjort på et stativ. Glassrør hvor vesken kan sees, er anbragt på en målestokk, som kan flyttes innenfor slangens rekkevidde \approx 16 m. Ved betjeningen av apparatet, som foretas av én mann, anbringes stokken på stativet fast. Ved hjelp av den bevegelige målestokk kan det da nivelleres eller avsettes høyder.¹

¹ Nivellerstokken er konstruert av ing. E. Nielsen, Bagsværd, Danmark.



Fig. 3. Et fast punkt fra bakken føres ved teodolitt opp til gavlene, hvor det avsettes et blyantmerke.

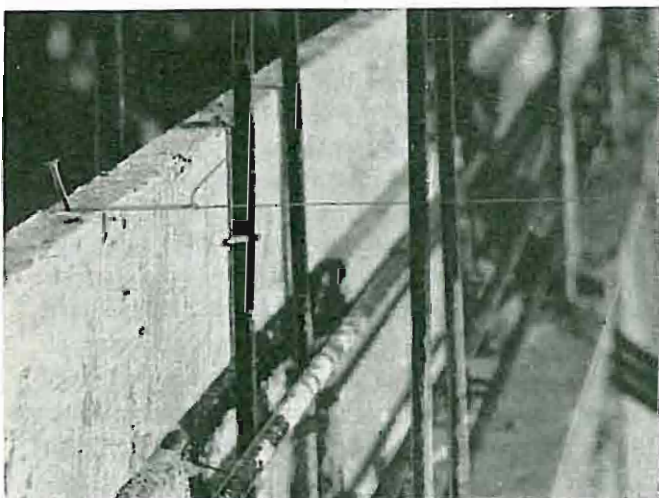


Fig. 4. Mellom merkene spennes en nylonsnor på langs av bygget.

Professor Granum: Da vil jeg be civilingeniør Andersen si noe om danske erfaringer på dette område.

Civilingeniør Andersen: 10 tommestokke fra en byggeplads havde på 1 m længde en fejl, der varierende fra $+ 2$ til $\div 3$ mm, og det var ikke særlig slidte tommestokke. Tommestokken bør helst slet ikke anvendes på en byggeplads, og i hvert fald ikke til afsætning af mål, der er større end 50 cm.

Jeg er enig i, at afsætning af mål bør foregå efter landmålingens principper. Afsætningen bør foregå ud fra fixpunkter, ikke ud fra opførte bygningsdele. Fejlophobninger må undgås. Der savnes et instrument til at afsætte lodlinier med.

Civilingeniør Andersen omtalte deretter en forbedret utgave av vannmålet, «nivellerstokken», til avsetting av høyder eller nivellering inne i en bygning. Se fig. 2.

Professor Granum: Vi har jo tidligere i dette kurs sett eksempler på andre metoder for å sikre seg en stor målnøyaktighet, bruk av maler og den slags. Jeg vet ikke om civilingeniør Andersen har noe eksempel på det fra Danmark?

Civilingeniør Andersen: I de fleste tilfælde er en bygning geometrisk fastlagt ved et system af linier, modullinier ell. lign. Disse linier bør føres ud på byggepladsen som en realitet. På fig. 3 til 7 ses en fremgangsmåde, der er anvendt ved et montagebyggeri, som var projekteret over et 60 cm net.

Professor Granum: Dessverre rekker vi ikke nå å snakke mer om selve utmålingsproblemene på byggeplassen. Det er jo så at utsetting av målene bare gir en av årsakene til feil, men det er selvfølgelig også andre faktorer som teller med og som gir årsak til unøyaktighet, slike som f. eks. unøyaktige forskalingsmaterialer eller setninger i forskalingen. Montasjebyggeriet har sine spesielle problemer, men dette kurs skulle jo ikke være begrenset bare til det. Det er jo, om ikke annet, nødvendig å lage kjellere eller grunnmurer som støpes på stedet, som underlag for montasjebyggeri med stor nøyaktighet. Jeg vil spørre om sivilingeniør Ruge eller sivilingeniør Quale kunne kommentere disse faktorer, altså setninger, unøyaktigheter i materialer osv., som årsak til feil.

Sivilingeniør Quale: Med hensyn til unøyaktigheter er vel den mest alminnelige at vegger buler ut. Båndstålet har vist seg ikke å være særlig effektivt. Ved de store betongtrykk som man får

ved vibrering, trekker båndstålet seg inn i strekkfiskene på siden, og man får meget store utbulinger. Mange typer av forbindelser mellom de to veggforskalingene har vært prøvd, og den helt ideelle tror jeg ikke er funnet ennå.

Til forskalingsmaterialer går man jo mer og mer over til lemmer eller iallfall tykkelseshøvlede bord, slik at man har lettere for å holde seg innenfor en viss nøyaktighet hva materialdimensjoner angår. Hvis utmålingen er riktig, kommer vel unøyaktighetene av slurvefeil eller av dårlig håndverksmessig arbeid.

Professsor Granum: Kanskje sivilingeniør Ruge så kunne si noen ord om relasjonen mellom tariffer og nøyaktighet?

Sivilingeniør Ruge: Man kan vel trygt si at det har vært en voldsom slendrian i bygningsfaget gjennom alle år. Det er først i løpet av de siste 4—5 år at kravet til nøyaktighet er fremmet i større utstrekning enn tidligere. I våre naboland har de sikkert i 15 år ligget foran oss på dette området. Under diskusjoner som jeg har deltatt i med arbeidere, om den såkalte pussfrie forskaling, har det vært hevdet at hvis man skulle betale et tillegg for utførelsen, så burde man også ha et toleransekrav. Ved montasjebyggeri stilles særlig store krav til nøyaktigheten. For den pussfri forskaling kan man nok operere med noe større toleranser. Å få arbeiderne til å gå med på en fast toleranse, tror jeg blir *meget* vanskelig. På tradisjonelt byggeri må man nok fortsatt akseptere en temmelig vid toleranse. Der har vi som bygningsfolk en meget stor oppgave. Det viser seg nemlig at man ved iherdig mas inntil det kjedsommelige på basene og på arbeiderne kan få dem med, og det kan faktisk gå en viss sport i nøyaktigheten. Sammenhengen mellom nøyaktigheten i arbeidets utførelse og de materialer som man får å operere med, har vært diskutert, og vi har foreløpig formulert det derhen at nøyaktigheten i materialet skal være noe større enn den nøyaktighet til arbeidets utførelse som kreves. Vi vil ikke risikere at arbeiderne skal si at med de materialene som leveres, er det umulig å utføre et nøyaktig arbeid. Arbeidsgiveren må levere nøyaktige materialer, hvis han skal kunne kreve stor nøyaktighet.

Professor Granum: Siden nøyaktigheten koster penger, kunne det være morsomt å gå litt nærmere inn på spørsmålet om hvorfor vi må kreve en viss nøyaktighet. Når det gjelder elementbyggeri, er jo årsaken innlysende. Uten stor nøyaktighet vil



Fig. 5. På hver vegg føres et merke ned fra nylon-suorcn.

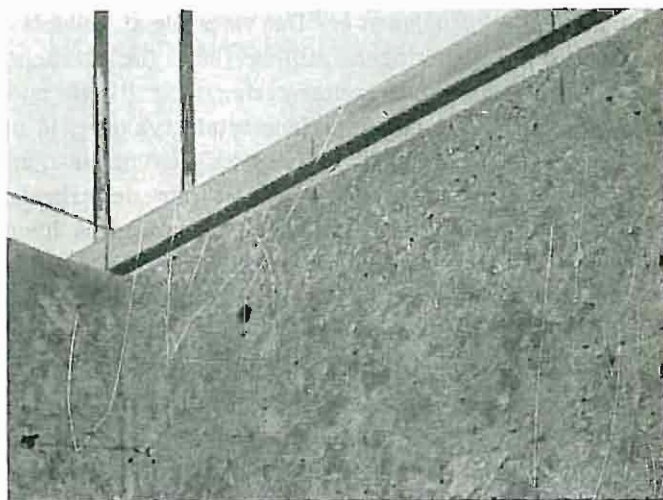


Fig. 6. Ved hjelp av målclektcr avsettes det merker for hver 60 cm på hver vegg.

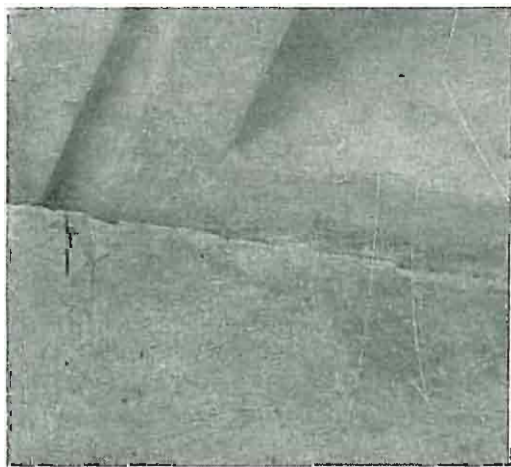


Fig. 7. Ferdigmontert etasjeplate. Slissene i ribbene anbringes med en middelfeil på 1,5 mm.

man simpelthen ikke få bygningen sammen, og all meising eller annen forandring koster penger. Men vi har også hensynet til utseendet, som spiller en viktig rolle. Og vi har et tredje hensyn, nemlig til sikkerheten. Hvis unøyaktigheten blir for stor, får man jo en viss usikkerhet i bestemmelsen av motstandsmomenter, treghetsmomenter, feilplasing av armering osv. Jeg vil spørre tekn. dr. Arne Johnson om han vil være så vennlig å si litt om hvilken relasjon det er mellom nøyaktigheten og sikkerheten?

Tekn. dr. Arne Johnson: Det er klart at bæreevnen på en konstruksjon er avhengig av hvorledes armeringen kommer inn i den. Om den kommer feil, så økes eller minskes motstandsmomentet for den armerte bjelken.

Vi har i Sverige undersøkt hvor nøyaktig man får inn armeringen i vanlig betongbjelkelag, og hvordan dimensjonen er. Det viser seg at middelavvikelsen i armeringens stilling (både for overkantarmring og underkantarmring), og likeså middelavvikelsen i betongplaten totale tykkelse, lå på omtrent 1 cm. Dette er således den nøyaktighet arbeiderne kan strekke seg til når de arbeider med sine egne måleredskaper. La oss se på hvordan dette innvirker på sikkerheten hos platen. Målingene viste at overkantarmringen gjennomgående lå for lavt i betongplaten; den lå 13 mm lavere enn den skulle gjøre. Det betyr at bæreevnen i gjennomsnitt er 10 % for lav. Feilen henger sammen med at det er enklere å dekke over armeringen med betong når den ligger lavt.

Nå man ser på en betongplates totale bæreevne, må hensyn tas til spredning i alle faktorer, i dimensjoner og i armeringens plasing, også til spredning i stål- og betongkvalitet, og til spredning i egenvekt og annen belastning. Det viser seg da at to faktorer i hovedsaken er avgjørende i spørsmålet om spredningen. Den ene er armeringens stilling, og den andre er spredningen i armeringens styrke. Spredningen i bevegelig belastning får meget liten innflytelse. Det er kanskje noe overraskende at armeringens styrke har så stor innvirkning; den har omtrent like stor innvirkning som armeringens stilling. Kunne man helt ta bort spredningen i armeringens stilling, så skulle man kunne minske dimensjonene med ca. 20—30 % hos betongbjelkelag. Dette er omtrent den betydning det har på tynne konstruksjoner. Går man over på meget grove konstruksjoner, så har denne middelavvikelse på ca. 1 cm ikke så stor betydning. Avvikelsen holder seg omtrent konstant. Den øker litt med økte dimensjoner, men ikke særlig mye.

Professor Granum: Da tenker jeg vi må gå over til målsetting av tegninger, som er tredje og siste punkt vi skulle snakke om. Her er forholdet det at vi dessverre ikke har hatt noen faste regler i det hele tatt om målsetting av tegninger, spesielt ikke av arkitekttegninger, og den praksis som følger, er varierende fra det ene kontor til det andre. Noen målsetter til senter av vinduer, andre målsetter til utvendig karm, og atter andre målsetter råtøpen. Dette skaper unødige vanskeligheter på byggeplassen. Nå har Norsk Betongforening i samarbeid med Standardiseringsforbundet utarbeidd et forslag til utførelse av jernbetongtegninger. Sivilingeniør Wiig er formann i denne komiteen, og jeg vil be ham si litt om dette, spesielt de deler av forslaget som omhandler målsetting av tegninger.

Sivilingeniør Wiig: I det forslag som nå foreligger, går vi inn for at det skal framstilles egne tegninger for betong. De tegningstyper som har spesiell interesse i forbindelse med denne diskusjon, er de som vi kaller formtegninger, tidligere forkalingstegninger. Disse tegninger skal vise alle mål som er nødvendige for å framstille formene på byggeplassene. Et av de spørsmål som reiste seg, var hvilken måleenhet vi skulle basere oss på. Vi bruker jo i våre statiske beregninger enhetene kg og cm, og ved dimensjonering av betong har det vært naturlig å bruke cm. Våre belastningsforutsetninger er ikke så helt nøyaktige, og heller ikke er den statiske analyse som vi legger til grunn for dimensjoneringen, helt nøyaktig. Vi har derfor ingen grunn til å velge betongdimensjoner med en finere enhet enn cm, og er derfor blitt stående ved cm som måleenhet på tegninger. Selvfølgelig kan man også bruke andre enheter, men da skal de angis på tegningene, f. eks. m eller mm. I og med at vi har brukt enheten cm, har vi ikke tatt standpunkt til toleransen, den kan jo gjerne angis i mm.

Så har vi et punkt om målsetting av tegninger. Som professor Granum nevnte, har det vært forskjellige måter å målsette en tegning på. Det har f. eks. vært praktisert å målsette fra kant til senter av vindu, videre målsetting fra senter til senter åpning, og med angivelse av åpningens størrelse. Andre systemer som har vært anvendt, er kantmål, altså mål fra kant til kant av åpninger. Komiteen har ikke villet ta bestemt standpunkt til noen av disse målsettingsregler. Vi kan være enige om at hvis vi bruker strekksmål langs en fasade, så har vi en tendens til å få summert feil, og vi får en feiloppnopning. Vanlig praksis på byggeplassen i dag er at man går ut fra et bestemt punkt, f. eks. ved hjørnet av bygget, og setter ut målene derfra. Sjelden eller aldri kontrolleres det fra den mot-

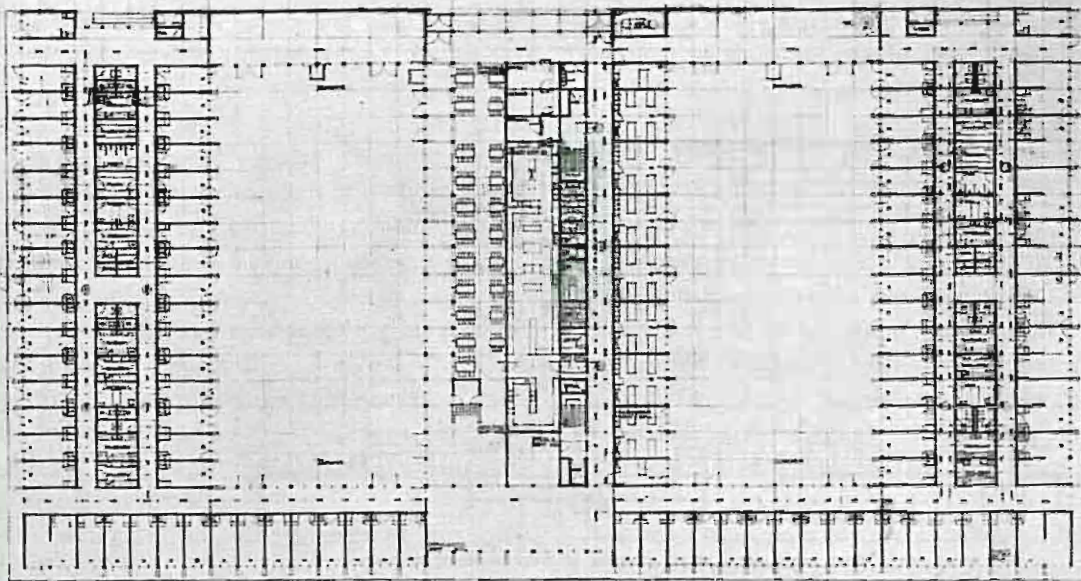


Fig. 8. Grunplan med aksesystem. Økern Aldershjem, Oslo.

satte kant for å se om disse målene stemmer. Gjør man det, vil man kanskje også oppdage ganske store avvikelser.

Jeg kunne tenke meg at vi burde komme fram til et system hvor vi i langt større utstrekning anvendte akser, og at disse aksene da var gitt ved koordinatmål, dvs. ut fra et bestemt utgangspunkt. Fra disse faste aksene kunne detaljmålsettingen skje. I forslaget til standard er det også gitt bestemte regler for målsettingen, og vi har også tatt med regler for modul-målsetting.

Et punkt som det har vært atskillig strid om er toleransen, og hvorvidt toleransen skal angis på en tegning. Jeg kan ikke personlig helt ut fatte dette med toleransen og dens praktiske betydning ved målsetting på bygg. Hvis et mål f. eks. angis til 310 i cm, og så med toleranser la oss si $+14 -1$, hvilke mål skal da utsettes på byggeplassen? Jeg mener at det målet som vi tar sikte på, gis med en \pm toleranse med like stor tillatte avvikelser til begge sider. Disse feilkurvene, som civilingeniør Andersen viste oss, pekte jo alle i den retning at det er middelmålet vi må ta sikte på. En annen ting vi bør diskutere samtidig, er hvorvidt målet på tegningen skal gis med toleranse, eller om man i beskrivelsen eller på annen måte skal angi nøyaktighetsgraden som man forlanger på byggeplassen.

Civilingeniør Andersen: En tegning bør inneholde de opplysninger, man har brug for. Når jeg nævner en sådan selvfølgelig, er det for at gøre opmærksom på, at man har brug for andre opplysninger i et montagebyggeri end i et sædvanligt jernbetonbyggeri.

Til et montagebyggeri vil der normalt være brug for arbejdstegninger af 3 slags:

- 1) Elementfabrikken skal have en til sidste enkelt-hed gennemarbejdet tegning af hvert enkelt element, også af varianterne.
- 2) Byggepladsen skal dels have et sæt oversigts-tegninger, der viser elementerne placeret i nettet af systemlinier,
- 3) dels skal den have et sæt detailtegninger, der i stort mål angiver samlingerne mellem de enkelte elementer, d. v. s. elementernes placering i forhold til systemlinierne samt den tekniske udførelse af samlingerne med angivelse af fugemørtel, montagearmering o.s.v.

Det ligger i sagens natur, at målsætningen på sådanne tegninger kommer til at avvige noget fra den sædvanemæssige.

Det kunne synes naturligt, når man arbejder med bestemte toleranser, at angive dem på tegningerne, men det er efter vor erfaring upraktisk for bygge-

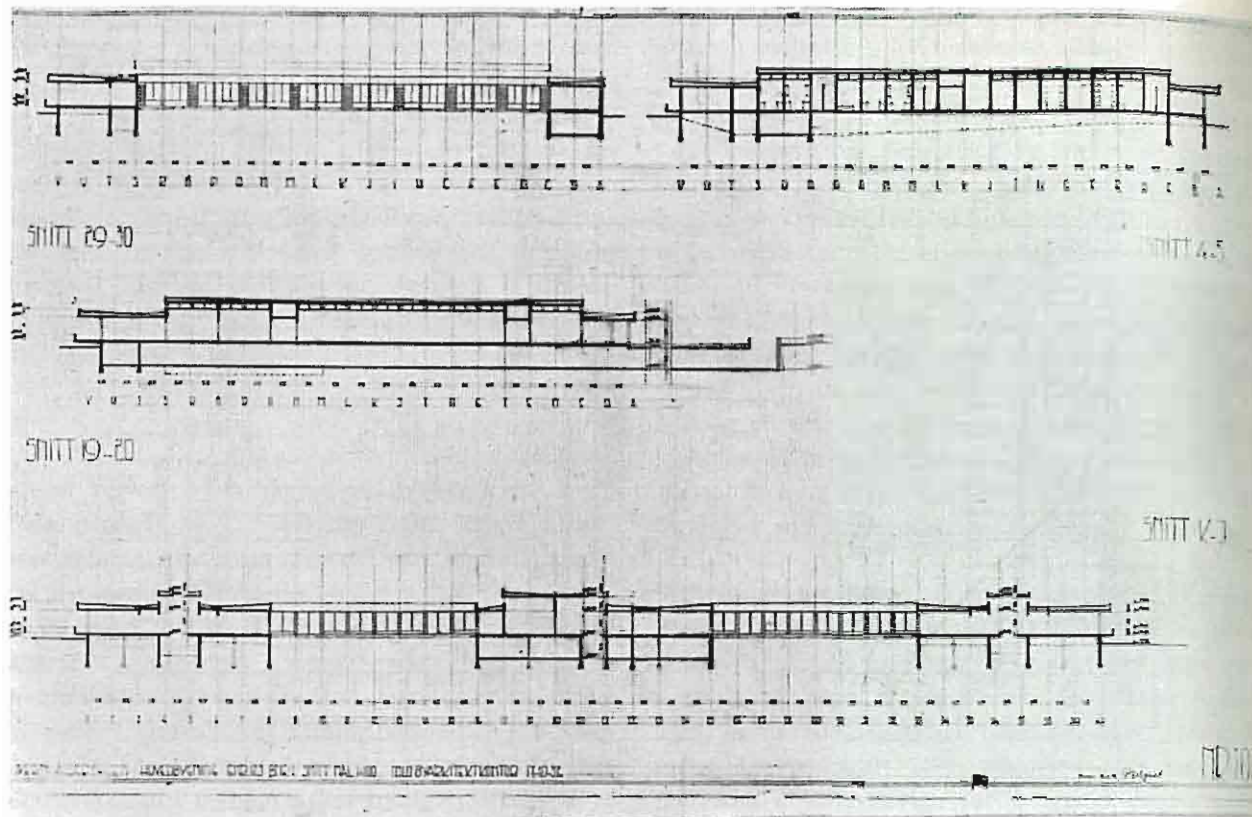


Fig. 9. Snitt med aksesystem. Økern Aldershjem, Oslo.

pladsens formål. For det første er et bestemt mål mere overskueligt end et måleområde. For det andet vil summen af en række fortløbende mål angivet ved måleområder meget ofte være forkert, da tolerancerne ikke summeres op, og for det tredje er en målafvigelse en sum af en hel række bidrag. Når man skriver tolerancerne på tegningerne, frister man hvert enkelt led i byggeprocessen til at udnytte dem fuldt ud, og resultatet bliver forkert. Tolerancerne bør normalt angives i betingelserne, og den tekniker, der leder byggearbejdet, må sørge for deres overholdelse, eventuelt ved opgivelse af mindre deltolerancer til de forskellige arbejdsstrin.

I regelen vil det være praktisk for byggepladsen, at midten af toleranceområdet opgives som tilvirkningsmål, men det kan naturligvis i særlige tilfælde være mere hensigtsmæssigt at arbejde med usymmetriske tolerancer.

Professor Gramum: Det har vært snakket om akser og aksemål. Jeg vet at arkitekt Grung har med seg endel lysbilder og materiale som viser enkelte praktiske eksempler på bruk av akser.

Arkitekt Grung: Jeg skal nevne litt om hvordan våre prosjekter er planlagt over akser, og skal begynne med Økern Aldershjem, som er lagt opp på et aksesystem hvor alle størrelsene er ensartede 2,75 m den ene veien og 2,75 m den andre. Man

har her i de fleste tilfelle nokså store vanskeligheter med å få planlagt bygningene innenfor en så streng form. Se fig. 8 og 9.

Jeg kan nevne en annen type bygg, som vi skal begynne å bygge i disse dager. Det er en skole, og man har her forskjellige konstruksjonslengder. Skolens behov gjør at det er nødvendig med denne variasjon. Det er bestemt en konstruksjonsakse på 4,50 m i samarbeid med ingeniøren, og så har arkitekten lagt opp en disposisjonsplan for bygget, og alle målene, altså aksene, går i senter av vegg. Der får man alle krysningspunktene i bygget, og man kan da utarbeide tegninger for de forskjellige konsulentene etter som de har behov for det, slik at ikke hvert fag behøver å tegne opp sine tegninger. Tegningene blir laget i transparent og går til samtlige konsulenter som utsetter sine utsparinger, og man får til slutt en koordinering av byggeteknisk konsulent og arkitekt, slik at man er helt sikker på at utsparingene er riktige.

Det er også meget viktig for arkitekten på et tidlig tidspunkt å tenke på antall elementtyper i bygget. Jeg tror at det er av nokså vesentlig betydning at man får redusert disse til et minimum. Vi har i dette bygg tilsammen 12 elementtyper, inkludert dører og vinduer. Videre blir alle krysningspunktene tegnet i målestokk 1 : 1. Dette er jo en meget kostbar framgangsmåte og vanskelig å gjennomføre ved hvert bygg, men jeg har nå kartotekført

alle disse punktene, så jeg kan bruge dem fra bygg til bygg. På plantegningene blir det senere påført nummer som henviser til de respektive detaljtegninger.

Civilingeniør Andersen: Formålet med at kræve en bestemt nøjagtighed overholdt ved udførelsen af et arbejde er at garantere alle led i byggeprocessen, at de kan arbejde uafhængigt af, hvorledes andre dele af byggeriet skrider frem. Arbejdet kan tilrettelægges som værkstedsarbejde under bedre arbejdsforhold end på en byggeplads, og tilpasningsarbejder undgås i videst mulig udstrækning.

Formålet med at stille tolerancekrav er altså at opnå en forbedret økonomi.

Det er givet, at for strenge tolerancekrav medfører unødvendige udgifter, men at også for store tolerancer kan give forøgede udgifter, kan illustreres ved betonarbejdet alene.

Ved fremstillingen af betongelemerter anvendes forme, som af hensyn til det store antal anvendelser må have en vis stabilitet. De bliver følgelig ret

målfaste. Overholdelse af tolerancer på elementerne bliver da først og fremmest et spørgsmål om forme med rigtige mål. Udgiften til at fremstille nøjagtige forme fordeles på et stort antal elementer og bliver følgelig lille pr. element. Montagen af et nøjagtigt element forløber lettere end af et unøjagtigt, og en fuge med en hensigtsmæssig bredde, der kun varierer lidt er billigere at udføre end en fuge, der snart kan være smal og snart bred. Dertil kommer de tekniske og æstetiske fordele, som den «rigtige» fuge har.

Det ses, at der må ligge et økonomisk optimum ved en bestemt nøjagtighed, som naturligvis afhænger af den byggemetode, der anvendes.

Det må være de projekterendes opgave at finde frem til de nøjagtighedskrav, der giver det mest økonomiske resultat for det samlede byggeri. Det vil tage års erfaringer at afklare problemerne, og mulighederne vil stadig ændres med byggeriets udvikling.

Det materiale, som er forelagt her, vil forhåbentlig være en hjælp til at bedømme, hvilke muligheder der foreligger i den nærmeste fremtid.

Modulkoordinering i bygningsindustrien

Av arkitekt Roar Bjørkto

«End om vi klædte fjellet?» lot Bjornstjerne Bjornson trærne spørre hverandre.

«Enn om vi forsøkte å få byggematerialene til å virke bedre sammen om å kle vegger og utstyre rom?» kunne vi byggefagfolk spørre.

For det lar seg ikke nekte at byggevirkosomhetens fagfolk har hatt en tendens til å se hvert sitt fagområde som en helhet for seg, og ofte glemte at det egentlig er en del av en større helhet. Det ser vi kanskje best når vi kommer bort i montasjebygging, hvor det kan vise seg å være lønnsomt å korte av på kravene til f. eks. en teknisk økonomisk optimal løsning av betongkonstruksjonene til fordel for en dimensjonering som gir bedre sammenvirkning med andre elementer, enklere montasje eller lignende.

En mann har tidligere enn mange andre vært inne på disse tanker. Det var Albert F. Bemis, som allerede i 1920-årene viet sitt liv til studium av prefabrikasjonens muligheter. Men først i 1938, 2 år etter hans død, ble det fart i den utvikling som vi nå begynner å se tydelig flere resultater av for hver dag. I Bemis' ånd ble det startet et prosjekt som ble kalt A 62 og som gjaldt dimensjonskoordinering i bygningsindustrien. A 62 heter også den publikasjon som ble resultatet av prosjektet, og nå var idéen klart utformet: modulkoordinering. Den forelå i 1946, og i mellomtiden hadde Frankrike også grepet idéen og valgt en byggmodul på 1 dm. USA bestemte seg for en byggmodul på 4". Siden 1948 har de fleste velutviklede industrisamfunn stadfestet sin byggmodul. De aller fleste har valgt 1 dm. — ut fra tanken at det er en passe dimensjon for standardisering av størrelsesvarianter — ikke for liten og heller ikke for stor til å gi den nødvendige elastisitet i romplanlegging og detaljplanlegging.

Mange definisjoner på modulkoordineringen har vært forsøkt. En vanlig måte å formulere saken på er denne: modulkoordineringen har til hensikt å legge tilrette mulighetene for en rasjonell produksjon av

byggematerialer og bygningsdeler (ved hensiktsmessig dimensjonering og variantbegrensning), slik at elementene — etter en forenklet planleggingsprosess (på basis av klarlagte modulkoordineringsregler) lar seg føye sammen i byggverket uten tilpasningsvanskeligheter og materialspill (ved et hurtig og presist monteringsarbeid).

En annen måte å se saken på er at modulkoordineringens egentlige hensikt er på den ene side å angi hensiktsmessige dimensjoner og på den annen side å fastlegge posisjoner.

I dette øyemed anvender man modulnett. Modulnettet anviser materialene og bygningsdelene deres eksakte posisjoner i byggverket. Grunnregelen er at hver del må holde seg innenfor sitt anviste modulområde.

Med andre ord, en åpning i en vegg har sitt tilviste område på utsiden av modullinjen; den bygningsdelen som skal inn i åpningen har sitt tilviste område på innsiden av modullinjen. Linjene i modulnettet angir det nominelle mål for såvel åpning som innbygningsdel. Alle bygningsdeler gis nominelle dimensjoner i multipler av byggmodulen.

Forfølger vi denne tankegang videre, ser vi at idealbildet er at bygningen bygges over et kubisk modulnett hvor såvel veggiv som åpninger faller sammen med linjer og plan i dette nettsystemet. For at alle deler skal kunne føyes sammen på en smidig måte, må det selvsagt bestå en veloverveiet matematisk relasjon mellom de modulmultipler man har valgt å dimensjonere delene etter.

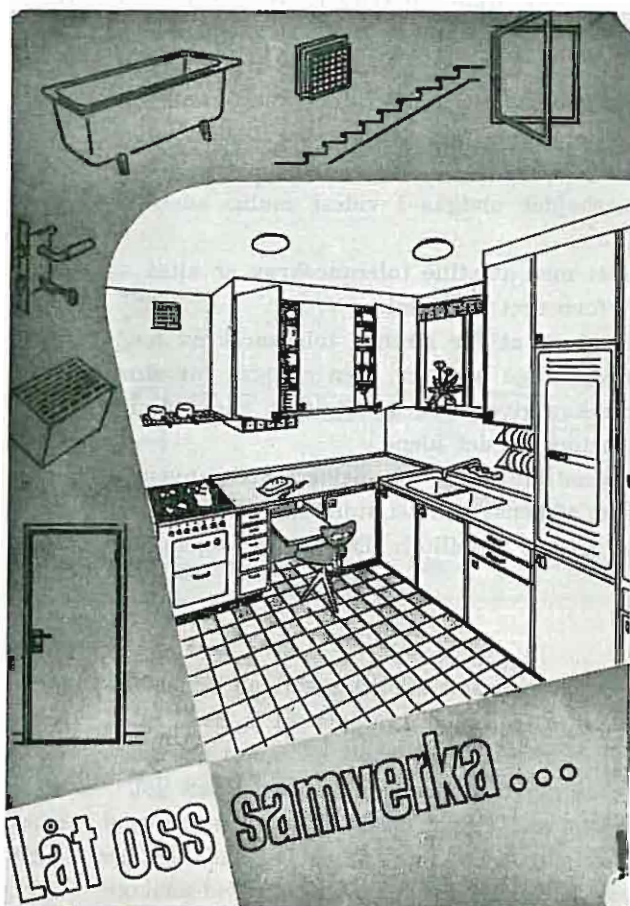


Fig. 1.

Grunntanken bak modulkoordineringen.

Alle kan vel være enig i at det er mulig å sette sammen bygninger ad denne vei. Men så melder betenkelighetene seg. Bildet er så besnærende enkelt og ligger i grunnen så snubblende nær at vi stusser og blir ikke så lite skeptiske. For vi er overbevist om at i praksis spiller en hel del andre ting, som f. eks. anerkjente konstruksjonstykkelser på betongen i veggene eller lignende, en bestemmende rolle. Da er det vi får ta et tilbakeblikk igjen og tenke på helheten. Hva er det vi mister hvis vi ikke dimensjonerer veggene i modulmultipler? Da mister vi oftest muligheten for å bygge oss inntil andre materialer som er i modulmultipler uten kapp og tilpassningsarbeider. Da mister vi muligheten for å dele opp og avgrense våre rørinstallasjoner i modulmultipler. Da mister vi muligheten for å sette inn

innredningen uten å reservere et stort «tilpassningsfelt». Kort sagt, da mister hele systemet meget av sin fullkommenhet. Og vi spør oss selv: var det kanskje allikevel grunn til å se om igjen på dimensjoneringen av betongveggen, slik at vi får gjenopprettet helheten i bildet? Praksis har da også vist at f. eks. en merutgift ved en eventuell overdimensjonering av veggtykkelser og etasjesiddler er blitt mer enn oppveiet ved de fordeler man har oppnådd for monterbarheten, for sammenvirkningen av råbygg og de senere innledninger, innredninger og installasjoner. Og dessuten, modulkoordineringen fritar ikke konstruktøren fra å måtte tenke så det knaker: Skulle det ikke kunne lykkes å lage en økonomisk forsvarlig betongkonstruksjon i veggen av den og den fornskede tykkelse?

Et annet tankekors melder seg

kanskje også for byggefagmannen: Når idealbildet av en modulkoordinert bygning er så enkelt som vi foran har sett, hvorfor er det da så vanskelig å gjennomføre modulkoordinert bygging? For det er vi jo alle klar over — vi har nå brukt 10—15 år på å utvikle idéene, og enda har vi ikke nådd til veis ende.

De største modulentusiaster trodde alt var gjort i og med fastleggingen av en standard byggmodul på 1 dm. Erfaringene viste imidlertid at dette slett ikke var nok. Man må ta i bruk en del hjelpemidler for å få det til å gli.

Slike hjelpemidler er:

Preferansetallrekker for valg av hoveddimensjoner (spesielt for slike materialer som skal føyes sammen i lange rekker og i mange forskjellige sammenheng.).

Pasnings- og toleranseregler.

Regler for bruk av planleggingsnett.

Regler for modultegninger og modulnålsetting.

Modulmålebånd og andre hjelpemidler for praktisk bygging.

Det er ikke mulig i få ord å sammenfatte det som burde sies om disse hjelpemidler, men noen av hovedmomentene skal nevnes.

Preferansetallrekker.

Utviklingen av preferansetallrekker har vært omfattet med stor interesse i mange land, spesielt England, Holland, Frankrike og Italia. Dels har man anvendt aritmetiske rekker, dels geometriske rekker, f. eks. doblingsrekker og triplingsrekker, samt Fibonacci's geometriske rekker, hvor hvert tall er lik summen av de to foregående. På engelsk hold har man hatt de største forventninger til et system utarbeidet av en amerikansk Fulbright-stipendiat, Mr. Ehrenkrantz, som gjennom studiet av de store arkitekturpokers formsprog har kommet frem til en kombinasjon av geometriske doblings- og triplingsrekker samt Fibonacci's rekker i et tredimensjonalt system. En stund var man på engelsk hold tilbøyelig til å anta at dette system kunne erstatte modulideen, men man har senere forlatt denne tanken. Felles for de fleste systemer som hittil har vært utarbeidet er at de i det vesentlige bygger på utvalgte produkter av tallene 2, 3 og 5 i forskjellige kombinasjoner. Det tyske DIN-systemet har vært anvendt lengst i praksis.

Pasnings- og toleranseregler.

Toleranse- og pasningsproblemer skal behandles nærmere i andre fo-

Åpning og karm — Arbeidsmål

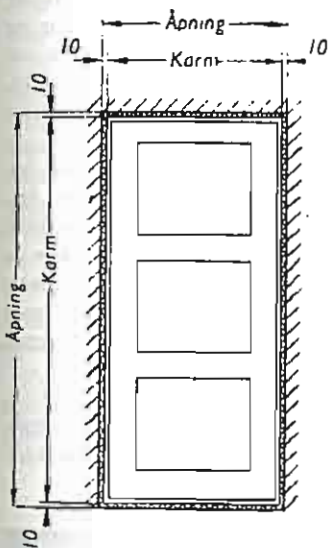


Fig. 1

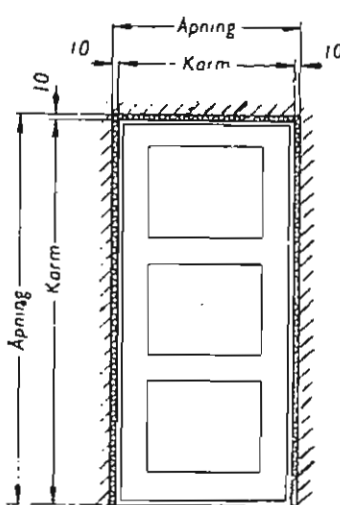


Fig. 2

Åpning og karm — Arbeidsmål med toleranser

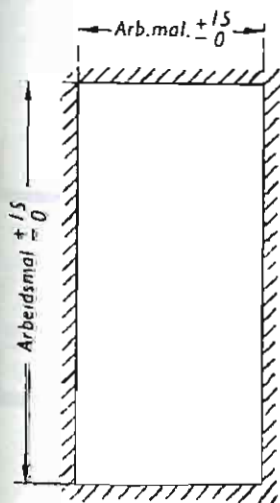


Fig. 3

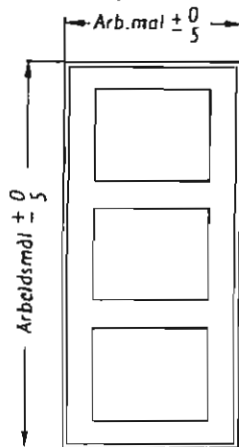


Fig. 4

Fig. 2.

Innpassing av dører — utsnitt av NS 772.

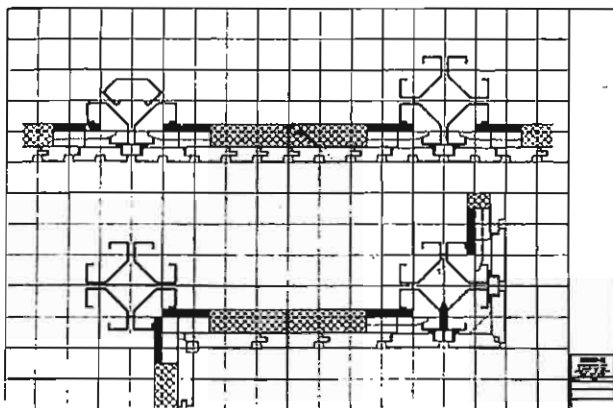


Fig. 3.
Bruk av modulnett.

redrag. For sammenhengens skyld må det imidlertid nevnes at modulkoordineringen setter større krav til målpresisjon enn byggevirksomheten hittil har vært vant til å praktisere. Man har hittil vært tilbøyelig til å akseptere målnøyaktigheter på opp til ± 5 cm. Modulkoordineringen vil stille krav om nøyaktigheter innenfor grensene ± 1 cm og mindre. Erfaringer fra montasjebyggingen har vist at det med relativt enkle midler er mulig å oppnå forbausende gode resultater i så henseende, heldigvis.

Modulkoordineringens prinsipp er at man skal fastsette såvel nødvendige produksjonstoleranser som plasseringstoleranser; enn videre at fugetykkelsen fordeles på en slik måte at det tilfaller hvert element en fugeandel innenfor sitt modulområde.

Modulnett.

Som nevnt krever modulbygging anvendelse av modulnett. Disse kan være av forskjellige naturer. Basismodulnettet eller grunnmodulnettet er modulplanleggingens utgangspunkt. Det er et uforanderlig nett som fastlegger alle bygningsdelers posisjoner.

Av planleggingsmessige hensyn kan det ofte være hensiktsmessig å velge et grovere rutenett, altså et nett basert på en utvalgt modulmultipl. Vanligvis vil man ved elementbygging basere planleggingen på det modulnett som elementenes størrelse gir av seg selv, altså et konstruksjonsmodulnett. For noen bygningers vedkommende vil funksjonen, f. eks. den gulvflaten som skolepultenheter eller kontorpultenheter krever, angi et grovere planleggingsnett. Et planleggingsnett av en tredje art trenger f. eks. rørinstallasjoner, som jo plasseres i en bestemt avstand fra veggflvet.

Det kan virke forvirrende med alle disse tenkte hjelpenett. Men de lar seg lett kombinere. Hovedsaken er å fastholde en bestemt relasjon for nettene seg imellom. De grovere planleggingsnett vil være basert på modulmultipler og således falle sammen med enkelte av modullinjene i grunnmodulnettet. I visse tilfelle vil planleggingsnettet være parallellforskjøvet i forhold til grunnmodulnettet. Hovedsaken er da at forskyvningen er regelbunden, første preferanse $\frac{1}{2}$ modul forskyvning, annen preferanse $\frac{1}{4}$ modul forskyvning.

Modulplanlegging.

En modulegning karakteriserer seg selv best ved et inntegnet modulnett, som regel det grovest mulige nett. Selvsagt er det mulig å drive

modulplanlegging uten å tegne inn de tenkte nett. I de fleste tilfelle må man imidlertid regne med at man kan dra direkte nytte av å tegne inn nettet, særlig i den første tid innen det går rutine i modulplanleggingen. Særlig viktig er det å bibeholde modulnettet ved enhver planlegging av konstruksjonsdetaljer. Her kommer som regel selve grunnmodulnettet til anvendelse.

Målsetting av tegninger.

Inntegningen av modulnettene kan også hjelpe målsettingen. Mållinjer angis med utgangspunkt i planleggingsmodullinjene. Et vanlig prinsipp er å angi alle målangivelser som går ut fra modullinjer med en strek eller pil, og alle målpunkter som ikke faller sammen med grunnmodulnettet med en ring.

Modulbygging krever at man er meget omhyggelig med å overføre planleggingsmodulnettet på bygget, slik at alle punkter i dette nett lar seg gjenfinne på bygget hurtig og med meget stor presisjon. Man må regne med at det vil utvikles nye instrumenter og tas i bruk nye metoder for å øke presisjonen.

Bruken av modulmålebånd og optiske instrumenter vil gjøre det lettere å plasere hvert byggeelement innenfor sitt tildelte modulområde og forhindre at feil ved enkelte plasseringer summerer seg og skaper vanskeligheter på andre steder i bygget.

Internasjonal modulkoordinering.

Praktiseringen av modulkoordinering er noe forskjellig i de forskjel-



Fig. 4.
Oversikt over tyske DIN-normer.

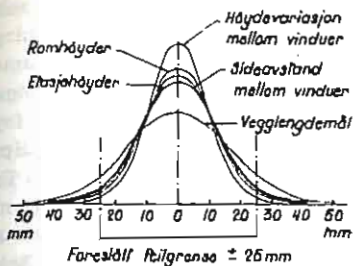


Fig. 1. Spredningra om middeletritten for endel byggnads mål.

Fig. 5.

lige land, alt etter stadiet i den tekniske utvikling som de befinner seg i. Utviklingen i retning av montasjebygging går med stormskritt i mange land, og det er kanskje først ved denne byggemetode at modulkoordineringshensynene melder seg med sin fulle tyngde. Derfor kan man kanskje si at saken ennå ikke har vært særlig aktuell her i Norge sålenge vi bare har hatt en beskjeden montasjebygging. Imidlertid, behovet for modulkoordinering melder seg med stadig større styrke også her.

En nærliggende tanke er å føre modulkoordineringen over på et internasjonalt plan. Man vil da kunne oppnå å få realisert en gammel ønskedrøm: bedre å kunne utveksle byggematerialer og byggeerfaringer utover landegrensene. Dessuten, hver for seg utgjør de små europeiske land jo ubetydelige markeder for virkelig serieproduksjon. Samlet ville de bli av en ganske annen tyngde.

For oss her i landet er det i øyeblikket to internasjonale tiltak som interesserer mest:

Det ene tiltak er Det nordiske råds modulkomité som skal være med på å legge forholdene tilrette for et felles nordisk byggematerialmarked.

Det andre tiltak er satt igang av Den økonomiske samarbeidsorganisasjon for Europa, OEEC. Som ledd i hestrebelsene for å øke produktiviteten i byggevirksomheten i Europa på bred front har den bevilget midler gjennom sitt produktivitetsinstitutt, EPA i Paris, til et storstilet samarbeid om modulkoordinering, det så-

kalte EPA-prosjekt 174. Her deltar 14 land. Saken startet i 1954.

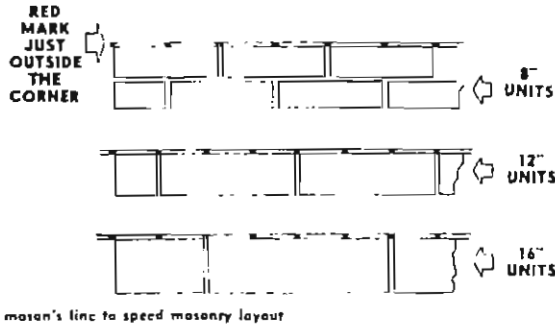
En første fase i arbeidet omfattet en rapport fra hvert land som redegjorde for bruken av byggemodul i materialproduksjon og byggeteknikk. På grunnlag herav ble det utarbeidet en internasjonal rapport som sammenfattet det teoretiske grunnlag for modulkoordinering. Publikasjonen heter «Modular Co-ordination in Building» og anbefales til studium for alle modulinteresserte.

Annen fase i prosjektet består i en eksperimentell gjennomprøving av teorien i praksis under de forskjellige forhold som råder i hvert land. For tiden pågår det således parallelt løpende byggetekniske eksperimenter i alle land. Eksperimentene regnes å være avsluttet i begynnelsen av 1958, og koordineres av en arbeidsgruppe som samles omtrent hvert halvår. Dessuten er det nedsatt mindre arbeidsutvalg for å filtrere de teoretiske problemer som melder seg under arbeidet.

Av andre internasjonale organisasjoner som har tatt opp modulkoordineringstanken kan nevnes FN's økonomiske kommisjon for Europa (ECE) i Genf, Den internasjonale standardiseringsorganisasjon (ISO) og Den internasjonale arkitektunion (UIA).

Hva er så erfaringene fra det internasjonale samarbeid, og da spesielt fra EPA-samarbeidet, som nå har pågått i ca. 3 år?

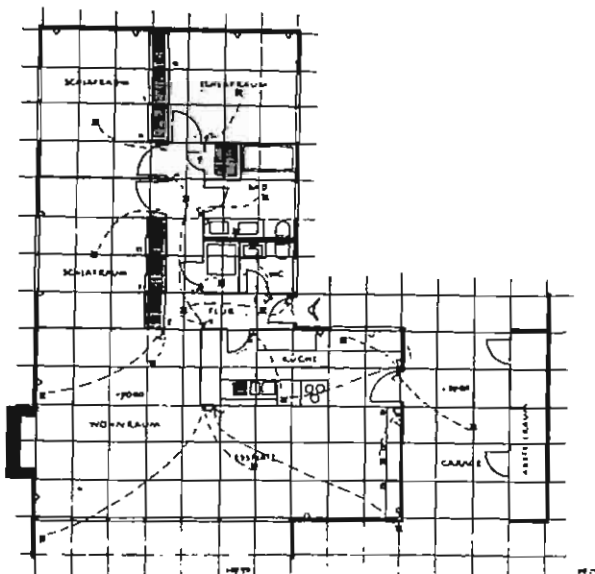
I begynnelsen var det nesten like mange oppfatninger av hva modul-



modular mason's line to speed masonry layout

Fig. 7.

Bruk av modulmålebånd ved muring.



Dette er en nesten direkte kopi av det amerikanske «trade secrets house». Adkomst til kjøkken, stue og soverom fra ytre gang. 106 m² netto.

Fig. 6.

Planlegging av hus over modulnett.

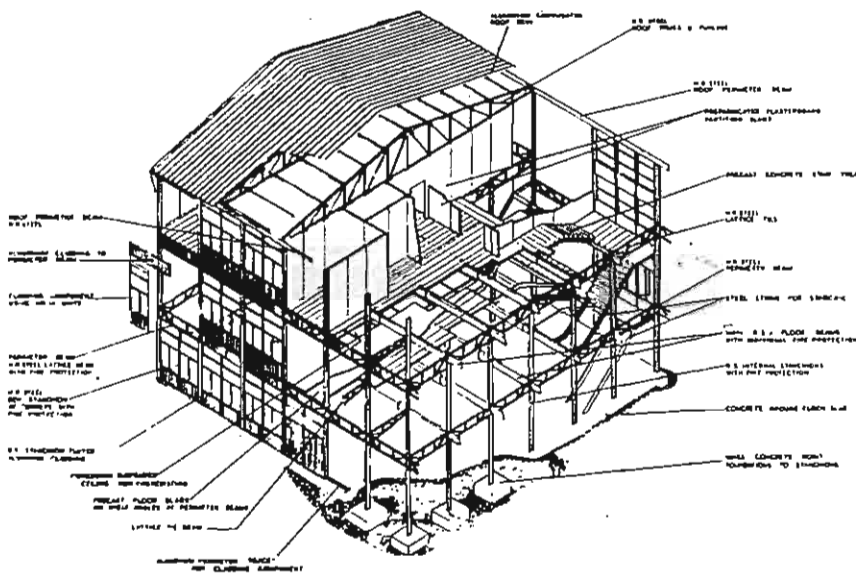


FIG. 1. EXPLODED VIEW OF 3 STOREY TEACHING BLOCK

Fig. 8.

Skole av prefabrikerte deler planlagt over modulnett.

koordineringen burde gå ut på som det var deltagende land. Etter hvert har oppfatningene nok blitt både avlepet og samkjørt ved gjensidige påvirkninger. Idag foregår det eksperimentelle arbeid således temmelig likt i alle deltagende land. Det viste bl. a. en samling av tegningene av eksperimentbyggene som ble utstillet i Paris i vinter.

Det nordiske råds arbeid kommer sterkt inn i bildet. På grunn av den enklere gruppe som denne komitéen utgjør, har det vært mulig å gå relativt hurtig fremover i arbeidet. Man er kommet til enighet om en grunnleggende standard for modulsamordning som er, eller snart vil bli utsendt til offentlig kritikk i Finland, Danmark, Sverige og Norge. Ut fra denne hovedstandard, som vil erstatte de nordiske lands någjeldende nokså uensartede standarder ved-

rørende byggmodulen, vil det forhåpentligvis relativt hurtig utvikles en rekke modulstandarder for nordisk byggeteknikk og materialmarked. Det nordiske standardforslag er også oversendt EPA, som har behandlet det på et møte og vil ta endelig stilling til det på neste møte, som finner sted i august i København.

Den norske eksperimentelle modulbygging under EPA-prosjektet vil omfatte oppføring av 4 modulserte eneboliger på Eiksmarka. Den tekniske komité, bestående av representanter fra NSF, NBI, BD og NPI, har valgt å undersøke den modulmessige utførelse av konvensjonelle småhustyper i bindingsverk i tre, da denne husform og byggemåte utgjør hovedtyngden av boligbyggingen. Prøven går ut på å bestille såvel tre-materialer som isolasjons- og plate-materialer, vinduer, dører, trapper,

innredninger osv., samt ikke minst sanitærinstallasjoner, oppvarmings- og elektrisk anlegg ferdig dimensjonert etter modulkoordineringens prinsipper fra leverandør og føyet sammen på byggeplassen uten tilpassningsarbeider og materialspill. Prøven gjelder således å undersøke muligheten av en generell industrialisering av småhusbyggingen. Saken vil forevrig være kjent fra omtale i fag- og dagspressen. Detaljene er tildels spesielle for trehusbyggingen og skal ikke omtales nærmere her.

Sluttrefleksjoner.

Det foregående kan alt sammen være vel og bra. Teorien kan synes brukbar. Men det står kanskje ennå igjen å påvise de konkrete fordeler som modulkoordineringen kan bringe oss. Hvor meget vil f. eks. byggeprisene kunne senkes?

Det har vært gjort forsøk på å besvare dette spørsmål. En større svensk kommisjon ble f. eks. satt i sving, men den kom, som mange andre, hurtig til den konklusjon at det ikke er mulig å gi noe eksakt svar. Det kommer av at modulkoordineringen virker inn på så mange felter av bygningsindustrien, på materialproduksjonen, på en systematisk planlegging (på basis av et samordnet materialutvalg), på en hurtigere montering og bygging, ja, på en bedre rutine i alle ledd. Det lar seg nok gjøre å påvise enkelte økonomiske konsekvenser, men ikke på langt nær så mange at det gir noe tilnærmet riktig bilde av forholdene. Dessuten vil en rekke av de forventede virkninger først kunne inntreffe når hele saken er kommet i god gjenge.

Modulkoordineringstanken blir derfor en overbevisning, en tro som må feste seg i alle lag av byggefaget for at det skal bære over kneiken. De prosjekterende må ville modulprosjektering på basis av et samordnet

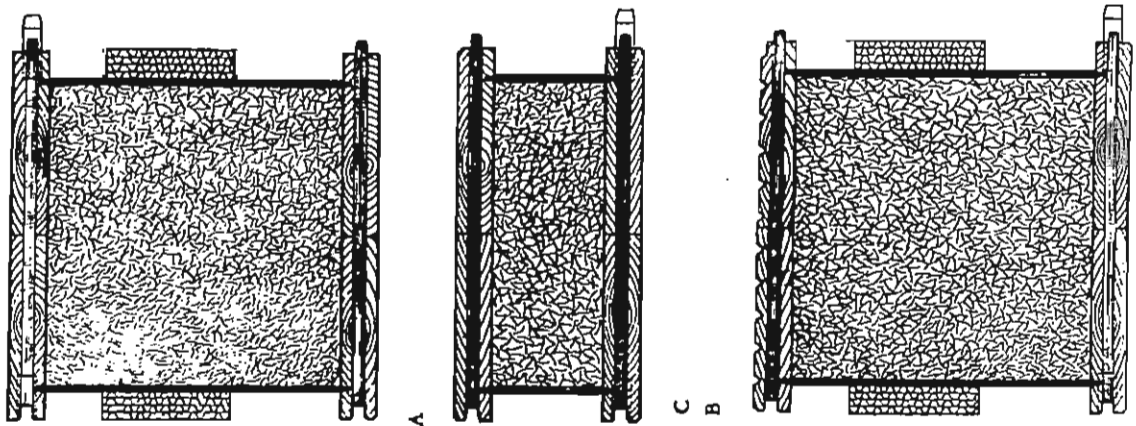


Fig. 9.

Veggelementer til de svenske Mockfjärd-husene, planlagt og fremstilt av AB Elementhus.

materialutvalg. Materialprodusentene må *ville* moduldimensjonering og en systematisk variantbegrensning. Fremfor alt: det byggende publikum må *ville* ha modullserte bygninger satt sammen av modullserte enheter etter en rasjonell modulplanlegging.

Samfunnet som helhet er allerede i ferd med å *ville* alt dette. Det viser ikke minst den senere tids utvikling i retning av montasjebygging. Det er meget som tyder på at utviklingen i denne retning ikke lar seg stanse, men det er klart at alle vi som har med byggefaget å gjøre kan påskynde eller hemme utviklingen alt etter den stilling vi tar til saken.

Til slutt et råd til alle som interesserer seg for modulbygging:

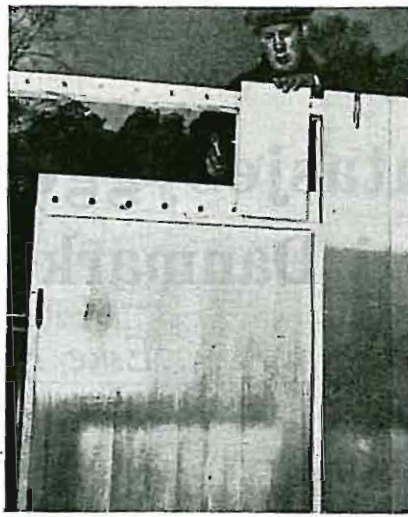


Fig. 10.

Montering av Mockfjärd-hus.

Det finnes i Sverige en stort anlagt fabrikk for serieproduksjon av modullserte småhus. Den ligger i Mockfjärd, og byggesystemet kalles A/B Elementhus. Det finnes antagelig intet sted i verden et så gjennomført modulbyggesystem i praksis. Denne rasjonelle serieproduksjon, delmontasjen av rørledninger m. m. i verksted, det store samlelager av absolutt alle deler som skal til bygget (fra grunnelement til siste utstyrsdel), den hurtige ordreekspedering, den rasjonelle transport og det presise og hurtige byggearbeide overbeviser mer enn noen tall om modulbyggingens muligheter. Denne produksjonsmessige løsning av byggeteknikkens problemer er derfor særlig verd et studium.

Trekk av montasjebyggeriets utvikling i Danmark

Av arkitekt m.A.A. Eske Kristensen

Hvad er «montagebyggeri»? De senere års brug af beton, ikke mindst indenfor *husbygningsområdet*, har ført en vældig udvikling med sig. Udviklingen har gjort det nødvendigt at anvende en række udtryk, benævnelser man ikke tidligere har haft brug for.

Den udvikling, der er sket indenfor fællesbegrebet betonbyggeriet, har væsentligst bestået i, at fremstillingen af de dele, der hidtil blev støbt af beton i på selve bygningen opstilte forme nu i stedet fremstilles på fabrik. Om den fabrikmæssige fremstilling sker på en eller flere stationære fabrikker eller på det, vi kalder feltfabrikker, er i denne henseende underordnet.

Vor byggeproces er gennem denne ændring i færd med at skifte karakter. Tidligere var de fleste byggepladser, i hvert fald hos os, at sammenligne med oplagspladser, hvor tilfældigt ophobede, utildannede materialer var spredt over et stort område; materialer der senere ved håndværksmæssig bearbejdning måtte tilføres for at kunne indgå i byggeriet. Med den udvikling, som er sket, synes den nyere tids velordnede byggeplads at tendere henimod en «samlefabrik»s synspunkt, hvor fabrikmæssigt fremstillede komponenter, der vel at mærke kan komme fra vidt forskellige produktionsområder, tilføres og derefter uden tildanning monteres.

Grænserne mellem de forskellige arter av denne form for byggeri er naturligvis ikke skarpe, og det er derfor måske naturligt gennem et par eksempler at illustrere, hvad der menes med montagebyggeri.

Fig. 1. Bebyggelsen Bellahøj. Det første større, samlede boligbyggeri udført af beton og delvis ufaglært arbejdskraft. I ydervæggene indgår mindre grå elementer, større hvide elementer (til bånd) og endnu større elementer til altaner (balloner) trap-



Fig. 1. Højskolebebyggelse på Bellahøj. Leflighedstallet: Ialt ca. 1250, 5 sociale boligselskaber. Bygherre for den viste bebyggelse er Arbejdernes kooperative Byggeforening. Arkitekt: Eske Kristensen. Ingeniør: Birch & Krogboe. Betonentreprisen: Christiani & Nielsen. Opført: 1951—55.

peløb o. m. a., men det er ikke montagebyggeri, fordi hele husets opbygning forudsætter, at disse elementer kun er dele i en proces, som kræver formopstilling og udstøbning i såvel ydervægge som indervægge. Anvendelse af fabrikkfremstillede (præfabrikerede) betonkomponenter, som, efter at de er kørt til byggepladsen, ved hjælp af ganske enkelt grej hejses op og på lige så enkel vis monteres. Derfor tales der i et sådant tilfælde om MONTAGEBYGGERI.¹⁾

¹⁾ Den historiske udvikling af anvendte benævnelser for nye betonbyggerier har groft været: Utraditionelle byggemetoder, elementbyggeri, præfabrikeret byggeri o. m. lignende. Det er udviklingen, der har ført til den nu foretrukne benævnelse, montagebyggeri, der således kun deler en bestemt retning indenfor nyere byggemetoder.

Organisationen af dansk byggeri: Skal man have nogen mulighed for at forstå den udvikling, der er sket indenfor dansk montagebyggeri, er det nødvendigt i hvert fald kortfattet at gøre rede for, hvorledes teknikkerne hos os er impliceret i byggeprocessens forløb fra påbegyndelse til afslutning. Dansk byggeris organisation er i den henseende noget anderledes end i de øvrige nordiske lande, især Sverige. Fig. 2 vil formentligt bedre end mange ord vise byggeriets organisation hos os.

Denne skematiske fremstilling viser 7 faser, herigennem især den projekterendes mulighed for at følge byggeriet i hele dets forløb fra de første grove skitser over de tekniske, økonomiske, juridiske, organisatoriske forudsætninger til byggepladsens arbejde og indtil byggeriet er endeligt afsluttet. Jeg er ganske klar over, at nogen direkte overføring af erfaringer, systemer eller organisation som den viste naturligvis ikke kan ske fra land til land, men den er nødvendig at vise, for derved at forklare vort særlige grundlag.

Det intime kendskab til hvert eneste af byggeriets led har været en forudsætning for, at vi teknikere har kunnet deltage så intenst i de nye byggemetoders udformning, har kunnet tage hensyn hertil i byggeriets organisation, og måske — hvad jeg mener er særligt vigtigt — har kunnet nå frem til samarbejdsmuligheder med entreprenorene.

Projekteringen: Sideløbende med det, jeg her har fremført, er det nødvendigt at pege på, at vi i Danmark gennem de senere år har arbejdet energisk for at finde frem til en bedre projekteringsform end den, vi hidtil har anvendt. Vi har langsomt arbejdet os fra en del-projektering til en total-projektering, fig. 3. Ved totalprojekteringen opnår vi, at projekteringen er så omhyggelig for byggeriet igangsættes, at der ikke bliver

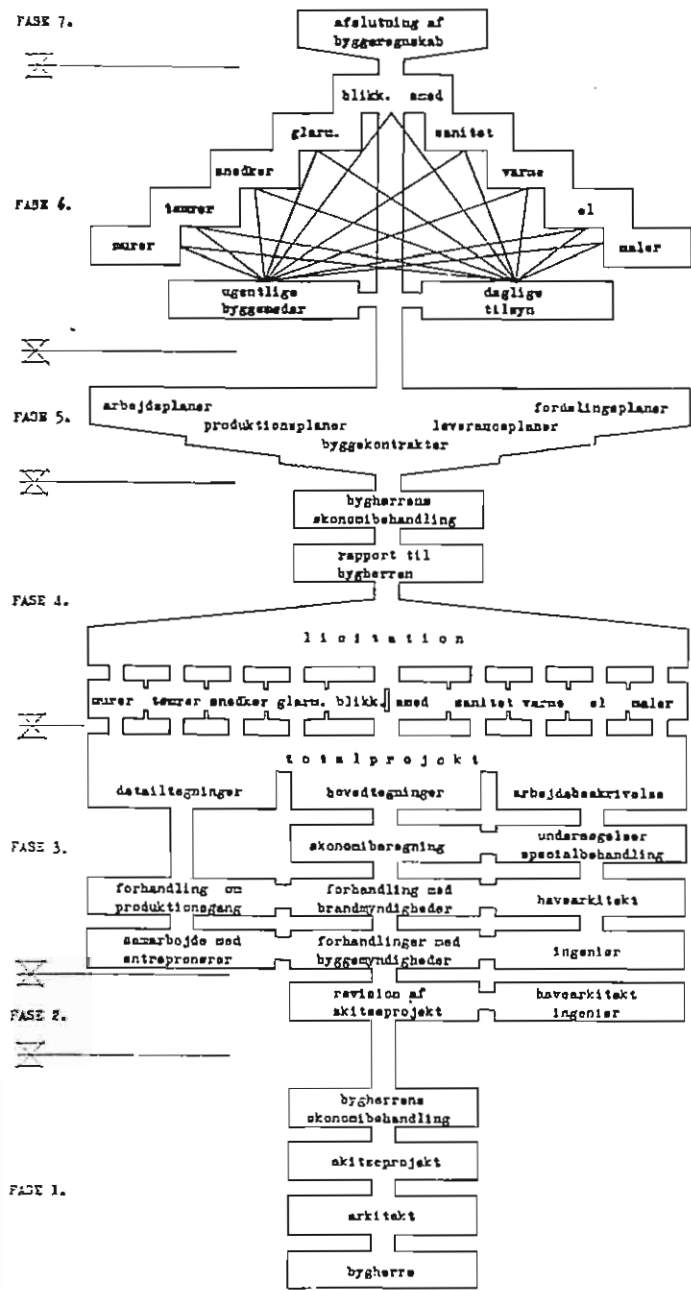


Fig. 2. Byggearbejdets organisation.

Konsulenterne. Et andet forhold, som hos os har vist sig af stor verdi for byggeriet i almindelighed, er den ordning, som gennem Boligministeriets Produktivitetsfundsudvalg er opnået, — den at der uddannes særlige *rationaliseringskonsulenter*, som ud over hele landet er til rådighed ved tilrettelæggelsen af ikke alene selve byggeriets projektering, men også byggepladsens organisation, herunder anvendelsen af *maskinelle hjælpemidler*. At denne ordning fremover vil være byggeriet til stor gavn behøver næppe nogen påvisning, men en anden side af denne virksomhed, som jeg også tillægger stor betydning, er den, at disse konsulenter virker som *forbindelsesled* mellem de ude over landet boende projekterende teknikere og forskningsinstitutterne samt boligministeriet, sådan at der skabes en levende kontakt, man hidtil har savnet.

Byggeriets Maskinstationer. Man kan næppe nævne konsulenterne uden samtidig at komme ind på de *maskinelle hjælpemidler*, som i højere og højere grad gør sig gældende på byggepladserne. Værdien af disse hjælpemidler er der hos os næppe større diskussion om, men de kræver mange penge til investeringer, investeringer som mange mindre håndværkere og entreprenører ikke er i stand til at foretage. Det har derfor betydet meget især for montagebyggeriets udvikling hos os, at man gennem oprettelsen af *Byggeriets Maskinstationer* har fået en organisation, som gennem 3 centraler *dækker hele landets* byggeri med mekaniske hjælpemidler, hjælpemidler som kan lejes på rimelige vilkår. Selvom aktiekapitalen med sine 5.000.000 kr. ikke er imponerende, er det alligevel et betydeligt

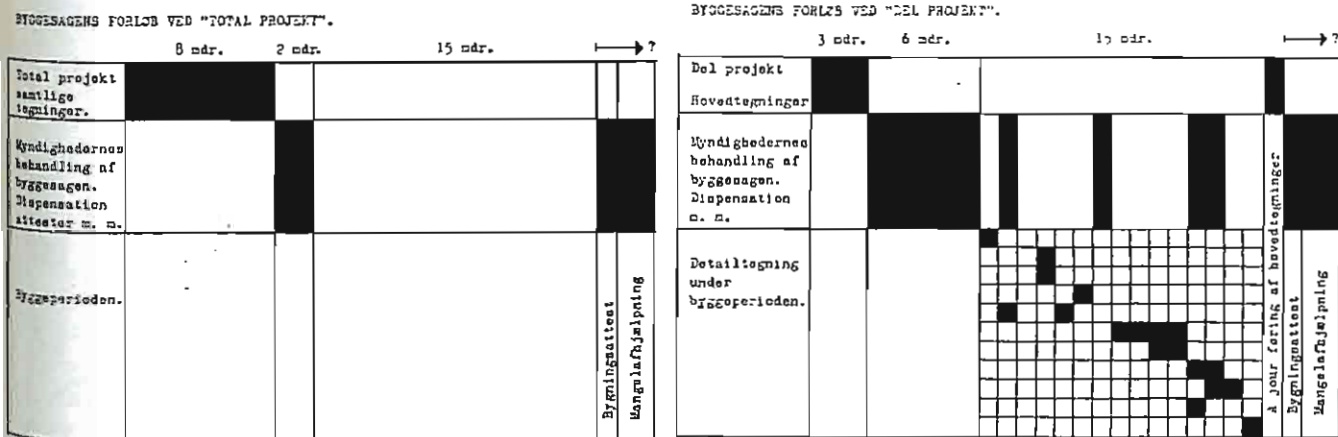


Fig. 3. Tegning af del- og totalprojektering.

tale om ekstraregninger, hvilket vinder større respekt for teknikernes arbejde men vi opnår også en anden ting, som er særlig nødvendig indenfor det præfabrikerede byggeri, —

at enhver detalje er helt afklaret, inden byggeriet igangsættes, således at senere ændringer, der erfaringsmæssigt koster byggeriet betydelige beløb, undgås.

antal hjælpemidler og maskiner, man allerede har kunnet anskaffe. Behovet herfor har allerede vist sig, idet omsætningen i den korte periode, der er gået, siden første station star-

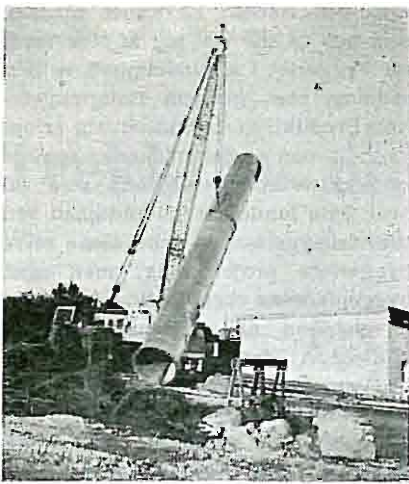


Fig. 4. B.M.S. mobilkran monterer en skorsten.

tede, ca. 3 år, er vokset til en lejeindtægt på omkring 1.800.000 kr. om året.

Boligbyggeri af beton. I en kort artikel som denne at gøre udtømmende rede for udviklingen hos os er ikke gørligt. Der kan højst blive tale om en påvisning af visse karakteristiske træk heri.²⁾ Endelig må peges



Fig. 5. Rækkehusbebyggelse, Engstrands Alle, 107 huse. Bygherre: Hvidovrebo. Administratør: Arbejderbo. Arkitekt: Eske Kristensen. Ingeniør: P. E. Malmstrøm. Beton-entreprisen: Larsen & Petersen.

på, at montagebyggeribegrebet rækker langt videre end til råhuset. Afteningen af et hus indeholder i virkeligheden langt mere lettilgængelige monterings- og industrialiseringsmuligheder. I det efterfølgende er det imidlertid betonen og herved råhusets muligheder, der er lagt hovedvægt på.

Bellahøjbyggeriet, såkaldt utraditionelt byggeri, små elementer. Det er ganske tankevækkende, at dette

²⁾ Når derfor systemer som vippeforskalling, tilt-up metoden, glideforskalling, klatreforskalling, Kallton, Chock-beton og en mængde andre lignende interessante metoder ikke er medtaget, skyldes det udelukkende ønsket om dels at begrænse emnet, dels at påvise visse særlige karakteristiske træk ved det almene danske etagebyggeri af beton.

Eenfamiliehusbyggeri efter nyere byggemetoder, helt eller delvis af beton, er ligeledes et særligt emne, som må udkræve en specialartikel herom.

byggeri kun er relativt få år gammelt. Vi mente alle, da vi gik i gang med det, at være et godt stykke på vej mod nye, fordelagtige byggemetoder. Hvad der måske i nogen grad tog vor interesse fangen var anvendelsen af *ufaglært arbejdskraft*³⁾, anvendelsen af betonen og anvendelsen af en række *mekaniske hjælpemidler* (kraner). Alt sammen noget, vi ikke hidtil havde benyttet i boligbyggeriet. — Men det var ildte nok! Der må flere end disse ingredienser til for at få det fulde udbytte af de nye muligheder, 1) en projekteringsform i nøje samklang med *anvendt materiale og konstruktion*, men også 2) en *gennemarbejdet arbejdsgang*, desuden 3) en *samarbejdsform*, hvor også den *udførende entreprenør* indgår i projekteringen sammen med teknikere og 4) anvendelsen af *totalprojektering*. Sidst, men ikke mindst en *økonomisk bearbejdning*, som gør det muligt, at de *nye byggemetoder* ud fra et korrekt økonomisk sammenligningsgrundlag yder loyal pris konkurrence med eksisterende byggemetoder.

Bellahøjbyggeriet var udsat for megen kritik, hvoraf desværre kun en mindre del var saglig. Den saglige kritik konstaterede, at det var muligt at opnå konstruktive, materialemæssige samt æstetisk tilfredsstillende resultater ved anvendelsen af beton og ufglært arbejdskraft, men at håndværkerudgiften måtte anses for at være relativt høj (pr. jan. 1951, kr. 405 etagem² (+ senere prisstigninger). Byggeprisindeks da 240. Husleje pr. m² ca. 36). På basis af de forannævnte 4 punkter og den økonomiske kritik, måtte eventuelle nye projekter bygge.

Medens Bellahøjbebyggelsen så udpræget repræsenterede højhusenes ide, blev det næste større boligbyggeri af beton udpræget lavt byggeri, rækkehusene Engstrands Alle, utra-

³⁾ I 1952 var antallet af ufglærte, som var tilsluttet en arbejdsløsheds-kasse, her hos os ca. 130 000 medlemmer. Af dette store antal arbejdere var der i samme år — og dette år var oven i købet et godt byggeår — ca. 20,6 % ledige. Til denne store ledighed må man endvidere lægge de ca. 10—15 000 arbejdere, som i disse år strømmer fra land til by og kræver både arbejde og boliger, så det er forståeligt, at man må interessere sig for anvendelsen af en del af denne arbejdskraft. Det må naturligvis ikke glemmes, at kun en del af disse arbejdere er jord- og betonfolk, og at kun en mindre del af dem kan finde anvendelse i byggeriet, men sammenholdes ovennævnte antal med det til rådighed værende antal murersvende for nybyggeri, ca. 3500, giver det alligevel anledning til eftertanke.

ditionelt byggeri, små elementer, fig. 5. Det første byggeri, hvor man søgte som en spæd begyndelse at finde frem til byggemetoder, der tilgodeser de nævnte forudsætninger, og som desuden i *økonomisk henseende* påviser, at det kan gøres ikke alene lige så billigt, men endog *billigere* end de traditionelle.

Der blev udarbejdet 2 totalprojekter, hvis ydre mål og indretning var ens, eet af traditionelt murværk og med træbjælker, eet af færdigfabrikerede betonelementer og med betonbjælkelag, fig. 9. Licitationsresultatet (decemb. 51) viste, at det murede hus ville blive ca. 6000 kr. dyrere end det betonstøbe. (Godkendt pris pr. hus ca. 40 200,—.) Skeptikerne har antydnet, at det færdige hus nok skulle vise sig at blive meget dyrere. Det er ikke rigtigt. Tallene vil vise det. Efter afsluttede godkendte byggeregnskaber (4.2.54) er prisen pr. hus incl. anpart i samtlige fællesanlæg kr. 40 200,—. Husets etageareal er ca. 130 m². Pris pr. etagem² ca. 307 kr. Trækkes cyklerum og det kammer på 1. sal, som er betegnet som «pulterkammer», fra, er etagearealet 118 m² og prisen pr. etagem² da 341 kr. Indskud pr. hus er kr. 1600,—, den månedlige husleje i dag kr. 216,—, varmebidraget i gennemsnit pr. hus ca. kr. 590,— pr. år. Heri incl. varme i fællesanlæg, men ikke varmt vand (varmtvandsbeholdere).

Rent bortset fra byggepladstilrettelægning er det navnlig *4 hovedsynspunkter*, der her gør sig gældende. For det første ydre vægge af færdigfabrikerede elementer, hvor ydre hud



Fig. 6. Ydevægge af 23 cm. tykke elementer opstilles af ufglærte arbejdere + en let tårndrejokran.

og isolation samtidig opfylder de statiske krav, fig. 6. For det andet, at man her for første gang søger at fremstille bjælkelag helt af præfabrikerede dele, for herved at sikre en hurtigere byggeproces og billigere fremstillingsform. Ikke mindst det sidste har vist sig at være dels en arbejdsmæssig succes dels en økonomisk gevinst. For det tredje, at hidtil anvendte målafsetningsmetoder ikke er tilfredsstillende, og at de bør afløses af modelafsetning, fig. 7.

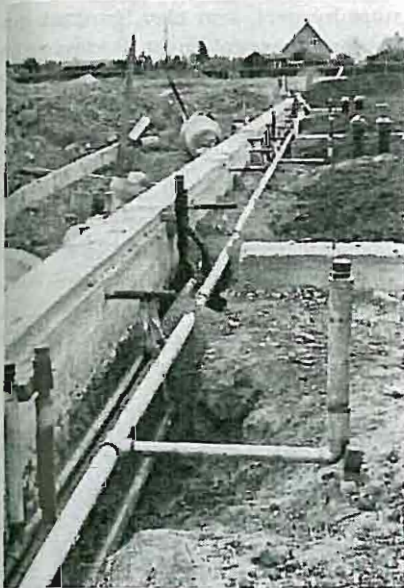


Fig. 7. Fast afsætning for såvel horisontale som vertikale installationsdele.

For det fjerde støbeformens betydning for de præfabrikerede betonkomponenters nøjagtighed og pris.

Men dette byggeri var også kun et skridt på vejen. En af de arbejdsmæssige mangler var, at lette skille rum på almindelig håndværksmæssig måde måtte opstilles, og at husenes vægge samt lofter i tagetagen måtte pudses, ligesom alle normale aplaneringer i form af skabe og køkkeninventar blev fremstillet efter kendte metoder.

På basis af de positive erfaringer fra Engstrands Alle byggeriet blev for samme bygherre Arbejdernes Andels Boligforening i Hvidovre med Arbejderbo som forretningsfører gennemført et nyt byggeri efter stort set samme metodik.

Strandhavevejbebyggelsen eller Hvidovre VI, første skridt mod montagebyggeriopfattelsen, små elementer. Byggeriet omfatter 230 lejligheder med et samlet etageareal på ca. 17 300 m², desuden 2 vaskeritraler, 1 fælles varmecentral, ialt 132 m², 18 garager, 1 legehuse, 1 butikshyggning ca. 480 m² og 1 børnelave med fritidshjem (denne er end-

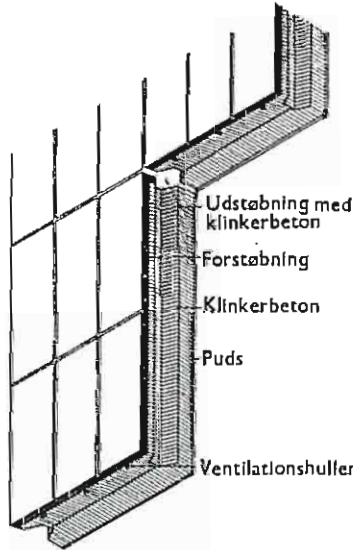
nu ikke opført) ca. 328 m². Udnyttelsesgrad ca. 0,26. Den samlede håndværkerudgift ifølge afsluttet statslånsregnskab kr. 7 284 000,—. Priser pr. etagem²: håndværkerudgift kr. 374,—*, Husleje pr. 1.756 (1 år efter byggeriets afslutning) kr. 24,20 pr. m². Indskud for en lejlighed bestående af 2 værelser + kammer + spisekøkken kr. 1200,—, det varierer

* Byggeprisindex da licitationen fandt sted (februar 1953) 274, ved byggeriets afslutning (juli 1956) 291.

selsvagt efter lejlighetsstørrelse. Udstyret i huset er særdeles højt.

Af de bemærkelsesværdige ændringer bør anføres, at de monolitiske langsgående og tværgående skille rum er støbt i så glatte forme, at puds helt er udeladt. Ydervæggene er fremstillet af elementer med så glatte indersider, at heller ikke disse er pudset, fig. 8. Væggene omkring baderum er udført af færdigfabrikerede 5 cm. tykke betonelementer, idet der incl. denne tykkelse er medtaget

Engstrands allé



Strandhavevej

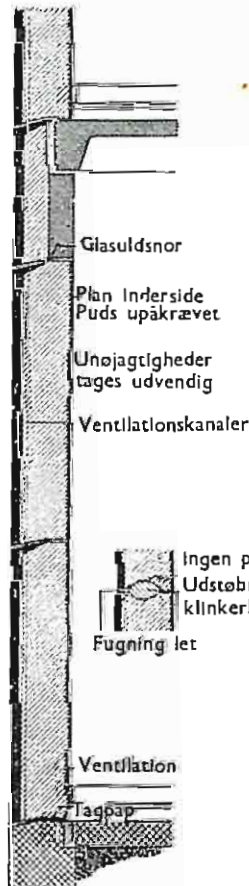
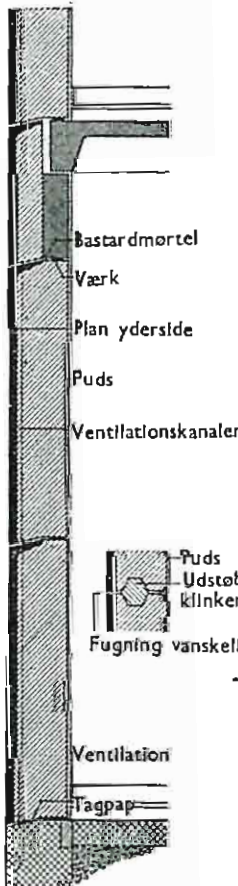
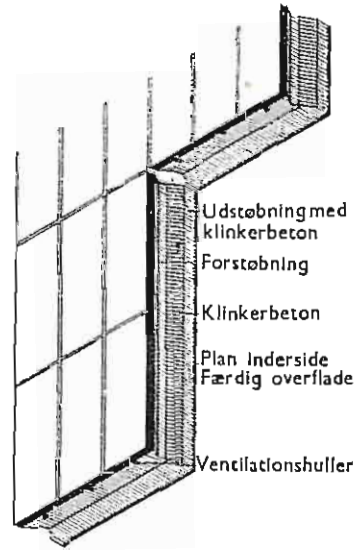


Fig. 8. Ydervæg med indvendig puds og samme udformet med færdigpudset indvendig side fra fabrikkens.



Fig. 9. Færdigfabrikerede vægge om baderum med hulafsetninger foretaget.

en terrazzobelægning, fig. 9. Samtlige lette skillerum er af præfabrike-

rede 6 cm. tykke, 120 cm. brede og 250 cm. høje elementer med en ydre hud af hård masonite og indlæg af Stramit. Lofterne i tagetagen er udført af masoniteplader i hele størrelsen og ovenover isoleret med 5 cm. tykke Rockwool batts.

Ved dette byggeri er det for første gang forsøgt i videst tænkelige grad at lade al hulafsetning udføre på fabrikk. Det gælder både i horisontal som vertikal retning. For skabs- og køkkeninventarets vedkommende er der ligeledes for første gang anvendt værksteds- eller fabriksfremstillede færdige komponenter, som blot er monteret på byggepladsen, fig. 10.

Præfabrikerede betonelementers anvendelse som hjælp til at fremskabe udendørs opholdspladser for den enkelte lejligheds beboer fremgår af fig. 11. At betonen indeholder andre rent konstruktive og æstetiske mu-

ligheder fremgår af fig. 12. Mere end noget andet byggeri kan man vist uden overdrivelse sige, at dette byggeri gav stødet til, at interessen for at arbejde med færdigfabrikerede betonelementer blev vakt i større kredse. Hovedsynspunkter og detaljer kan spores i et ikke ringe antal byggerier fra denne periode.

De hidtil omtalte projekter repræsenterer de små betonkomponenters periode.

Milestedet, montagebyggeri, mellemstore elementer. Det næste meget store byggeri, som blev igangsat hos os, er bebyggelsen i Rødovre og Brøndbyernes kommune. Beliggende mellem 2 hurtigtogsstationer og begrænset af Avedøre Boulevard, Roskilde Landevej og Brøndbyestervej.

Grundarealet er ialt ca. 720 000 m² stort. Byggeriet omfatter ialt ca. 3000 lejligheder fordelt i 3-etagers

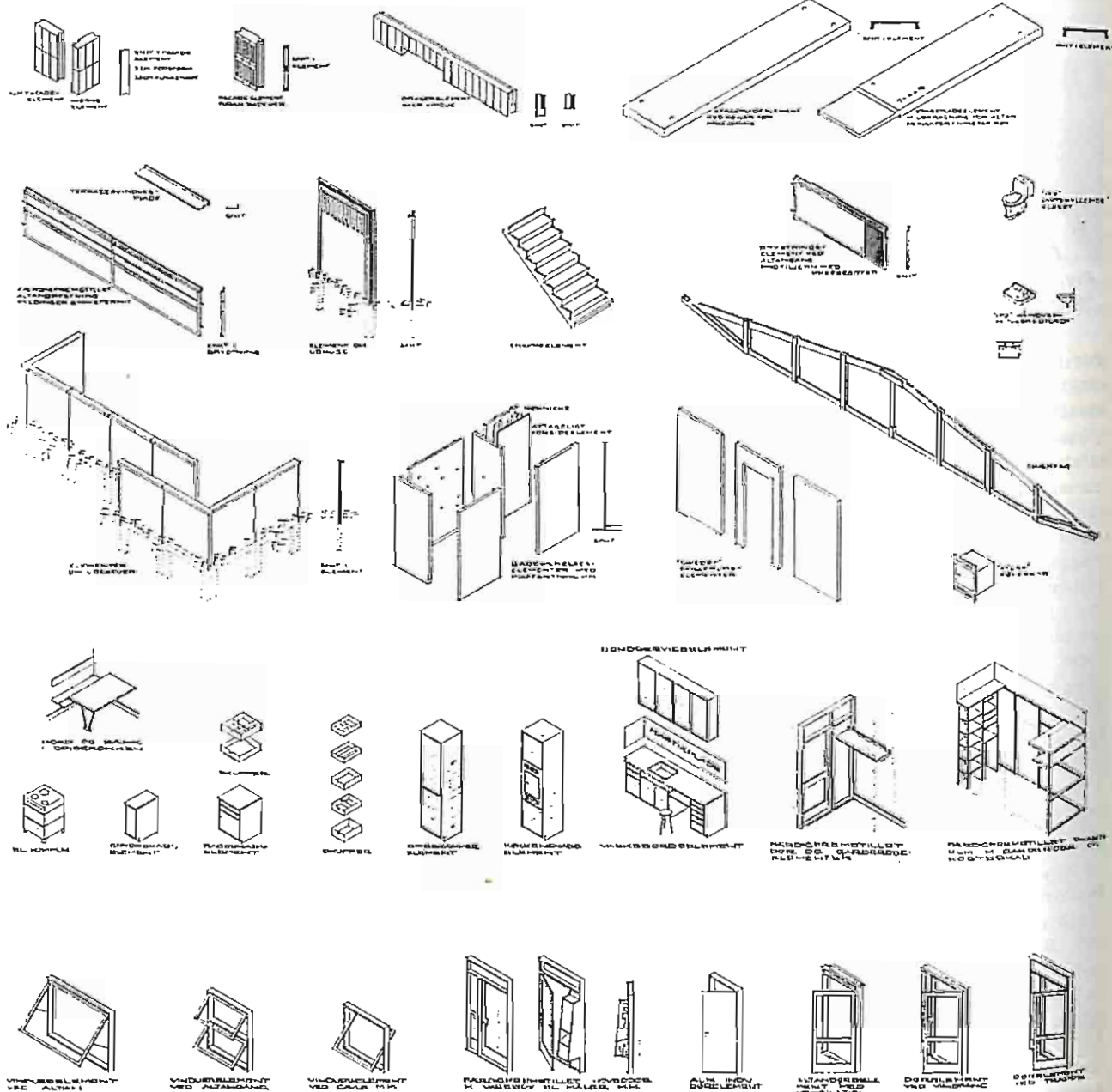


Fig. 10. De mange komponenter som indgår i dette byggeri.

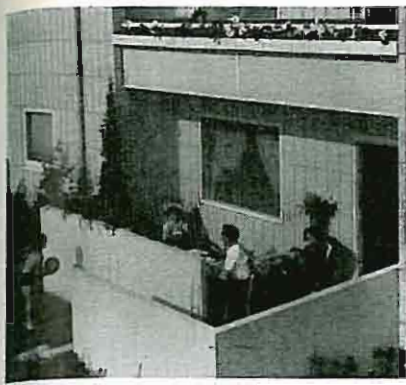


Fig. 11. Udestue.

huse og 10 stk. højhuse. Desuden butiksområder, enkelte kontor- og forretningshuse, varme- og vaskerier, garageanlæg, børnehaver, friluftssvømmebad o. s. f. Det samlede etageareal er ca. 205 000 m². Byggeriet gennemføres af 6 sociale byggeselskaber. Byggemetoder er ikke ens, men stærkt beslægtede. Af det omfattende byggeri ligger ca. halvdelen i Rødovre kommune, i det efterfølgende kaldet Milestedet, og

hovedparten af dette byggeri er enten allerede indflyttet eller nærmer sig sin fuldførelse, mens arbejdet på den resterende del af det store grundareal er under udførelse. For Rødovre afsnittets vedkommende kan siges, at vel er der tale om flere bygherrer, ialt 4, og vel er der forskellige arkitekter, og uanset at husene i deres ydre udformning er vidt forskellige, er de anvendte betonkomponenter, ikke alene ens i konstruktion, men i stort omfang af samme størrelse og samme detailudformning. Alle Rødovre-husene er bygget over et 60 cm. præferencemål og har 120 cm. brede bjælkelagsplader i længder på 240 — 300 — 420 cm., men endda er husenes indretning vidt forskellig. Byggerierne er gennemført efter bærende skillerums princip, d.v.s. at alle bærende tvær- og langsgående skillerum er af grov-beton og støbt i fra gulv til loft og fra ydervæg til ydervæg gående flytbar og meget robust jernforskalling, der efterlader en helt glat betonoverflade.

Bjælkelagene er en videreførelse af de allerede nævnte færdigfabrikerede elementer, blot med ribber for hver 60 cm., fig. 13. Hverken vægge eller lofter er pudse, væggene er dog efterbehandlet ved påmaling over fugerne med Kåbetäck eller gips. Badeværelsesvægge er udført efter samme principper som omtalt under Strandhøvevejbebyggelsen.

Bortset fra anvendelsen af de specielle jernstøbeforme er det nye her, at samtlige ydervægge, hvad enten disse har hvid forstøbning eller ej er udført som rumstore elementer af sandwichtypen, fig. 14. Desuden er balkonernes gulv, deres brystninger samt alle vinduesbrystninger og altangangsgulve og vægge udført af præfabrikerede dele. Elementstørrelser varierer fra 280 cm. højde og 300 cm. bredde, til ca. 120x420 cm. Vægtene fra ca. 880 til ca. 1500 kg.

Sandwichpladernes tykkelse, isolation og konstruktion fremgår af fig. 15.

For den 3-etagers bebyggelse kan oplyses, at den med hensyn til hele råhusets opbygning nøje følger samme princip, som gælder for højhusene.

Trapperne er her udført, så de ligger midt i huskroppen og har ovenlys. For at skaffe bedst mulig lyd-dæmpning er trappernes enkelte komponenter, løb, mellem- og hovedrepose lagt helt fri af væggene, ligesom trinoversiden er lyddæmpet ved anvendelse af specialgummi.

Samtlige lette skillerum er udført af elementer 120 cm. brede, etagehoje d.v.s. ca. 250 cm., 5 cm. tykke og med Gibsonitplader på hver side.

Praktisk talt alle køkkener har spiseplads og køkkeninventar udformet på basis af Dansk Køkkensæts funktionsgang. Fig. 16 viser et typisk eksempel.

De mange betonelementer, som har fundet anvendelse ved de ca. 1500 lejligheder, som indtil nu er fuldført i Rødovre afsnittet, er dels fremstillet på to feltfabrikker på byggepladsen og dels tilkørt fra fabrikker i København, Roskilde og for et af afsnittenes vedkommende fra Jylland. Der har været anvendt mange forskellige entreprenører indenfor de forskellige områder. Her er således tale om en begyndende form for montagebyggeri.

Erfaringerne fra det indtil nu gennemførte byggeri må betegnes som meget positive, og viser, at det er velgørligt at komme frem ad den vej, der peger mod et endnu mere rationelt montagebyggeri. En forudsætning herfor er ikke så meget nøjagtighed som klart aftalte ydergrænser for den



Fig. 12. Udvendig trappe til altangange.

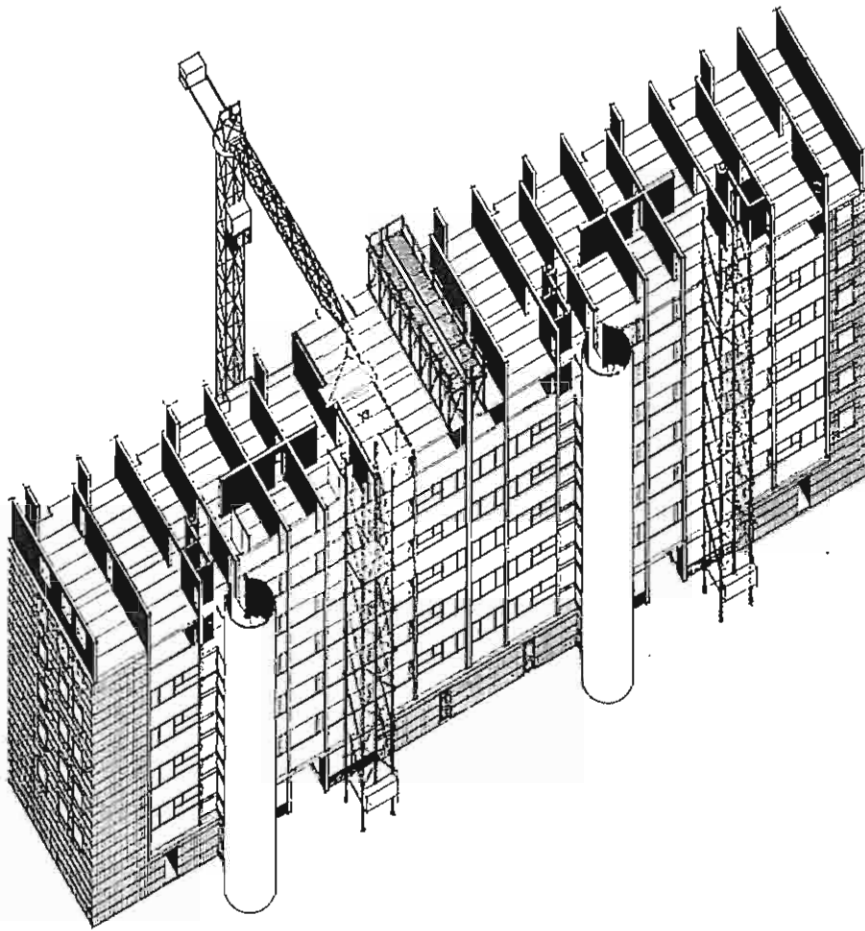


Fig. 13. Axometri af opstillingsrytme for et højhus.



Fig. 14. Detailfoto af facadeparti med vindues- og altanbrystning med hvid forstøbning.

Det økonomiske resultat af ovennævnte byggeri bør omtales. Det kan imidlertid kun ske ved et eksempel, fordi byggeriets regnskaber endnu kun er afsluttet for enkelte afsnit. Det angivne eksempel bliver da Arbejdernes kooperative Byggeförenings første højhus, det er også naturligt, fordi det var det først projekterede og godkendte byggeri i området.

Huset er i 12 etager + en indgangsetage. Licitation maj 1953. (Byggeindex 268). Samlet håndværkerudgift kr. 3 294 800,— eller kr. 366,— pr. etagem². Håndværkerregnskab afsluttet den 29.6. 56 (Byggeindex 294). Samlet udgift da kr. 3 389 300,— eller ca. kr. 378,— pr. etagem², d.v.s. at ingen overskridelse er sket, idet forskellen udelukkende er løn- og materialeprisstigninger.

Leje pr. etagem² ca. kr. 33. A

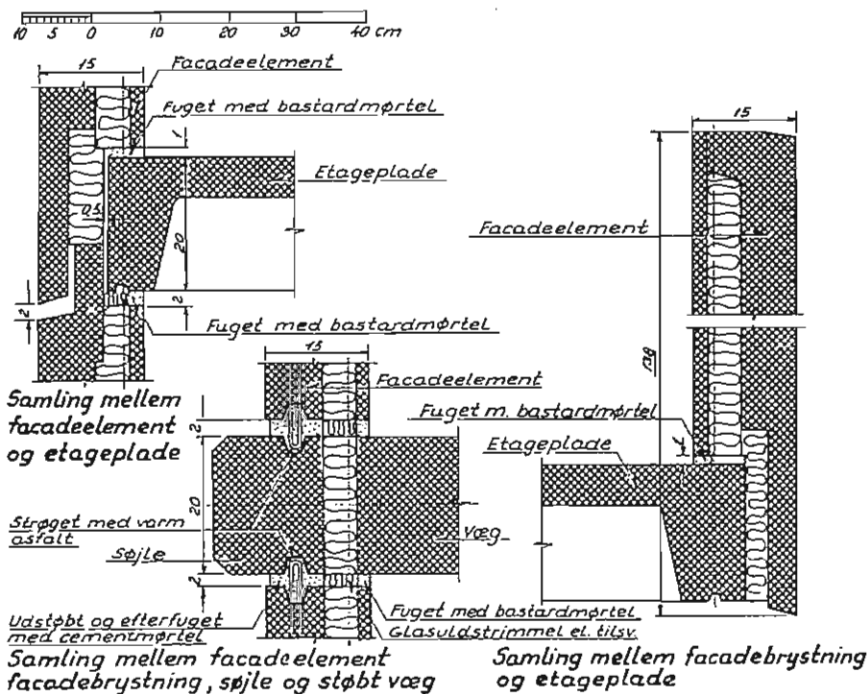


Fig. 15. Snit gennem lufstæg.

tilladte uøjagtighed! De nu færdigbyggede afsnit har tydeligt vist, at denne forudsætning kan opfyldes uden nogen økonomisk særbelastning.

En anden forudsætning er, at byggeriet finder frem til et ensartet, præcise målsystem, en modulordning, idet man kan iagttage, at det nye

islat i byggeri — de præfabrikerede betonelementer — både hvad angår fremstilling og montage har haft lettere ved at indordne og tilpasse sig denne forudsætning end de såkaldte «ældre» fag, som synes at have store vanskeligheder ved at omstille sig efter de nye forudsætninger.

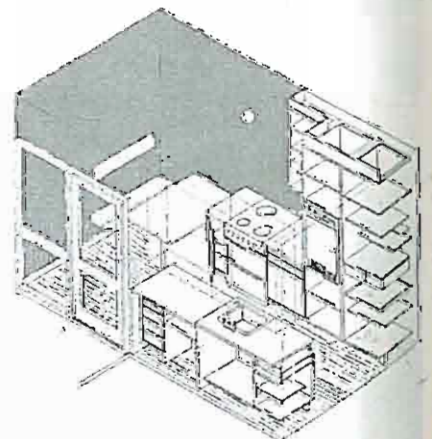


Fig. 16. Isonometri af et typisk køkken.

conto varmeudgift kr. 65. Indskud ca. kr. 1700 for en lejlighed på 2 værelser med kammer.

Videreudviklingen. På trods af de få år, montagebyggeriet har haft lejlighed til at virke, og det er jo kun godt et år siden Strandhavevejbyggelsen blev færdig, har det alligevel ikke alene vundet interesse, men også stor udbredelse hos os. Ud over det ganske land er gennemført et stort antal byggerier af mere eller mindre rationel karakter og af små, mellemstore eller store betonelementer. Jeg kan derfor kun omtale enkelte og da navnlig sådanne, som viser ny udvikling.

Torveparken, montagebyggeri, mellemstore elementer. Blandt disse bør omtales bebyggelsen Torveparken, udført for Arbejdernes Boligselskab, Gladsaxe, og med Arbejderbo som administrator, fig. 17. Byggeriet er en videreførelse af de principper, som foran er omtalt, idet de tvær- og langsgående skillerum består af præfabrikerede, delvis hule, elementer, som blot monteres på byggepladsen. Bjælkelagselementerne har glat underside og er hule. For installationernes vedkommende gælder, at disse her er indstøbt fra fabrik, således at kun forbindelsesrør fra etage til etage udføres som montage på bygningen. Ved byggeri af denne art er det indlysende, at tilkørselsrytmen fra fabrik til byggeplads må afpasses yderst omhyggeligt, hvis der skal kunne opnås en kontinuerlig arbejdsrytme med fuld udnyttelse af såvel arbejdskraft som de maskinelle hjælpemidler. Byggeriet er iøvrigt interessant gennem sin kraftige anvendelse af facadefarver.

Byggeriet omfatter 336 stk. lejligheder der fordeler sig med 115 — 1 etage, 252 — 2 etager, 96 — 3 etager Samlet etageareal 26 125 m.². Licitation april 1955. (Byggeindex 281). Samlet håndværkerudgift kroner 10 842 000,—, pr. etagem.² kr. 415,—.

Husleje kr. ca. 32 pr. etagem.² indskud kr. ca. 1500 for 2 v. + k. A. conto varme kr. ca. 60. Byggeriets første del er indflyttet november 1956.

De foran omtalte byggerier Milestedet, Torveparken og mange andre fra denne periode er karakteristiske gennem deres anvendelse af mellemstore betonkomponenter.

I andet byggeri end boligbyggeri har de samme tanker om element- eller montagebyggeri også vundet indpas, ikke mindst i de omfattende militære byggerier, som for øjeblikket foregår hos os. I mange af disse byggerier anvendes præfabrikerede elementer efter et system, hvor søjler/

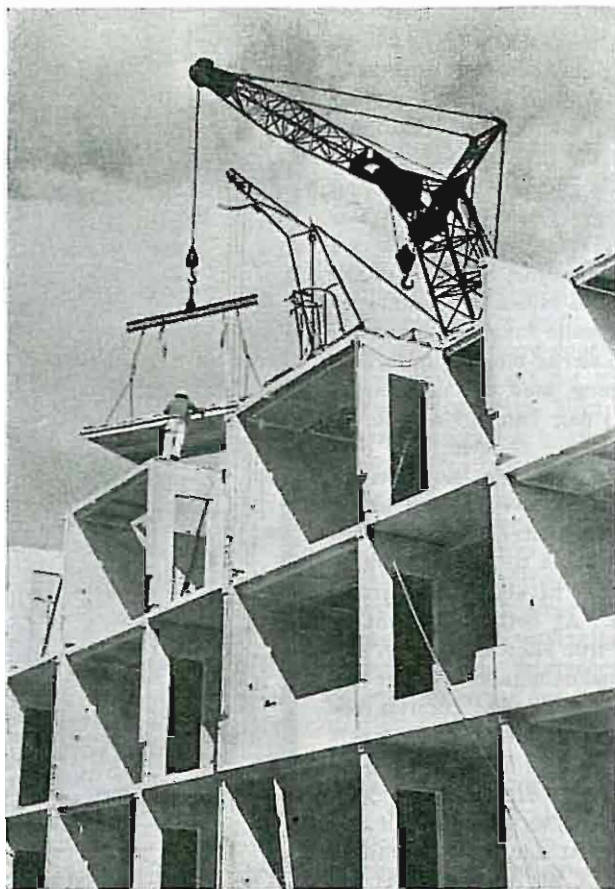


Fig. 17. Torveparken, montagebyggeriets videre udvikling, hvor også de bærende skillerum er udført af fabriksfremstillede elementer og hvor installationerne er færdige fra fabrik.

drager og bjælkelag er beton, mens øvrige dele i huset er udført af andre materialer.

En anden retning, væsentlig repræsenteret af de meget store entreprenørfirmaer, peger mod en udvikling som er karakteristisk gennem stærkt forenklet planløsning gennem anvendelse af relativt få, men ensartede fabriksfremstillede meget store elementer, fig. 18 og 19. Af en vis interesse er desuden, at ydervæggene ikke alene er fremstillet af præfabrikerede meget store betonenheder i etagehøjde, men at betonribbekonstruktionen er vendt udad og samtidig danner vindueskonstruktion, således at der ikke anvendes trækarme, men kun trærammer anbragt direkte i betonkonstruktionen. Ydervæggene står fri af den bærende konstruktion og har ingen statisk mission. En anden udvikling er den, at også tagkonstruktionen her udføres af helt færdigfabrikerede store betonkomponenter, sådan at hele huset bortsett fra fundamenterne er fabriksfremstillet og udelukkende kræver opstilling og montage, og derfor kræver en særdeles nøje montage- og tilkørselsrytme, ligesom de mekaniske hjælpemidler må afpasses nøje til de vægtmæssigt betydelige opga-

ver, der skal loses. Elementstørrelserne er her gjort så store som vore færdigsmyndigheder tillader, d. v.s. 280x300 cm., og disse størrelser gælder for almindelige bjælkelags- og tagelementer, samt for ind- og ydervægskomponenter. Dette byggeri er således karakteristisk ved anvendelse af store elementer, vægte fra ca. 2000 til 3500 kg. Ud fra produktionshensyn er der yderligere sket det, at baderummene nu danner et helt præfabrikeret unit. De ankommer til byggepladsen med hele installationen, håndvask, v. c. med låg, færdigbehandlede gulve og færdigbehandlede vægge og hejses op som en enhed og monteres på byggepladsen, fig. 20.

Dette byggeri er endnu ikke opført, men efter firmaets oplysninger ser tallene sådan ud for 252 lejligheder. Prisbasis, december 1956. Byggeindex 299 priser pr. etagem.², grundudgift kr. ca. 35,—, håndværkerudgift kr. ca. 318,— omkostninger kr. ca. 105,—. Husleje ca. kr. 26,55.

Muligheder! Hvilke muligheder kan man skimte på basis af den skete udvikling, og kan den give et fingerpeg om, i hvilken retning den fremtidigt vil gå?

Personligt er jeg ikke i tvivl om, at industrialiseringsmulighederne for be-

tonelementer er tilstede, men der mangler en meget vigtig forudsætning, nemlig en koordinering af mål. En sådan koordinering er så afgjort een af vejene, men den kan ikke sættes i gang, før man på basis af en udarbejdet og godtaget modulordning kan fastlægge præferencemål. Der er lang vej frem, men det er vel rigtigt her at nævne, at det nordiske samarbejde om fælles byggematerialemarked allerede fungerer, og at der er nedsat en særlig modulkomite, som er i fuld gang med det nødvendige arbejde og i dag kan opvise ikke så få resultater ⁴⁾. Gennemføres ordningen, vil der være en første mulighed for en vidtdreven industrialisering af komponenter, som kan anvendes ikke alene til montagebyggeriet, men også til alle andre former for byggeri. At dette ikke blot er noget, man tror eller håber, kan formentligt anskueliggøres ved at oplyse, at f. eks. helt færdigfabrikerede trapper hos os nu er en «traditionel» enhed i alle former for etagebyggeri. Vor største producent indenfor dette område har oplyst, at allerede i dag er det sådan, at der praktisk talt er betontrapper i alt etagebyggeri, og at 90 % af alle trapper oplægges af færdigfabrikerede løb, og at 20 % af alle reposer også leveres som løse, færdige komponenter. Her må det erindres, at det sidste kun har været prøvet i få år.

Hvad der er sagt om trapper gælder også for andre dele, ikke alene affaldsskakte, men også vindues- og altanbrystninger, vinduesbjælker, sølbænke o. m. a.

En anden mulighed er den, jeg har prøvet at påvise gennem det sidstnævnte projekt, den, at der arbejdes henimod at fremstille standardlejlighedstyper. Interessen herfor næres særligt af de helt store entreprenørfirmaer, der som hovedentreprenører herved kan fremstille et betydeligt antal boliger under anvendelse af meget store komponenter. Det kræver foruden betydelig kapital en stor og dygtig organisation samt en veludbygget maskinpark. Der kan således blive tale om modeller — biler, f. eks. en L & N model 56 eller en H & S model 57, en X & X model 58 og så fremdeles. At en sådan vej kan føre til acceptable løsninger, betvivler jeg ikke, men personligt vil jeg mene, at vejen lettere fører bort fra en industrialisering end til en for byggeriet som helhed økonomisk gavinstgivende mængdeproduktion. Me-

⁴⁾ Jvnf. herom foredrag af arkitekt Bjørkto og civilingeniør Kåre Heiberg.

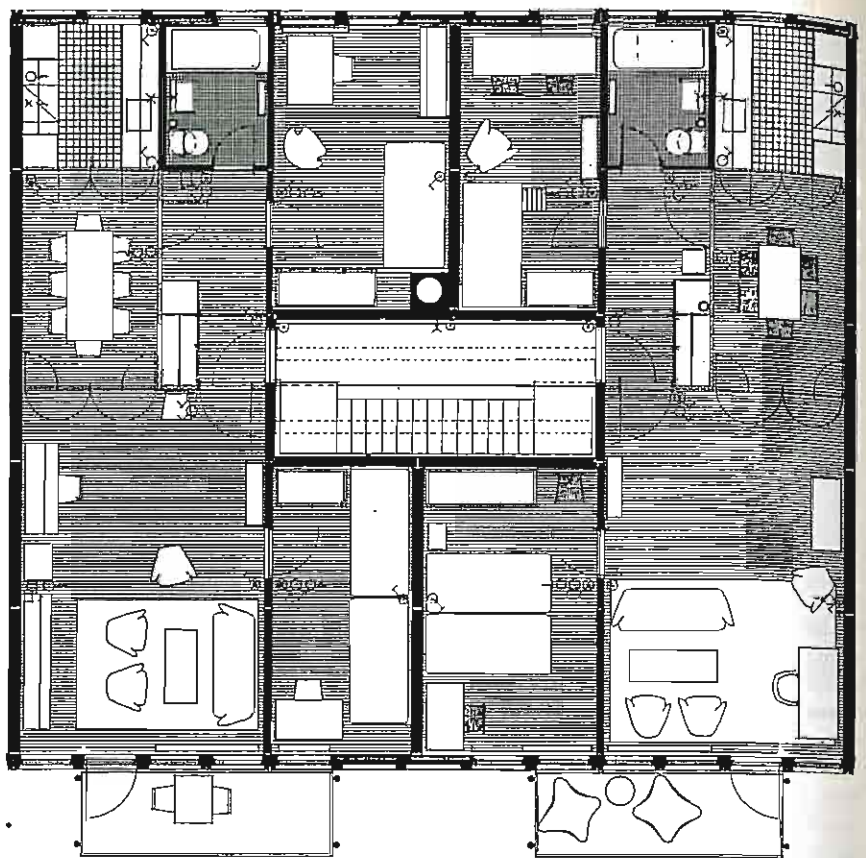
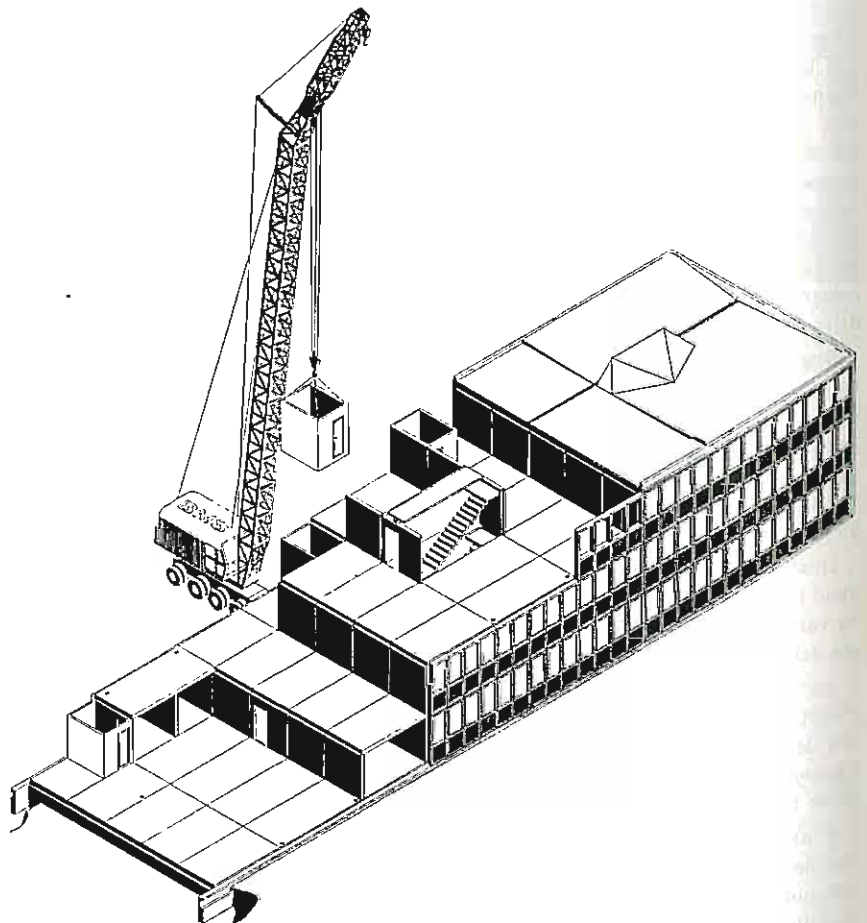


Fig. 18 og 19. Triangelprojekt. Hvor stærkt forenklet planløsning og store komponenter er karakteristiske træk.



toden må, såvidt jeg kan se, i alle fald være forbeholdt en ret begrænset kreds af storentreprenører, men ikke mindst af den grund må man

ikke se bort fra, at den derfor i første omgang kan vinde hastigere frem end mere alment anvendelige metoder.

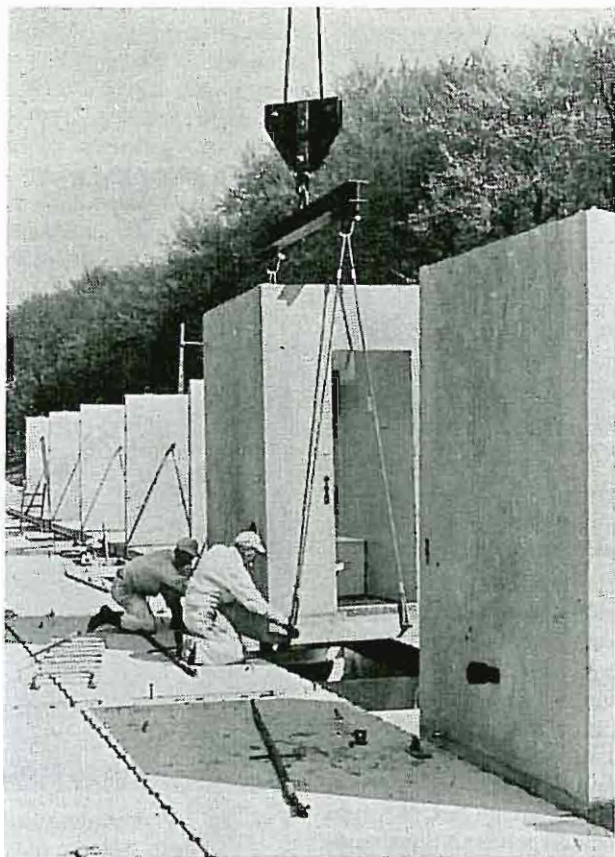


Fig. 20. Badeværelse foto.

En tredje mulighed er, at man på basis af typeplaner udarbejdet af f. eks. forskningsinstitutterne kan skabe grundlag for montagedele, som kan indgå i sådanne typer og fremstilles fra forskellige fabrikker og opstilles af forskellige entreprenører. Også denne vej må efter min mening indeholde visse muligheder. Andre muligheder dukker sikkert op.

Konklusion. Intet er så risikabelt som i få ord at ville rekapitulere en levende og vidtforgrenet udvikling, men selv med fare herfor skal jeg prøve groft at ridse nogle hovedsynspunkter op om montagebyggeriets muligheder og sandsynlige interesseområder.

1. Store byggeopgaver, store entre-

prenører, store betonkomponenter (stor vægt). Har interesse i at skabe særlige boligtyper af egen model.

2. Mellemstore byggeopgaver, mellemstore entreprenører, der vil være interesserede i ikke alt for store og for tunge komponenter. Har interesse i generelt godkendte lejlighedstyper, hvis enkelte komponenter kan købes forskellige steder og blot stilles sammen, monteres, af entreprenøren.

3. Traditionelle byggeopgaver har interesse for monteringsfærdige betonkomponenter, som ud fra et konkurrencesynspunkt (økonomi) kan gøre sig gældende. Hensynet da helt, at disse kom-

ponenter er så små og af så relativ lille vægt, at de enten kan monteres uden tilstedeværelse af særlige, økonomisk byrdefulde maskiner, eller også at leverandøren af disse komponenter påtager sig både leverance og montering på byggepladsen (Eksempel herpå trapper, altaner, bjælkelag o.s.f.).

Arkitektoniske synspunkter! Af det sagte er det arkitektoniske synspunkt hidtil ikke fremgået. For mig at se må man nære nogen bekymring for at anvende alt for store komponenter i byggeriet. Man kan ved en sådan anvendelse i hvert fald risikere, at man kommer i konflikt ikke alene med rimelig brugsfunktion, men også med den arkitektoniske frihed. I tiden fremover tror jeg ikke, der er tvivl om, at arkitekterne må være stærkt opmærksomme på disse problemer. Det er væsentligt, at arkitekterne i tide interesseret sig for betonkomponenternes størrelse. Disse kan øve indflydelse på deres planfrihed og på den ydre arkitektoniske formgivning. Foreløbigt er der, såvidt jeg kan se, ikke sket større skader, men af den korte oversigt, jeg har forsøgt at give over montagebyggeriets udvikling hos os, vil sikkert ses, at udviklingen løber stærkt, så stærkt, at det kan blive overordentligt vanskelig for teknikkerne, ikke mindst arkitekterne, at overskue alle konsekvenser i forbindelse hermed. Montagebyggeriet vil stille store krav til dem, det vil ikke mindst revolutionere den hidtil gældende opfattelse af projekterings- og byggearbejdets tilrettelæggelse, men det vil navnlig forudsætte anvendelse af industrialiserede produkter. Produkter hvis form og størrelse de bør være med til at øve indflydelse på. Men kan og vil de?

Standse den industrialisering af byggeriet, som, hvad enten vi kan lide det eller ej, er på vej, kan man ikke.

Montagebyggeri i Sverige

Av civilingenjör Hans Holst

De arbetsmetoder som vanligen räknas till «montagebyggeri i Sverige» är i stor utsträckning en blandning av rationaliserat traditionellt byggeri och verkligt montagebyggeri. En klar gränsdragning är svår att göra och därför skulle det nog vara riktigare att kalla min översikt för «nyare metoder inom betonghusbyggeriet».

Utvecklingen fram till våra metoder i dag har i stort sett ägt rum sedan 1950. Den började med att formsättningstekniken förbättrades därhän, att man fick betongytor, som inte behövde putsas. Sedan har man fortsatt med att i allt högre grad förtillverka element, så att arbetet på byggnadsplatsen mer och mer består av montering av färdiga element — det kan vara färdiga byggnadsdelar eller färdiga formenheter.

Vilken av de vägar man nu slagit in på som för till det bästa och billigaste resultat kan man inte svara på på nuvarande stadium. Utvecklingen torde väl ännu fortsätta en avsevärd tid innan den ekonomiska självsaneringen genom konkurrens utkristalliserat det livskraftigaste av allt det nya och detta hunnit finna stabiliserade former. Den provkarta på vad som skett och vad som sker i Sverige på detta område måste man

därför se på mera som utvecklingstendenser och mindre som färdiga byggnadsmetoder.

Drivkraften.

Drivkraften till den utveckling som skett har tydligt och klart legat i arbetskraftssituationen.

Produktiviteten har ständigt höjts, främst genom ökad mekanisering. Detta har även skett beträffande materialindustrin och transportapparaterna till och inom byggnadsplatserna. Om inte arbetarstyrkan då kan ökas i samma mån måste det uppstå flaskhalsar, främst inom de led där man har det renodiade och traditionsbundna hantverket. Man fick alltså murarbrist, vilket i sin tur utlöste en kedjereaktion

murarbrist
putsfri betong
träarbetarbrist
montagebyggeri
teknikerbrist

Med dagens sammansättning på byggnadsarbetarkåren bör man alltså ha en lagom blandning av olika typer av byggeri för att utnyttja arbetskraften på bästa sätt. På lång sikt måste man förutsätta att en successiv anpassning av byggnadsarbetarkårens sammansättning sker till det ekonomiskt riktigaste.

Initiativet.

Det var byggmästarna som först fick känna på svårigheterna med brist på fackarbetare av olika slag. Det var därför också byggmästarna som tog initiativet i den utveckling som sattes igång och detta har också satt sin prägel på utvecklingen i Sverige, om man jämför med den i Danmark. Numera tycks emellertid konsulterna och materialfabrikanterna återigen vara på väg att ta en mera aktiv del i utvecklingen.

Metoderna.

Om man vill karakterisera de olika byggnadsmetoderna är det rätt naturligt att man gör det med utgångspunkt från stommen, eftersom det är mest beträffande stommens uppförande man skiljer sig.



Fig. 2a. Ytterväggarna utföras av stora Siporex-skivor.



Fig. 2b. Pelare och mittbalk monteras av strängbetongelement och bjälklagen av färdiga betongelement (AH-element).

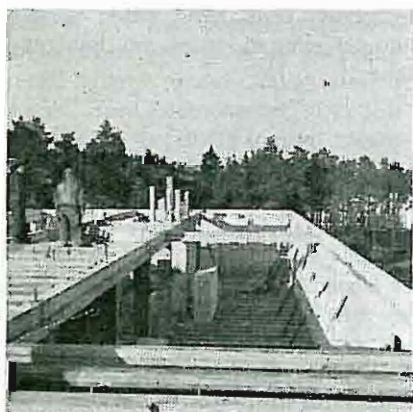


Fig. 1. Montering av väggar med bockkran, Kyrkbyn, Göteborg. De rumsstora väggelementen tillverkades tidigare i liggande form, vilket krävde stora utrymmen. Numera har man övergått till gjutning i formpaket.

- .1 Ytter- och Innerväggar, bärande
- .11 Monterade väggar
Platsgjutna plattor
- .12 Monterade väggar
Monterade plattor
- .2 Innerväggar, bärande
- .21 Platsgjutna väggar, platsgjutna plattor
- .22 Monterade väggar, platsgjutna plattor
- .23 Monterade väggar, monterade plattor
- .3 Pelare, bärande
- .31 Gjutna pelare, gjutna plattor
- .32 Monterade pelare, gjutna plattor
- .33 Monterade pelare, monterade plattor

Den första huvudgruppen representeras av de metoder som tillämpas av AB Ernst Sundh, Nya Asphalt samt Granit och Betong. Den andra huvudgruppen av Skånska Cementgjuteriets «Allbetongsystem», Byggnadsfirman Ohlsson & Skarne samt Svenska Bostäder. Den tredje slutligen av Fackföreningarnas Byggnadsproduktion i Västerås samt dessutom sådana experiment som HSB:s Sparreholms-byggen och 2-våningshusen i kvarteret Blåklinten, Uppsala.

Ytterväggar.

Ser man på ytterväggarna utnyttjar man i de flesta konstruktionerna högvärdiga isoleringsmaterial i kombination med olika skivmaterial samt tätande och fuktspärrande membran för att bygga upp väggkonstruktioner med k-värden som är ungefär hälften av de tidigare vanliga. Problemet som många gånger visat sig svårt att lösa tillfredsställande är anslutningen till den bärande stommen samt tätningen mot denna och mellan väggelementen. Byggnadsforskningen har i en sammanställning¹⁾ redovisat de väggkonstruktioner som hittills förekommit och hur de olika problemen lösts vid dessa.

Trappor.

Ett annat kapitel som vållat en del speciella problem är trapporna och trapphusen.

Även i traditionellt byggda hus leveras trapporna vanligen i form av «raka löp» monteringsfärdiga till

¹⁾ Statens nämnd för byggnadsforskning. «Icke traditionella ytterväggar för hyreshus», Rapport nr. 41.



Fig. 3. De bärande väggarna monterar av färdiga element, gjutna i formpaket.



Fig. 4. Monteringen försiggår under ett «tält» som med hydrauliska domkrafter lyfts upp en våning i taget. Alla transporter sker med hjälp av traverser upphängda i det provisoriska taket.

bygget och läggs upp på platsgjutna vilplan.

Inom monteringsbygget har man i regel tagit ett steg till på samma väg och monterar även vilplanen. Man har då försökt utforma upplagen så att stegljuden skall fortplantas så litet som möjligt. En del mera speciella lösningar har man också gett sig in på.

Kostnadsfördelning.

En ungefärlig uppdelning av kostnaderna för ett 3-vånings bostadshus med bärande stomme av putsfri betong och utfackade ytterväggar, byggt på en plats med goda grundläggningsförhållanden visar att:

- bärande stommen ovanför källarbjälklaget (inre bärande väggar och bjälklag) tar $\frac{1}{3}$ -del av byggnadskostnaderna,
- grund, källare och tak — den del av egentliga byggnadsarbeten som i regel utförs på traditionellt sätt — också motsvarar ungefär $\frac{1}{3}$ -del av byggnadskostnaderna,
- snickerinredningar är nära $\frac{1}{5}$ -del och VVS-installationer $\frac{1}{3}$ -del av byggnadskostnaderna.

Det är naturligt att man börjat med byggnadsstommen när man försökt sig på monteringsbyggeri, men för att kunna komma fram till bra lösningar har man mycket snart tvingats ge sig på problemen kring de kompletterande arbetena — installationer och ytbehandlingar.

På ett traditionellt bygge, men även på de flesta monteringsbyggen, går installatörernas arbete helt inflätat i byggnadsarbetet. De krav på detaljplanering och monteringsfakt, som man måste ställa vid ett monteringsbygge, innebär därför också mycket skärpta krav på samordningen med underentreprenörerna —

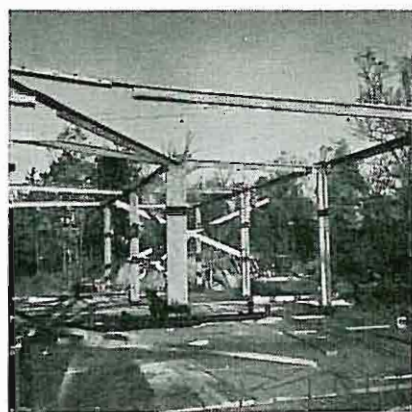


Fig. 5. Den bärande stommen utgörs av monteringsfärdiga pelare (L- och T-sektioner) och platsgjutna bjälklag. Samtliga innerväggar utförs av monteringsfärdiga lättbetongelement och ytterväggarna av rumsstora eternitklädda lätta ytterväggselement.

VVS- och el-installatörer samt målare.

Det finns alltså två goda anledningar att ägna sig mycket åt installations- och inredningsarbetet:

- stora kostnadsposter,
- ingriper mycket i stomarbetet och påverkar arbetsorganisation och arbetstakt.

Utsättningarna.

För att skapa de nödvändiga förutsättningarna för rationella lösningar beträffande de kompletterande arbetena, måste stommen byggas med en betydligt större måttnoggrannhet än den man vant sig att acceptera av gammal slentrian.

Den bristande noggrannheten beror i regel på olämpliga metoder och hjälpmedel. En bidragande orsak kan ibland också vara arbetsorganisationen.

Monteringen av olika element, som är direkt beroende av varandra, ut-

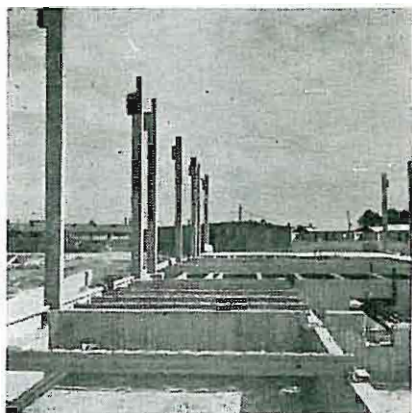


Fig. 6. Tak- och mellanbjälklag bärs upp av pelare och kantbalk av strängbetong. Takläggningen utfördes så snart de bärande pelarna rests.

föres t. ex. ofta av olika lag, som arbetar på var sitt ackord.

Många avsevärda förbättringar kan man nå med mycket enkla hjälpmedel. De vattenpass som används har t. ex. i regel för liten noggrannhet — minsta avläsbara fel ca 1 cm på 2,5 m. Med bättre vattenpass kan många fel med åtföljande justeringar undvikas.

Det är av stor betydelse för snickeriernas inpassning att den färdiga rumshöjden har riktigt mått. Vid traditionell utsättning blir differensen ofta stor. Man bör kunna nå betydligt bättre noggrannhet om höjden för färdigt golv utsättes med hjälp av måttkäppar från färdigt tak.

För att med tillräcklig noggrannhet kunne placera även tunga element har man emellertid utformat nya metoder och hjälpmedel.

På Svenska Bostäders byggen där både väggar och bjälklag utföres av färdiga element, utföres monteringen med hjälp av stödvinklar som konstruerats så att alla injusteringar — även i höjdded — göres innan elementen monteras.

En serie fixpunkter markeras på bjälklagen mittför trapphusen i varje våningsplan. Längs fasaderna fästes regler. På dessa markeras med spikar de sidor av de tvärgående väggarna, som ligger närmast fixpunkterna. Tvärs över valvet spännes ståltrådar.

VVS-installationerna ingriper mest i stomarbetet.

En liten undersökning som byggforskningens regionala utskott i Malmö gjort på två olika hus visade att mellan 6 och 7 % av arbetskostnaderna för byggnadsarbeten hän-



Fig. 7. Ohlsson & Skarne glidformsgjuter trapphusen och monterar där efter husstommen kring trapphuset.

förde sig till arbeten för VVS-installationerna — kanaler, slitsar, igen-sättningar och efterlagningar — vilket ju ytterligare poängterar vikten av att installationerna utformas på ett sätt som så smidigt som möjligt anpassar sig till byggnadsarbetet.

Det är i huvudsak två principer man följer då man försöker lösa problemen, nämligen:

- a) att på fabrik sammansätta så stora färdiga enheter som möjligt
- b) att frikoppla installationerna från stommen.

För att kunna frikoppla installationsarbetet från byggnadsarbetet har SNB:s regionala utskott i Malmö i samarbete med byggnadsföretag gjort ett förslag till badrum utan golvbrunn och med horisontella rördragningar ovanför betongplattan.

Byggnads AB Sundh i Avesta och Fackföreningarnas Byggnadsproduktion i Västerås tillverkar hela badrummen på fabrik och ställer dem ovanpå bjälklagsplattan.

Snickerier.

Även beträffande inredningssnickerierna strävar man efter att flytta över så många arbetsmoment som möjligt till fabrikena, både när det gäller träarbete och ytbehandlingar.

För dörrkarmarna har försöken följt tre huvudlinjer:

- a) Väggelement med inbyggda karmar.

En vanlig träkarm gjuts in i betongelementet. Karmen måste då kolvas omsorgsfullt, så att inte sidostycken och överstycken böjs in vid gjutningen.

Vid lätta väggelement med regelstomme kan väggreglarna utgöra karmsidostycken.

Försök har även gjorts att direkt i betongen utforma karmfalsen. Då man praktiskt taget inte har några möjligheter till efterjustering har det emellertid visat sig svårt att nå tillräcklig noggrannhet vid tillverkningen.

- b) Karmar med fasta foder.

Karmen måste sättas in då väggelementen monteras, vilket skapar ett extra samordningsproblem, såvida man inte kan ordna så att monteringen av både karm och väggelement utföres av ett och samma lag.

För att inte behöva montera karmen samtidigt med väggelementen, tillverkas även karmarna i två delar, som kan skjutas in i varandra och på så sätt även ta upp variationerna i väggjocklek.

- c) Karmar med lösa färdigbehandlade foder.

En god möjlighet att kunna



Fig. 8. Fackföreningarnas Byggnadsproduktion i Västerås tillverkar på fabrik en hel trappvägg i vilken stegen spännes in. Väggen placeras framför hiss-schaktet.

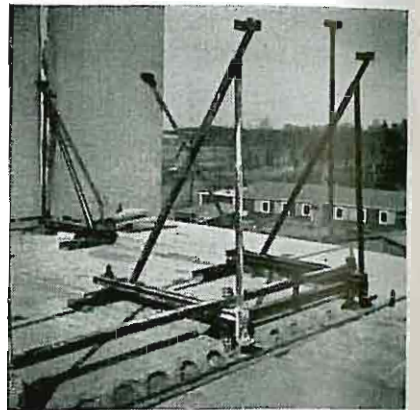


Fig. 9. Stödvinklarna riktas in, så att de stå vinkelrätt mot väggplanet och på rätt avstånd från ståltråden. Höjd och lutning justeras med skruvarna och kontrolleras med vattenpass och avvagningsinstrument.

montera karm och foder helt färdigbehandlade, men ändå kunna göra nödvändiga inpassningar, har man vid den karmtyp som förses med lösa foder av plåt eller limmat faner fastspända i spår i karmen.

Målning och snickerinredningar.

Ytbehandlingen av betongytorna utföres normalt med sandspackel och motsvarande färgmaterial och med sprutning.

En vanlig behandlingsserie är:
skarvspackling
grundsprutning
utslätning
sista sprutning.

Grundsprutning efter skarvspackling.

Materialens egenskaper gör att man mycket snart kan sätta in målningensarbetena på de råa betongytorna.

Skall man kunna utnyttja dessa



Fig. 10. I mallar på byggnadsplatsen eller på installatörens verkstad förtillverkas så stora enheter som möjligt.

fördelar för att nå en kortare byggnadstid, bör man även ordna behandlingen av inredningssnickerierna så, att inredningsarbetet tar minsta möjliga tid. Det gäller därför att använda färdigbehandlade snickerier så långt som möjligt och att dessa är utformade så att inpassningen kan utföras utan att man tvingas till efterlägningar.

Där måttnoggrannheten på stommen är god och då anslutningarna utformats så att man kan ta upp de ofrånkomliga måttavvikelserna utan «slakt», använder man med gott resultat helt färdigbehandlade snickerier av vanlig typ.

En speciell metod tillämpas av byggnadsfirman Ernst Sundh. Där monteras först stommarna till skåp och garderober. Som sista led i inredningsarbetet hängs sedan skåp-

fronter och -sidor på helt färdigbehandlade.

Ett alternativ, som visat sig fungera bra, är att skåpstommarna monteras före sista sprutningen av väggarna och sedan sprutas med samma färg och i samma behandling som väggarna. Luckorna hängas slutligen färdigmålade.

Industri- och brobyggen.

Inom industribyggandet har man sedan länge arbetat med monteringsfärdiga element av betong och lättbetong. I det sammanhanget «gamla» och dominerande inslag är armerade plattor av siporex och strängbetongbalkar.

Ett nytt inslag utgör de monteringsfärdiga betongkonstruktioner i vilka man utnyttjar högvärdig slät armering (HJS 70) med förankringsringar — Forsellringar — i kombination med betong, vars kubhållfasthet inte understiger 400 kg/cm².

Man har även börjat använda sig av monteringsfärdiga element vid mindre broar, gångtunnlar, kulvertar och liknande objekt av sådan karaktär att man kan använda sig av standardelement.

Resultatet.

Men vad har resultatet blivit av detta experimenterande? Det är en fråga som ofta hörs i debatten kring bostadsproblemen.

Bostadskostnaden beror ju både på driftkostnaderna och anläggningskostnaderna och för ingendera delen kan man bestämt svara ännu.

Beträffande produktionskostnaderna därför att metoderna knappast i

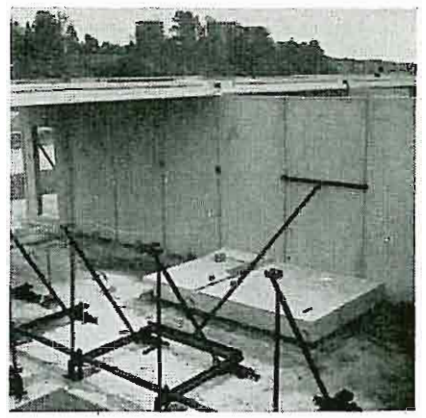


Fig. 11. Svenska Bostäder gör badrums- och toalettgolvet i en enhet, som läggs ovanpå bjälklagselementen. Alla horisontella rördragningar är ingjutna i golvet och anslutes till en friliggande vertikal stam. Även avloppet från köket anslutes dit.

något fall ännu stabiliserat sig och beträffande driftkostnaderna därför att man ännu inte har tillräckligt lång erfarenhet. Men man kan nog konstatera att «monteringsbyggarna» klarar sig i konkurrensen och att utvecklingen lett fram till bl. a. ytterväggskonstruktioner, som i ganska hög grad bör kunna nedbringa uppvärmningskostnaderna, vilka ju är en dominerande del av driftkostnaderna.

År 1956 färdigställdes ca 1300 lägenheter, 1957 beräknas ca 4000 lägenheter färdigställas, och att döma av vad som planeras på olika företag kommer monteringsbyggeriets andel i bostadsproduktionen att fortsätta att kraftigt öka.

Montering av forspente betongkonstruksjoner

Av sivilingeniør Arne Breistrand

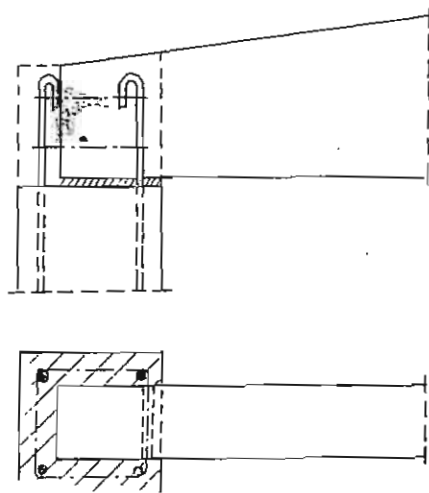


Fig. 2. Sammenføyning mellom søyle og bjelke ved hjelp av skjøtjern som omstøpes med betong.

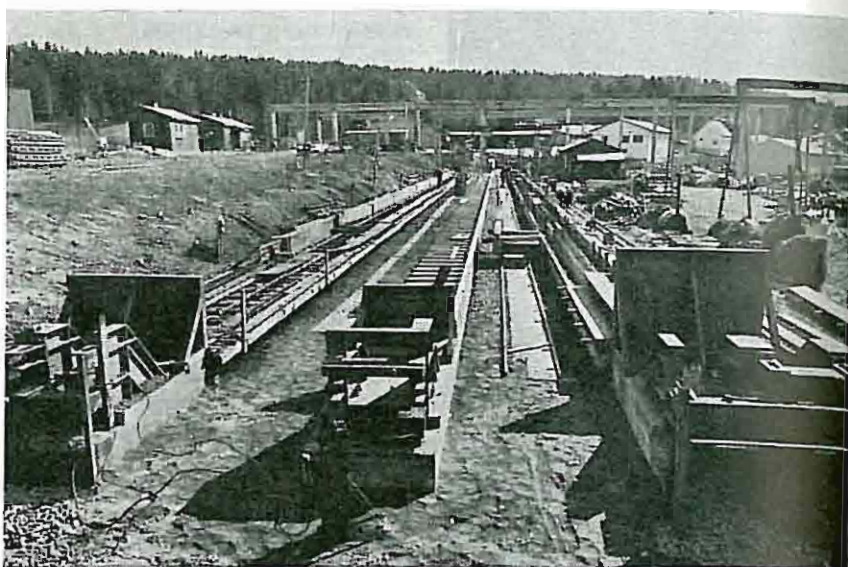


Fig. 1. Fabrikkens tre spennbord, hvert av dem er ca. 60 m, og det kan derfor støpes flere elementer etter hverandre. I bakgrunnen lagerplass med kranbane.

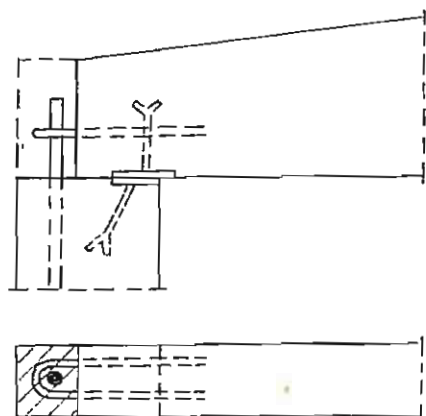


Fig. 3. Sammenføyning mellom søyle og bjelke ved omstøping av bolt og bøyle.

I løpet av de tre-fire siste år har A/S Betonmast levert forspente bjelker, peler eller master til over 100 forskjellige bygg og anlegg rundt omkring i landet. Jeg skal vise noen bilder fra noen av disse anleggene, og tar da særlig sikte på å vise forskjellige monteringsmåter.

Elementene blir støpt på såkalte spennbord. Det første trinn i produksjonen er at armeringen blir strukket

opp og forankret til spennbordene. Deretter blir bøylearmeringen bundet, forskalingen satt opp og bjelkene støpt. Når disse er herdet tilstrekkelig, kappes armeringen mellom elementene, og kraften i tråden overføres til betongen.

Ved montering av prefabrikerte, forspente konstruksjoner må det etableres forbindelser mellom f. eks. søyler og bjelker og mellom hoved- og

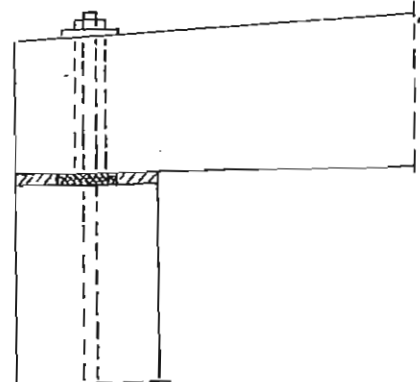


Fig. 4. Som fig. 3 ved hjelp av innstøpt bolt i søylen. Bjelken har utsparring for boltten.

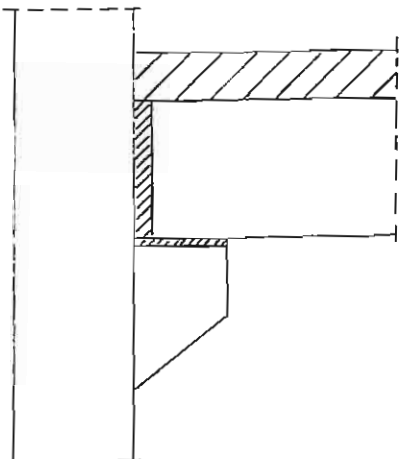


Fig. 5. Bjelken legges opp på konsoll på søylen. Forøvrig kan forbindelsen utføres f. eks. som vist på fig. 2.

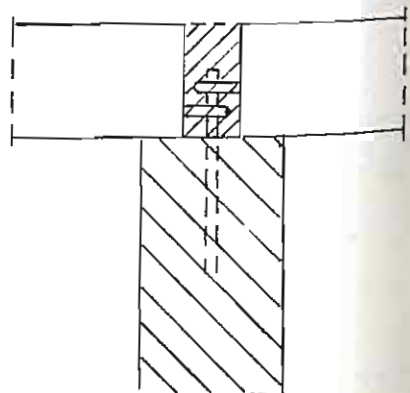


Fig. 6. Montering av sekundærbjelker på hovedbjelke. Bøyler i sekundærbjelkene og innstøpt bolt i hovedbjelken.

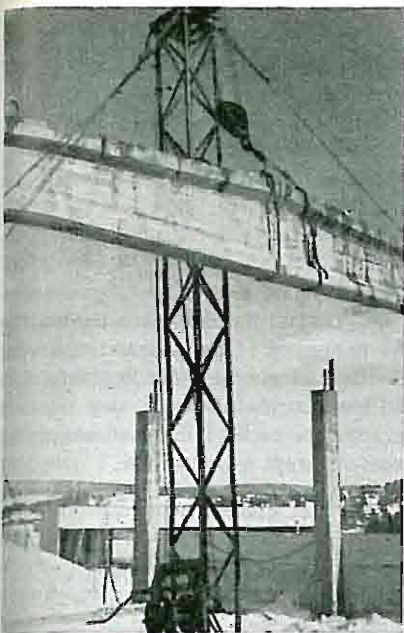


Fig. 7. Oppheising av bjelke ved hjelp av spire.

sekundærbjelker. Slike forbindelser kan ordnes på flere måter, noen er vist på illustrasjonene.

Transport av elementer kan foregå med vanlig lastebil utstyrt med tilhenger; men man kan også benytte jernbane- eller båttransport (fabrikken har eget sidespor til jernbane). Den bjelken som er vist på fig. 8, ble levert til en fabrikkbygning på Grorud og veide 3,7 t. Spennvidden var 12,8 m. Monteringen foregikk med vanlig heisespire som ble flyttet fra søylepar til søylepar.

I enkelte tilfelle kan man bli nødt til å heise opp alle bjelkene på ett sted i bygningen. For å få flyttet bjelkene inn på riktig plass, kan man da stille heisespiren på skrå og flytte bjelkene et lite stykke av gangen, idet man hele tiden flytter spiren etter. En slik metode er selvsagt bare økonomisk riktig ved montering av et forholdsvis lite antall bjelker.

På en fabrikkbygning på Etterstad, hvor det ble montert bjelker med spennvidde på 20 m med vekt 7,9 t., ble det stillet opp to heisespирer ved bygningens gavivegg. Bjelkene ble heist opp av trykkluftspill og trukket innover taket.

Til et mekanisk verksted i Bergen ble det levert gulvbjelker med spennvidde 14,5 m og vekt 9,0 t og takbjelker med samme spennvidde og vekt 3,7 t. Ved monteringen kunne man i dette tilfelle benytte en skinnegående verkstedkran og sette bjelkene direkte på plass.

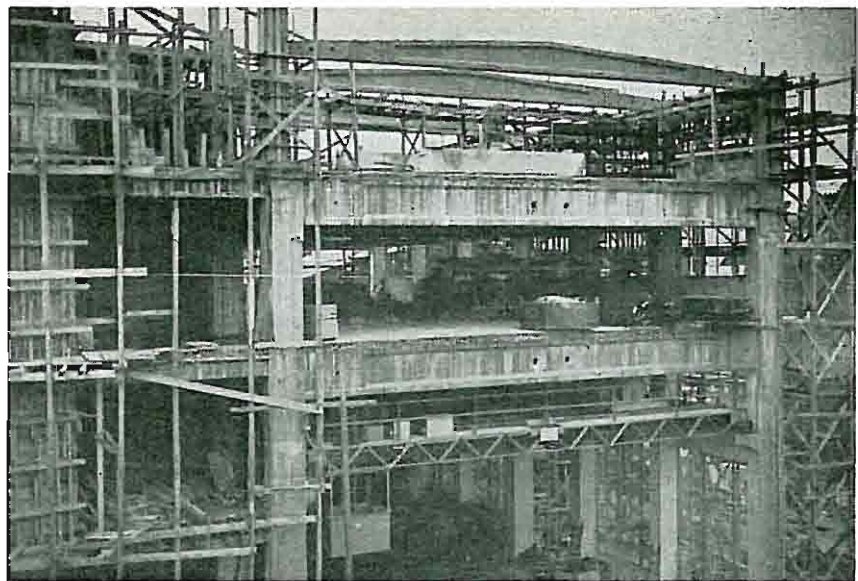


Fig. 8. Tak- og gulvbjelker til mekanisk verksted i Bergen.



Fig. 9. Transport av forspent bjelke, vekt 3,7 t.



Fig. 10. Bjelkene montert på fabrikkbygningen på Grorud.



Fig. 11. Montering av bjelker på fabrikkbygningen på Etterstad.



Fig. 12. Montering av søyler til kranbane.

A/S Betonmasts kranbane på fabrikkken ved Hauketo har en skinneavstand på 25 m. Kranbroen har to løpekatter som hver løfter 7,5 t. Største bjelkelengde var 12 m. Reisingen av søylene som var støpt på forhånd, men ikke forspent, foregikk ved hjelp av reisespирer og spillet på en traktor. Tyngste søyle veide ca. 10 t.

Av de eksempler som her er vist, vil man se at det er mulig å montere selv ganske tunge elementer med forholdsvis enkelt utstyr. Enkle heisespирer og lette spill vil i de fleste tilfelle klare jobben. Sammenbygningensdetaljene er greie, og monteringen kan således skje raskt og enkelt.

Ved montering av et stort antall elementer vil det selvsagt bli tale om å anvende større maskinelt utstyr som mobilkraner o. l. Anskaffelsen av slikt utstyr utelukkende for monteringsøyemed vil jo imidlertid være betinget av at anleggenes antall er stort nok til å skaffe kranene en rimelig grad av beskjefteigelse.

Elementbygging, U.S.B.L.'s elementmetode

Av sivilingeniør Erling Brekke

Innledning.

I 1952 begynte A/L Ungdommens Selvbyggerlag å planlegge sine første elementbygg.

Den nye byggemetoden gikk ut på å rasjonalisere byggearbeidet ved å mekanisere arbeidet på byggeplassen og ved å prefabrikere konstruksjonene i råbygget.

Efter at planene hadde tatt form og man hadde funnet frem til et egnet lettbetongmateriale i ytterveggene (Lecabetong), ble det reist en provisorisk elementfabrikk på Arvoll i 1953. Hosten 1953 begynte montasjearbeidene på Arvoll Vest hvor entreprisen omfattet ialt 224 leiligheter. Året etter ble anlegget Tonsen påbegynt med 260 leiligheter, og senere har man fortsatt på Boler hvor 600 leiligheter skal oppføres efter U.S.B.L.s elementmetode. Hittil er ialt ca. 900 leiligheter bygget i elementhus.

Planlegging.

Det er innlysende at innføring av en ny byggemetode av denne art krever inngående forundersøkelser og en meget detaljert planlegging. En av forutsetningene for å makte en slik oppgave er at man kan organisere et intimt samarbeide mellom alle de planleggende og utførende instanser i et boligprosjekt. I A/L Ungdommens Selvbyggerlag har man denne forutsetning idet selskapet har sitt eget planleggingskontor som omfatter arkitekter og bygningstekniske konsulenter. Videre har selskapet egen entreprenørforretning, A/S Ungdomsbygg, et rørløsningsfirma og et installasjonsfirma for elektriske anlegg. Sjefene i de to siste firmaer er samtidig konsulenter i sine respektive fag. Denne organisasjonsform gjorde det mulig for oss å gjennomføre «totalprosjektering» som er en forutsetning for en vellykket løsning av et elementbygg.

Den metode som U.S.B.L. lanserte i 1953 var utarbeidet helt selvstendig. Den er senere utviklet videre og herunder har man mottatt gode impulser såvel fra Danmark som fra Sverige.

Materialet til ytterveggselementene ble funnet på en studiereise til Danmark, hvor man kom over materialet Leca. Dette materiale ble i begynnelsen innført fra Danmark inntil en

norsk produksjon ble satt igang på Hovin i nærheten av Oslo i 1956.

Prefabrikasjon.

På det første anlegg, Arvoll Vest var prefabrikasjonsgraden forholdsvis beskjedent, men prefabrikasjonen er senere utvidet til å omfatte stadig mere av råbygget. På Arvoll Vest innskrenket de prefabrikerte elementer seg til å omfatte yttervegger, trapper, reposer og balkongplater.

Senere ble også dekkeplatene prefabrikert, og for tiden planlegger vi et bygg hvor også de bærende vegger skal prefabrikeres. Dermed får man et 100 % montasjebygg over kjeller.

Ytterveggselementene lages i full etasjehøyde med bredder opptil 3,5 m og maksimalvekt ca. 1,5 tonn. I elementene innstopes trevinduer,

vindusbrett, ventiler osv., og elementene får ferdig overflate til maling utvendig og tapetsering innvendig. Hittil har vi mest brukt treformer til elementproduksjonen, dog unntatt trappelop, reposer og balkongplater som er støpt i stålformer.

Når det gjelder elementproduksjonen er vår erfaring at formteknikken spiller avgjørende rolle. Mangelfulle overflater, vindskjevheter og andre unøyaktigheter kan som oftest føres tilbake til formene. Andre viktige momenter i elementfremstillingen er betongblanding, vibrering, rensing og smøring av former; lagring av elementer under herdning osv.

Produktiviteten i elementfabrikken har siden starten øket betydelig, nesten 100 %. Den første tiden var naturlig nok preget av mange barnesykdommer og manglende øvelse hos arbeiderne.



Fig. 1. Montering av råbygg. T. h. dekket montert på bærende tværvægger, T. v. oppsatt forskaling for bærende tværvægger. I forgrunnen forskallingslemmer.

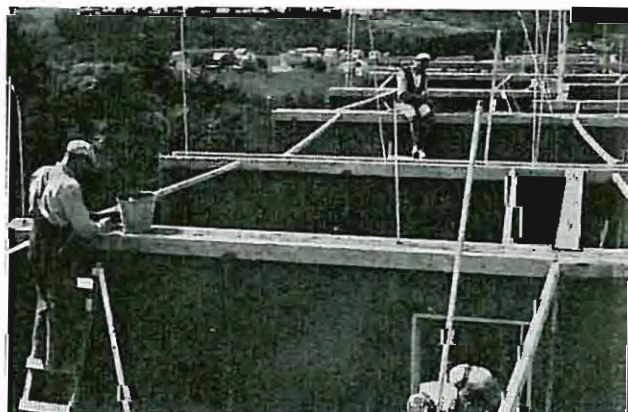


Fig. 2. Avretting av bærende vegger for opplegging av dekkelementer.

Byggeplassen.

Det tekniske og økonomiske resultat av elementbyggingen er avhengig av et gjennomtenkt arbeidsprogram som omfatter alle operasjoner på byggeplassen. Særlig viktig er det å sørge for en jevn fremdrift for alle håndverksgrupper. Elementproduksjonen legges opp parallelt med monteringsplanen med en viss faseforskyvning for lagringstiden. Forstyrrelser i montasjeprogrammet vil derfor slå tilbake til elementfabrikken og omvendt. Mekaniseringen på byggeplassen omfatter vesentlig råbygget. I de 4-etasjes boligblokker som vi bygger på Bøler støpes bæreveggene på stedet. Forøvrig anvendes prefabrikerte elementer. Elementkonstruksjonene omfatter her ca. 60 % av råbyggets omkostninger.

Vi har hittil gjort den erfaring at det er vanskelig å utnytte kranene fullt ut ved et «blandet system», dvs. når enkelte konstruksjoner støpes på stedet mens andre monteres av prefabrikerte bygningsdeler. Ved de undersøkelser som er gjort på Bøler viser det seg at krankapasiteten ikke på langt nær er utnyttet. Videre er det klart at mellomlagring av elementer på byggeplassen bør og kan unngås.

For å illustrere de arbeidsydelsener som metoden krever kan følgende tall angis:

Montering, forskaling, støping etc. 1,5 til 2 timer pr. m² gulvflate.

Krantid, 0,25 til 0,30 timer pr. m² gulvflate.

Elementproduksjon, yttervegger ca. 1,2 timer pr. m² elementflate.

Transport ca. 3—4 % av elementprisen.

Utviklingstendensen har vært en stadig senkning av timeforbruket. Vi ligger nå stort sett på halvparten av det timeforbruket vi startet med på det første byggefeltet.

Vinterarbeider.

Monteringen kan foregå uten særlige vanskeligheter inntil 10 kuldegrader. Etter at yttervegselementene er montert kan etasjen lukkes og eventuelle varmekilder innsettes hvis nødvendig. Elementbygg er etter min mening den mest effektive løsning av problemet: kontinuerlig virksomhet hele året i byggebransjen. De prosesser som er særlig utsatt for virkningen av kulde på byggeplassen blir jo overført til en fabrikk hvor produksjonen kan foregå forholdsvis uhindret hele året igjennom og med relativt meget mindre omkostninger enn de som påføres en tradisjonell byggeplass i vinterhalvåret.

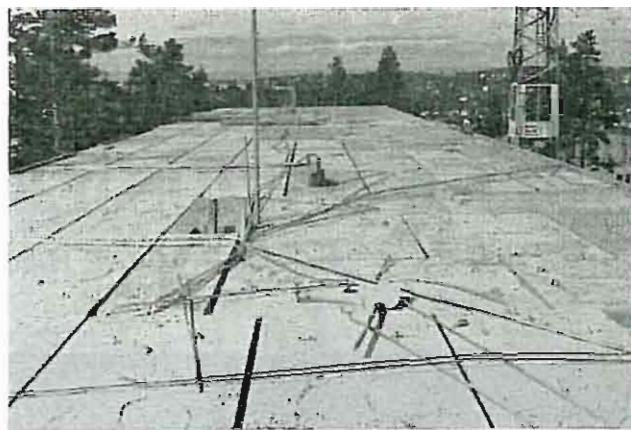


Fig. 3. Dekket montert over fjerde etasje. Elektrikerrør utlagt på dekket.



Fig. 4. Fuging av yttervegger fra hengestillas.

Generelle erfaringer.

Våre bestrebelser går ut på at elementene stadig skal omfatte mer og mer av råbyggets konstruksjoner, samtidig med at elementene skal bli stadig mere foredlet slik at de håndverksarbeider som må utføres etter monteringsarbeidet blir redusert til et minimum. Det er derfor ganske klart at det er selve elementproduksjonen som blir krumtappen i en slik byggemetode. Byggets økonomi blir således avhengig av at en rasjonell produksjon kan legges opp samtidig med at den ønskede kvalitet kan gjennomføres. En utvikling i retning av standardisering av elementer til husbygg vil utvilsomt bidra til innføring av moderne industrielle metoder og derved gjøre produktene billigere. En vidtgående standardisering er imidlertid meget vanskelig å gjennomføre i forbindelse med boligbygg og man må nok derfor i en overgangsperiode som den vi er oppe i nå, regne med mere eller mindre «skreddersyde» boligprosjekter.

En viktig forutsetning for virkelig gode resultater også økonomisk med elementbygging er en jevn kontinuerlig produksjon basert på langsiktige kontrakter. De nåværende finansieringsforhold i byggevirksom-

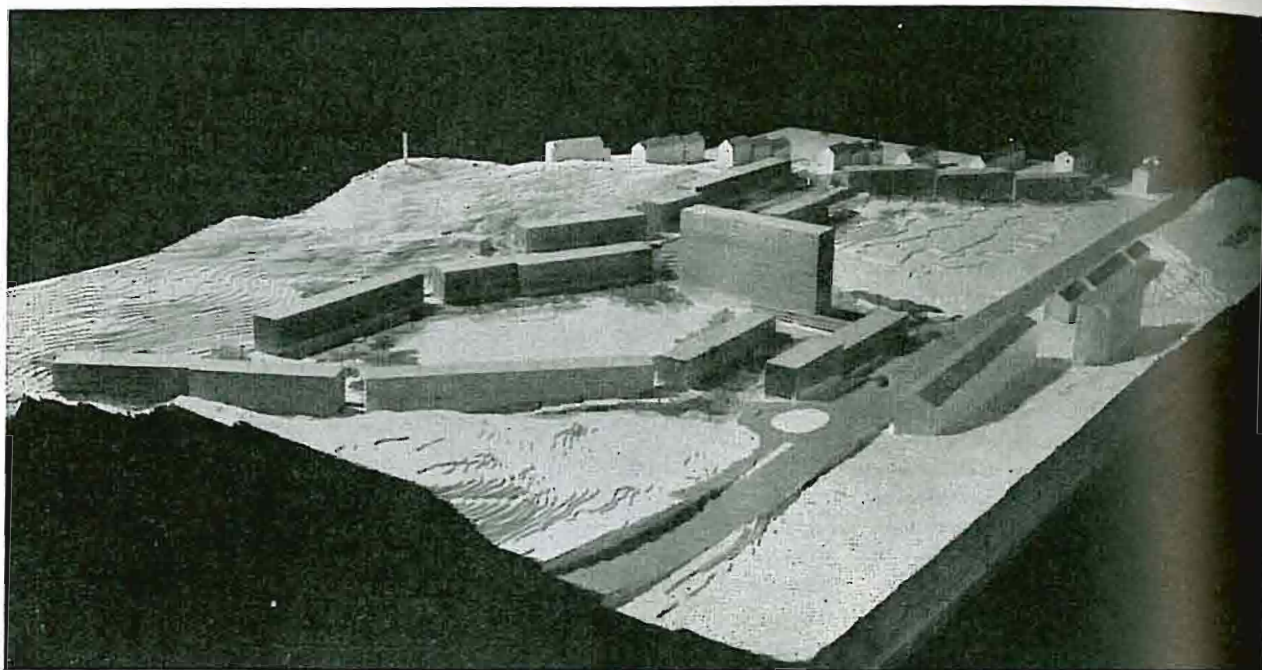
heten ligger ikke godt tilrette for elementproduksjonen. På samme måte som for industrien forøvrig, krever elementproduksjonen relativt store investeringer i starten til former og spesielt produksjonsutstyr. Dette betyr at det er ønskelig å operere med lignende betalingsvilkår som for industrien, hvor det ved de fleste kontrakter blir forlangt at man skal betale en tredjedel ved inngåelse av kontrakten.

Den videre industrialisering av byggevirksomheten i forbindelse med prefabrikasjonen er i første rekke avhengig av finansieringen. Videre vil det spille en stor rolle at et effektivt underleverandørsystem blir innarbeidet på basis av langsiktige forpliktende kontrakter.

Et tredje moment er standardiseringen av betong- og lettbetong elementer og av alle prefabrikerte innredningsenheter i bygget. Perspektivet er at prefabrikasjonen etterhvert må eliminere alle håndverksmessige arbeider i bygget. Håndverket skal industrialiseres: det vil si at de prosesser som hittil er utført av håndverkerne skal overføres til permanente fabrikker og arbeidet på byggeplassen i det vesentlige innskrenkes til monteringsarbeider.

PADDEMYRPROSJEKTET I BERGEN

Av arkitekt MNAL Harald Løkland



Paddemyren ligger i den sydligste del av Bergen og består av en stor, oppdyrket myr som Bergen kommune eier størstedelen av. På dette området var det prosjektert ca. 500 leiligheter.

Bollgrådet i Bergen fant at dette område i størrelsesorden og rent terrengmessig måtte være egnet til et prosjekt hvor man i større grad enn hittil tok i bruk moderne byggetekniker.

Det ble med dette formål for øye dannet en arbeidsgruppe som skulle forstå planleggingen av prosjektet. Arbeidsgruppen besto av arkitekter, bygningstekniske konsulenter samt to entreprenørkonsulenter. Ingen i arbeidsgruppen hadde særlig erfaring i mer utradisjonelt byggeri, og man fant snart ut at det eneste fornuftige måtte være å knytte til seg konsulenter med erfaring på dette feltet. Et dansk konsulentfirma ble anmodet om å delta i samarbeidet, og deres erfaringer fra Danmark har vært utslagsgivende når det gjaldt byggemetoden.

Det forelå som sagt forslag til bebyggelsesplan for området. Forslaget var uhensiktsmessig formet på visse punkter, og ble derfor bearbei-

det. Etter de endelige planer består prosjektet av ti 4-etasjes blokker, ett 13-etasjes høyhus og ett 1-etasjes butikkssenter. Tilsammen har prosjektet et byggevolum på 158 700 m³ med en boligflate på ca. 43 000 m².

Det inneholder foruten butikker og garasjer:

| | | | | |
|-----|--------|-------------|---|--|
| 70 | 4-roms | leiligheter | | |
| 222 | 3 | > | > | |
| 222 | 2 | > | > | |
| 39 | 1½ | > | > | |
| 11 | 1 | > | > | |
| 24 | hybler | | | |

tilsammen 588 leiligheter

Modellfotoet (fig. 1) viser at bygningene i områdets søndre del er gruppert omkring et større samlet grøntareal, som mot nord avsluttes av høyblokken. Her skal det komme barnehave, lekeplasser, fotballplass etc.

Fra dette området strekker bebyggelsen seg i en smal stripe nordover med Sporvelens bussverksteder liggende på østsiden.

Lelighetsplanene (se fig. 2 og 3) representerer noe nytt i blokkbebyggelse, såvidt som alle de utrom bygningstypen forlanger, er plassert i

Fig. 1. Natlandsvegen, som vi ser til høyre, danner hovedadkomsten til området. Bildet viser ellers hvor flatt selve det bebyggelige område er. Myren er imidlertid dyp og våt; mange steder skal en gjennom 5-6 m bløte myrslag for en finner bæredyktig grunn. Sporveiens område ses øverst til høyre.

selve leiligheten. Kjeller er sløffet hvor det ikke ligger terrengmessig naturlig tilrette å anlegge en slik. Hvor det er kjeller, er den nytt til garasjer, sykkelrom og tilfluktsrom.

Planene er bygget opp på et modulnett med 6 dm som preferansemodul. Det opereres bare med to spennvidder i hele prosjektet — nemlig 3.0 og 4.2 m. Husbredde er for lavblokkens vedkommende 11.4 m og for høyblokken 10.2 m. Brutto etasjehøyder er overalt 2.8 m, bortsett fra i 1. etasje i høyblokk, hvor det skal innredes butikker. Gjentaelsen av de samme spennvidder og høyder gjør at alle bygningmessige arbeider kan dra fordel av en standardisering.

I korte trekk er byggemetoden slik: Dekker, utvendige bærende gavler, vegger ved dilatasjonsfuger og altanbrytninger utføres av prefabrikerte

elementer som monteres på byggeplassen. De tversgående bærende vegger og de langsgående avstivninger støpes derimot på stedet.

De langsgående ikke-bærende yttervegger var opprinnelig forutsatt oppført av lette elementer i bindingsverk med innsatte vinduer, utvendig kledd med eternit, innvendig kledd med gipsplater, og isolert med mine-

ralullmatter. Utførende byggmester fant imidlertid at vegger utført på stedet av ferdig kappede materialer, gav en rimeligere løsning.

Taket på lavblokkene er av brann-

sjefen tillatt oppført i trekonstruksjon med underkleddning av gipsplater. Taket er ganske flatt og skal tekkes med papp.

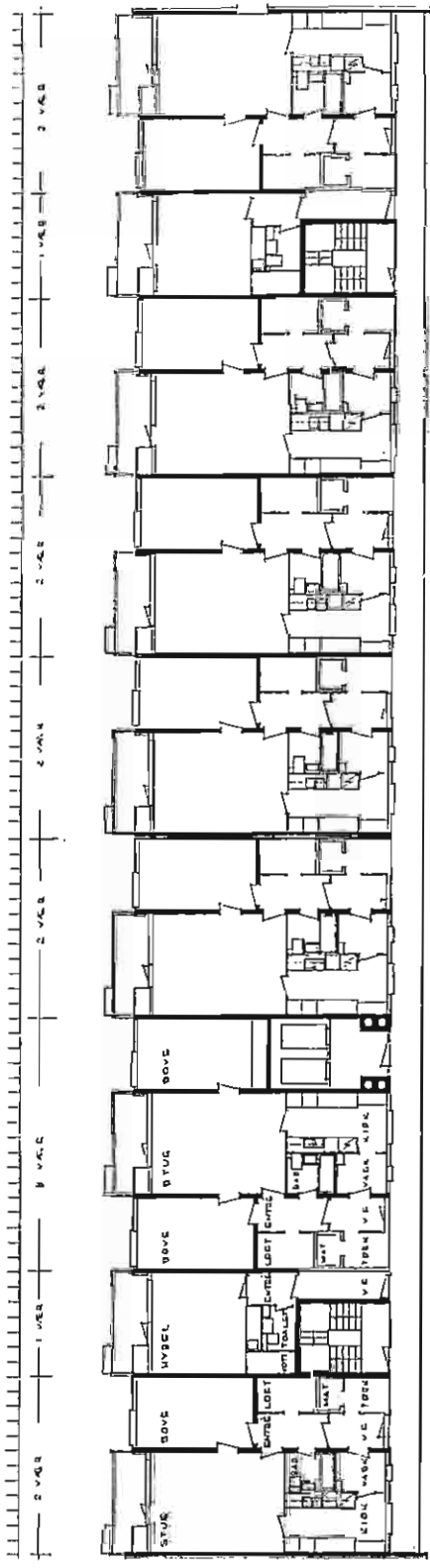
Innvendige vegger i leilighetene



ETASJEBILDEPLAN

Fig. 2. Planen viser en karakteristisk matbod i leilighetens plan, slik at trappeflyting for trette husmødre som ligger inne i huset, har overfløyd. I de fleste oppganger er der vaskerom, tørkealtan, loftsbod og inngås.

i 1. etasje et barnevoanrom. Trappen som ligger inne i huset, har overfløyd.



ETASJEBILDEPLAN

Fig. 3. Plan av høyblokken. De enkelte leiligheter ligger over en åpen altangang med adgang fra to kollektivstyrte heiser og to trapper. I høyhuset — som vesentlig inneholder 1- og 2-romsleiligheter — synes vi det er særskilt viktig at alle utrom ligger i selve leiligheten. Bare kjøkkenet vender fram mot altangangen, mens stue og soverom ligger mot syd. Planen viser ellers det karakteristiske konstruksjons-systemet bestående av vegger.

en serie vertikaltstilte E-bjelker, dannet av de tversgående bærende vegger og de langsgående avstivningsvegger.

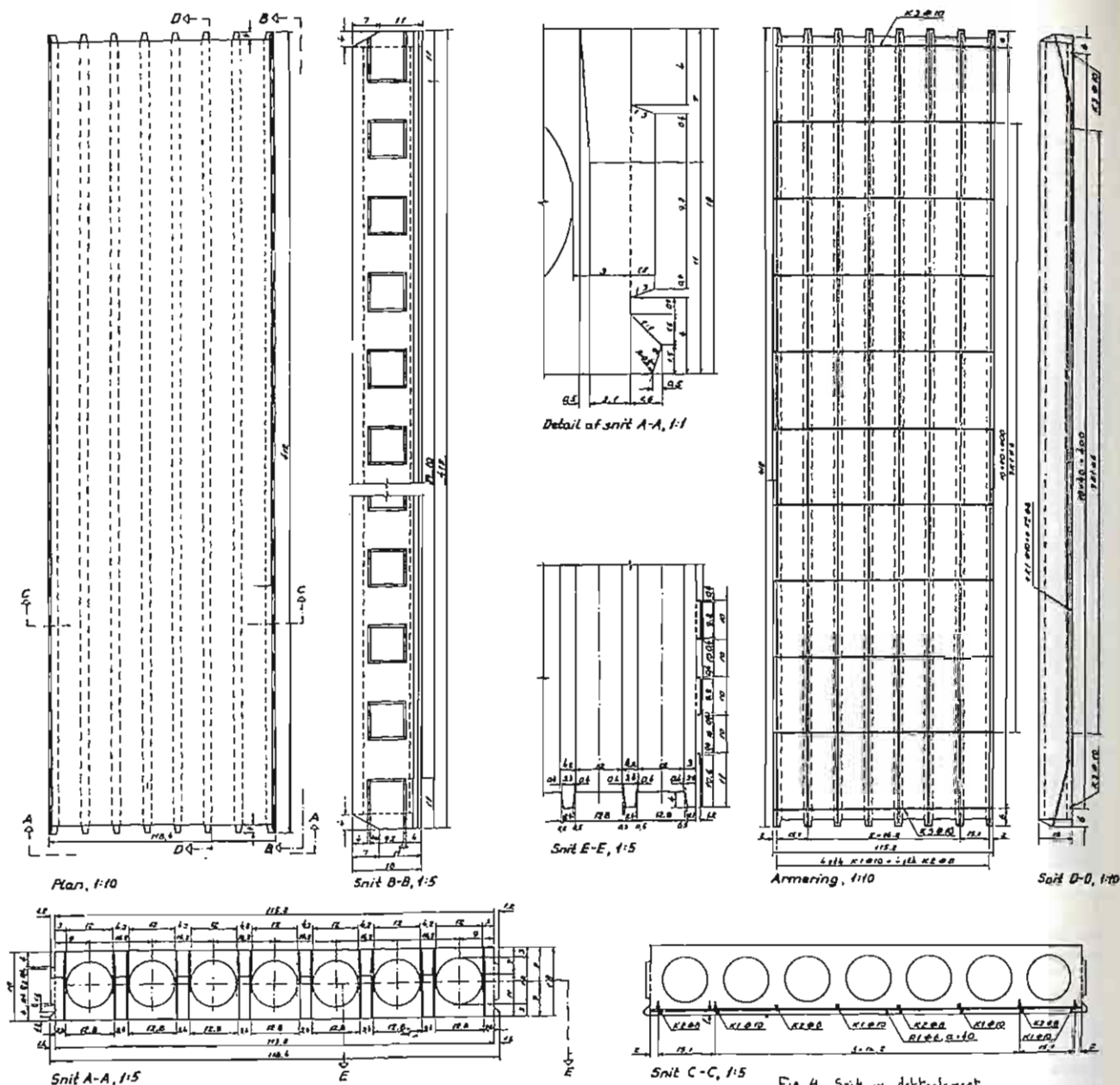


Fig 4 Snitt av dekkeelement

bygges opp av et skjelett av 2" x 2" stendere med avstand c/c på 30 cm og forsynt med gipsplater på begge sider.

Gulvbelegget er linoleum på underlagsmasse i de øverste etasjer og tregulv med isolasjon i 1. etasje. Et sentralt fyrhus leverer varme til én radiator i hver stue og til sentral varmtvannsforsyning i hver blokk.

Det som særlig karakteriserer byggemåten, er forøvrig at de tunge bygningsdeler i høyere grad enn vanlig utføres med hjelp av moderne utstyr, og at det tilstrebes en slik nøyaktighet at de enkelte fag i stor utstrekning kan utføre sitt arbeide som verkstedsarbeide uten de vanlige tilpasninger på arbeidsplassen.

Det er dessuten utarbeidet en fremdriftsplan for prosjektet basert på vurderinger av arbeidsmengder og metoder. Fremdriftsplanen er ikke bare byggherrens krav om at arbei-

| Armering | | | | | | |
|----------|------|-----|----|------|------------------|------|
| Form nr | Ar | Ø | l | n | l ₁ n | vogt |
| | | mm | cm | stk | cm | kg |
| K1 | Ø 10 | 415 | 4 | 1460 | 1278 | 97 |
| K2 | Ø 8 | 415 | 4 | 1460 | 869 | 61 |
| K3 | Ø 10 | 115 | 2 | 230 | 119 | |
| Karnstål | | | | | | 12,4 |
| R1 | Ø 6 | 115 | 9 | 1035 | 254 | |
| Rundjern | | | | | | 2,34 |

Betongkvalitet B
Elementet støpes uten støbescel

det skal være ferdig til en bestemt tid, men er også et middel for de enkelte fag til å kunne tilrettelegge sitt arbeide over en lengere periode. De utførende entreprenører får gjennom planen sikkerhet for at deres arbeide betales til bestemte terminer, som kan bedømmes nøyaktig på for-

Fig. 4. Et karakteristisk dekkeelement for et 3 m felt. Elementene har plan underside og gjennomgående huller på langs. Høyden er 18 cm med en gjennomsnittlig betongtykkelse på 9-10 cm. Høyden og den relativt ringe vekt tillater liten armering. Kasettene på siden av elementet gjør at dekket etter at utstopping av fugen er foretatt, virker som en monolitisk konstruksjon. Elementet har oppleggsknaster for at veggene skal gå mest mulig ubrutt igjennom.

hånd. Byggherren har også fordel av fremdriftsplanen for sin økonomiske planlegging.

Av håndverksfagene er det i første rekke arbeidet med råbygget over grunnmuren som utføres på utradisjonell måte. Det er derfor av interesse å gi en nærmere beskrivelse av dette arbeide, bl. a. fordi rytmen her bestemmer rytmen også for de andre håndverksfag. Arbeidet omfatter montasje av prefabrikerte elementer

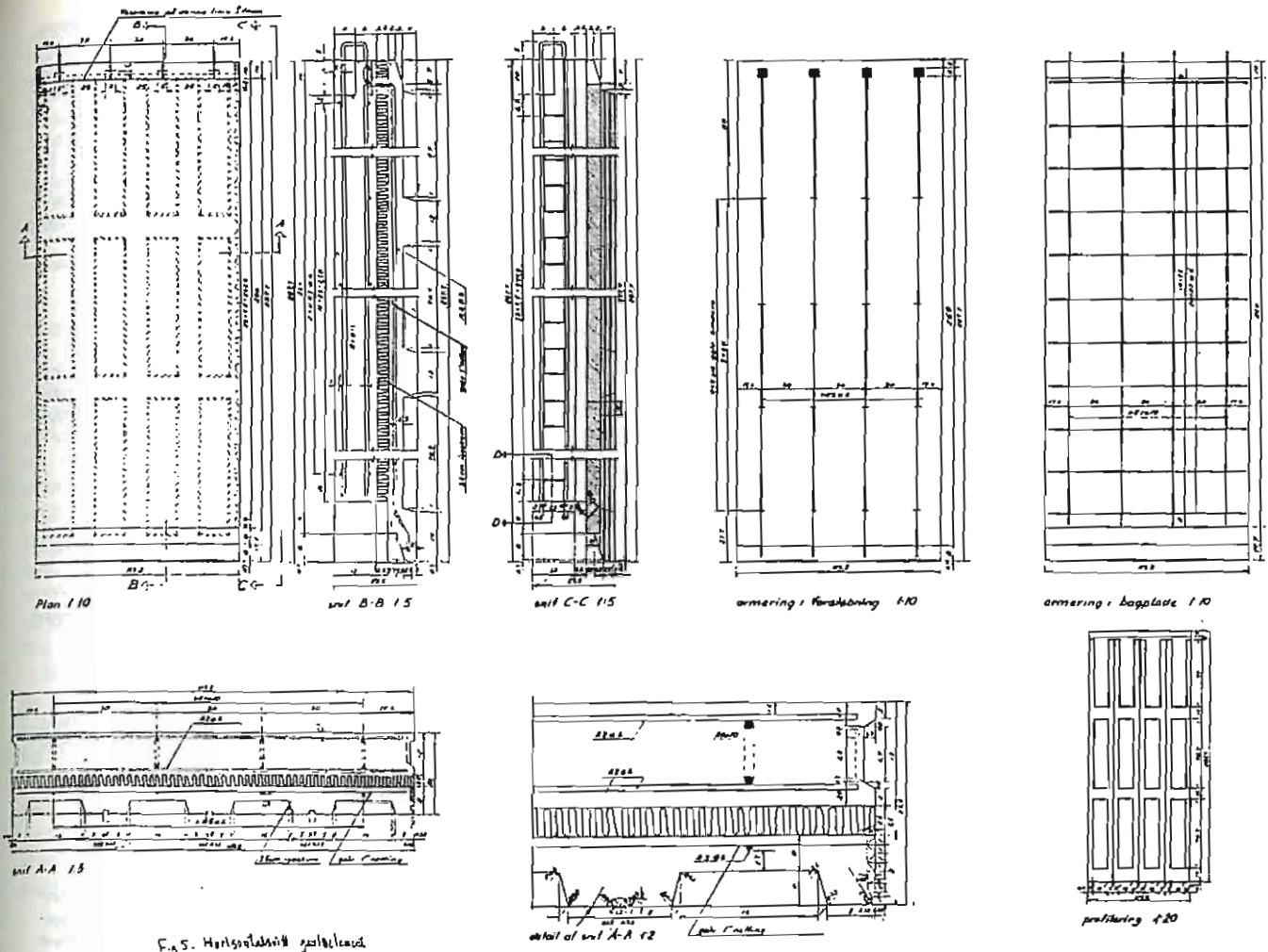


Fig. 5. Hvertskalskilt gavlelement

til dekker, gavler samt støpning av de bærende vegger. Et par karakteristiske elementer er vist på fig. 4 og 5.

For å nedsette forskalingsutgiftene — spesielt arbeidslønnen — til et minimum, utføres veggforskalingen som store, stabile flak av stål. Slike stålformer gir også mulighet til å fremstille pussfrie betongflater. Den helt feilfrie overflate kan neppe fremstilles på en byggeplass, men den bør være så god at etterbehandlingen innskrenkes til reparasjoner av de små støpegrater som stammer fra fugene mellom stålplatene samt av enkelte partier med porer.

I denne forbindelse kan nevnes at veggene i lavblokkene støpes i 18 cm tykkelse i skille mellom leiligheter og 15 cm forøvrig. Til armering er i lavblokkene bare forutsatt nødvendig armering rundt åpninger i veggene, mens veggene forøvrig er uarmerte. I de nederste etasjer i høyhuset er imidlertid veggene, som her overalt er 18 cm, armerte av hensyn til de belastninger som opptrer.

De bærende gavler utføres som elementvegger for å unngå vanskeligheter ved isolering og puss på veggene, og for å unngå stillas. En omhyggelig utførelse av de vannrette og loddrette fuger er nødvendig. Ut-

vendig fugging er forutsatt utført fra hengestillas.

For å kunne behandle både de prefabrikerte elementer og stålformene, er kraner en absolutt nødvendighet, og det nyttes her tre kraner som arbeider sammen om 6 oppganger samtidig. Hver kran bærer 1500 kg på 20 m utlegg.

Arbeidsgangen for betongarbeidet ved utførelse av en etasje, er følgende:

Dekke-elementer som leveres fra elementfabrikken på vogner, legges

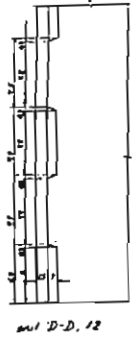
Fig. 5. Et typisk gavl-element. Elementet viser hva man kan tillate seg i retning av mønster når man nytter prefabrikerte elementer. Selv om formen elementet støpes i er relativt dyr, spiller dette liten økonomisk rolle pr. element når den brukes et par hundre ganger. Elementet består forøvrig av en indre 12 cm tykk betongvegg, 3,5 cm isoskum og en ytre betongkappe som bæres av den indre vegg ved hjelp av bøyler og en betongbro opp.

Fugeproblemet har vært viet særlig oppmerksomhet p.g.a. den store nedbøren i Bergen. De vertikale fuger er utformet som «åpne» fuger, utvendig fuget med mørtel. Det vann som evt. kommer gjennom denne ytre fugen, vil av det skråttstilte «vaskbrettet» føres utover i veggene igjen. Overflatene på de elementer som er støpt, er blitt meget gode.

| Armering | | | | | |
|-----------|--------|------|------|-------|------|
| Størrelse | Antall | l | h | l | h |
| A-1 | 4 | 1,00 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| A-2 | 4 | 1,00 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| A-3 | 4 | 1,00 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| Rundjern | | | | 22,36 | |

3mm galle båndene 1-50 48 stk
signatur på plan "

Betonvalvet B



snitt E-E, 11

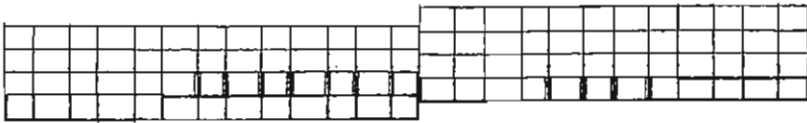
på plass ved hjelp av kranen. Fugene støpes ut. Fugen er utformet slik at efterfugging nedenfra ikke forekommer. Der utlegges såler for oppstilling av veggforskalingen. Sålenes plassering og høyde innmåles omhyggelig fordi veggens plassering bestemmes av disse. Veggforskalingen still-

8 dag



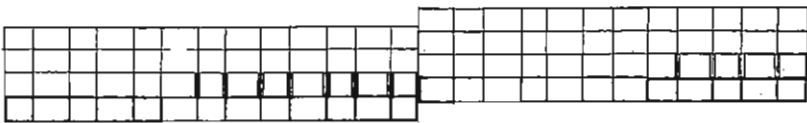
Kran I Forstalling 4 vægge
 - I Montage 1 felt
 Kran II Montage 4 felter
 Kran III Støbning 4 vægge

9 dag



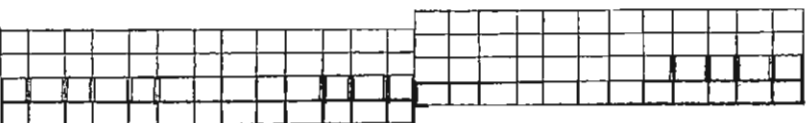
Kran I Støbning 4 vægge
 Kran II Forstalling 3 vægge
 " II Væggelementer
 Kran III Montage 4 felter

10 dag



Kran I Montage 5 felter
 Kran II Støbning 3 vægge
 Kran III Forstalling 4 vægge
 " III Montage 1 felt
 " III Væggelementer

11 dag



Kran I Forstalling 5 vægge
 - I Gavlelementer
 Kran II Montage 4 felter
 Kran III Støbning 4 vægge

12 dag



Kran I Støbning 5 vægge
 Kran II Forstalling 3 vægge
 " II Væggelementer
 Kran III Montage 3 felter

13 dag



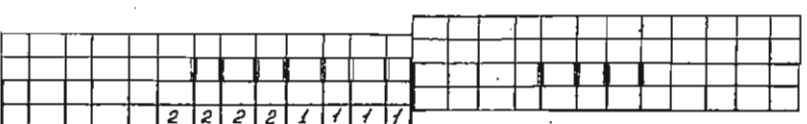
Kran I Montage 3 felter
 Kran II Støbning 3 vægge
 Kran III Forstalling 4 vægge

14 dag



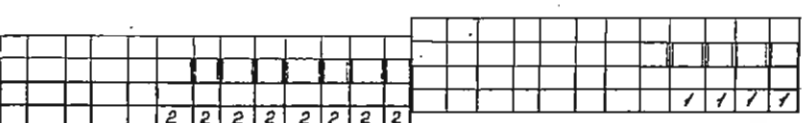
Kran I Forstalling 4 vægge
 - I Montage 1 felt
 Kran II Montage 4 felter
 Kran III Støbning 4 vægge

15 dag



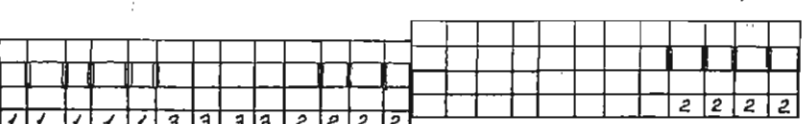
Kran I Støbning 4 vægge
 Kran II Forstalling 3 vægge
 " II Væggelementer
 Kran III Montage 4 felter

16 dag



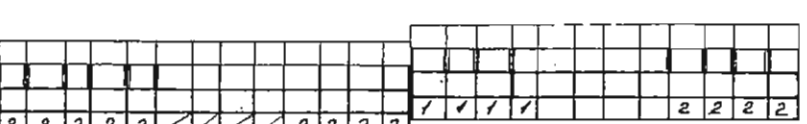
Kran I Montage 5 felter
 Kran II Støbning 3 vægge
 Kran III Forstalling 4 vægge
 " III Montage 1 felt
 " III Væggelementer

17 dag



Kran I Forstalling 5 vægge
 - I Gavlelementer
 Kran II Montage 4 felter
 Kran III Støbning 4 vægge

18 dag



Kran I Støbning 5 vægge
 Kran II Forstalling 3 vægge
 " II Væggelementer
 Kran III Montage 3 felter

etc.

Fig. 6. En «film» som viser arbeids-
taktten for 6 oppganger med tre kra-
ner i arbeid samtidig. «Filmen» vi-
ser ikke hele byggets oppførelse —
til selve betongarbeidet brukes 26 ar-
beidsdager. En av de store fordelene
ved bruk av dekke-elementer kommer
tydelig fram: man slipper dekke-for-
skaling som skal stå i ukevis før den
kan rives.

les opp på sålene og avstives, og be-
tongen utstøpes under vibrering. Ef-
ter noen timers forløp avrettes over-
siden fullstendig plant til opplegging
av dekke-elementene. Etter herdnin-
gen av veggene, fjernes forskalingen
og den flyttes til neste avsnitt for
rensing og ilegging av elektriske in-
stallasjoner og eventuell armering.
Derefter gjentas arbeidsprosessene
med opplegging av dekke-elementer
osv. Fig. 6 viser arbeidsgangen for
en blokk med seks oppganger og med
tre kraner i bruk.

Det er av avgjørende betydning at
de oppstilte nøyaktighetskrav blir
overholdt. Det forlanges en nøyak-
tighet ved elementfremstillingen på
 ± 5 mm, og en lignende nøyaktighet
ved montasjen av elementer og opp-
settingen av veggene som støpes på
stedet. Kravene synes strenge i for-
hold til sedvanlig betongarbeide; men

det gjelder noe tilsvarende her som
ble sagt om fremdriftsplanen. Nøy-
aktighetskravet er ikke et ensidig
krav fra byggherren, men et middel
som muliggjør en verkstedsmessig
fremstilling av større eller mindre
bygningdeler, uten at målene i hvert
enkelt tilfelle skal bestemmes på
stedet.

For elementfremstillingens vedkom-
mende er det slik at en form som er
tilstrekkelig robust til å vare hele
byggeperioden, bare gir variasjoner
i målene fra støpning til støpning
som er vesentlig mindre enn 5 mm.
Spørsmålet om å overholde nøyak-
tigheten for elementene er derfor
først og fremst et spørsmål om effek-
tiv målkontroll ved produksjonens
start og rettelse av eventuelle fell.

For montasje- og støpearbeidet er
det avgjørende at målene ikke som
vanlig avsettes ut fra allerede opp-
førte bygningsdeler, men etter sam-
me prinsipper som i landmålingen.
Både lengder og høyder skal innmå-
les fra faste punkter på en slik måte
at opphopning av feil unngås. Det
modulnett som bygningene er pro-
sjekttert over, skal i praksis føres
med ut på byggeplassen.

Foruten montasje- og jernbetong-
arbeidet er det vesentlig varme- og

sanitæranlegget og de elektriske in-
stallasjoner som utføres utradisjonelt
i den forstand at det er forutsatt en
større grad av prefabrikering enn
normalt.

For begge arbeiders vedkommende
utføres arbeidet i og utenfor grun-
nen til under 1. etasjes gulv tradi-
sjonelt.

Under arbeidets gang oppover i
etasjene i både lavblokkene og høy-
huset må elektriker og rørlegger følge
med i samme rytme som betong-
arbeidet og må kontraktsmessig for-
plikte seg til å overholde de til-
målte tidsrom.

Alt i alt blir det et meget omfat-
tende arbeide som skal utføres til en
bestemt tid og i et kort tidsrom, og
i denne fase av byggearbeidet er man
i særlig grad avhengig av at rørleg-
gere og elektrikere holder de fast-
satte terminer.

Sanitærinstallasjonene over 1. eta-
sje er i lavblokkene begrenset til 3
typer. For disse er det utført tegn-
inger i målestokk 1/10, nøyaktig mål-
satt. Det forlanges at tegningene
følges omhyggelig med meget små
toleranser. Samtidig vil det være
mulig å fremstille og delvis samle
montasjeklare rorsatser på forhånd,
slik at selve montasjearbeidet på

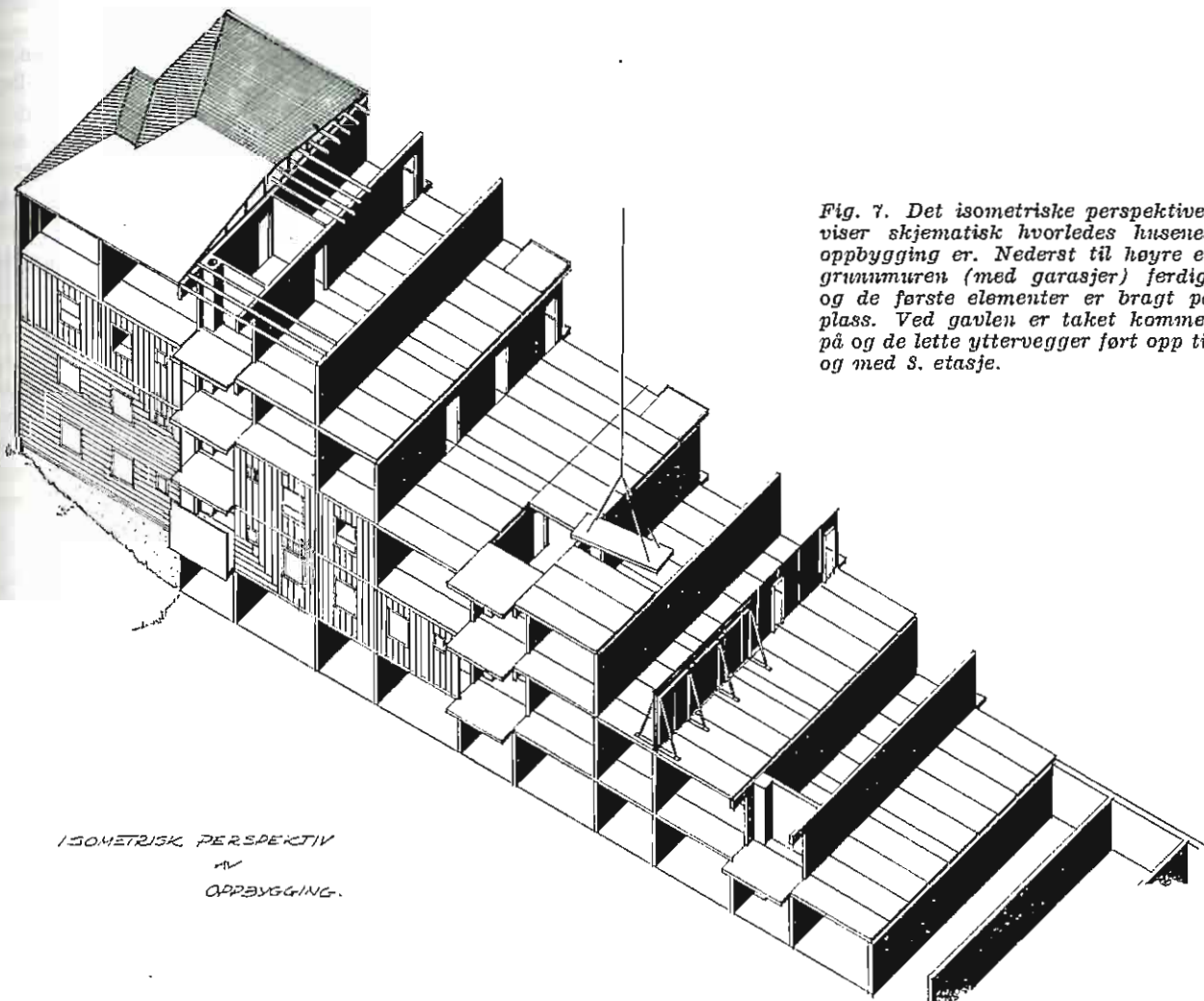


Fig. 7. Det isometriske perspektivet
viser skjematisk hvorledes husenes
oppbygging er. Nederst til høyre er
grunnmuren (med garasjer) ferdig,
og de første elementer er bragt på
plass. Ved gavlen er taket kommet
på og de lette yttervegger ført opp til
og med 3. etasje.

ISOMETRISK PERSPEKTIV
AV
OPPBYGGING.

byggstedet reduseres betydelig. De målsatte installasjonstegninger har også dannet grunnlag for plaseringen av dekke-elementene.

Når det gjelder de elektriske installasjoner, er arbeidet med monteringen av de skjulte rørdninger nøye forbundet med støpingen av de bærende vegger. Det er forutsatt at de rørdeler som skal monteres, bøyes til og gjenges på verksted. Det er på forhånd avsatt huller i stålforskalingen for feste av rør og bokser. Hele arbeidet på byggstedet i denne fase reduseres derved til montering av de ferdige deler. Etter arbeidsplanen skal denne montering i de bærende veggene gjøres ferdig i løpet av vel en halv dag for 2 leiligheter. Det er ikke forutsatt noen ledninger i de ferdige støpte elementer. For evt. takbelysning er det plasert stikk-kontakter like under tak.

Det er åpenbart at det også for de øvrige fags vedkommende ligger store muligheter, når man opererer med de nøyaktigheter som er forutsatt, og fordl byggeriet slik planen er, forutsetter en stadig gjentakelse av like bygningsdeler som det er redegjort for i skjema og detaljtegninger. For disse fag har man dog ikke gått så langt i retning av det utradisjonelle som i betongarbeidet.

Det viser seg imidlertid at de enkelte håndverksmestre har sett de muligheter gjentakelsen og nøyaktigheten gir. Byggmesteren har *alle* deler i yttervegger i treverk, plater etc. ferdig kappet, linoleumslegger kapper rullene i lengder på forhånd etc. Det kan hende at disse muligheter burde vært utnyttet i høyere grad enn

planleggingsgruppen har gjort det; men usikkerhet, blant annet p.g.a. fastsatte tariff, har her spillet inn. For samtlige fag gjelder imidlertid at de er bundet av fremdriftsplanen. Denne er igjen bygget opp på arbeidsplanen for de enkelte blokker.

Det er ganske klart at det utføres ikke så meget planleggingsarbeid i forbindelse med et enkelt prosjekt som her er gjort uten at man venter ganske spesielle resultater av det, enten i form av billigere hus eller i form av kortere byggetid.

For Paddemyrprosjektets vedkommende satte arbeidsgruppen seg fra starten av det mål å forkorte byggetiden uten å regne for meget med at byggeprisene skulle ligge lavere enn normalt. Anbudene for prosjektet som kom inn ved juletid 1956, viser at prosjektet ikke er billigere enn normalt, når prisen pr. m² boligflate legges til grunn for sammenligningen. Dels har dette sin forklaring i at prisene for grunnarbeidet synes å ligge høyere enn normalt i Bergen, selv uten utgravd kjeller p.g.a. vanskelige grunnforhold, dels er det på grunn av selve leilighetstypene hvor en del av leilighetsflaten er nyttet til utrom. At dette siste er en fordel, boligmessig sett, tror vi ikke kan diskuteres; men å fastsette verdien av den økede standard i kroner og øre kan bli vanskelig.

Endelig ser det ut som anbyderne muligens har vurdert usikkerheten ved selve det nye i prosjektet noe høyt og at prosjektets størrelsesorden har virket skremmende. I realiteten er det imidlertid bare seks oppganger i arbeide samtidig.

Når det gjelder tempoet er meget vunnet. Hvis planene holder, vil 588 leiligheter, 42 garasjer og butikker for et boligområde på ca. 2000 mennesker bli ferdig i løpet av bortimot 3 år. Etter at arbeidet over grunnmur begynner, skal det fullføres gjennomsnittlig ca. 1 leilighet pr. dag.

Når det gjelder arbeidslønnen, håper vi at de metoder som nyttes vil redusere arbeidstiden for de enkelte arbeidsoperasjoner, slik at det kan bli grunnlag for forhandlinger med arbeidstagerne om nye akkordtariffer. Byggherren har allerede vært i kontakt med de respektive organisasjoner om dette. De har vært villige, men kan selvsagt ikke binde seg på forhånd. Foreløbig er man blitt stående ved at det skal opptas forhandlinger om akkordsatsene etter at to blokker er ferdig og man således har noe erfaringsmateriale å bygge på.

Prosjektet ble igangsatt høsten 1956 og skal fullføres høsten 1959. Den endelige vurdering av prosjektet kan først foretas da.

Følgende er implisert i prosjektet:

Byggherre: Boligselskapet Paddemyren A/S.

Arkitekter: M. og J. Svenningsson, Aall og Løkeland, arkitekter MNAL, Bergen.

Konsulenter: Bygningstekniske anlegg: siv.ing. E. Helmers Olsen, Bergen.

Elementer og montasjearbeid: Siv.ing. P. E. Malmstrøm, København.

Sanitær- og varmeanlegg: Siv.ing. E. og O. Mehl, Bergen.

Elektriske anlegg: Siv.ing. F. Svenkerud, Bergen.

Montasjebygg i Trondheim

Av sivilingeniør Kåre Hellan

I Trondheim har Fundament A/S oppført ca. 150 leiligheter etter en montasjemetode hvor det er brukt tunge veggelementer i romstørrelse. Dessuten er nylig fullført en større boligblokk for ca. 50 leiligheter i 6 etasjer hvor metoden er utviklet videre til å omfatte også dekkene.

For veggene er brukt en modifisert «tilt-up», og for dekkene en modifisert «lift-slab» metode. Metoden krever bare et minimum av tilrigging og utstyr, og er således helt uavhengig av store kraner som krever tilsvarende investeringer. Metoden er uavhengig av husets høyde.

Best passer metoden for boligbygg med tversgående bærevegger og ubelastede fasader, slik som tilfellet var ved den før nevnte boligblokk. Arbeidsmetoden skal her nærmere beskrives:

Kjelleren med dekke ble utført tradisjonelt. Dekkets overside ble glattpusset i ett med støpningen eller umiddelbart etterpå. Direkte på det pussede gulv ble utlagt en rammeforskaling for neste etasjes gulv, som ble oppdelt i dekkeelementer med spennvidde litt mindre enn lysvidden mellom tverrveggene, og lengde lik halvparten av byggets bredde. Med vanlige spennvidder vil de største dekke-elementer da sjelden bli større enn ca. 20 m² — tilsvarende ca. 7—8 tonn med 15 cm tykkelse i henhold til minimumskrav etter norske forskrifter. Dekke-elementenes oppleggskanter mot veggene utformes som falser. Etter at armeringen er lagt foretas utstøpningen, helst ved hjelp av vibrator som løper på kantforskalingen, hvorefter oversiden til slutt glattes med stål Brett eller glattmaskin.

Oppå dekke-elementene utlegges etter maksimum én dag kantforskalingen for veggelementene i romstørrelse, dvs. full etasjehøyde og lengde ca. halvparten av byggets bredde. Under vanlige forhold vil formatet ikke overstige 15 m² — tilsvarende 5—6 tonn med 15 cm tykkelse. Etter at armeringen er plasert og utstøpningen foretatt med vibrator og oversiden stålglattet, kan veggen reises etter maksimum 4—6 dagers herding. For å unngå adhesjon mellom elementene og underlaget under utstøpningen, må det pussede underlaget først smøres med egnet smøremiddel, f. eks. form-olje.

Veggene reises ved hjelp av en ca. 2½ m høy mast av T-stål, som ved blokker og wire til heisespill monteret på traktor på bakken, vippes ned og trekker veggen etter seg. Veggen justeres nøyaktig i lodd og stilling og bardunerer fast med 2 wirer.

Efter at alle vegger er reist på denne måte, løftes dekke-elementene på plass ved hjelp av lette løftemaster som kan plaseres på det underliggende dekket eller på toppen av de allerede reiste bærevegger, og en anordning av wire, blokker og jekktaljer. Løftingen ble foretatt av 4 mann som ble plasert på dekket og jekket dette opp. Dekke-elementene ble understøttet i nøyaktig justert stilling av 2 bukker, utført av 4"×4" boks, som ble laget ferdig på forhånd. Bukkenes ben er stillet på skrå og overfører belastningen direkte til underliggende dekke. Skråstillingen muliggjør bukkenes demontering. Man kunne også legge dekke-elementene på 2 jernbjelker som opplagres på bæreveggene.

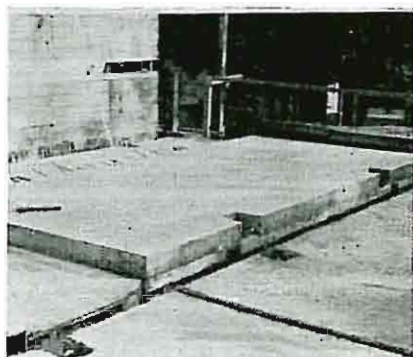


Fig. 2. Dekke-elementer og veggelementer er ferdig støpt og klare for montering.



Fig. 3. Reising av veggelement ved hjelp av løftemast.

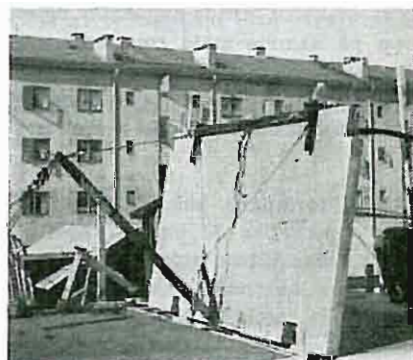


Fig. 4. Veggelement i vertikal stilling.

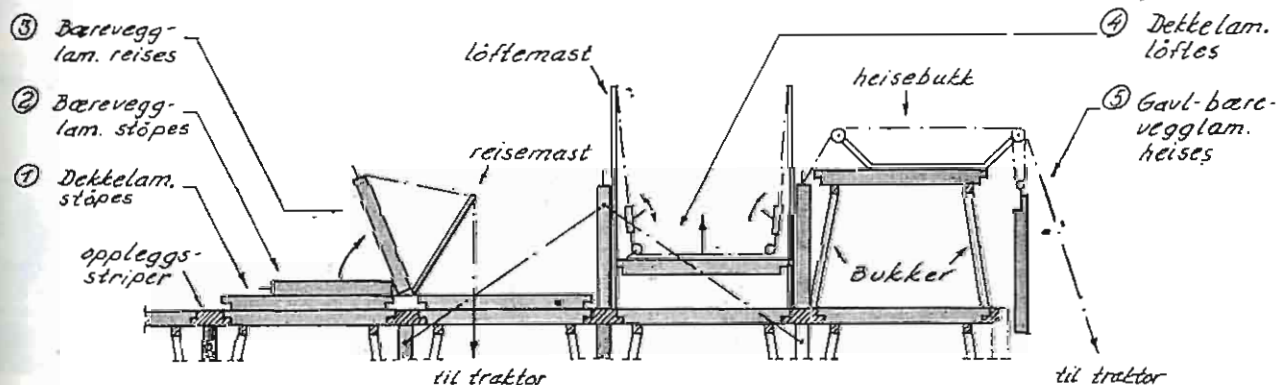


Fig. 1. Skissen viser forskjellige faser i det beskrevne montasjesystem. De skråskraverte oppleggsstriper blir gjenstøpt etter montasjen.

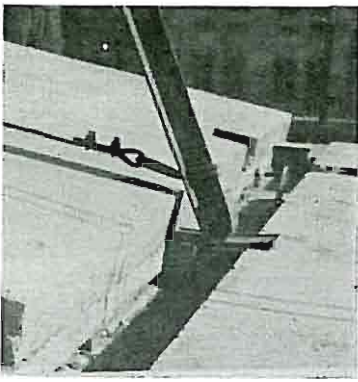


Fig. 5. Detalj av foten på reisemasten.

Bærende yttervegger (i dette tilfelle gavlvegger) støpes i feltfabrikk i format opptil 15 m² med samtidig innsetting og faststøpning av eventuelle vinduer, ventiler etc. De transporteres til byggeplassen og heises opp ved hjelp av heisebukk som plasseres på ytterste dekke-element, og wire til traktorspill på bakken. Til slutt blir dekke-elementenes opp-lagsstriper over bæreveggene for-skalet og gjenstøpt.

På samme måte gjentas prosessen for hver etasje idet dekkenes under-støttelsesbukker nedmonteres så snart dekke-elementet er avlastet for påliggende dekke- og veggelementer.

Efter at loftsgulvet er støpt, plas-seres heisebukken på loftsgulvet og de prefabrikerte fasade-elementer heises opp på samme måte som beskrevet for gavlveggene, men her tas vegg-elementene for alle etasjer samtidig for heisebukken flyttes til neste vegg-felt.

Ofte forlanges enkelte bygnings-deler, som her f. eks. trapperom, støpt i monolitisk utførelse for å gi en bedre avstivning av huset. Den beskrevne montasjemetode lar seg kombinere med tradisjonelt utførte konstruksjoner, idet disse siste for-skales efter at elementene er montert på plass. Slike monolitiske konstruksjoner bør dog innskrenkes til et mi-nimum, da metoden medfører en «klattvis» forskaling som faller for-holdsvis kostbar og tidskrevende.

All teknisk installasjon som skal legges skjult, kan med letthet innstøpes i elementene på samme måte som for tradisjonell utførelse.

Alle overflater blir ferdig pusset, og efterfølgende fugebehandling inn-skrenkes til et minimum på grunn av elementenes store formater.

En særlig fordel ved metoden er at gulvene blir ferdig pusset for påleg-ging av papp og linoleum.

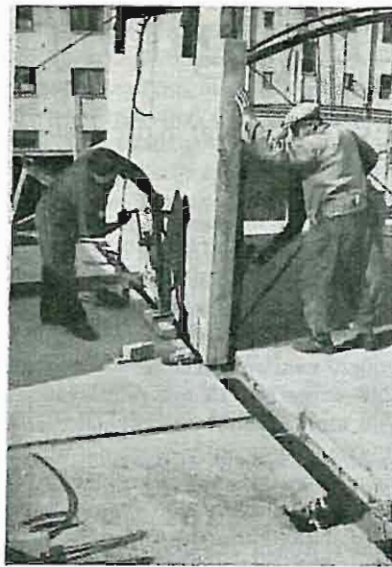


Fig. 6. Veggelementet senkes på plass ved hjelp av wirer og en hånd-jekk på hver side.

Foranstaltninger mot klima-hindringer.

En absolutt betingelse for et heldig resultat er at pussarbeidene under dårlige værforhold kan foregå under tak. I den hensikt kan man ide inn hver etasje med presenninger som bæres oppe av lette bukonstruksjo-ner av stålrør og i en slik høyde at man får full arbeidshøyde under teltet.

Teltet oppsettes mest hensiktsmes-sig allerede umiddelbart efter at alle elementer er montert, og beskytter da samtlige arbeidsoperasjoner, hvorav pussingen er særlig sårbar mot frost og nedbør. Ved å plasere et par aggregater under teltet er det ikke vans-kelig å holde en temperatur på +10—15° C., selv under streng kulde. Under herdning senkes buene ned på dekket for å unngå oppvarming av for stort volum. Teltet demonteres igjen i takt med reisingen av vegg- og dekke-elementene. Utsatt for sterk vind og stormfullt vær er imidlertid en teltdekning mindre tilfredsstillen-de. Det fikk man erfaring for høsten og vinteren 1956—57, da værforhol-



Fig. 8. Dekke-elementene jekkes opp ved hjelp av 4 hjelpemaster av stål.

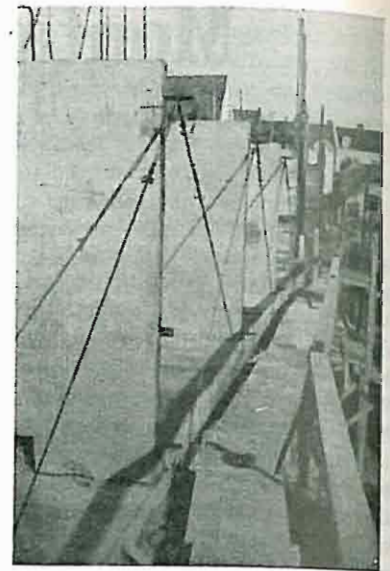


Fig. 7. Veggelementer holdes i stil-ling ved hjelp av wirer og strekk-fisker langs fasadeflukten.

dene i Trondheim var særlig ugun-stige i så måte. Dette medførte store ulemper med teltdekningen som måtte barduneres kraftig for ikke å blåse bort. Vår erfaring er derfor at en sikrere dekning er nødvendig om vin-teren. Ved neste prosjekt er hensikt-en å oppnå dette ved å bygge ytter-taket — forutsatt i tre — på første etasjes gulv, og jette opp taket i takt med arbeidet. Som provisoriske vegg-er vil presenninger utvilsomt være tilstrekkelig. Med den forholdsvis primitive teltdekning var det unnn-gåelig at avpussingen av elementene ble mindre tilfredsstillende, likesom det medførte et mindre tidstap.

Feltfabrikken.

Da bare de lettere og fåtallige yt-terveggselementer skal støpes i felt-fabrikk, kan denne utføres meget enkelt som et støpeskur med tilstrek-kelig grunnflate for minst 3 elemen-ter. Her ble da elementene støpt i flere lag på hverandre, inntil 10 lag. Man slipper lagerplass for ele-mentene, idet de efter herdningen ble trukket ut og reist mot fasaden, fer-dig til senere oppheising.

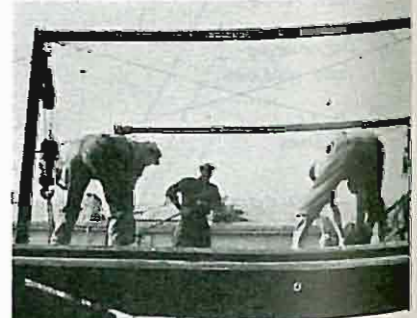


Fig. 9. Dekke-element i riktig høyde.

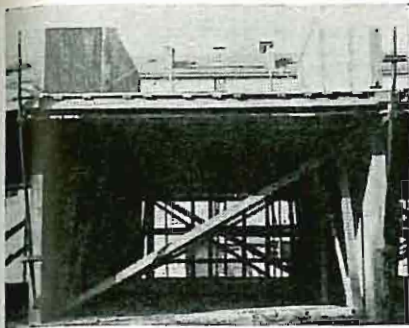


Fig. 10. Understøttelse av dekkeelement med bukker.

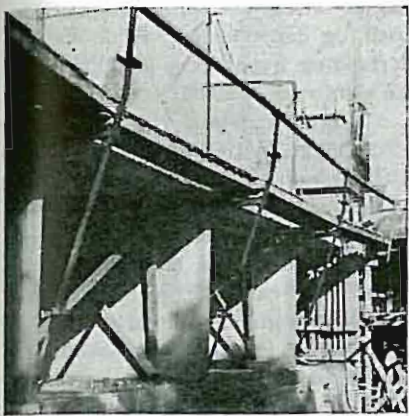


Fig. 11. Gangbro langs fasaden.

Sammenligning mellom den beskrevne montasjemetode og tradisjonell byggeri.

Den største fordel ved metoden er at så å si all forskaling bortfaller. Det samme gjelder puss; men en etterbehandling — særlig for flater som skal males — er nødvendig. Elementmetoden kan gi meget nøyaktig

utførelse med små toleranser; vi oppnådde $\frac{1}{2}$ —1 cm. Forøvrig vil mindre feilmål på elementene ikke spille nevneverdig rolle, idet disse vil bli eliminert ved nøyaktig montering og utstøpning av oppleggsstripene. En nøyaktig utførelse innskrenker etter- og tilpasningsarbeidet til et minimum og muliggjør prefabrikering av innredninger, rørinstallasjoner osv.

Byggetid.

For boligblokken med grunnflate ca. 500 m² var den naturlige varighet av arbeidsprosessen pr. etasje ca. 4 uker, hvorav 1 uke gikk med til herdning av de elementer som ble støpt på bygget. Dette er jo ikke imponerende; men til gjengjeld er gulvpussen inkludert i denne tid, og etterarbeidene blir minimale. Dette medfører at de øvrige fag, murarbeider, rørleggerarbeider, lettvegger osv. kan følge hakk i hæl med råbygget i motsetning til tradisjonelle bygg hvor disse arbeider i regelen først blir påbegynt etter at råbygget er forsynt med yttertak. Selv om råbygget ved metoden krever like lang tid som for tradisjonell utførelse, vil total byggetid derfor ha alle betingelser for å kunne innkortes vesentlig.

Metoden er fremfor tradisjonell utførelse fordelaktig i økonomisk henseende.

Metoden kan ikke regnes til de systemer som opererer med *prefabrikerte* elementer, idet elementene jo fremstilles etter hvert på byggeplassen. Metoden krever derfor lengre

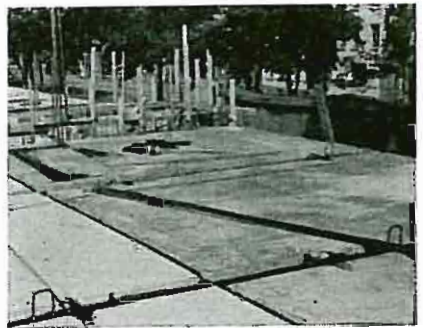


Fig. 12. Dekket etter at elementene er loftet på plass. Før neste etasjes veggelementer blir støpt, blir oppleggsstripene støpt ut.

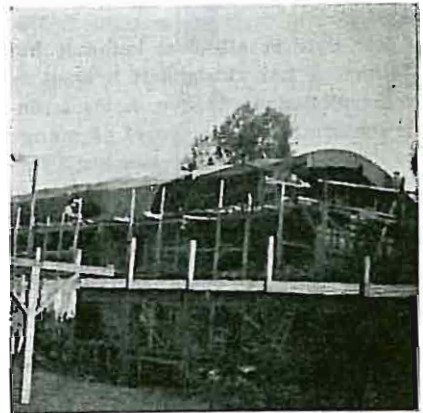


Fig. 13. Presenning på stålrorstillas.

byggetid, idet prefabrikerte elementer bare krever sin montasjetid. Til gjengjeld spares elementfabrikk og transport av elementene, ofte over lengre avstander.

Metoden kan med fordel brukes også ved forholdsvis små prosjekter.

Lette, ikke-bærende yttervegger

Av arkitekt Harald Hille

Den lette, ikke-bærende yttervegg er hverken ny eller i prinsippet epokegjørende. Vi kjenner den fra stolpekonstruksjonen i våre trebygninger eller fra skyskraperens kledde stålskjelett.

Noe nytt er allikevel kommet inn i bildet og har aktualisert bruken av konstruksjonen: de nye, høysolerede materialer. De er svaret på mange av de problemer som reiser seg i forbindelse med en utstrakt bruk av den lette, ikke-bærende yttervegg.

Fordelene ved disse veggkonstruksjoner er åpenbare: maksimal varmeisolasjon, vektbesparende, plassbesparende, egner seg glimrende ved element- og montasjebygg, og er i visse tilfelle billigere enn de tradisjonelle bærende yttervegger.

Et par ord om terminologien. Den nye type av de ikke-bærende ytterveggskonstruksjoner kjenner vi idag best under navnet «curtain wall». En direkte oversettelse av denne betegnelsen dekker ikke begrepet, og inn-til vi har funnet frem til et tilsvarende populær-ord på norsk, tror jeg det er best å benytte seg av ordet «curtain wall». En «curtain wall» er da enhver ytterveggskonstruksjon som ikke bærer, fra det prefabrikerte ytterveggselement som ferdig montert utgjør den komplette vegg, til den mer sammensatte veggtype hvor en «curtain wall» støtter seg til sekundære bæresystemer.

Curtain-wall-prinsippet kan brukes til bygninger av alle slag, fra enetasjes småhus til milehøye skyskrapere, fra fabrikker og forretningsbygg til kirker og muséer. Det er dog i første rekke skyskraperbyggingen i U.S.A. som har fremtvunget den ikke-bærende yttervegg. Her har prinsippet for alvor slått rot, — ja, i den grad at det vel idag kan betegnes som en helt enestående suksess. Kanskje i første rekke sett fra kommersielt synspunkt. Curtain-wall-reklamen oversvømmer byggtidsskriftene i en eneste stor farveorgie. Fra U.S.A. har så curtain-wallen bredt seg over hele verden, og det er ikke alltid de rent saklige motiver som har vært bestemmende for bruken av den.

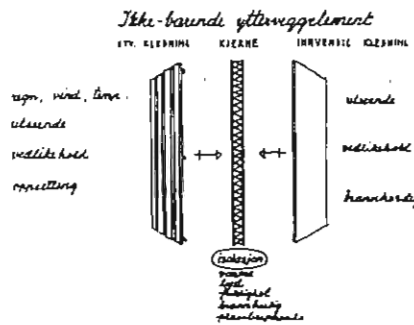


Fig. 1. Prinsipp-skisse for curtain-wall.

Hos oss ble de første curtain-wall-bygninger reist etter krigen (betegnelsen benyttet som ovenfor nevnt). Det var særlig et rammeverk av 2" 4" festet utenpå konstruksjonen, isolert med mineralull og kledt med eternitpanel som ble brukt. Etterhvert har også andre typer vunnet innpass, ja, også den som utgjør den komplette vegg montert som fabrikkfremstilte elementer.

En ting er i hvert fall sikkert: curtain-walls er kommet for å bli. De er blitt et svar både for bygningsfagfolk og for bygningsindustrien. Arkitektene raser avsted og søker stadig nye uttrykk, noe som tidsskriftene gir farveglade bilder av. Curtain-wall er på marsj fremover — på godt og vondt.

Vi skal se litt på den rekke av både innviklede og spesielle problemer som følger med curtain-walls. Jeg skal bare antyde problemene og overlater til spesialistene å behandle dem grundigere.

Fig. 1 er en skisse av prinsipiell karakter. Det dreier seg om en ytterhud bestående av tre elementer som har forskjellige funksjoner å fylle.

Den utvendige kledningen skal være regntett, vindtett og tåle temperatur-svingninger; den skal ha et tiltalende utseende, være så vedlikeholdsfri som mulig, lett å montere, ha minimalt med fuger, skal ikke kunne deformeres, og være brannherdig.

Den innvendige kjernen er isolasjon. Isolasjon mot kulde og varme, mot lyd og fuktighet. Brannherdig og plassbesparende.

Den innvendige kledningen skal også være brannherdig, lett å vedlike-

holde, gi mulighet for feste, samt ha tiltalende utseende. Tilsammen utgjør disse elementer en curtain-wall, og det avhenger av de stedlige forhold og bygningens karakter hvilke elementer som blir lagt vekt på.

En svensk skisse, fig. 2, viser de forskjellige måter man kan feste en curtain-wall til den bærende stamme. Enten settes den mellom de vertikale og de horisontale bærende elementer, mellom de horisontale, men utenfor de vertikale, mellom de vertikale, men utenfor de horisontale, eller til slutt utenfor både de horisontale og de vertikale bærende elementer. Innenfor disse fire grupper kan vi stort sett klassifisere alle curtain-wall-systemer.

Et av de største problemer ved elementbygging er fugens utforming. Det er vanskelig å finne frem til løsninger som gir 100 % sikkerhet mot fukt- og kuldegjennomslag, og som samtidig ikke er for umulig under montasjen. Rent industrielt kan man naturligvis lage de mest sinnrike utforminger; men det er ikke sikkert at disse gir den ønskede effekt til den ønskede pris.

I denne forbindelse kan vi kanskje se litt på spørsmålet om fabrikk-lagede curtain-wall-elementer kontra curtain-wall-typer bygget på stedet. Det er meget viktig at vi blir klar over hvor vi står i bildet idag, og hvor vi eventuelt ønsker å stå imorgen. Skal vi bygge vår curtain-wall på stedet, på samme måte som vi idag stort sett teljer til våre hus, med øyemål og godt spillerom for uøyaktigheter? Eller skal vi velge

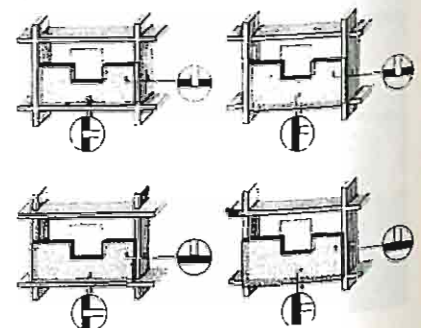


Fig. 2. Festing av curtain-walls til bærende stamme.

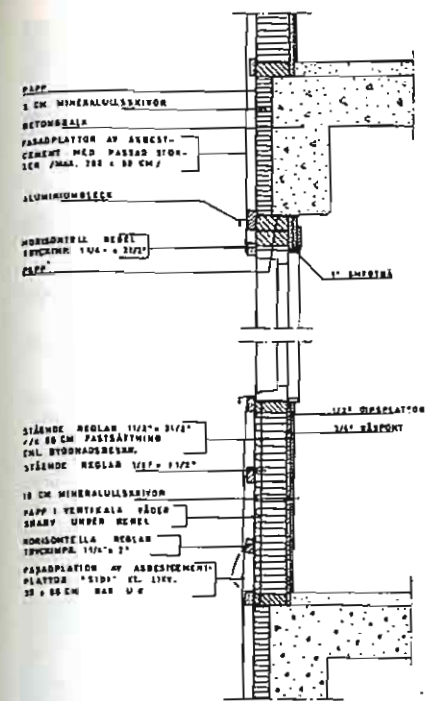


Fig. 3. Svensk curtain-wall.

mellemstadlet, når de enkelte bestand-deler kommer til byggeplassen hvor de monteres, pre-cut-systemet?

En annen måte går ut på å bygge elementet på stedet for derefter å heise det på plass. Den siste og vel den mest besnærende måte er det ferdige, fabrikkfremstilte element, som like fra transportmidlet helsen på plass i ytterveggen og utgjør den ferdige vegg med glass, brystning, åpninger for ventilasjon eller uttaksboks for el- og teleanlegg. Denne siste metode er den i U.S.A. mest utbredte. Der selges praktisk talt veggssystemene «over disk».

Jeg tror at vi dessverre ikke har tilstrekkelig utbygget bygningsindustri i Norge idag til å velge denne metode annet enn i rent spesielle tilfelle. En selvstendig norsk industri på dette område ville være ønskelig, men kunne vel idag ikke livnære seg på det norske marked og måtte derfor konkurrere på eksportmarkedet. Vi må ta sikte på å nå frem til fabrikk-element; men personlig tror jeg at vi — sett i større målestokk — kanskje bør velge mellomstadiet, enten som pre-cut-metode eller som elementbyggeri på byggeplassen. Veien til fabrikk-elementet er da ikke lang.

Noen eksempler på curtain-wall-typer som er bygget eller er i ferdig bygging:

En svensk type fra 1955 viser et element som er bygget på stedet. Trevegg med stenull, aluminium utvendig og plater innvendig. Fig. 3.

En norsk utforming av konvensjonell curtain-wall under bygging i Oslo. Et 7-etasjes kontorbygg kles med

2' 4" rammeverk helt utenpå konstruksjonen, isoleres med 10 cm stenull, kles utvendig med aluminium i stuccobossed utførelse og innvendig med gipsplater, fig. 4 og 5.

I denne forbindelse skal man nevne noen få ord om myndighetenes stilling til curtain-wall-konstruksjoner. Det har dessverre vist seg at nye konstruksjoner ofte må kjempes gjennom en nokså kompakt mur av fastlagte konvensjoner, stivbente regler og prinsipp-redde bygningsråd. Særlig har gammeldagse brannforskrifter i enkelte kommuner virket hemmende for bruken av curtain-wall-systemer utført av rammeverk av tre. Den ovenfor nevnte norske konstruksjon måtte gjennom endel vidervedigheter, men ble til slutt godkjent til bruk innenfor den gamle bykjerne (i bollgstrøkene utenfor byen har den vært i bruk i flere år).

Det er klart at mange forskrifter bør revideres; men det er også riktig at de nye veggtyper prøves grundig forskningsmessig før de slippes løs på det norske byggemarked.

Fig. 6 viser en fransk elementtype. Den virker temmelig komplisert, kanskje i særlig grad fugen. Elementene ligger mellom to horisontale bæringer, og er i hovedsaken utført i aluminium.

Det viser seg naturlig at der er enkelte materialer, gamle eller nye, som spesielt egner seg ved curtain-wall-systemer. I første rekke har det vist seg at aluminium i kombinasjon med de moderne isolasjonsmaterialer er meget tilfredsstillende fra mange synsvinkler sett: vekt, bestandighet og pris.

Andre materialer som egner seg særlig godt, er stål, glass, emaljerte plater, wall-boards etc. Lettbetongen brukes også; men personlig har jeg ingen tro på den som curtain-wall-materiale, idet den har altfor dårlig isolasjonsverdi i forhold til tykkelsen. Isolasjonen er, som jeg tidligere nevnte, i alt overvelende grad de nye, lette isolasjonsstoffer: mineralull og forskjellige skumplasttyper.

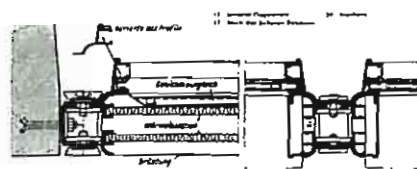


Fig. 6. Fransk curtain-wall.

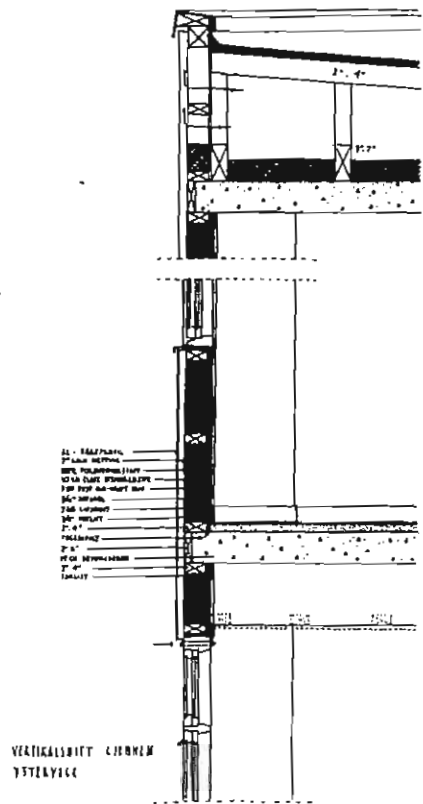


Fig. 4. Vertikalsnitt av norsk curtain-wall.

Fig. 7 viser et fabrikkfremstilte element, adskillig mer besnærende enn det ovenfor viste franske. Dette kommer fra Sveits og er av fabrikkat Koller. Det virker renslig, gjennomarbeidet og tiltalende. Det er egen uttakskanal for ledninger, samt opphenging for sjalusier. Lignende enkle typer finnes også i andre land.

Fig. 8 viser elementet på vei opp til sin plass i fasaden. Selve heiseanordningen kan ved curtain-walls

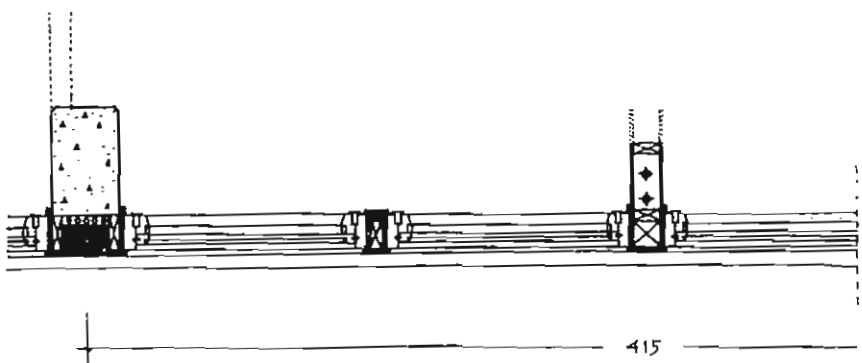
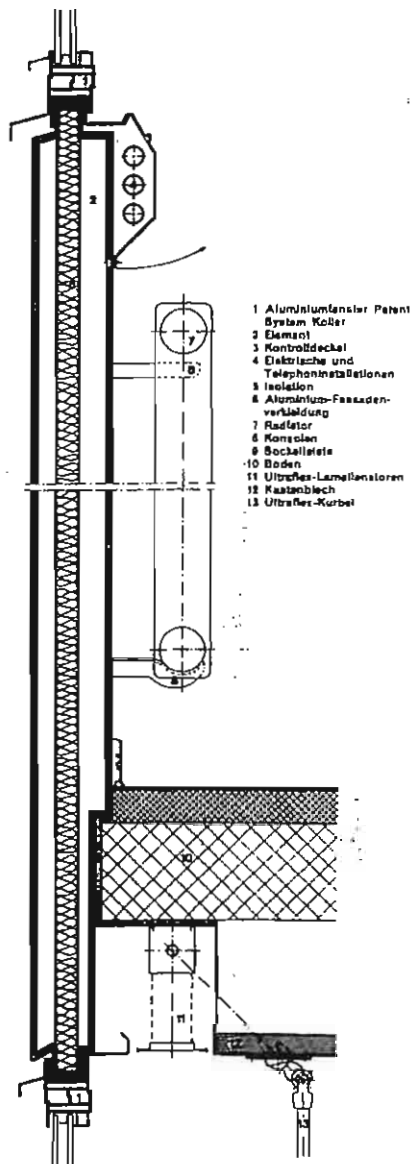


Fig. 5. Horizontalsnitt av norsk curtain wall.



- 1 Aluminiumfenster Patent
- 2 System Koller
- 3 Eisenst
- 4 Kontrolldeckel
- 4 Elektrische und Telephonstationen
- 5 Isolation
- 6 Aluminium-Fassadenverkleidung
- 7 Radfator
- 8 Konsole
- 9 Sockelleiste
- 10 Boden
- 11 Ultraflex-Lamellenstoren
- 12 Kastblech
- 13 Ultraflex-Kurbel

Brüderungschnitt 1:16. System Metallbau Koller AG, Basel, im Inn- und Ausland patentiert

Fig. 7. Sveitsisk curtain-wall.

gjøres ganske enkel og lett å betjene, idet hvert element har liten vekt. Store, ruvende heisekraner er således ikke nødvendigvis uttrykk for rasjont elementbyggeri!

Som arkitekt kan jeg ikke helt hoppe bukk over den estetiske side av saken. Mange er redde for at det fabrikkfremstilte fasade-element vil fore til monotoni, en steril oppruting av fasaden etter årets monster og moter. Andre mener at mulighetene er så mange, materialene så skiftende og fargene så mangfoldige at en arkitekt alltid har stort nok register å spille på. Personlig mener jeg at det ikke skal være noen grunn til at våre curtain-wall-hus blir mer ensrettede enn f. eks. våre panelkleddede bygninger eller pussede fasader. En utstrakt bruk av glass gir nye arkitektoniske opplevelser: speilbilder og reflekser; og ved hjelp av nye materialer vil dimensjonene og den ytre struktur kunne skiftes i det uendelige hvis det er mangfoldigheten man streber etter.

Curtain-wall-systemene må hilses av alle arkitekter med glede. En negativ innstilling her vil bare føre til at utviklingen vokser fra dem som i første rekke burde prege den. Dermed er det ikke sagt at jeg ikke innser de farer som en hemningsløs utnyttelse av likheten innebærer.

Fig. 9—13 viser noen få eksempler på de arkitektoniske muligheter som curtain-wall-konstruksjonen har:

Nesten umenneskelig og gold virker Saarinen i sitt General Motors Technical Center, mens forretningsbygningen i Köln overensstemmer med vårt syn på en fleksibel kontorblokk med lyset strømmende inn



Fig. 9. General Motors Technical Center, arkitekt Saarinen.



Fig. 10. Forretningsbygg i Köln, ark. prof. H. Wunderlich.

overalt. Og til slutt noen norske eksempler. En perspektivtegning av et bygg under oppføring, en konvensjonell curtain-wall med sterk understreking av de horisontale linjer. Og det ruvende Philips-bygget på Majorstuen, allerede et markant trekk i vårt bybilde. Jeg synes det virker velgjørende «gjennomsiktig», tenk på hva en stenblokk kunne ha avstedkommet av forfeilet monumentalisme. Endelig et eksempel fra boligbyggeri, lette trevegger utvendig kledd med eternitt.

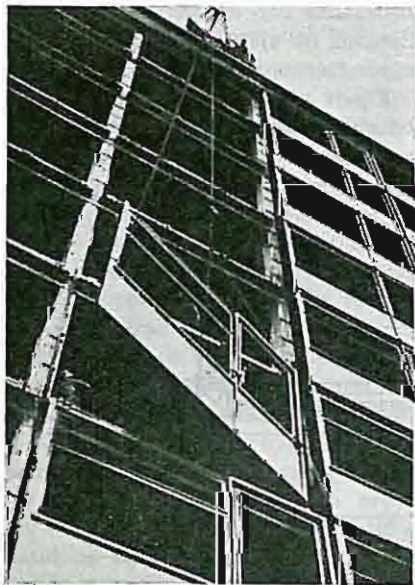


Fig. 8. Montering av curtain-wall.

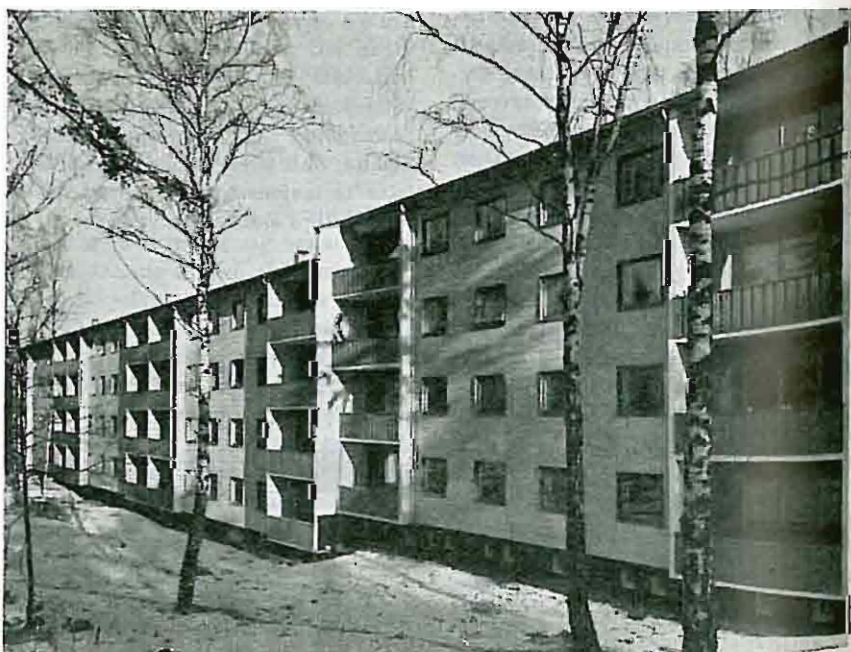


Fig. 11. Boligblokker, Snarøya, arkitekt Klnck.

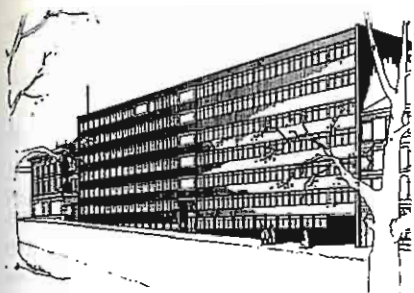


Fig. 12. Utkast til norsk curtain-wall-bygning, arkitekt Hille.

Til slutt noen få ord om de økonomiske aspekter. Det er alltid vanskelig å finne frem til saklige sammenligningsgrunnlag når veggtyper skal stilles opp mot hverandre. Rent generelt kan det vel sies at curtain-wall-systemet dekker både de laveste og de høyeste prisklasser. Det er hevet over tvil at f. eks. en 2" 4" rammeverksvegg med stenull, eternit og gipsplate er en av de aller billigste veggkonstruksjoner i Norge idag. Like sikkert er det at f. eks. Philipsbyggets fasade hører til blant de aller dyreste. Dette bringer atter tanken hen på hvor vi skal sette krefte inn. Den stadige avveining mellom pris og kvalitet, varighet og utseende vil i hvert enkelt tilfelle gi et «curtain-wall»-svar, som da skulle være det adekvate uttrykk for en bestemt bygge-oppgave.

Spesialister ute og hjemme er i full sving med å utforske de lette, ikke-bærende yttervegger. Der er fugeproblemer, og der er nye tetningsmaterialer som forskjellige mastics og neopren. Der er vedlikeholdsproblemer, der er vindtrykkets overføring på det konstruktive skjelett. Det er forenkling, og først og sist: økonomiske løsninger. Vi står foran løsninger med nye plastmaterialer hvor hele elementet kanskje består

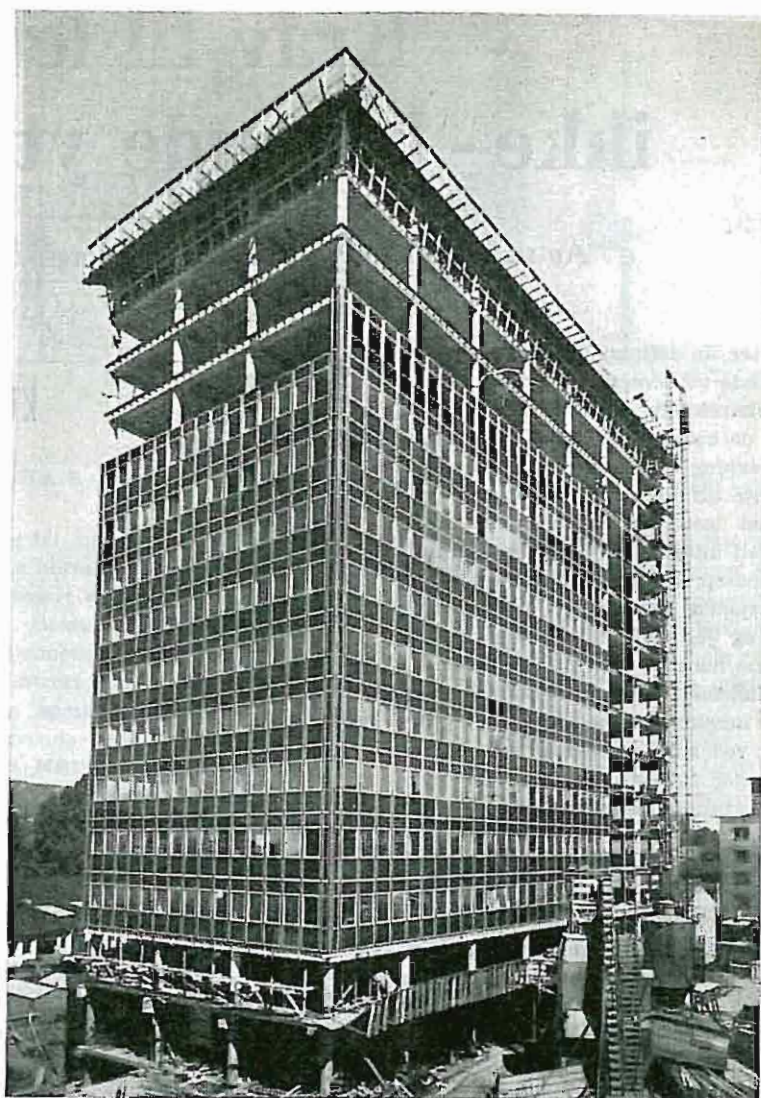


Fig. 13. Philips-bygget, arkitekt F. S. Platou.

av samme materiale, bare med forskjellig hårdhetsgrad og farve (f. eks. elementer av polystyrenplast). Ikke overalt kan vi her i Norge følge med i forskningen; men at alle disse materialer og konstruksjoner prøves i

spesifikt norsk klima, bør vel være selvsagt. Det vil før eller senere danne seg visse grunndrag, retningslinjer etter hvilke byggevirksoheten kan styre i spørsmålet om bruken av lette, ikke-bærende yttervegger.

Krav til lette, ikke - bærende yttervegger

Av sivilingeniør Sven D. Svendsen, Norges byggforskningsinstitutt

Efter sin definisjon skal lette, ikke-bærende yttervegger først og fremst gi tilstrekkelig isolasjon — statisk skal de bare være istand til å klare påkjenningene fra vind og vær, og i enkelte tilfelle være selvbærende.

Som isolasjon har veggen en 5-dobbelt misjon. Den skal isolere mot lyd, damp, kulde, vind og regn. Lyd-isolasjonen holder jeg helt utenfor her, og jeg har heller ikke tenkt å gå noe nærmere inn på problemene i forbindelse med diffusjon. Jeg vil bare innskrenke meg til å si at det også ved slike vegger er selvsagt at man må ta eventuell fare for kondensasjon med i betraktning. I svært mange tilfelle har de lette ytterveggene en meget tett ytterkledning, og det vil derfor som oftest være nødvendig å bruke et godt sperresjikt på innsiden. Har man et slikt sperresjikt, vil kondensasjon sannsynligvis aldri være noe alvorlig problem, særlig hvis de ytre sjikt i veggen er bygget slik at de kan tåle noe fuktighet i enkelte perioder av året.

Det har de siste årene vært drevet meget propaganda for bedre varmeisolasjon i yttervegger, og dette — sammen med de nye og høyverdige isolasjonsmaterialer som etter hvert er kommet på markedet — har ført til at det nå sjelden er noe å si på veggens teoretiske k-verdi. Det er imidlertid nødvendig å komme litt inn på problemet kuldebroer. Det sier seg selv at man i størst mulig utstrekning burde unngå kuldebroer

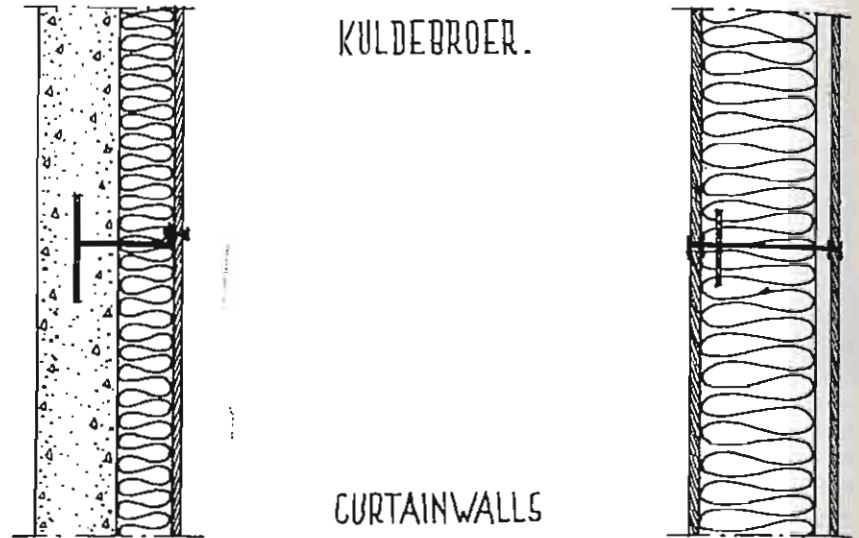


Fig. 2. Eksempler på punkt- og stripeformede kuldebroer.

i en yttervegg, men i enkelte tilfelle kan det være vanskelig.

Fig. 1 viser en av de vanligste formene. Her stikker betongdekket ut foran resten av skjelettkonstruksjonen for å bære den lette ytterveggen. Problemet er velkjent fra de fleste former for betongbygg, og det har vært vanlig å prøve å løse det ved å legge en korkstrimmel et stykke inn over himlingen. En slik løsning er av mange grunner forkastelig. Hensikten er naturligvis at man på den måten skal unngå kondens på de kalde partiene av betongen. Det man oppnår er imidlertid bare å

flytte den kalde sonen lenger inn over himlingen, slik at den kondens- og støvdannelse som gjerne følger med skarpe temperatursprang kommer på et langt mere synlig og ubehagelig sted. Samtidig vil damp i tidens løp diffundere gjennom den åpne korken og kondensere mot betongen. Etter en del år kan derfor korkisolasjonen være ødelagt samtidig som taket har fått en stygg og skjemmende stripe lenger inn.

Løsningen B er derfor langt å foretrekke, både fordi den bare gir en ubetydelig økning i totalt varmetap i forhold til A samtidig som man unngår de fleste av ulempene. Betingelsen er naturligvis at himling og vegg kan tåle å bli noe nedfuktet av og til.

Fig. 2 viser eksempler på punkt- og stripeformede kuldebroer som man ofte kan få i forbindelse med curtain walls. Ved en større teoretisk undersøkelse som nylig er gjort i Danmark, er man kommet frem til visse prinsipper ved utformingen av den slags kuldebroer, som ser ut til å ha meget for seg. Vitsen er at man gjør flaten på kuldebroen så liten som overhodet mulig i den kalde sonen, mens man samtidig øker tverrsnittet nær veggens innerside. I stedet for meget kalde og skarpt avgrensede kuldeflekker får man en mer mode-

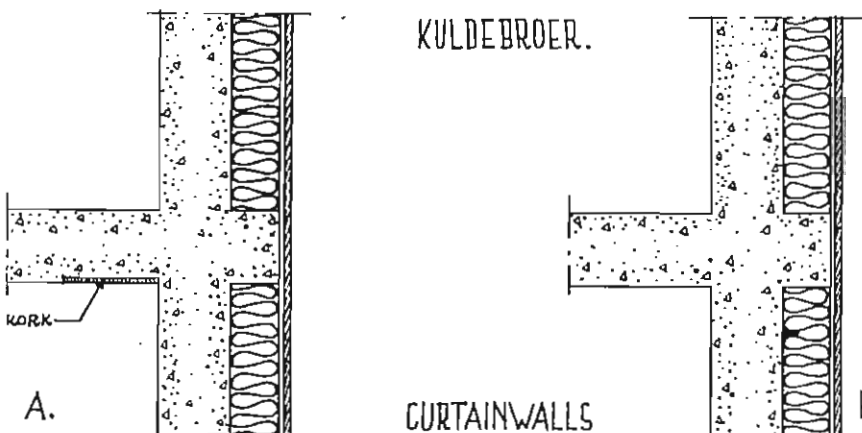


Fig. 1. Kuldebroer ved etasjeskillere.

rat senkning av temperaturen over et større område.

De løsningene som er foreslått i figuren, er en konsekvens av dette:

I *A* er ankeret utformet med en flens eller flate som støpes inn i betongen,

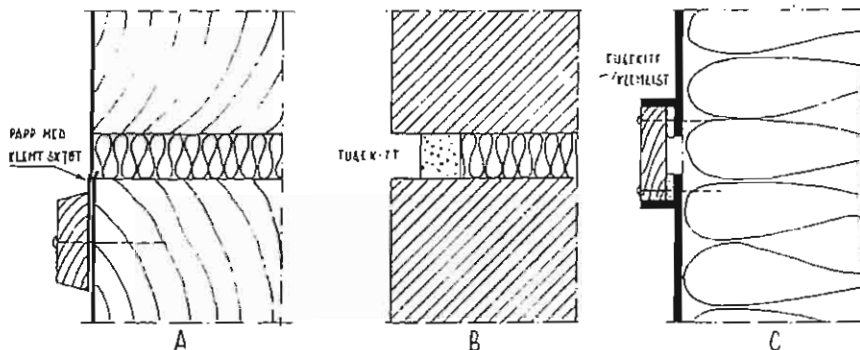
og i *B* er den gjennomgående metall- eller stålstenderen forsynt med en forsterkningsribbe nær innersiden av veggen. Denne ribben vil ha fordelene av den konveksjonen som alltid forekommer i isolasjon av denne typen, og den vil antagelig være særlig effektiv om den svertes slik at strålingsmotstanden nedsettes.

En klimafaktor som vi tidligere har tatt altfor lite hensyn til her i Norge, er *vinden*. Det finnes riktignok detaljerte forskrifter for hvordan en bygning skal beregnes statisk mot selv det kraftigste vindtrykk; men det er først i de senere årene at vi har begynt å bli klar over enkelte andre ubehagelige virkninger av vinden.

Forholdet er jo at svært mange veggtyper, ikke minst blant de lette ikke-bærende ytterveggene, er bygget opp av enkelt-elementer som er fuget sammen. I mange tilfeller er disse elementene av forskjellig materiale. En vegg er aldri helt i ro. I årenes løp vil det alltid være en del bevegelse i den på grunn av termisk ekspansjon og kontraksjon, svinn og svelling, setning i grunnen, og ved plastiske og elastiske deformasjoner i materialene. Ved en vegg som er satt sammen av enkelt-elementer, vil disse små bevegelsene bli tatt opp av fugene som da må være slik konstruert at små forskyvninger kan tåles. All erfaring viser at hvis man prøver å hindre enhver form for bevegelse ved å låse fugene, vil de likevel før eller senere sprekke opp og åpne seg. Det er f. eks. en nesten håpløs oppgave å reparere en mur- og betongvegg som av en eller annen grunn har fått sprekker, og ved utmurt skjelettkonstruksjoner har man, som før nevnt, nesten alltid vanskeligheter ved forbindelsen murverk — betong.

Når vinden står på en bygning, vil det danne seg et overtrykk over luftvart vegg og et undertrykk bak le vegg. Disse overtrykkene øker proporsjonalt med kvadratet av vindhastigheten og vil derfor gjøre seg spesielt gjeldende i et værhardt klima. På Vestlandet regner vi med at overtrykk på 50—70 mm vannsøyle vil kunne forekomme ganske ofte og at det på særlig værliarde steder vil kunne komme helt opp i 150 mm vannsøyle. Overtrykket vil føre til at luft blir presset inn gjennom fuger og andre lekkasjer i veggen. Denne såkalte utilsiktede ventilasjonen vil

FUGELØSNINGER



CURTAIN WALLS

Fig. 3. Fugeløsninger ved *A* trevegg, *B* murvegg og *C* metallvegg.

kunne bli mange ganger så stor som husets normale ventilasjon og vil da bety svært meget for varmetapet fra huset. Dessuten vil luftgjennomgangen gjennom slike fuger gjerne bli konsentrert som trekk og er av den grunn spesielt ubehagelig og helsefarlig.

Ved NBI's laboratorium i Trondheim har vi de siste årene drevet med ganske store undersøkelser av luftgjennomgangen gjennom fuger. Undersøkelsene har særlig vært gjort i forbindelse med vinduer, hvor man jo alltid har problemet med fugen mellom karm og vegg. Resultatene er imidlertid temmelig almenlydige og kan i stor utstrekning overføres til å gjelde praktisk tatt alle typer av fuger.

Det har vist seg at det slett ikke er så enkelt å få en slik fuge noenlunde tett. Bl. a. er de vanlige dyttematerialene — og da spesielt dyttestry — alt annet enn tilfredsstillende. Dytteremser av impregnert stenull er betydelig bedre; men selv dette materialet gir ikke gode nok resultater i slike tilfeller hvor veggen har stort antall av fuger.

I *fig. 3* er det vist noen av de bedre løsningene som vi er kommet frem til, og det er her tatt et eksempel av hver av typene trevegg, murvegg og metallvegg. Det kan selvsagt tenkes en lang rekke kombinasjoner bygget på de samme prinsippene.

A viser en fuge mellom to treprofiler hvor en eller annen form for dytting er brukt. Tetningen mot luftgjennomgang er her løst ved at en gjennomgående papp er trukket over fugen utenpå det papplaget som kommer fra den andre siden. De to papplagene er klemt kraftig sammen ved hjelp av en list over skjøten.

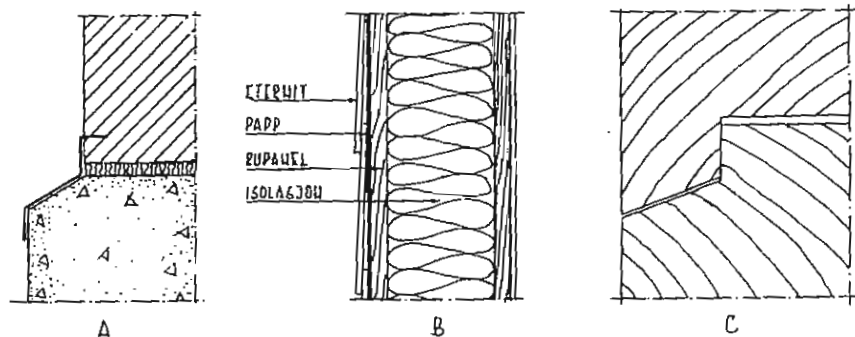
I *B* er det vist en fugeløsning for et eller annet stenmateriale. Også i dette tilfelle er den innerste del av fugen fylt med et dyttemateriale. Rett utenpå dyttingen er det lagt en

kraftig stripe av et fugekitt. Kittet er med vilje anbragt et stykke inne i fugen for å få en viss beskyttelse mot direkte sol og regn. Varigheten av slike fugekitt er i det hele tatt et problem som vi dessverre ennå vet altfor lite om.

Den tredje løsningen (*C*) er en tenkt fuge i en lett curtain wall mellom to metallprofiler. I dette tilfelle er profilet utført med en fals hvor det kan legges inn en dekklist som skrues fast mot to striper fugekitt. I dette tilfelle vil fugekittet ligge meget godt beskyttet.

Vi har også gjort noen undersøkelser i forbindelse med tetningslister av skumplast, skumgummi og bomull. Det er for tidlig å si noe med absolutt sikkerhet om virkningen av slike lister særlig fordi vi enda ikke kjenner varigheten av dem. Det ser imidlertid ut til at de, når de brukes med god klemvirkning og har en korrekt plassering, kan gi en helt utmerket tetning. Forbindelser som metall mot tre og mur, metall mot metall og tre mot tre gir langt dårligere tetningsvirkning, selv om materialene blir klemt aldri så godt.

Det er imidlertid ikke bare når vinden slipper helt gjennom veggen at den kan komme til å snu opp ned på alle teoretiske *k*-verdier. Dersom det er brukt en porøs og åpen isolasjon f. eks. av mineralull, vil kald luft kunne husere inne i og bak isolasjonsmaterialene dersom sjiktene utenpå isolasjonen ikke er tilstrekkelig tette. Selv om veggen har en helt lufttett innvendig kledning, vil disse kalde strømmene som går parallelt med veggens plan, kunne senke temperaturen innenfor isolasjonslagene og øke det virkelige varmegjennomgangstall til det mangedobbelte. Dette er noe som man har god erfaring for fra f. eks. vegger av bindingsverk, og det er ikke tvil om at en slik uheldig nedkjøling også kan finne sted i mange typer av curtain walls.



CURTAIN WALLS

Fig. 4. Kapillærsuging kan forekomme gjennom A sokkelbeslag, B ikke luftet eternitkledning, C spalte mellom karm og vindusramme.

Det riktige prinsippet er derfor at det skal ligge et lufttett lag utenpå isolasjonen for å hindre denne sirkulasjonen av kaldluft. Der hvor dette av praktiske grunner er helt umulig, lar det seg gjøre å bedre forholdene betydelig ved å bygge opp veggen av mindre celler med liten eller ingen forbindelse med hverandre i veggplanet (bikubesystemet). Selv med et slikt system kan man fremdeles ten-

ke seg en viss sirkulasjon av luften gjennom isolasjonen ved den pumpevirkningen som oppstår når vindstyrken skifter. Vi vet dessverre svært lite om denne eventuelle pumpevirkningen; men vi kan sikkert gå ut fra at den i et hvert fall betyr langt mindre for varmetapet enn direkte luftgjennomgang og luftstrømning i isolasjonen parallelt med veggplanet. Et minstekrav ved løs isolasjon av denne typen må imidlertid være at den er dekket med papp på utsiden. Selv om denne pappen ikke kan legges slik at den betyr noe for veggens tetthet, så vil den i alle tilfelle redusere luftstrømningene i isolasjonen.

I denne forbindelse kan det være verdt å nevne at svært mange materialer som trefiberplater, sydde mineralullmatter og panellag i seg selv er temmelig åpne for luftgjennomgang. Asfaltimpregnert papp og uimpregnert sulfittpapp med godt klemte skjøter danner derimot helt fortrinnlige sperresjikt for luftgjennomgang.

Det største problemet og den verste fienden ved alle typer yttervegger i norsk klima er imidlertid slagregnet. Vi har gjennom mange år ved laboratoriet arbeidet ganske meget med slagregnproblemer og synes at vi etterhvert begynner å forstå noen av prinsippene, men det hender fremdeles at vi kan bli narret.

Slagregnet er et forunderlig fenomen. I motsetning til de fleste andre ting i naturen, har det nemlig en tendens til å følge største motstands vei. Eller for å si det på en annen måte: I svært mange tilfeller vil det gå mere slagregn gjennom et utvendig sjikt jo tettere man prøver å gjøre det. Denne egenskapen lar seg forholdsvis enkelt forklare når en begynner å analysere de kreftene som fører til slagregngjennomgang.

Det er vinden som blåser regnet

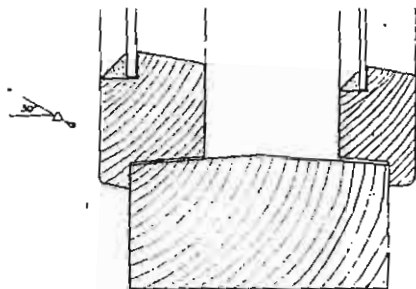
inn mot en vegg og er årsaken til det som vi kaller slagregn. Når regnmengden og vindstyrken kommer over en viss grense, vil vannet danne en mer eller mindre sammenhengende film på ytterveggen. Som vi nettopp har sett, vil vinden samtidig danne et overtrykk over veggen, og dette overtrykket prøver å presse vannfilmen inn gjennom alle åpninger og sprekker i veggflaten. De fleste yttervegger av den lette ikkebærende typen er bygget opp av flere sjikt, og vindens overtrykk vil fordele seg over disse sjiktene proporsjonalt med den tettheten de ulike sjikt har i forhold til hverandre. Gjør man da det ytterste sjiktet så tett som mulig, vil en stor del av det samlede overtrykk stå nettopp over dette sjiktet, og kraften som prøver å presse vannet igjennom, blir særlig stor. Jeg skal litt senere vise noen eksempler på dette.

I tillegg til vindtrykket er det en annen faktor som hjelper til med å drive vannet inn i veggen, nemlig kapillærkraften. Kapillærkraften vokser omvendt proporsjonalt med bredden på den spalten som vannet trenger inn i, og vil ved meget små spalter kunne komme opp i temmelig høye verdier.

Fig. 4 viser noen eksempler på slike utvendige spalter som vannet kan trenge inn i og opp i. A viser et beslag over en fremspringende sokkel, B eternitkledning direkte på rupanel, og C en spalte mellom vinduskarm og -ramme. I alle disse tilfellene vil det kunne bli dannet spalter av kapillar størrelsesorden som fylles når det står en vannfilm over veggen.

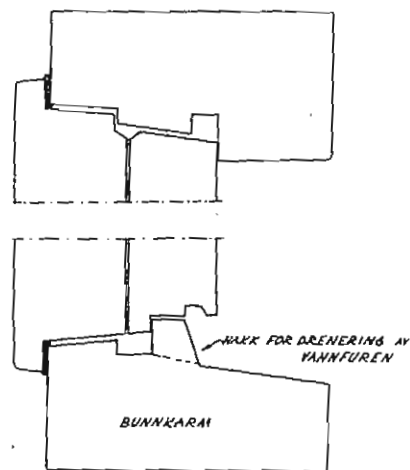
Kapillærsuging alene er ikke så forferdelig farlig fordi vannet alltid vil være bundet av kapillærkreftene og for såvidt ikke kan opptre fritt. Hvis kapillærvirkningen derfor blir brutt et eller annet sted, f. eks. ved overkanten av en eternitshingel, kommer ikke vannet videre. Men oppstår det det minste vindtrykk over et sjikt hvor man har slike spalter, så vil vannet momentant flomme over og trenge videre inn i veggen. Det er dette samspillet mellom vindtrykk og kapillærsuging som er årsaken til at vannet kan komme inn på de utroligste steder i en vegg, og at det f. eks. kan renne ned på baksiden av en kledning av eternitshingels som ligger spikret direkte mot underlaget.

Hvis vi nå går tilbake til figur 3 med fugeløsninger som gir god lufttetthet, skulle det være klart at det her er en sterk motsetning mellom kravene til lufttetting og til vann-



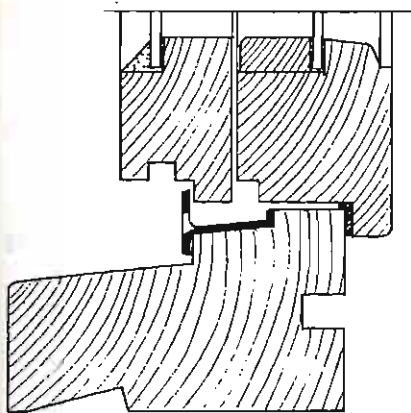
FUGE MELLOM KARM OG RAMME

Fig. 5. Eksempel på fuge mellom karm og ramme. Kapillærsuging kan forekomme.



FUGE MELLOM KARM OG RAMME

Fig. 6. Svensk standardvindu med «vannfelle».



FUGE MELLOM KARM OG RAMME

Fig. 7. Norsk standardvindu med «vannfelle».

tetting. Dette at en fuge som er så og si tett mot luftgjennomgang ofte samtidig er spesielt sårbar mot inn-trengning av slagregn, er et hovedpunkt ved de fleste vegger av den lette ikke-bærende typen. Det er nødvendig å ta konsekvensene av forholdet ved å skille de 2 funksjonene i veggen, eller med andre ord, vannet må stoppes før det kommer til de lufttette sjikt. Dette kan gjøres ved en utvendig kledning, eller ved at det stilles opp en eller annen form for felle for vannet. De luftede kledningene med trykkutjevning er et godt eksempel på dette, og figurene 5—9 viser noen andre eksempler.

De første 3 figurene viser forskjellige løsninger av fugen mellom karm og ramme i vanlige trevinduer. Vinduet på fig. 5 er en variant av typen på fig. 4, og kom heldigvis aldri lenger enn til forsøksstadiet. Under forsøkene strømmet det vann gjennom spaltene mellom bunnkarm og rammer.

Vinduene på fig. 6 og 7, som skriver seg fra henholdsvis Svensk og Norsk Standard, er derimot meget gode løsninger som nettopp bygger på «vannfelle-prinsippet». Begge vindustypene gav under forsøkene meget gode resultater.

Fig. 8 viser tre vanlige fugeløsninger mellom ulike veggmaterialer hvor samvirket mellom kapillærsuging og overtrykk lett vil føre til gjennomslag. Det gjør ikke situasjonen bedre at disse fugene etter hvert vil sprekke opp fordi de to materialene arbeider forskjellig.

I fig. 9 er det antydning hvordan man med enkle midler kan forbedre forholdene meget sterkt. I A og B er det brukt en tre- eller metall-list med et lite, ventilert hulrom mellom list og fuge. Listen har en dobbelt mi-

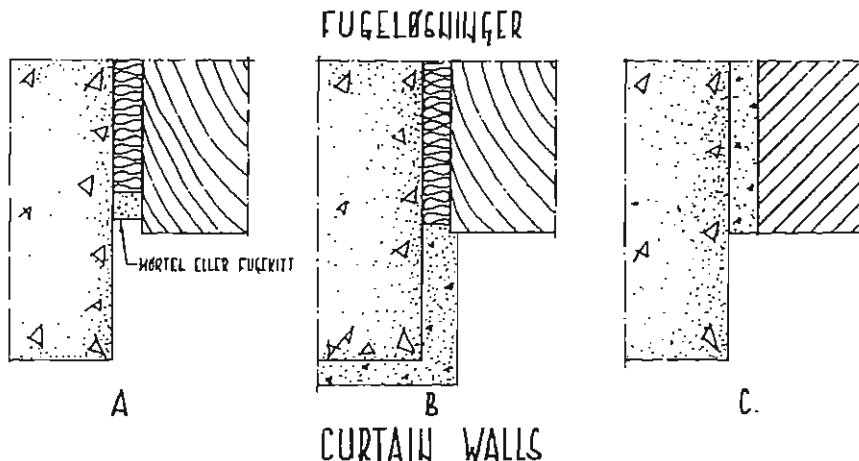


Fig. 8. Fuger mellom ulike veggmaterialer. Fare for kapillærsuging.

sjon: den skal både stoppe slagregnet og beskytte fugedittet bakom mot sterk uttørking og ultrafiolette stråler. På den måten vil den ikke bare hindre vanngjennomslag; men den vil også bidra til at fugen holder seg tettere mot luftgjennomgang. Løsningen C gir muligheter for store relative bevegelser mellom de to materialer uten at det blir noen synlig sprekke. Fugen vil være tett mot slagregn; men løsningen forutsetter at det lufttettende sjiktet og isolasjonen ligger lengre inn i veggen.

Vil man sette slagregnproblemen på spissen, så kan man godt trekke følgende konklusjon:

Dersom vi med alle midler prøver å holde vannet helt ute fra veggen, så vil det uvegerlig trenge seg inn. Sier vi derimot til oss selv; all right, vannet vil trenge gjennom det ytterste sjiktet, la oss være forberedt på det og ta vare på det der det kommer — vel, da trenger vannet overhodet ikke inn i veggen! Dette holder naturligvis ikke stikk i alle tilfelle; men man kan finne mange eksempler på at dette er riktig, f. eks. i ikke-drenert kontra drenert hulmur.

Det er enda et forhold i forbindelse med slagregn som bør nevnes. I enkelte tilfelle kan det forekomme at en

vegg som teoretisk sett er helt korrekt bygget opp, plutselig forandrer karakter når den en stund har vært utsatt for vær og vind. Årsaken til dette er at slagregnet, som før nevnt, etter hvert vil danne en film på veggen. Ved store regnmengder kan denne filmen bli ganske tykk, og det kan da forekomme at den tetter eventuelle luftåpninger i den ytre kledning og dermed endrer trykkforholdene over veggen. Hvis ventilasjonsåpningene er store nok, eller hvis de ligger beskyttet, er man sikret mot slike ubehagelige overraskelser.

Disse betraktningene har alle sammen vært av en mer eller mindre generell art. Det kan derfor ha sin interesse nå til slutt å se litt nærmere på et par virkelige vegger av den lette, ikke-bærende sorten. Begge typene har vært undersøkt i NBI's laboratorium, og i begge tilfelle har vi ved våre forslag til endringer forsøkt å tillempe nettopp de prinsippene som er nevnt tidligere, til den spesielle veggkonstruksjonen slik den forelå.

Den første veggen som er vist i system på figur 10, er for tiden under oppførelse i Trondheim. Veggen er en ren curtain wall av en relativt

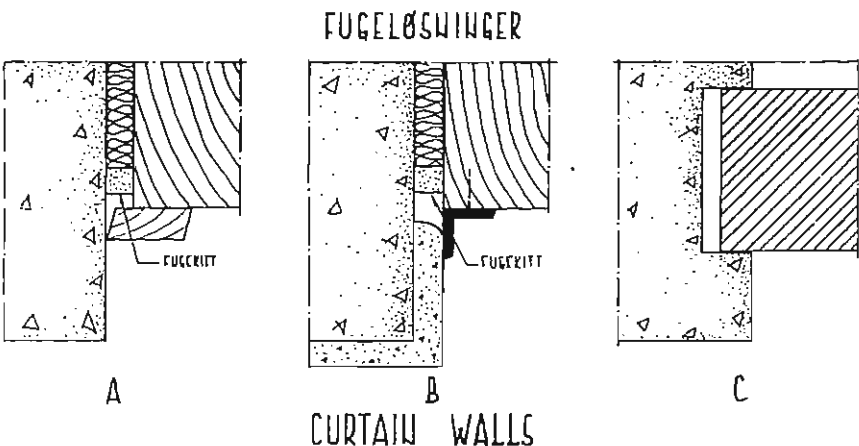


Fig. 9. Forbedrete fuger mellom ulike veggmaterialer.

LECA-BETONG
3 CM KORK
DYTTING
10 CM UTKRAGET DEKKE
TOPPKARM
1,5 CM FINPUSG
FORKANT BESLAG

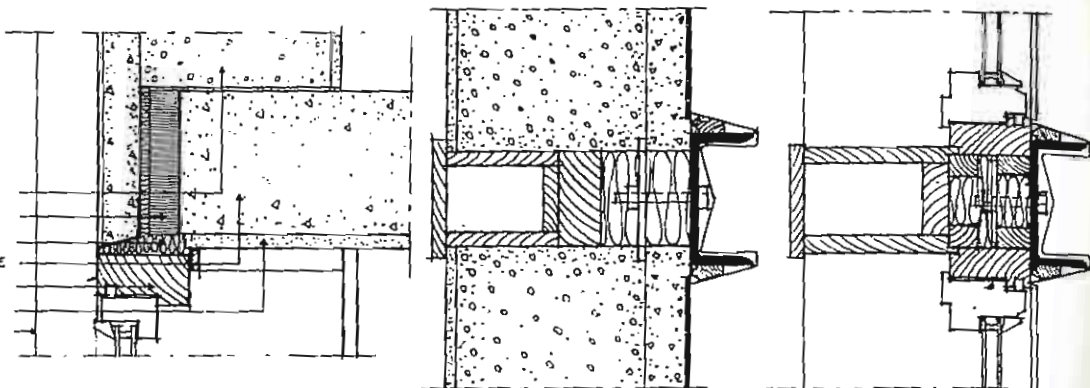


Fig. 10. Curtain-wall fra Trondheim. Til venstre snitt gjennom vindu og vegg, i midten fuger mellom to elementer og til høyre horisontalsnitt gjennom vindustilslutning.

tung type, og elementene som strekker seg fra overkant av et vindu til underkant av neste vindu, støpes i én operasjon. De består utenfra og inn av keramiske mosalkkfliser, 4 cm betong, 15 cm Leca og innvendig puss. Elementene henges opp på dekkene og bindes sammen med kraftige, gjennomgående kanalstål i hele bygningens høyde. *Figur 11* viser en detalj av denne vertikalskjøten slik den var utformet av arkitektene. Som det vil fremgå av skissen, er kanalstålet beskyttet utvendig med et beslag av rustfritt stål, og dette beslaget er utformet slik at det dannes en utmerket vannfelle på begge sider. Lufttetningen er tatt vare på ved pappstrimler lagt mellom kanalstålet og elementenes ytterflater og kan suppleres med en beskyttet stripe av fugekitt.

Disse elementene ble av oss bare prøvet mot slagregn, og det viste seg at vertikalfugene som ventet var helt tette. Derimot fikk vi til en begynnelse nokså meget vann inn gjennom de horisontale skjøter. For å unngå dette, ble det foreslått å gjennomføre en del forbedringer som er vist i detalj på *figur 12*. Beslaget over vinduet ble gitt en oppbrett som feltet hviler i, og alle hjørner i beslaget ble dessuten forsynt med fugekitt. Nedre kant av beslaget ble brettet ut fra vinduskarmen, og det ble dessuten lagt en kittfuge mellom karm og beslag. Ved det nedre beslaget ble også underkanten trukket ut fra veggplanet, og sagskåret i underkarmen ble fylt med fugekitt før beslaget ble stukket inn. På den måten lyktes det å forhindre en kombinasjon av kapillærsuging og overtrykk, og elementet viste seg ved senere prøver å være helt tett.

Vi har også foretatt meget omfattende forsøk av veggelementene for A/S Forretningsbygg, og i dette tilfelle ble både luft- og vanngjennomgang undersøkt (*figur 13*).

Slagregnsforsøkene gav svært posi-

tive resultater. Det viste seg at de glassplatene som dekker elementene på utsiden er så åpne at det ikke oppstår noe overtrykk over dem. Vann som tross alt trenger gjennom denne ytre barrieren, vil renne ned langs innsiden av glasset og ut gjennom de sporene som er laget i bunnkarmen på det utvendige aluminiumsprofilen. Ved å ha mange nok av slike spor, kan denne vegg gjøres helt sikker mot slagregn.

Ved forsøkene med luftgjennomgang var resultatene imidlertid temmelig nedslående. Luft trengte tvers gjennom vegg i store mengder og på de utroligste steder. Særlig sterk var luftgjennomgangen gjennom fugen mellom møbelplate og aluminium både i hovedfeltene og i skjøtefeltene. Selv ved moderate overtrykk var luftstrømmen sterk nok til å slukke en tent fyrstikk som ble holdt på innsiden av denne fugen. Dette

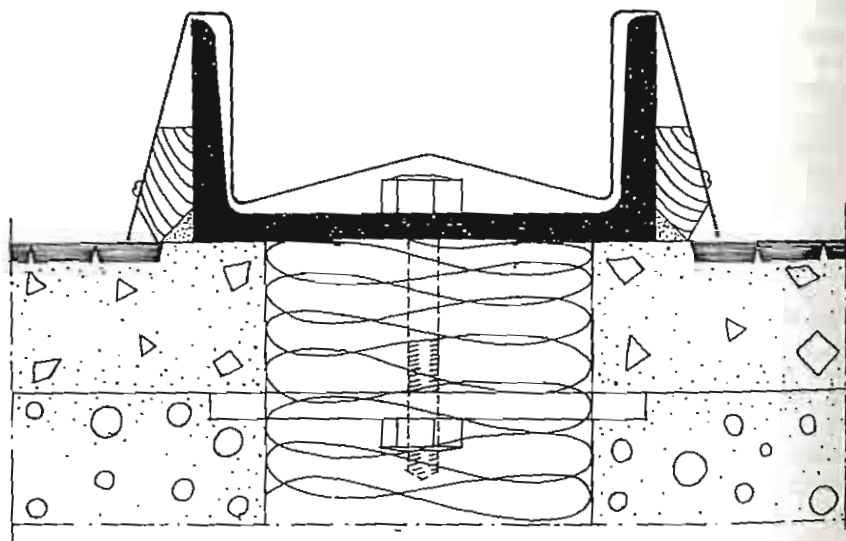


Fig. 11. Detalj av vertikalfuge med kanalstål for feste av elementene.

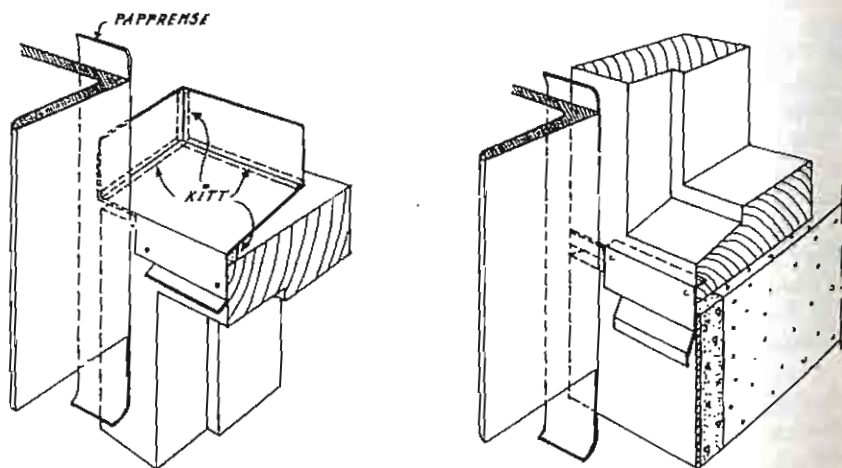


Fig. 12. Utforming av beslag over vinduet til venstre, og under vinduet til høyre.

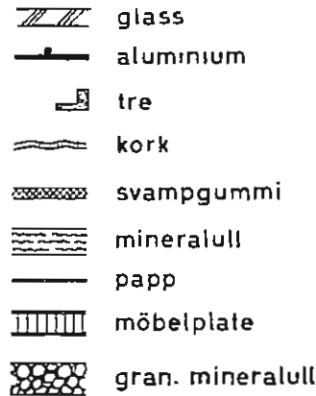
er jo helt i tråd med hva som tidligere er sagt om lufttetting av fuger — metall klemt mot tre kan ikke gi gode resultater selv om klemvirkningen er aldri så kraftig.

De mulighetene som forelå til å forbedre denne veggen, var dessverre meget begrenset. Produksjonen var nemlig i full gang da laboratoriet fikk oppdraget, og en rekke elementer var allerede levert. Det var f. eks. ikke lenger noen ehanse for å få lagt et lufttett sperresjikt *utenpå* isolasjonen hvor det egentlig skulle være. Dette var dobbelt ergerlig fordi det på profilene finnes utmerkede anlegg for et slikt sjikt på 3 av elementets 4 sider, og det ville neppe ha kostet

noe ekstra å lage et tilsvarende anlegg på den fjerde siden.

Slik saken lå an, måtte det brukes en nødlosning: Å legge sperresjiktet i elementenes innerflate ved å tette alle skjøter mellom møbelplate og al-profil så godt som mulig. Ved brystningsfeltene ble det foreslått å legge en tynn stripe fugekitt i bunnen av det sporet som møbelplatene står i. Denne tetningen måtte nødvendigvis foregå på fabrikkken hvor elementene ble laget. Skjøtefeltene skulle derimot monteres på byggeplassen, og det ble foreslått en løsning som i prinsippet svarer til *fig. 13c*.

Resultatene fra forsøkene med for-



bedrete felter var meget lovende; men det er jo klart at varigheten av denne løsningen står og faller med at fugekittet beholder sin plastisitet.

Ved en veggkonstruksjon som denne, vil det sikkert bli ganske store termiske bevegelser mellom aluminium og tre, og disse bevegelsene må fugekittet kunne ta opp uten å sprekke. Det er en stor fordel at kittet ved såvel brystningsfelt som skjøtefelt vil ligge ganske godt beskyttet.

For å minske luftsirkulasjonen inne i stenullen, ble det anbefalt å tette samtlige hull og åpninger i aluminiumsrammene, slik at hvert element danner en helt lukket enhet. For å nedsette pumpevirkningen ble det dessuten foreslått å legge en papp mellom glassplate og isolasjon.

De prinsipper som i det foregående er stillet opp for lette ikke-bærende yttervegger, er alle sammen forholdsvis enkle. De skulle også kunne la seg gjennomføre i mange forskjellige variasjoner, slik at de kan tilpasses nesten hvilken som helst konstruksjon av denne typen. Det er imidlertid nødvendig å ta hensyn til isolasjonsproblemene i sin fulle bredde allerede på planleggingsstadiet, og da spesielt trekke inn de klimaforholdene som man har på byggestedet.

Curtain walls og andre lette yttervegger gir teknisk gode og arkitektonisk smidige løsninger, og de har utvilsomt fremtiden for seg. Det vil derfor være synd om mangel på oversikt og dårlig kjennskap til de fundamentale problemer skal bringe dem i vanry.

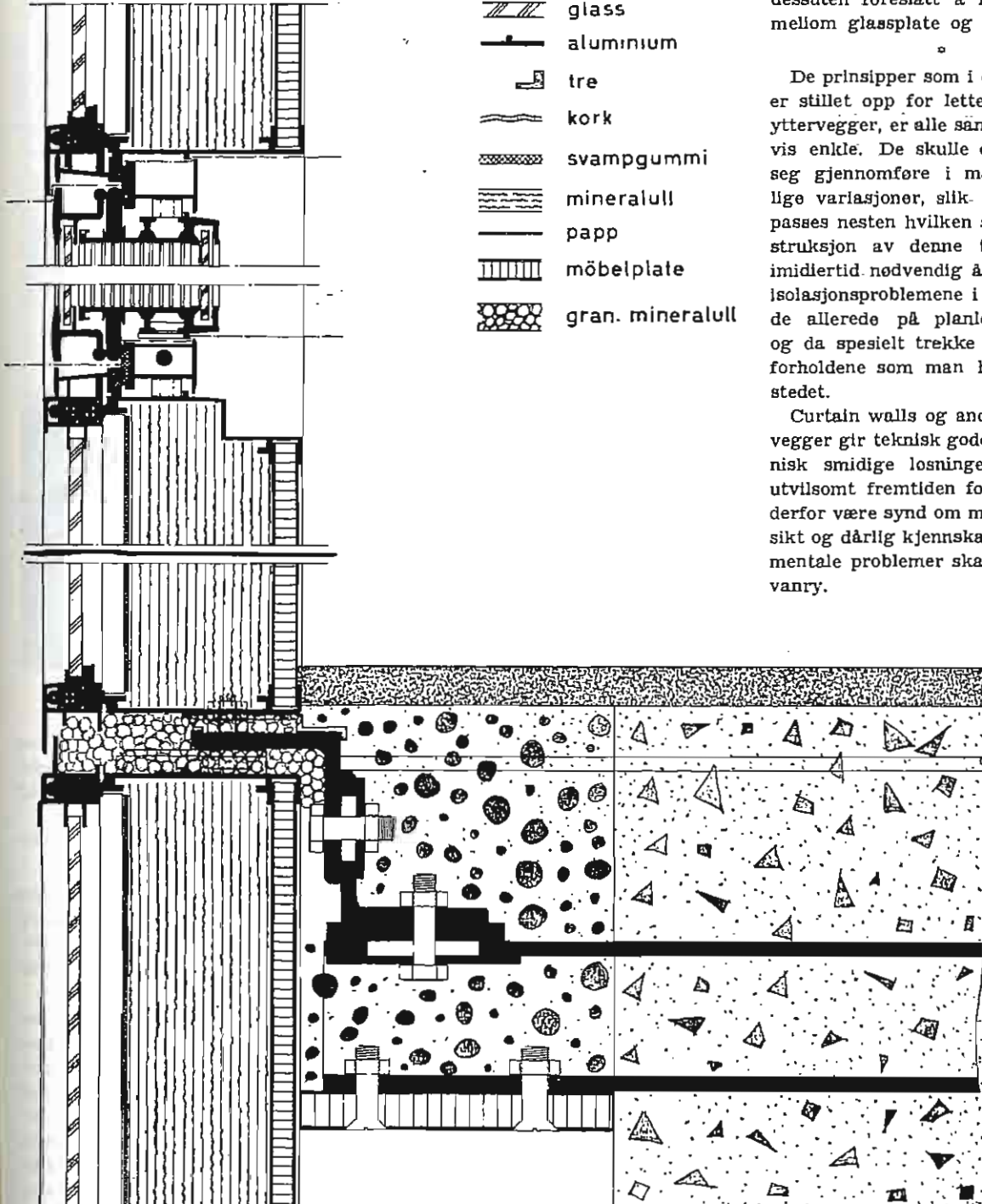


Fig. 13. Snitt gjennom elementer levert til A/S Forretningsbygg.

A/S Forretningsbygg

15-etasjes kontorbygg med «Curtain Walls», Sørkedalsveien 6, Oslo

Av arkitekt Kjell Grønn, F. S. Platou

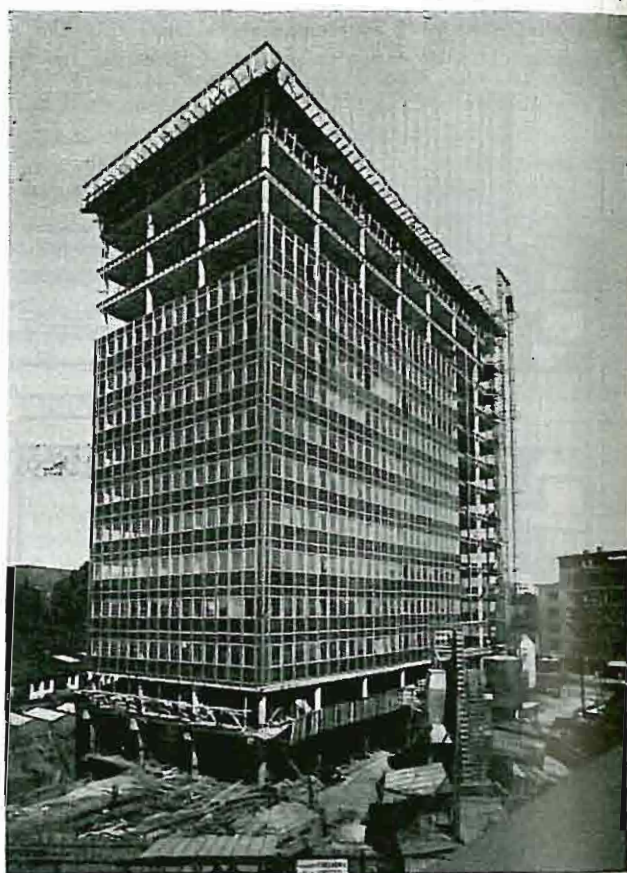
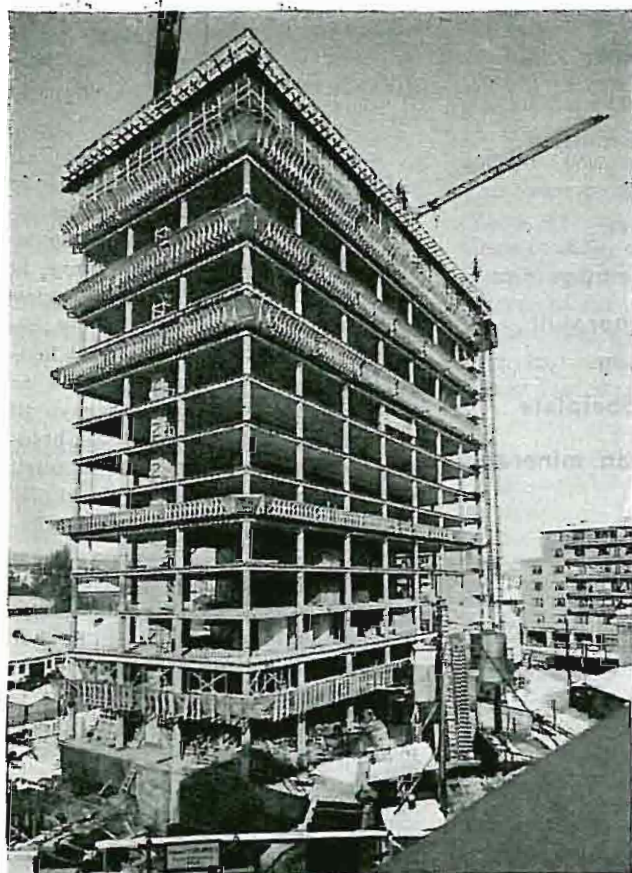


Fig. 1. A/S Forretningsbygg under oppførelse.

Sørkedalsveien 6, Oslo, grenser til 3 gater: Sørkedalsveien mot nord, Essendropsgate mot øst og Fridtjof Nansens vei mot syd. Sørkedalsveien skal utvides til nesten dobbelt bredde; Essendropsgate blir ført frem til Sørkedalsveien; og Fridtjof Nansens vei skal også utvides.

Kinopaleet skal rives, og det området som blir igjen når Essendropsgate er ført igjennom, skal legges ut til offentlig plass.

Mot vest grenser tomten til en større eiendom hvor det skal føres opp et bilhus, med verksteder, garasjer o. l. (Majorstuens Bilsentral, arkitekt Ragnar Nielsen).

Den fastsatte regulering for begge tomtene er en 1-etasjes lavblokk som dekker tomtens areal. Oppå lavblokken er det i Sørkedalsveien 6,

mot Essendropsgate, en 14-etasjes høyblokk, og lengst vest på nabotomten en lang 6-etasjes blokk. Mellom disse blokkene føres lavblokken opp i 2 etasjer, i ca. 10 m bredde mot Sørkedalsveien. Reguleringen gir plass for beplantninger rundt bygget.

Etasjene.

Sørkedalsveien 6 har en kjelleretasje som på to sider er bygget noe ut under gatene. Kjelleren inneholder garasje plass for 42 biler, tilfluktsrom, fyrhus og andre tekniske rom for bygget, og en transformatorstasjon.

1. etasje inneholder hovedinngang med vestibyle, endel verkstedlokaler, butikk- og lagerlokaler.

På lavblokken mot Sørkedalsveien

er det en vaktmesterleilighet. Resten av taket over lavblokken blir gårds plass med oppkjørsel for parkering av 25 biler.

Fra og med 2. til og med 15. etasje er rene kontoretasjer.

Kontor-areal i 15. etasje blir noe redusert da både heismaskinrom og rom for ventilasjonsautomatikk finnes der. Ingen form for takoppbygg for dette ble tillatt.

Den normale kontor-etasjeplan består av en kjerne, normalt med korridorer mellom kjernen og kontorarealene (fig. 2). Kontor-areal kan føres helt frem til kjernen hvis det er behov for større kontordybde. Kjernen inneholder vertikale ventilasjonskanaler, 6 heiser, hovedtrapp, biltrapp, felles toalettrom, tavlerom, stigeledningssjakter, pipestokk og et

areal som efter behov innredes som garderobe, arkiv, spesialtoaletter o. l.

Høyblokken er fundamentert til fjell ca. 47 m ned under gatenivå. Lavblokken hviler på søiler (fig. 2).

Kjernevegger, søyler langs yttervegger og dekkene er utført i armert betong. Søylene langs ytterveggene står fritt innenfor fasaden.

Yttervegger.

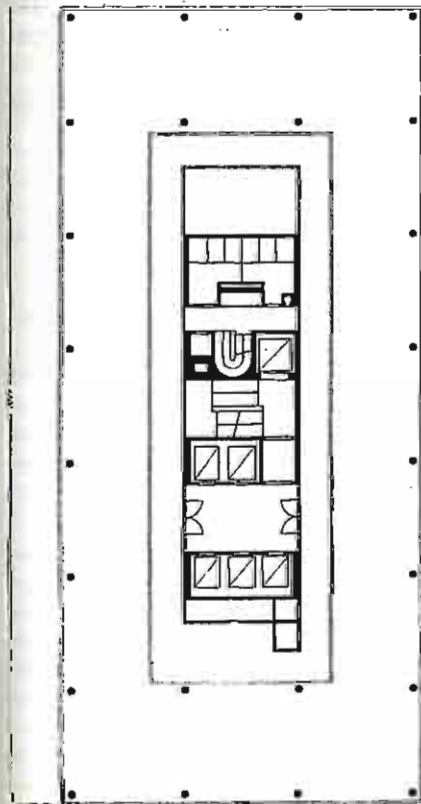
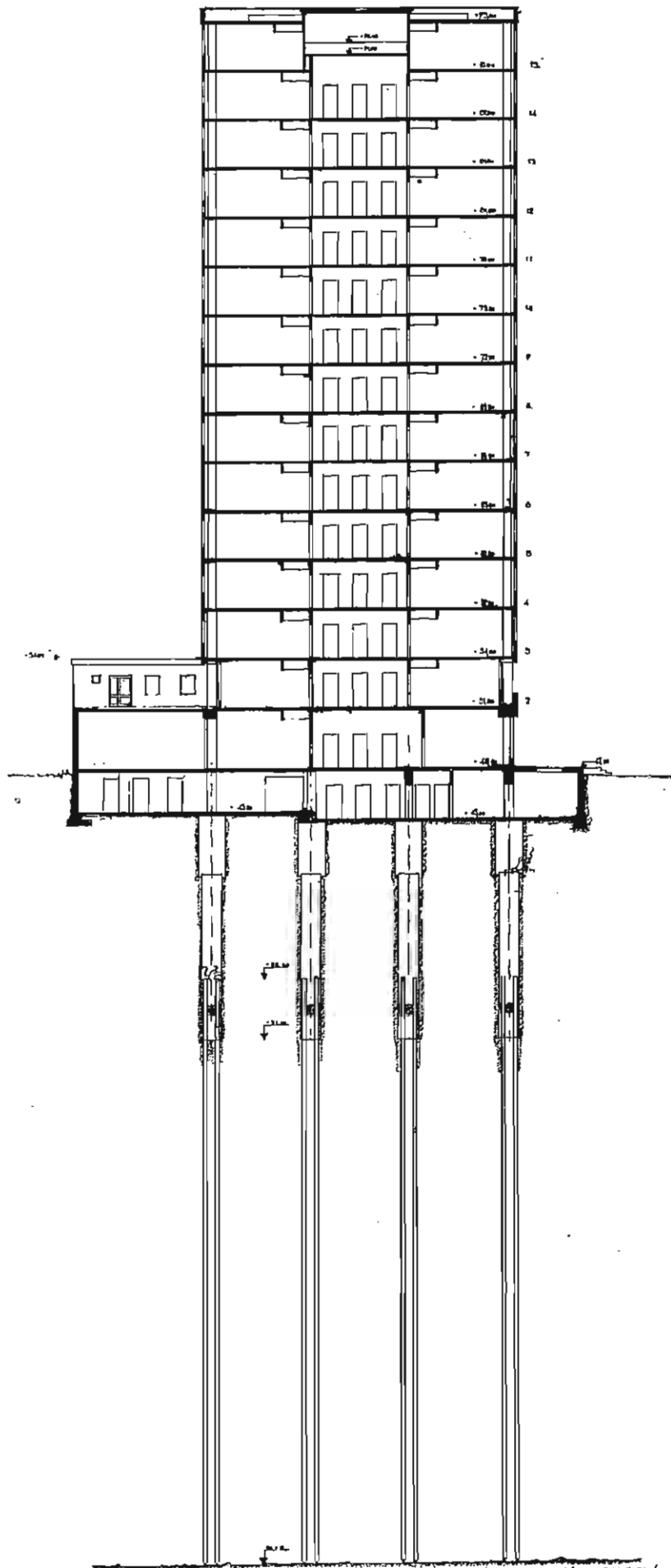
Ytterveggene er en «ren» curtain wall konstruksjon (fig. 3).

Metoden er utarbeidet og patentert av det svenske firma AB Eluminperspektiv, Malmö (byggmester Sigfried Persson), men produsert av Bergensfirmaet T. Kjelstrup Olsen, med visse endringer og tillempninger.

Monteringsmåten til bygget ble spesielt forbedret. Ytterveggen bygges opp av elementer dimensjonert i bredden etter «kontoraksen» som er valgt til 1,2 m og høyden etter etasjehøyden som er 3,0 m o.k. gulv. Hvert element har et vindu og tette isolerte felt over og under vinduet. Elementet er laget som en rammekonstruksjon av aluminiumsprofiler. (Alle profiler er trukket og levert av Burmabright Ltd., England. Legeringen betegnes 055 (0,5 % silisium — 0,5 % magnesium.))

For å hindre at rammen danner en gjennomgående kuldebro, er rammeverket laget av en ytre og en indre

Fig. 2. Snitt og plan av høyblokken.



GØRKEDALSVEI 6
 SMTT.
 SAK 1480
 15. PLATTU
 1948. 11. 20
 SAK 1480 B/C

profil, som er valset sammen med et korkmellomlegg.

De tette felt over og under vinduet er inn mot rommet lukket med en 12 mm sperreplate lagt i not i rammen med et varig plastisk kitt. (Secomastic). Platen er på ytersiden påklebet diffusjonstett reflekspapp (Alukraft) med den blanke siden ut.

Derefter kommer en 10 cm hel stenullmatte som spenner ut til alle sider. Utenpå denne kommer en sulfatpapp, som holdes på plass av 3 stk. vertikale (løse) aluminiumsvinkelprofiler. Ytterst i fasaden er satt inn et herdet glass med inn-

brent farve (Pan-O-Glas, Sobelever, Belgia.)

Glasset står på to klosser i en not i underkant. Det settes inn ved å føres opp i en not i overkant som har overhøyde. Langs sidene går en U-format fjærende aluminiumsprofil, som skyves inn i en not i rammen og klamrer rundt glasset. Om nødvendig kan glasset skiftes gjennom vindusåpningen. Noten i bunnen har dreneringsåpninger ut.

Vindusrammen er koblet, horisontalhengslet og også laget av aluminiumsprofiler. Ytre og indre ramme er isolert fra hverandre for ikke å danne kuldebro. Anslag mot karm er

isolert med utskiftbare skumplastlister.

Vinduet er svingbart i 180° og kan adskilles og pusses innvendig fra. Lukkemekanismen er to espangoletter i underkant. Håndtaket lenker rammen til karm i normal åpen luftstilling. Fasade-elementene kommer fullt ferdige til byggeplassen. Glasset settes inn umiddelbart før montasjen. Vindusrammene kommer med glasset innsatt.

Veggmontasjen.

I forkant av dekkene er det stukket ut kanalstål med 60 cm avstand. På disse ble det langs fasaden lagt en vinkelstålskinne, som ble justert i lodd og i veggens plan. Til denne ble skrudd en ny vinkelskinne med den horisontale flens øverst. Denne ble justert til riktig kotehøyde uavhengig av nøyaktigheten av dekkets beliggenhet. Kanalstål og skinner ble tilslutt punktsveiset sammen.

Elementene står på en «labbe» i hvert hjørne som klamrer rundt montasjeskinnen og ble plasert etter midtmerker på element og skinner. Gjennom skinne og «labbe» går en bolt med mutter i avlange hull. På hver side i toppen av elementet går en aluminiumsvinkel i «sleideføring». Denne føres opp under montasjeskinnen og festes med en gjennomgående bolt med mutter. «Labbene» for overliggende element settes ned på de samme bolter. Det isoleres mellom stål og aluminium med isolasjonsbånd (Isocrom) og skiver av plast.

Underkant element overlapper overkant element med sin profilering. Det legges strimler av stenull på toppen

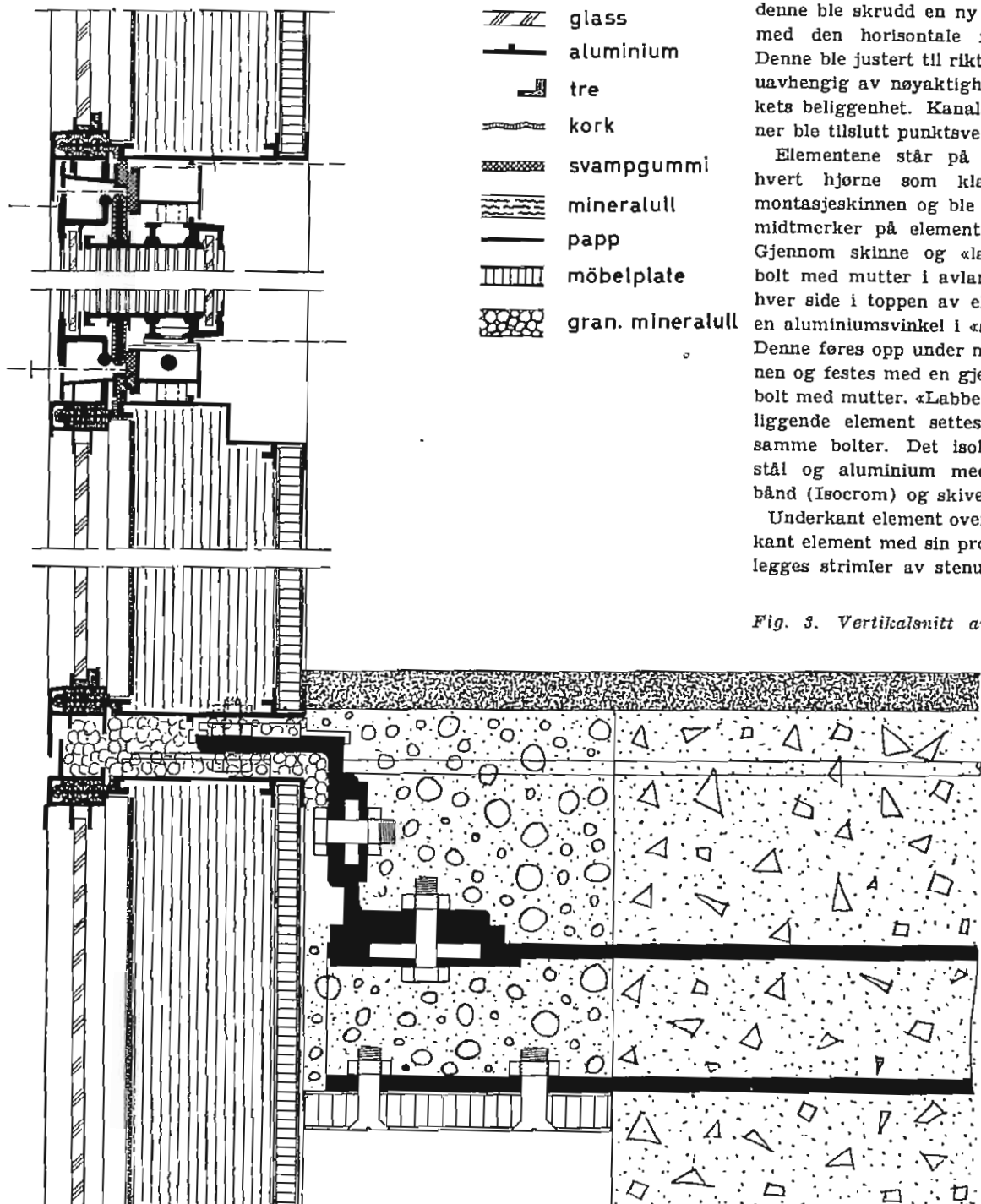


Fig. 3. Vertikalsnitt av yttervegg.

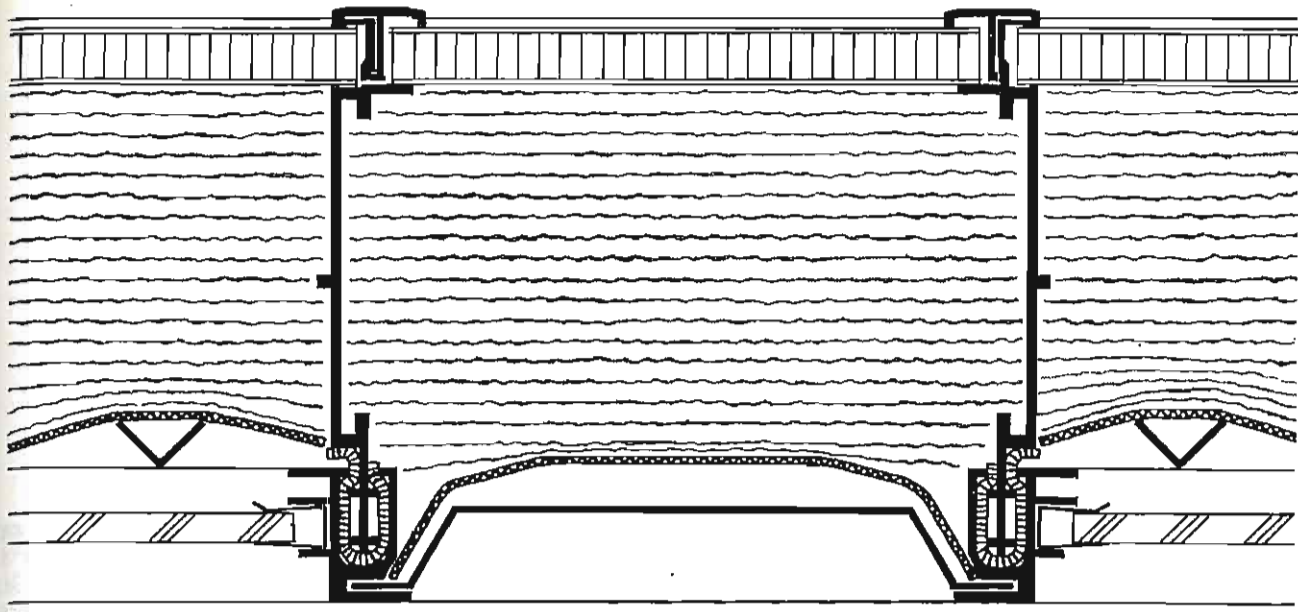


Fig. 4. Horisontalsnitt av skjøtefelt. Tegnforklaring se fig. 3.

av elementene før neste element settes på plass. Det dyttes etterpå mellom montasjeskinne og underkant element.

Mellom elementene på hver side er det et 12 cm tett mellomstykke (fig. 4). Dette «skjøtefelt» består ytterst av en profilert, emaljert aluminiumsplate som skyves ned i noter i siden på elementrammen. (Emaljeringen er utført av A/S Teknoglass, Moss.) Noten er så dyp at den gir toleranse for nøyaktigheten av elementenes breddemål og montasjens nøyaktighet. Platene overlapper hverandre i hvert etasjeskille. Innenfor aluminiumsplatene legges sulfatpapp, deretter stenullmatter, og innerst mot rommet en sperreplate som i elementet. Denne settes på med en aluminiumslist som «kneppes» til elementet. Også her legges platen i plastisk kitt.

Utstøping av dekkene.

Åpningen mellom dekkforkant (randdrager) og yttervegg ble støpt ut med Leca-betong, etter at det under kanalstålene var skrudd opp en sperreplate. Gulvpussen føres deretter frem til yttervegg.

Ledningsføring til radiatorene og for sterkstrøm, calling og telefon føres i en kanal på innsiden av vegg langs gulv. Kanalen deles med skiller av stenull for hvert skjøtefelt, og topp og front lukkes med en sponplate. Innsiden av elementene (sperreplatene) og ledningskassen skal derefter malerbehandles, og ytterveggen er helt ferdig.

Kontoroppdeling og delevegger.

Vegger rundt normale kontorer og langs korridor settes opp etter at tak er sparklet og malt, yttervegger malt og gulvbelegget lagt. En kontorakse er 1,2 m bred og 4,6 m dyp (til korridorvegg). Minimum kontorstørrelse er 2 akser. Veggene består av stenderer som stemples mellom tak og gulv med skrubbolter. Mellom stenderne settes inn dørfelt, tette felt, glassfelt etter behov. Veggfeltene er 90 cm for tverrvegger og 1,2 m, som yttervegg, for korridorvegger. Tette veggflater er kledd med vinylduk, og alt synlig treverk er edeltre (Mahogni eller Irokko.) All overflatebehandling av veggene er ferdig utført på fabrikk. (Veggene leveres av Trestandard A/S og A/S Trefoss.)

Varmer og ventilasjon.

Oppvarming skjer ved et normalt sentralvarme-anlegg (varmtvann). Det er en radiator for hvert vegg-element. Den øverste del av korridorveggen er en støpt «skjermvegg». Korridoren er nedforet, og herover går frisklufts- og avtrekkskanaler som føres gjennom skjermen til en spalteventil. Annen hver akse har friskluft eller avtrekk. Friskluften tas inn i 15. etasje og renses og varmes.

Høyblokken har automatisk brannvarslingsanlegg (thermokontakter). Lavblokken og kjeller har sprinkleranlegg i verksteder og garasjer.

Heiser.

Bygget har 5 personheiser (å 10

personer) og 1 vare- og personheis. Alle har elektronisk styring. I grupper på 3 og 2 er personheisene samarbeidende (Omnibusheis).

Personheisene har automatiske tette skyvedører i sjakt og stol. Hastigheten er 2 m/sek. (Leverandør er det sveitsiske firma Schlieren v/ Jonas Myhre A/S.)

Byggherre og konsulenter.

Bygget utføres for A/S Forretningsbygg. 13 av etasjene disponeres av Norsk A/S Philips, A/S Norsk Jernverk og A/S Årdal og Sunndal Verk.

Arkitekt: F. S. Platou.

Bygn.tekn. konsulent: Ing. S. Lund og A. Aass.

Varmer- og sanitærkonsulent: Ing. Erichsen & Horgen.

Elektroteknisk konsulent: Ingeniør Fridtjof Lundh.

Hovedentreprenør: Ing. F. Selmer A/S.

Varmer og sanitær: Sunde & Co. Rørleggerbedrift A/S.

Ventilasjon: Randem & Hübner.

Elektriske installasjoner: Elektrisk Bureau A/S.

Ytterveggs-elementer: T. Kjelstrup Olsen, Bergen.

Innerveggs-elementer: Trestandard A/S og A/S Trefoss.

Gulvbelegg: Eggers & Platou A/S.

Malerarbeide: Malermester K. Gromholt.

Diskusjon i forbindelse med lette, ikke - bærende yttervegger

Murmester Aasland: Hvordan stiller det seg med prisen og k-verdien for ytterveggene i Phillips-bygget?

Arkitekt Grønn: Vi vet hva vi betaler for veggen hos produsenten; men det er vanskelig å si noe om montasjeutgiftene, og vi kan derfor ikke godt gi noe tall idag. Montasjeutgiftene er antagelig større enn man opprinnelig hadde regnet med. Når det gjelder k-verdien, er denne regnet til 0,35; men i praksis er den nok meget dårligere, fordi denne korkisolasjonen som bryter det gjennomgående metallet, i praksis ikke er så effektivt.

Direktør Birkeland: Det kan være mange beveggrunner for å bruke slike curtain-walls. En ting som er viktig for oss, er prisen på isolasjonsmaterialer. Det er opplagt at disse billige isolasjonsmaterialene er så billige som isolasjon betraktet at typer av curtain-walls hvor man bare har en beskyttelse av isolasjon utvendig og innvendig, er en meget aktuell vegg. De billige typer av disse vegger blir derfor aktuelle for boligbygg. Arkitekt Hille nevnte at disse veggene ble meget billige, uten å nevne priser. Vi vet jo fra boligbygg at man i de relativt primitive vegger bygget på et rammeverk av tre, har kunnet lage vegger som konkurrerer med alle andre veggtyper. Tekn. dr. Johnson nevnte de lette yttervegger han hadde brukt, og nevnte for meg at disse vegger var ca. kr. 10,— pr. m² billigere enn alle andre vegger som kunne fremstilles i Sverige. Disse veggene som bygges på billige kledningsmaterialer og billige isolasjonsmaterialer, blir en type av slike vegger. Kommer vi over til slike vegger som arkitekt Grønn har snakket om her, så kommer vi over til en helt annen prisklasse.

Forholdet er vel det at vi, når det gjelder disse billige veggene, beveger oss i området 60—70 kroner pr. m²

mens for disse dyre veggene kommer vi opp i atskillige hundre kroner pr. m². Jeg vil gjerne spørre arkitekt Hille og arkitekt Grønn om ikke dette er riktig størrelsesorden.

Så var det et spørsmål til arkitekt Grønn: Alle disse elementene er jo stablet opp på hverandre helt til værs og festet til disse metallskinnene, og der blir det jo spørsmål om hvordan det går med varmeutvidelsen av metallet over hele denne fasaden. Der oppstår vel visse deformasjoner, og i hvilken utstrekning har man tatt hensyn til dette?

Arkitekt Grønn: Jeg tror ikke man direkte kan sammenligne priser på tradisjonelle vegger og curtain-walls. Vekten av veggen gjør jo at de øvrige dimensjoner kan gjøres mindre, og dette kan få konsekvenser helt ned til fundamentene. Videre får man utvendig en fullt ferdig vedlikeholdsfri vegg; og byggetiden bør kunne reduseres, selv om vi i dette tilfelle kanskje ikke har spart så mye der. Dessuten spares stillaser. En prissammenligning må derfor ses i sammenheng med plassbesparelser, konstruksjoner, og de ting som er nevnt ovenfor.

Når det gjelder varmeutvidelsen, så står jo elementene på en fot på hver skinne, og overkantbefestigelsen er bevegelig, idet vinkelen som holder elementet på plass, glir opp og ned i dette. Elementet har altså utvidelsesmuligheter i høyden. I bredden har vi dette skjøtefeltet hvor det er litt å gå på. Vinduet har en klarings på 3 mm før det kommer i knipe. Å si noe om dette før man har sett det i praksis, er vanskelig.

Arkitekt Hille: Når man snakker om en pris på en 60—70 kroner for en vanlig vegg, bør man vel huske på at de priser som har vært nevnt i forbindelse med Phillips-bygget, gjelder for ferdig vegg inkludert vindu. Prisen som har vært nevnt, fra 400—

700 kroner, gjelder da ferdig vegg inklusive vindu og montering. For å nevne et eksempel jeg holder på med, en konvensjonell curtain-wall, så ligger prisen pr. m² for et ferdig forretningsbygg i Oslo idag på kr. 151,— pr. m², og det er meg bekjent ganske billig. Dette skyldes i vesentlig grad ytterveggskonstruksjonen, idet stammen forøvrig er av betong og tradisjonell. Da kan man si at om jeg i denne 50 kr.-veggen setter inn et vindu til 500—600 kr./m², så blir også den veggen dyr. I dette tilfelle har jeg forsøkt et vindu av trykkimpregnerte materialer som det er laget en spesiell beis til, så det kan stå vedlikeholdsfritt. Vi er da kommet ned på en ganske lav pris på vinduet. Veggprisen ligger på ca. 70 kr./m², og vinduet koster ca. 280 kroner. Jeg skulle anta at prisen på ferdig vegg inklusive montering vil ligge på ca. kr. 350 /m².

Vi er nødt til å se fremover, og da kanskje spesielt på disse plastmaterialene. Man kan her tenke seg at man av samme materiale kan lage en lett ytterhud og et isolerende sjikt, og jeg er enig med professor Granum i at det ligger muligheter her.

Sivilingeniør Sinding-Larsen: Jeg vil poengtere at det her dreier seg om to forskjellige typer av bygg. Det som vi har behandlet, er vesentlig boligbygg, som bør bli så billige som mulig. Den andre typen vi har, er jo mer representative bygg, f. eks. Phillips-bygget, og der må man få lov til å spandere litt på arkitektur. Disse to veggtyper kan derfor ikke direkte sammenlignes. Arkitekt Grønn nevnte at disse veggene blir lette og at de går igjen i mange andre bygningsdeler. Jeg kan nevne at hvis Regjeringsbygget skulle ha vært kledd med stenplater eller fliser, så ville man ha lastet ca. 1000 tonn på fasaden, og dette ville ha medført større dimensjoner på bærende deler.

Overflatebehandling av betong

Av dr. techn. Rolf Schjødt, Norges byggforskningsinstitutt

Vi skal her behandle overflatebehandling av betong uten belegg. Dette skal ikke være noen systematisk gjennomgåelse av alle de måter det kan gjøres på, men nærmest en forklaring i forbindelse med demonstrasjon av de prøvene som er utstilt.

For ikke så mange år siden ble upusset betong bare brukt så å si i de to endene av spektret, på den ene siden for flater som man ikke i det hele tatt satte noen krav til, støttemurer og overflater på ubeferdede steder, og på den annen side på betongskulpturer, de absolutt fineste overflatene. Hele det store området mellom disse to ytterpunktene av spektret ble bestandig pusset.

I de senere år er man blitt mer og mer oppmerksom på mulighetene ved upussede betongoverflater. De ser jo svært ofte mer levende ut, og de er vel bestandig sterkere og varigere enn pussede overflater. Det må være tillatt å si at puss svært ofte er en nødhjelp, en måte å dekke over dårlig arbeide på.

I mange tilfelle er også disse ubehandlede betongoverflatene billigere enn andre overflater som skal gi en noenlunde tilsvarende arkitektonisk virkning.

De første stedene hvor upussede og udekkede betongoverflater ble brukt i større målestokk, var i Sveits og Tyskland. Der fikk man også det første navnet; det ble kalt Sichtbeton. Det var den arkitekturstil som har vært i bruk nesten utelukkende etter krigen, med et synlig skjelett som hjalp fram «Sichtbeton». Man får jo de slanke linjene til å komme mer til sin rett når man ikke legger puss utenpå. De mindre flatene i skjelettbygg er også lettere å behandle og ligger særlig godt til rette for upussede flater.

Derfra har dette spredd seg over hele verden. I Sverige har man dopt denne overflaten for Konstbetong;

og for å gjøre litt forskjell, later det til at vi her i Norge begynner å kalle den for Naturbetong. Det er som sagt blitt ganske moderne med dette, og det er blitt skrevet litt om emnet, bl. a. en utmerket svensk bok av Viktor Bährner: «Konstbetong», som kom ut ganske nylig, og jeg har også selv skrevet en artikkel om det samme i «Betongen i dag», som heter «Betong som overflatemateriale».

Ved svært mange av prøvene som vises, er det benyttet vannspyling som overflatebehandling. Dette må selvfølgelig gjøres nokså fort etter støpingen, 1,5—2,5 t. ved vanlig temperatur. Da må man sørge for at vannet strømmer som en fin dusj, ikke som en stråle, for da slår det løs steiner. Det er gunstig å stille opp platene skrått under spylingen. Ved spylingen dekkes steinen med



Fig. 1.
Vannspylt.

| Materialer: | Volumdeler: |
|-------------|-------------|
| Sement | 1 |
| Sand | 1 |
| Ertesingel | 1,5 |
| Hvit kvarts | 1,5 |



Fig. 2.
Vannspylt.

| Materialer: | Volumdeler: |
|-------------|-------------|
| Hvit sement | 1 |
| Ertesingel | 3 |



Fig. 3.
Vannspylt.

| Materialer: | Volumdeler: |
|-------------|-------------|
| Sement | 1 |
| Singel | 3 |



Fig. 4.
Vannspylt.

| Materialer: | Volumdeler: |
|-------------|-------------|
| Sement | 1 |
| Singel | 3 |



Fig. 5.
Vannspylt.

| Materialer: | Volumdeler: |
|-------------|-------------|
| Hvit sement | 1 |
| Singel | 3 |

sementslam, så for å få fargene til å tre klart fram, må det vaskes etterpå med en tynn syreoppløsning. Man må passe på ikke å frilegge for mye av steinmaterialet, man vil jo ofte av arkitektoniske grunner for å oppnå dybdevirkninger ha steinen stående mest mulig fram. For å unngå at steinene blir løse og at de senere blir sprengt ut av frost, bør man ikke frilegge mer enn $\frac{1}{3}$, maks. $\frac{1}{2}$, av minste steinstørrelse.

Metoden kan bare benyttes for plater som støpes i fabrikk. Andre metoder, slik som f. eks. sandblåsing, kan anvendes direkte på støpte vegger. Det finnes en monteringsmetode som jeg skulle tro ofte måtte være den økonomisk gunstigste, og som tillater fabrikkbehandling av overflaten, men som — såvidt jeg vet — aldri har vært brukt her hjemme. Det er å bruke prefabrikerte plater som forskaling. Denne kan bygges opp og utføres meget rasjonelt, og man unngår de vanskeligheter som overflatebehandling direkte på byggeplassen medfører, og de vanskeligheter som befestigelse av de prefabrikerte plater ellers gir.

Vi kommer så til sandblåsing. Endel av prøvene er framstilt etter den norske naturbetong-metoden, altså sandblåsing sammen med en spesiell framstilling av betongen. Når man sandblåser en ferdigstøpt vegg, har resultatet ofte den svakhet at overflaten blir meget ujevn; enkelte partier får mye stein mens andre får mest mørtel. Naturbetong-metoden motvirker dette, idet man først fyller i stein i forskalingen og deretter injiserer sementmørtel. Det er en metode som har vært benyttet ved mer ingeniørmessige arbeider, og den blir da kalt precast-metoden eller Colcretebetong. Det nye er å benytte metoden til å få pene overflater, slik som f. eks. på Regjeringsbygget. Man får også en uhyre holdbar overflate; men metoden faller temmelig kostbar.

En metode som kan nevnes, gir det danskene kaller «folkemarmor». Den består i at en støper platene liggende mot gummi, plast eller glass, med en omhyggelig materialsammensetning og vibrering. Det kan gi meget bra resultater. Overflatene ser faktisk ut som slepet marmor, glatte, vannavvisende og smussavvisende, og til en relativt rimelig pris.



Fig. 6.

Støpt mot sandseug og børstet.

| Materialer: | Volumdeler: |
|------------------|-------------|
| Hvit sement | 1 |
| Grønn marmorgrus | 1 |
| Stigel | |
| Porfyr | |
| Diabas | |
| Hvit feltspatt | |
| Rod feltspatt | |



Fig. 7.

Materialene strødd på hvit betong.

| Materialer: | Volumdeler: |
|------------------|-------------|
| Hvit sement | 1 |
| Hvit marmorgrus | 2,5 |
| Grå marmorgrus | |
| Grønn marmorgrus | |

Så har vi noen prøver som er støpt mot sandseug. Bunken av forskalingen blir dekket med fuktig sand. Etter støpingen tørstes det som er løst av. På denne sanden kan man også legge stein av forskjellig farge, de trykkes litt inn i sandlaget og blir da stående på betongoverflaten og danner relieff.

Et par prøver er også av sjokkbetong. Sjokkbetong framstilles ved



Fig. 8.

Sjokkbetong.

| Materialer: |
|-------------|
| Sement |
| Støpesand |



Fig. 9.

Støpt mot gummimatte og syret.

| Materialer: | Volumdeler: |
|---------------|-------------|
| Sement | 1 |
| Utvasket sand | 3 |
| Glimmer | 0,25 |



Fig. 10.

Støpt mot gummimatte og framspring slått av.

| Materialer: | Volumdeler: |
|----------------|-------------|
| Sement | 1 |
| Rod feltspatt | 1,5 |
| Hvit feltspatt | 1,5 |

vibrering med liten frekvens og stor amplitude, og en oppnår både godt pakket og sterk betong med glatte overflater. En av prøvene er syrevasket etterpå for å gi en matt effekt.

For øvrig kan flere av disse metodene kombineres. Således er en av prøvene støpt mot riflet gummimatte, som folkemarmor; men riflene er slått vekk for å få en mer levende overflate.

Betongoverflaten kan også prikkhugges på forskjellige måter. Havnelageret i Oslo er behandlet på denne måte. Det har stått siden begynnelsen av 20-årene praktisk talt uten vedlikehold.

Ru overflater, f. eks. sandblåste eller prikkhuggede, er større slittsamlere enn glatte overflater. Rengjøring av slike overflater er ganske vanskelig.

(De gjengitte prøvene fig. 4 og 5 er fra Astrup & Aubert A/S, de øvrige utlånt fra Svenska Cementföreningen. Illustrasjoner av sandblåsing, folkemarmor etc. finnes i «Betongen Idag», nr. 6, 1956.)

DISKUSJON

Sivillingenior Falk Frederiksen:

Hvordan forankres platene til betongen når de skal faststøpes? Kan det lages slike plater av vacuumbetong?

Dr. techn. Schjødt: Befestigelse av plater mot støpt vegg bør foregå med egne forankringer med luftmellomrom. Platene bør ikke settes mot veggen og festes med mørtel. En annen sak er det når platene settes opp som forskaling. De kan da settes direkte på hverandre, og det kan støpes mot dem uten at det siden er fare for at de løsner. Platene bør dog ikke være helt glatte på baksiden, i så fall bør de ha spor eller utsparinger. Forankringstråder kan også brukes.

Ved vannspyling behandler man oppsiden, idet man spyle mens betongen enda ligger i formen. Folkemarmor og sjokkbetong behandles derimot på undersiden. Det samme gjelder ved støping mot sandseug. De børstede overflater er behandlet på oversiden.

Hvis platene plaseres i forskalingen, kan de settes på knase fuger. Selve fugeutformingen bør imidlertid helst både utvendig og innvendig ha grater, slik at en får en innvendig rille som fylles med mørtel under støpingen, og slik at fugen blir markert utvendig ved en rille. De knase fugene består da så å si bare av en strek.

Når det gjelder plater av vacuum-

betong, har ikke disse vært brukt til overflatebetong, det jeg vet.

Sivilingeniør Reymert: Når det gjelder faststøping av plater eller fliser, er dette behandlet i en publikasjon om Bellahøjbyggelsen, som er utgitt av Statens Byggeforskningsinstitut og heter «Bellahøj husbyggeri», hvor også dette problemet er behandlet.

Sivilingeniør Seip: Kan noen av disse metodene fås til en rimelig pris?

Dr. techn. Schjødt: Metodene kan jo brukes på en provisorisk fabrikk, men naturbetongen utføres direkte in situ. Når det gjelder priser, kommer det an på hva man skal sammenlikne med. Hvis en sammenlikner med natursteinsfasader, som de fleste av disse overflatene kvalitetsmessig kan måle seg med, da vil de jo kunne konkurrere. Når det gjelder sammenlikninger med pussbehandlinger, er jo disse meget varierende i pris, så en direkte sammenlikning er vanskelig. Disse metodene er jo også svært varierende, helt fra at en gjør forskallingen litt bedre enn vanlig og lar flaten stå slik den er etter at forskallingen er revet, til diverse behandlinger, så som fjerning av skjegg og grater, skuring, sliping osv. Slipingen ble kanskje lite omtalt i foredraget, den kan foretas på forskjellig vis. Man kan bare grovalipe, grovslipe og sparkle med sement og steinmel, og finslipe. Støper man en pen overflate og sliper denne og maler den, så kan man få en meget pen og varig overflate som er billigere enn de fleste pussbehandlinger. Deretter kan en gå oppover til finere og mer kostbare behandlinger, så variasjonsmulighetene er mange.

Direktør Birkeland: Når det gjelder disse forskjellige behandlingsmetodene, så var sivilingeniør Seip inne på spørsmålet om noen av dem kunne brukes på in situ-støpt betong innenfor de priser som vi beveger oss i når det gjelder vanlige boligbygg. Slik som dr. Schjødt nevnte, er det mulig at noen av de enkleste behandlinger kan brukes; men når vi kommer oppover til de finere behandlinger med avdekning av selve tilslagsmaterialet, så er vel det noe som først og fremst kan ha betydning ved montasjebygging, hvor en kan behandle overflaten på elementene på en permanent eller provisorisk fabrikk.

Det som det var interessant å ha nærmere rede på da, det var om det er mulig å si noe om den relative pris for de forskjellige behandlings-

metoder, f. eks. stålborsting og spyling med vann?

Så var det et annet spørsmål. Det har jo delvis vært forsøkt med påstrykningsmidler på forskalingen, som skal ha den effekt at den retarderer avbindingen på overflaten slik at en lettere skal kunne blottlegge tilslagsmaterialet. Jeg vil gjerne spørre om det er noen utvikling på dette område?

Dr. Schjødt: For å ta retarderingsmidler først, så er det bare ett som er brukt her hjemme, det kalles «Redalon». Det finnes også andre slike. Det er ikke vanskelig å lage retarderingsmidler, problemet er å få det til å virke dypt nok og å få det til å sitte på forskalingen. Det første later det til at man har greidd; jeg har sett meget bra overflater hvor retarderingsmidler har vært brukt, hvor man bare børster av den del av overflaten som ikke har herdnnet. Derimot er det vanskeligere å få det til å henge på forskalingen. Man risikerer at veggene blir svært ujevne hvis man ikke tar spesielle forholdsregler. På horisontale flater kan retarderingsmiddel gi meget bra flater med god økonomi.

Angående prissammenlikninger er vel stålborstingen det mest økonomiske; én mann greier her 4—5 m²/t. Spylingen er også billig og hurtig, antakelig 2—3 m²/t. For sandblåsing har det vært oppgitt 2,5—3 m²/t.; men det kan komme endel tillegg for andre ting. Av sand brukes ca. 1 hl pr. 5 m², og sanden koster ca. 55—60 kr./tonn. Slipingen avhenger av kravene man stiller.

Sivilingeniør Reymert: Skal det lages elementer i en fabrikk, spiller ikke overflatebehandlingen så stor rolle økonomisk. Med hensyn til retarderingsmidlet har sivilingeniør Bouvin oppgitt at han har brukt et tysk middel «Rugasol», produsert av SICA, som de hadde gode erfaringer med. Man hadde også gode erfaringer ved bruk av dette på vegger hvor det ble strøket på trefiberplater.

Sivilingeniør Leganger: Disse forskjellige behandlingsmåter: vasking, sandblåsing etc., gir en temmelig ru overflate. Hvordan stiller det seg ved bruk av silikonbehandling på slike overflater?

Direktør Birkeland: Dette er et meget stort, vanskelig og udart spørsmål. Det dreier seg her om påstrykningsmidler av silikontypen. Det er opplagt at disse midler har en meget god vannnettende virkning når det gjelder det vannet som kommer inn der det er kapillær sugning. De virker på den måten at de så å si snur fortegnet på den kapillære sug-

ning, slik at det blir frastøtning istedenfor sugning. Men samtidig får man da det forhold at hvis fasaden har en sprekk av slik størrelsesorden at den kapillære sugning er liten, får det ingen virkning. Så det hjelper bare på de kapillære porene, og en kan diskutere om det er nødvendig med en slik beskyttelse på en slik fasade som det her dreier seg om. Silikonbehandlingen har imidlertid en annen virkning, nemlig at den til en viss grad hindrer at fasaden blir skitten. Når skitten setter seg fast på en fasade, foregår dette ved at den følger med regnvannet og suges litt inn i de ytterste porene og blir hengende på den måten. Dette synes å bli forhindret ved slike påstrykningsmidler. Det er imidlertid mange sider ved slike midler, hvor langt de suges opp i porene avhenger av bestrykningsmidlet, porestrukturen og løsningsmidlet. På dette område er det drevet endel forsøk av professor Granholm ved Chalmers Tekniska Högskole. Det ser ut til at man må fram til en flere gangers behandling av flere typer silikoner for å få den beste virkning. Når det gjelder varigheten, er dette et stort usikkerhetsmoment, og de tallene en får oppgitt på basis av amerikanske erfaringer, varierer mellom 2 og 10 år. Statens Byggeforskningsinstitut i Danmark har igang en stor forsøksserie hvor en har brukt en hel rekke av disse silikonene påført på forskjellige måter på en hel rekke veggfelter, hvor de da etter endel år vil få vite noe om disse spørsmålene. Enkelte, særlig Building Research Station i England, har direkte advart mot å bruke silikoner. Resonnementet har vært at slike silikoner slipper vanndamp ut innenfra og hindrer vann utenfra i å trenge inn; men salter som kommer med fuktighet og transporteres fram til overflaten fra den bakenforliggende veggen og som ellers vanlig utkrystalliseres på overflaten i form av saltslag, og som mer eller mindre kan vaskes av fra overflaten av regn, de vil ved anvendelse av silikonbehandling krystalliseres ut like under overflaten før de kommer helt fram. Dette vil kunne føre til en sprengning av overflatematerialet.

BRS bygger her på laboratorieforsøk under meget strenge forhold, og det vil antakelig ikke gå så galt i praksis som BRS' forsøk viser.

Professor Granholms forsøk tar direkte sikte på å få greie på hvordan disse silikoner best skal blandes og anvendes i praksis, og vil, når de er avsluttet, gi oss en meget god veiledning i dette spørsmålet.

Naturbetong - et nytt byggemateriale

Av arkitekt MNAL Erling Viksjø.

Betongen er idag vårt viktigste byggemateriale, og da det er byggematerialet som bestemmer det arkitektoniske formsprog, er det en viktig oppgave å prøve å gi betongen et arkitektonisk tilfredsstillende utseende. At det konstruktive byggemateriale også får prege det ferdige byggverk, er av stor arkitektonisk betydning. Vår estetiske sans henger nemlig nøye sammen med våre statiske fornemmelser, og det at man ser hvordan huset er konstruert og bygget, betyr et ekstra estetisk poeng.

Vi kan bare tenke på hva vi utvilsomt mistet av arkitektonisk verdi da vi gikk over fra tømmerarkitekturen til panelarkitekturen og fra stenarkitekturen til pussarkitekturen.

Natursteinen, mursteinen og tømmerstokken oppfyller kravet til et gedigent konstruktivt byggemateriale, og vår fornemste arkitektur er preget av disse materialer.

Med dagens krav er det klart at ingen av disse materialer teknisk sett holder mål lenger. Vi er kommet over til stålet og betongen. Det er da særlig det siste materialet som har satt sitt preg på våre dagers arkitektur.

Men har vi funnet et adekvat formsprog?

Det finner vi ikke før betongen på samme måte som stenen eller tømmerstokken får prege byggverket.

Det gjør den ikke idag, fordi be-

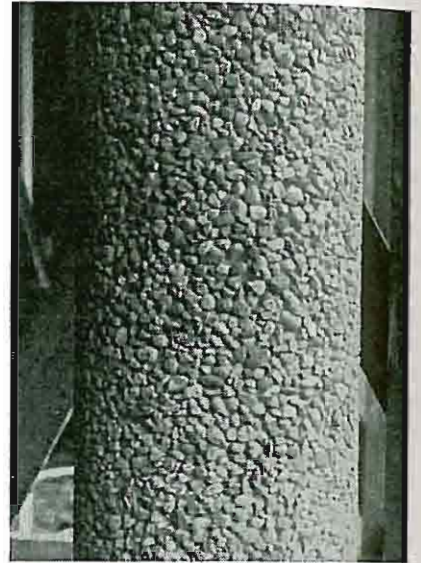
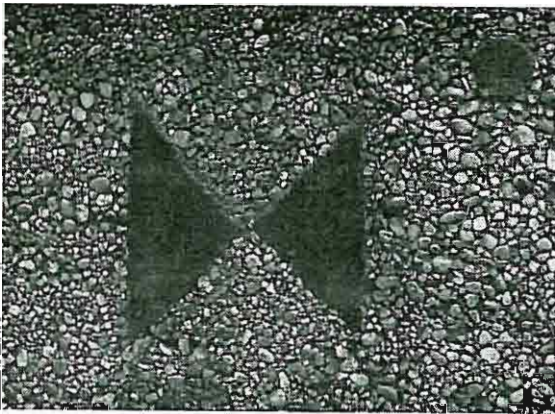


Fig. 3. Rund søyle. Standard cement.



*Fig. 1. Detalj med ublåste felter.
Sort cement.*



*Fig. 2. Utsnitt av dekorativt felt
injisert med sort cement og blåst på
frihånd.*

tongen ikke har et tilsvarende gedigent utseende. Det har da ført til at man dekker betongen med et annet og «penere» materiale som puss, stenplater, metallplater osv. — materialer som ofte har mindre værbestandighet enn betongen selv.

Den oppgave jeg har stillet meg, er å prøve å gjøre betongen til et slikt gedigent materiale på linje med sten og tre, slik at det er unødvendig å kle den med andre materialer. Enhver som tumler med problemet arkitektonisk formgivning, vil forstå betydningen av dette.

Kunne vi tenke oss at natursteinen hadde latt seg forme som betong og hadde latt seg tilføre de tekniske fortrinn som betongen har, ville det åpne seg fantastiske muligheter.

Et stykke arkitektur er på en måte — eller bør i hvert fall være — et stykke skulptur.

La oss et øyeblikk tenke oss at billedhuggeren var nødt til å dekke sitt verk med et nytt materiale for at det skulle få en «pen overflate» eller for at det skulle stå mot tidens tann. Enhver vil forstå hvilke problemer som ville oppstå og hvilke estetiske skadevirkninger en slik fremgangsmåte ville forårsake.

Det er nøyaktig det samme som skjer i arkitekturen idag. Vi bygger og modellerer i betong, og vi kamu-

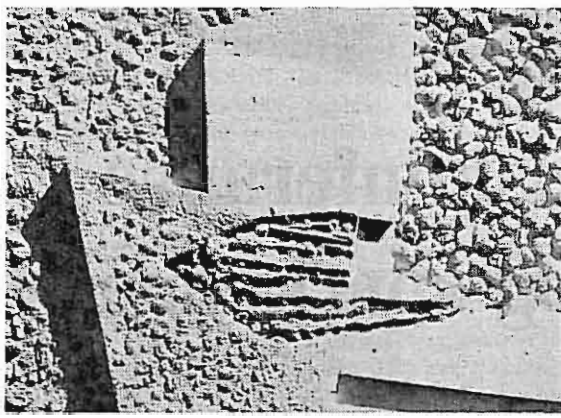


Fig. 4. Utsnitt av dekorativt felt. Injisert med hvit cement. Forskalet i flere plan og blåst på frihånd.

flerer med et annet «penere» materiale. Dette kan ikke gå i lengden.

Hittil har vi til nød avfunnet oss med det, fordi betongen oftest mer eller mindre har søkt å etterligne konstruksjoner i tre og sten.

Idag er imidlertid betongen i ferd med å finne sitt eget arkitektoniske og konstruktive formsprog, og vi kan ikke lenger akseptere innkledning med sten eller lignende. Betongen — selve byggematerialet — må få sitt eget uttrykk av arkitektonisk verdi.

I sandblåsing av enu ikke herdnet betong fant jeg etter hvert en effektiv metode. Ved på denne måte å fjerne cementslammet på betongens ytterflate og få frem stenmaterialene, håpet jeg å kunne gi betongen den stofflige struktur og farveskjønnhet som en vanlig betong med sin karakterløse cementoverflate mangler.

De første forsøk så også meget lovende ut, men gjennomført i større målestokk på en del bygninger ble resultatet allikevel ikke slik som håpet. Sandblåsing viste seg å gjøre overflaten svært ujevn og upresis, da stenmaterialene i betongen alltid lå ujevnt fordelt. Tross de alvorligste anstrengelser lot det seg ikke gjøre å beherske dette.

Under dette arbeide kom jeg i forbindelse med sivilingeniør Sverre Jystad, som da var konsulent for det nye regjeringsbygget i Oslo. Etter langvarige diskusjoner over disse problemer, fant vi en dag plutselig frem til den enkle løsning som vi er blitt enig om å kalle naturbetong.

Poenget ved det nye materialet er:

Vi fyller formen (forskalingen) med singel, omhyggelig renvasket og i bestemt gradering.

Efterpå presser vi inn en bindmasse, et lim, (cement, vann, finsand og diverse tilsetninger) som fyller alle hulrommene mellom stenene inntil

hele formen er fylt. Efter en passende tid og før cementvellingen er helt herdnet, fjerner vi forskalingen.

Når vi nu sandblåser, vil vi oppdage at vi får en ganske annen presis og gedigen overflate enn ved sandblåsing av vanlig betong. For det første får vi maksimum av stenmaterialer (det blir så å si en miniatyrstensmur). For det annet — og det er det viktigste resultat av metoden — vil singelen, stenen, ligge i flukt i overflaten, og det er det som i første rekke gir materialet dets presise og enhetlige karakter.

Det er denne kombinasjon av en forsåvidt tidligere kjent støpemetode, «injisering», (Prepacked, Colcrete o. l.) og sandblåsing som gir det nye byggemateriale Naturbetong.

Studerer man den ovenfor beskrevne fremgangsmåte, vil man oppdage hvilke variasjonsmuligheter som ligger i dette materiale.

1. Man kan variere stenmaterialet — størrelse, form, farge.
2. Injiseringsmørtelen kan varieres i farge — grå og hvit cement tilsett forskjellige farvestoffer.
3. Ved å variere sandblåsing vil mere eller mindre av stenmaterialene bli synlig.
4. I flukt med ovenstående punkt 3 vil man forstå at materialet også byr på dekorative og kunstneriske muligheter.

Sandblåsing gjennom sjablon åpner ubegrensede muligheter for dekorativ behandling av materialet. Det samme kan man si for rent kunstnerisk behandling av materialet uten sjablon ved at kunstneren selv utfører sandblåsing. Eksempler på begge deler er vist i illustrasjoner.

Når det gjelder trykkfasthet, kan jeg nevne at de siste prøvene vi sendte inn til Oslo Materialproveanstalt, fikk vi tilbake da de ikke kunne knuses med de maskiner som vanligvis benyttes.

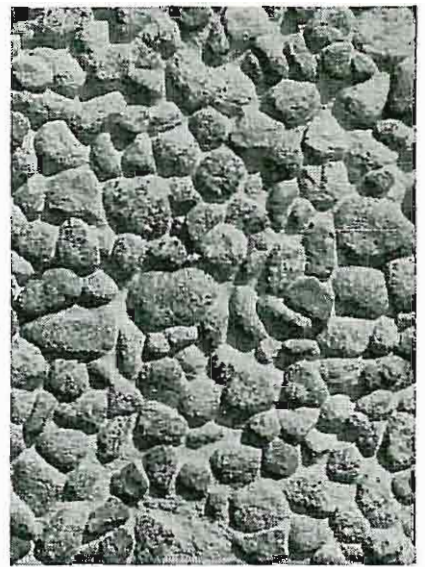


Fig. 5. Detalj. Injisert med hvit cement.

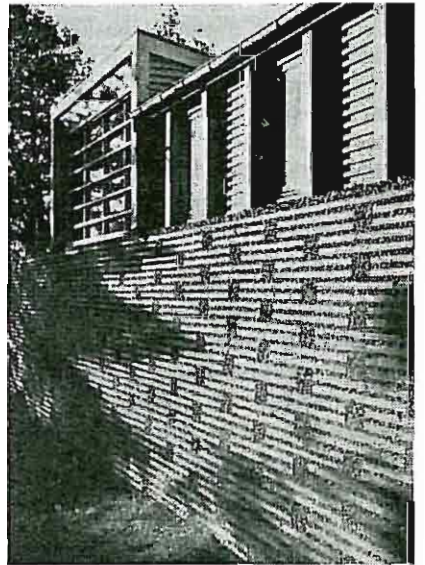


Fig. 6. Injisert med standard cement og blåst med lister som sjablon.

Ved at det som tidligere beskrevet støpes på en slik måte at sten ligger på sten, vil svinnfaren reduseres.

Når det gjelder den praktiske utførelse på byggeplass, har det også vist seg at naturbetongen har fordeler.

Støpeskjøter er vanligvis vanskelige — for ikke å si umulige — å unngå. Her får man ikke støpeskjøter i det hele tatt. Noe av det samme er tilfelle med eventuelle støpesår, pukkreir og lignende. Det er meget sjelden at vi har fått denslags; normalt vil det ikke forekomme. I de få tilfeller hvor sår har forekommet, har det vært lett å utbedre dem slik at det ikke har vært mulig å oppdage hvor reparasjonen har funnet sted.

Rundebordskonferanse om tynnpuss og sparkelmasser

Rundebordskonferansen ble ledet av sivilingeniør *Sven D. Svendsen*, NBI.

Rundt bordet satt:

Overingeniør *Brekke*, A/S Kåbetekk.

Sivilingeniør *Nøstdal*, Oslo Mortelverk.

Dr.techn. *R. Schjødt*, NBI.

Kaptein *Krefting*, Joanit og IFA.

Murmester *Sæther*, A/S Mineralforedling.

Sivilingeniør *Svendsen* ønsket velkommen og presenterte for salen de som satt rundt bordet.

Sivilingeniør Svendsen: Denne rundebordskonferansen er litt av et eksperiment fra NBI's side i og med at vi for første gang har invitert representanter fra private firmaer til å redegjøre for sine egne, navngitte produkter. Vi er klar over at dette både har fordeler og ulemper. På den ene side vil deltagerne i kurset få eksakte og komplette opplysninger om materialer og arbeidsutførelser, og dere vil kunne diskutere problemer som dere måtte ha, direkte med produsenten. På den annen side er det selvsagt uheldig at vi av praktiske grunner har måttet begrense antallet av representanter fra firmaene til bare fire. Vi har forsøkt å legge opp rundebordskonferansen slik at hele området tynnpuss og sparkelmasser blir fullstendig dekket, men man må være klar over at vi her i Norge også har andre produsenter av slike materialer enn de som er representert rundt bordet her idag.

Først vil dr.techn. *R. Schjødt* redegjøre litt om støping og forskaling for pussfri betong.

Dr.techn. R. Schjødt: Forutsetningen for en hvilken som helst rasjonell overflatebehandling er en plan overflate og et homogent materiale. Jeg skal si litt om hvordan man oppnår dette.

Betongen må ikke ha støpereder, synlig armering eller armering som gir rustflekker. Den må ikke ha stygge støpeskjøter, ikke store porer og ikke store variasjoner i farge eller kornsammensetning i overflaten.

For å unngå redene må stenstør-

relsen, hvor det er armering, være avpasset til avstanden mellom armeringsjernene. Dessuten må stenen ikke være så stor at det bygges opp broer. Når det tilslagsmateriale enten er helt pussfri eller en tynn overflatebehandling, bør man ikke ha større sten enn 30 mm. Ved 40 mm, som er vanlig her i Oslo, viser erfaringen at det er vanskelig å unngå reder. Selvfølgelig må betongen blandes godt, og man må sørge for at den ikke separerer under transporten.

For å unngå rustflekker og synlig armering må først og fremst armeringen være anbragt riktig og ordentlig understøttet, og dessuten må det være nok finstoff i massen. Man kan si at summen av finstoff under 0,2 mm kornstørrelse og cement bør være ca. 400 kg pr. m³.

Når det gjelder fremstillingen av betongoverflater, er det gjort meget store fremskritt i de senere år. Et godt sammenligningsgrunnlag har vi når vi ser på Holmenkollbanens støttemurer kontra støttemurene på Lambertseterbanen. Når det gjelder støpefuger, er det enda meget å lære. Støpefuger bør jo helst unngås, men hvis dette ikke er mulig, bør de plasseres der hvor det er et naturlig brudd i overflaten, f. eks. en list eller en fordykning. Når det ikke er mulig å oppnå dette, eller man må plasere en støpeskjot p. g. a. et uhell, bør man slå inn en provisorisk list i forskalingen, slik at man får avslutningen etter en rett linje. For det støpes videre, bør skjøten renses og skrapes, så alt slam kommer bort; deretter bør forskalingen strammes inn, f. eks. ved kiler under strekkfiskene. Betongoverflaten må fuktes godt. Hvis det støpes med mager betong, bør man legge på et mortellag, og det første sjiktet som legges ut, bør ikke være høyere enn 10 cm.

Porere i betongen er ikke noe problem i dekker. Der kan man med rimelige midler oppnå en glatt og porefri himling. Ved stop av vegger er dette vanskeligere. For å unngå porene her er et av de viktigste kravene at man har en god kornsammen-

setning for tilslagsmaterialet. Men her gjelder ikke den vanlige oppskriften for god betong at man skal ha så lite vann som mulig. Porene er nemlig av to slag, luftporer og vannporer, og når betongen blir tørre, stiger antallet luftporer. Man får altså to kurver, en som stiger mot høyre, kurven over antall vannporer, og en som stiger mot venstre, kurven over antall luftporer. Adderes disse kurvene, fås et eller annet sted et minimum. Niels Plum har vist at man får dette minimum ved ca. 200 l vann pr. m³ betong.

Vibreringen er svært viktig for porevolumet. Jo lavere frekvens og større amplitude, desto mindre blir det totale porevolum. Men vi er ikke alltid interessert i det totale porevolumet. Som regel er det så at porer under en viss størrelse ikke spiller noen rolle. Porestørrelsen avtar når frekvensen øker. En undersøkelse av dette gav 5 mm porer ved 3000 vibr/min, mens den samme masse vibrert med 12 000 vibr/min gav bare 1 mm porestørrelse. Det riktige antall vibrasjoner er avhengig av etterbehandlingen og de krav leverandøren av overflatematerialet stiller. Videre bør man helst ikke stope i høyere sjikt enn 30—40 cm for å bli kvitt porene.

Endelig later det til at forskalingsolje som emulgerer i vann, har en gunstig innvirkning på poredannelsen. Også forskaling trukket med strie har vist seg å nedsette poredannelsen.

Hvis man allikevel har fått en overflate med porer, kan det være fornuftig å børste denne med en blanding 1:1 av cement og stennel. Overflaten må fuktes godt, og massen børstes inn med en stiv børste.

En meget vesentlig forutsetning for at pussfri betong skal lønne seg, er at karmen, vindus- og dørkarmen, alle slags rør osv. er lagt inn for støpingen. Forskalingen må være bygget så sterk at den ikke buler ut. Man bør være oppmerksom på at jo tettere forskalingen er, desto større blir forskalingstrykket. En snek-

ker som er vant til å lage en forskaling av vanlige forskalingslemmer og som går over til finérlemmer, vil lett få en forskaling som bulet ut. Stort sett blir forskalingstrykket ca. dobbelt så stort ved bruk av finérlemmer i forhold til vanlige lemmer når de andre faktorer, som støpehastighet, betongkonsistens osv., holdes konstant. Hvis man vibrerer, kan man i praksis si at ved like forhold forøvrig, øker trykket til det firedobbelte.

Det har vært propagandert meget mot å bruke båndstål i forskalinger; jeg har selv vært en av de ivrigste til å si at man må bruke rundstål. Man kan dog oppnå meget bedre resultater enn vanlig ved båndstål, hvis man i strekkfiskene skjærer inn en liten kant i hjørnet hvor jernet bøyes rundt. Målinger har nemlig vist at en vesentlig del av svikten i vanlig forskalling skyldes at båndstålet trykkes inn i kanten på strekkfiskene.

Når det gjelder pussfrie overflater, er det vel omtrent bare finérlemmene som brukes nå. Disse må selvfølgelig renses etter hver bruk, og de bør oljes, f. eks. etter hver tredje gangs bruk. De bør oljes godt, men ikke så godt at oljen driver av dem, for at man ikke skal få vanskeligheter med den etterfølgende behandling. Forøvrig tror jeg at de overflater man oppnår med de forskalingsmåter vi bruker idag, ikke byr på noen problemer når det gjelder hefting av sparkelmasser, finpuss eller hva man bruker til etterbehandling.

Efterbehandling av betongoverflater består i å fylle ut støpereder, slipe av grater, evt. slipe hele overflaten og sparkle ut huller og fordypninger. Reder bør fylles med samme materialer som veggen er støpt i, og hvis veggen forøvrig er støpt mot nye lemmer, bør den lemman man bruker mot redet, også være ny. Erfaringen har videre vist at slike flekker gjerne blir noe mørkere enn flaten forøvrig, derfor bør man tilsette litt hvitcement i massen.

Når det gjelder maling, er fersk betong sterkt alkalisk og dessuten fuktig. Dette er ugunstig for overflatebehandlingen. Skal en overflate oljemale, bør den derfor helst stå i 6 mndr. først. Ved alkali-motstandsdyktige malinger kan denne tiden settes ned til la oss si 2 mndr. For å unngå basisk reaksjon har man av og til bestroket overflaten med sink-sulfat, og det kan hjelpe. Man har imidlertid sett at den basiske reaksjonen trenger ut igjen fra betongens indre, så man må ikke stole for meget på en slik behandling. Man

har også forsøkt å vaske med en blanding av 3 % fosforsyre og 3 % sink-klorid og da fått bedre resultater.

Sivling. Svendsen: Når det gjelder rekkefølgen av innleggene fra firmaene, er denne avgjort ved lodd-trekning. Resultatet ble at førstemann på skansen blir representanten for A/S Mineralforedling, murmester Per Sæther.

Murmester Sæther: Jeg har ikke vært deltager i dette kurset, så jeg vet ikke hva som er blitt sagt om de forskjellige måter å forskale og støpe på, for å få så glatte og fullkomne betongflater som overhodet mulig. Det er tydelig at ønskedrømmen er å få en pussfri flate uten støp-skjøter, porer osv., slik at man bare direkte kan male på den. Det er drømmen, men jeg tror ikke denne er så lett oppnåelig, og når vi en gang kommer dit at det lar seg fullføre, vil det kanskje vise seg at det ikke er så mye å streve etter likevel. Det koster penger å forskale så nøyaktig, og det er også ulemper ved pussfrie hus, i langt større grad enn de fleste er oppmerksom på. Det er allikevel riktig å streve etter å unngå de store pusstykkelsene, som jo har vist seg å være uheldige i mange tilfelle.

Når det gjelder kravene til sparkelmasser, tympuss og behandlinger av alle mulige slag på betongflater og lettbetonglameller, som er produsert med så stor nøyaktighet at man bare behøver å jevne overflaten og tette porer osv., så melder spørsmålet om materialvalg seg. Det gjelder å velge det riktige materiale. Som representant for firmaet A/S Mineralforedling, vil jeg si at vårt materiale ikke bestandig er det riktige. A/S Mineralforedling produserer til innvendig bruk en puss som heter Mirak; det er en tympuss. Vi lager også Miramatt til utvendig og for så vidt også til innvendig bruk. Det er en tympuss, og det er også en såkalt slemming, som kan legges direkte på. Videre lager vi Miradekt, som er en vanlig edelpuss. Den kan også anvendes på jevne, støpte flater direkte på betongen uten underpuss. Så har vi et produkt som heter Mimal. Det er en mineralisk fasademaling, altså en cementmaling som også har andre komponenter. Dessuten har vi et produkt som heter Miraplan, som er beregnet til avretting på lettbetonggulv. Jeg skal kort gå igjennom de produkter som kan anses spesielt viktig i denne forbindelse, nemlig Mirak til innvendig og Miramatt til utvendig bruk.

Mirak er en puss som utføres av

murere med murerverktøy, og krever, i motsetning til sparkelmassene, ikke så jevnt og rett underlag som disse. Miraken utføres i en operasjon; det er ikke nødvendig å flekke i sår, grunnsparkle og eftersparkle. Mirak lages på gipsbasis og består også av andre komponenter for å øke vedheftingen osv. Gips har jo i Norge vært et nokså miskjent materiale, men jeg tror nok, når man ser på anvendelsen ute i Europa, at den bør få øket anvendelse her hjemme. Forutsetningen er bruk av riktig gips og riktig arbeidsteknikk. Dette tar vi sikte på med Mirak, idet det her kun er å blande det med vann og følge bruksanvisningen. Fordelen ved en slik innvendig tympuss består i at den i motsetning til mange andre materialer, utfører en langt bedre puffervirksomhet. Det har jo vært svakheten med betongflater som har vært malt direkte, at de har hatt en sterk tendens til å svette. Bare det kommer en 3—4 personer inn i et rom, kan man se kondens. Gipsen har vel mer enn noe annet materiale den egenskap å oppta denne fuktigheten og avgi den igjen.

Mirak leveres i pulver i sekker og blandes opp med vann. Man har da å sørge for at veggen er ren, og den kan så trekkes direkte på veggen uten for mye fukting. Det er jo de egenskapene med gipsen at jo mindre vann man bruker, jo sterkere blir det, og dette er en stor fordel med en innvendig puss.

Miramatt til utvendig bruk leveres i to typer; tympuss som kan brukes på mer ujevnt underlag og likevel jevne ut flaten. Ved penere støpte flater kan man med fordel bruke to strøk med slemming og allikevel fylle ut de minste porene og få en pen struktur. Dessuten har Miramatt, nokså gode egenskaper når det gjelder vannavvisning og diffusjonsgjennomgang, og de tekniske data for det viser at man her er inne på en riktig behandling hvis man først skal ha en behandling utvendig.

Sivlingentor Nøstdal: Min oppgave er å redegjøre litt for de forskjellige Mineralitmaterialene. Det vil imidlertid føre for langt å trekke frem alle de forskjellige puss, tympuss og sparkelmasser som vi har laget, og jeg vil derfor holde meg til hovedtypene. Felles for materialene er at de er sammensatt for å dekke området overflatebehandling av mur, betong, lettbetong og puss, dvs. flater hvor bindemidlet er cement, kalkcement e. l. Vi tror med Mineralitmaterialene å kunne dekke alle områder innen denne sektor. Selve Mineralitmaterialene er alle på cement-



Fig. 1: Påføring av slemmet tympuss.

basis. Det må være et nært slektskap mellom flaten som skal behandles og ytterbehandlingen. I denne forsamling er det vel ikke nødvendig å gå inn på problemene diffusjonsmotstand, elastisitet, svinn osv. Det er problemer som løses ikke med cement alene, men med et riktig sammensatt materiale med cement som bindemiddel. Vi ser det som oppgavens punkt 1 at overflatebehandlingen gir veggene en effektiv og varig beskyttelse, og at malingen, eventuelt puss, blir «hel ved». Punkt 2 er at flaten gis et varig, vakkert og representativt utseende. Dette garanteres i Mineralitmateriale av metallocsyd-pigmenter, rene, knuste mineraler og spesielle kjemikalier.

Av de enkelte typene er det naturlig å begynne med Mineralitpuss. Den er en eksklusiv behandlingsmåte som krever skikkelig håndverksarbeid, og den faller kostbar, dog i sin klasse, med natursten, kunstbetong o. l., som en av de billigste. Mineralitpuss er en «edelpuss», som er anvendt i over 30 år. På vanlig støpte flater krever puss en vanligvis en underpuss.

Underpussens oppgave er fortrinnsvis å rette opp veggene. På betong er det en fordel om underpussen kan sloyfes. Det er kun et spørsmål om hvor pen den støpte flate er. De gamle sentrumsbygg, Odd Fellow, Continental m. fl., er alle pusset med Mineralitpuss direkte på betongen.

Fabrikkfremstilte Mineralitpussplater ble for første gang brukt på Samfunnshuset i Oslo og har stått bra i 18 år. Erfaringene er grunnlag for de senere undersøkelser for å finne den beste måten å bruke Mineralitpuss på i moderne elementbyggeri. Det er ikke lyktes å finne frem til en brukbar løsning der elementene støpes vertikalt, men for horisontal støping kan det oppnås utmerkede resultater, enten det støpes «face down» eller «face up».

Mineralitmalingene er i hovedprinsippene satt sammen som pussene. Største korn er noe mindre. For utvendig bruk fabrikeres tre hovedtyper. Disse er avpasset etter under-

laget og etter den ønskede overflatestruktur. Alle har vel fått en oversikt over disse malingene, og det skulle derfor være unødvendig å gå inn på anvendelsesområdene. Kanskje jeg skulle nevne litt om type T. Den er ekstra grovkornet og koster vanlig på. Den kan også trekkes på med Brett. Grensen mellom cementmaling og puss, evt. tympuss, er jo noe uklart. Vi har valgt å kalle det maling hvor malerverktøy kan brukes.

Type G av Mineralitmalingene er mellomtypen, og den som anvendes mest på vanlig puss og betongplater, har også vist seg egnet til bruk på vanlig teglsten der man godtar at konturen på selve stenene kommer frem. Malingen beskytter effektivt og leveres i mange farver. Vedheftingen er vanligvis ikke noe problem, men på underlag som er lite sugende eller med rester av forskalingsolje, brukes en spesiell *hørdevæske* som vi kaller Mineralitvæske.

Når man inn- eller utvendig trenger en glatt overflate, har vi et sparkelpussmateriale som kalles Murex. Det er en kombinasjon av en finpuss og en sandsparkel, dog går vi ikke utenom vårt hovedpunkt, nemlig at cementen er bindemidlet.

Murex er et materiale som ligner den vanlige finpussen. Det behandles på samme måte og krever derfor ingen spesialutførelse. Tariffene gjør at denne vil falle betydelig billigere enn for eksempel en sandsparkel.

Det fins ingen annen virkelig prøve av disse materialene enn naturen selv. Når det gjelder de utvendige behandlingsmaterialene, bør disse minst ha en prøvetid på 5 år for at man kan være sikker på hvordan det hele arter seg.

Mineralitmateriale ble første gang levert i slutten av 20-årene. Prøvetiden har vist at kvaliteten er tilfredsstillende. Det er imidlertid en selvfølge at Mineralitmateriale, i likhet med alle andre materialer, ikke er 100 % sikre. Spesielt har man i praksis lett for å benytte Mineralitmalingene for tynne — en maler har ikke den samme følelse for riktig konsistens som en murer har.

Mineralitmateriale er godt prøvet, og vi ser derfor ikke problemet med betongbygging derhen at det nødvendigvis må skaffes nye overflatematerialer, men i hvordan Mineraliten skal utnyttes under de nye forhold. Dermed vet vi at kvalitetskravet er sikret.

Kaptein Krefting: Joanit er et forholdsvis ukjent materiale her i landet, og jeg vil derfor presentere det litt nærmere. Joanit sandsparkel

er uteksperimentert av den svenske malerm. Johan Anderson, Stockholm, og bragt på markedet av firmaet Karta & Oaxens Kalkbruk, datterselskap av Skånska Cementaktiebolaget. Joanit har i det siste år vunnet stor anerkjennelse som et godt produkt til utjevning av pussfri betong for etterfølgende maling eller tapetsering og for sparkling av alle slags bygningsplater m. v. Joanit produseres i Norge av Persilfabrikken A/S.

Joanit sandsparkel, hvis bindemiddel er en fabrikkasjonshemmelighet, inneholder ganske små mengder av cement og kalk, hvorfor den er noe alkalisk. Fyllmaterialene er sand og kvartsmel i blanding, eller kvartsmel alene, og disse blir noye gradert i forhold til hverandre. Joanit produseres i to former, grov og fin, begge i pulverform. Den kan også leveres ferdigblandet som pasta, men av transportmessige hensyn og for å unngå en dyr emballasje, er det mer praktisk og billigere for forbrukeren å levere den i pulverform. Joanit blandes på arbeidsstedet til den ønskelige konsistens med 30 til 40 % vann. En stivere konsistens med mindre vanninnhold gir naturligvis en solidere sparkel for større hull og sår. Blandes Joanit med henblikk på sprøyting, tilsettes noe mer vann, opp til 45 %. Joaniten i pulver influeres ikke av temperaturforholdene og er derfor ikke utsatt for frost. Den må dog ikke utsettes direkte for fuktighet og må derfor lagres under tak. Joanitsparkelen i begge former, i såvel grov som fin, anvendes innvendig i byggene, på betong, puss, lettbetong, bygningsplater av enhver art, hvor det skal legges linoleum, fliser osv. Den biter også godt på tre, hvorfor den kan benyttes til utjevning av tregulv før disse males, eller pålegges linoleum.

Som foran nevnt, leveres Joanit i to kvaliteter, grov og fin. Den grove Joaniten brukes ved førstegangsbehandling for å fylle de større hull og sår. Den inneholder sand av maksimal kornstørrelse 0,4 mm. Den fine Joanit brukes til eftersparkling.

Joanitsparkelen kan også brukes ved reparasjoner av gammel bunn, eksempelvis oljemaling. Den gamle oljemaling bør da først slipes eller rues før sparkelen legges på.

Joanit sandsparkel kan pålegges med almindelig sparkelverktøy eller sprøytes på flatene når disse er store nok til at sprøyting er hensiktsmessig. Den påsprøytede sparkelmasse jevnes ut med store, brede gummi-sparkler opp til 45 cm bredde, og når sparkelmassen har fått tid til å sette seg noe, filses med gummisletter.



Fig. 2: Påføring av tynnpudd med stenkapparat.

Efter 4 timers forløp vil flatene være så tørre ved normal temperatur at de kan slipes for siste gangs sparkling med fin Joanit.

Ved vanlige betongflater støpt mot plater vil som regel 3 gangers behandling være nødvendig, nemlig:

1. Utsetting av de større hull, grader, sprekker m. v.
2. Bredsparkling med grov Joanit.
3. Finsparkling med fin Joanit.

Ved behandling av særlig glattstøpte lameller eller sparkling av jevn, fin Xtongstav, vil én gangs utsetting og én gangs bredsparkling ofte være tilstrekkelig. Til siste gangs sparkling med fin Joanit bør helst anvendes en bred stålsparkel eller skrapsparkel, som svenskene kaller den, for å få et tynt lag.

Sparkling eller sprøyting krever noe mer materiale selv om Joaniten da kan tynnes mer, men man sparer vesentlig tid på arbeidet, og det er lettere å utføre. For sprøyting av Joanit sandsparkel anvendes en pistol av spesiell konstruksjon. Sprøytingen kan skje med materialbeholder på pistolen fast eller bevegelig i det vertikale plan av hensyn til taksprøytingen, eller pistolen kan tilkobles en trykketank, hvor det gjelder utførelse av riktig store arbeider.

Forbruket av Joanitsparkelen varierer meget, men erfaringene har vist at av grovsparkel medgår ca. 0,3 til 0,7 kg pr. m² og av finsparkel

0,2 til 0,5 kg pr. m² ved vanlige flater.

Torretid vil ved normal temperatur, dvs. lukket rom og ca. 10—12 graders varme, dreie seg om ca. 3 å 4 timer som altså er nødvendig tid mellom forskjellige arbeidsoperasjoner. Trekk og for lav temperatur har stor betydning for tørretiden; ved ugunstige forhold kan den komme opp i et døgn.

Såvel den grove som den fine Joanit gir meget liten synkning ved sparkling av huller og ujevnheter opp til 10 mm dybde. Den sprekker ikke og har elastisitet i forhold til underliggende materialer. Gjelder det sparkling av særlig stygge flater, lønner det seg å tilsette litt sand og cement ved første gangs sparkling for å spare på de dyre materialer.

Da Joanit ikke er absolutt uoppløselig i vann, kan den ikke anbefales for utendørs arbeid ved større flatebehandlinger. Innvendig kan den brukes i alle slags rom. Den kan overmales med de aller fleste kvaliteter maling, dog ikke celluloselakk. I fall man vil bruke limfarver utenpå sparkelen, bør denne først forsterkes med et strøk alkydolje eller lignende av hensyn til en mulig senere nedvasking av limfarven.

Joanit bør ved større arbeider lages opp til pasta dagen før arbeidet skal utføres. Pastaen vil ha en langt smidigere og behageligere konsistens for arbeidet efter en dags henstand

enn om den benyttes med en gang. Ved større arbeider lages pastaen best i cementblandere, og pastaen kan stå i disse fra dag til dag uten at man risikerer oppherdning som gjør den ubrukelig.

I svensk bygningsindustri har behandlingen på upusset, glattstøpt betong med sandsparkel og etterfølgende tofarve-sprøyting vunnet en meget bred plass. Man har funnet at PVA malinger utført i to strøk eller i én operasjon i tofarvesprøyte, gir en rasjonell rimelig behandling, meget holdbare flater og mange muligheter for variasjon i farver. Utførelsen av sprøytingen med PVA plastmaling gjøres med en for arbeidet spesialkonstruert pistol. Denne pistol sprøyter i en operasjon to forskjellige farver i plastmalinger, derav betegnelsen tofarvesprøyting. Det plastmalingsbelegg man får på veggflater kan varieres i tykkelse og mønstre. Plastmalingen er sterkt vannavvisende overfor ytre påvirkning, men er porøs nok til å slippe fuktighet ut fra betongen, slik at skallinger unngås.

International Farvefabrikk A/S, Bergen — IFA — har allerede i et par år levert en sådan sprøyteplast under betegnelsen *Interlight Sprøyteplast PVA*. Materialforbruket ved denne sprøyten varierer naturlig etter kravene. Vi regner at 1 kg Interlight Sprøyteplast dekker fra 1,8 til 6 kvm, alt efter den tykkelse man ønsker pålagt. Disse plastflater har særlig gode egenskaper overfor vann, alkalier, kjemikalier og mekanisk påkjenning. Etterbehandles den sprøytede plast med en spesiell klar plastlakk, vil man ved denne behandling under mange forhold kunne erstatte fliser.

Overingenior Brekke: Det er jo allerede talt mye her om forskaling og om hvordan overflaten bør være før man bruker en finpudd. Før jeg sier litt om Kåbetekk og sammensetningen av denne, vil jeg nevne hvorfor man beskjeftiget seg med en ny sparkelmasse. De pussmaterialer som inntil nå har vært mest anvendt, og som i fremtiden vel også kommer til å bli mest anvendt, er jo mørtel, enten kalkmørtel eller cementmørtel. Den sterke posisjon disse materialer har fått, skyldes først og fremst at de er billige og dernest at vanlige støpte betongflater har vært slik at de har nødvendiggjort store mengder pussmaterialer. Arbeidet med vanlig mørtel har jo visse ulemper, som f. eks. mye søl på byggeplassen, den tilfører bygget vann som må tørkes ut, og avbindingen av kalcium-hydroksyd tar lang tid. Un-

der denne reaksjonen frigjøres mye vann, veggene svetter. Så lenge prosessen varer, vil veggflatene reagere alkalisk, og dette umuliggjør en vanlig ferdigbehandling med oljemaling, alkydmaling og tapetsering; man må vente. I de senere år har man gått over til forskalingsmetoder som har gitt glattere og planere vegger og himlinger enn tidligere. Det har medført at det ikke er nødvendig med puss i så store tykkelser som før. Man kan altså gå over til mer kostbare materialer pr. kg.

I enkelte bygg har man malt direkte på betongen med komposisjonsmalinger, som jo til dels er direkte motstandsdyktige mot alkalier, men slike malinger har også visse ulemper. Gips og finkalk har også vært forsøkt, men forsøkene har ikke falt helt heldig ut. Det vi kaller Kåbetekk er en sandsparkelmasse som vi mener har gunstige egenskaper til dette bruk. Den er laget av fingradert sand av en ganske bestemt kornsammensetning og visse andre anorganiske fyllstoffer. Den inneholder hverken kalkhydrat, gips eller cement. Som limstoff brukes et spesielt bindemiddel med meget stor overflatespenning og dermed stor kohesjonskraft. Det er altså et lim som foruten å binde massen sammen, også binder denne til underlaget, uavhengig av om dette er porøst, ujevnt eller glatt. Kåbetekk er kjemisk nøytralt og inneholder lite vann (ca. 20 %). Det tørker derfor fort opp, og det skjer ingen kjemisk reaksjon, hverken under tørkingen eller senere, hvorfor man kan male eller tapetsere direkte på etter tørkingen. Noen forsøpning av olje eller alkyd finner ikke sted. Rengjørings- og uttørkingsomkostningene blir derfor meget små. Det er viktig at underlaget er rent, fritt for støv og fett. Hvis det henger olje på veggen etter forskalingslemmene, bør man gå over med karborundumsten. Er underlaget meget tørt og sterkt sugende, bør det fuktes. Påleggingen kan finne sted samtidig eller etter at snekkerarbeidene er ferdige. Kåbetekk er ufarlig å arbeide med. Man risikerer ikke odelagte fingrer og hender eller øyenskader.

Når det gjelder forbruket av Kåbetekk, er det store variasjoner, avhengig av flatene, men erfaringene peker på et forbruk på fra 1,0—1,5 kg/m². Kåbetekk er også blitt brukt til oppretting av buler i betongflaten. Kvisting bør finne sted innen 1 uke etterat forskalingen er fjernet. Ved skjøtsparkling brukes en tilsetning på inntil 20 % portlandcement. Siste uttrekk gjøres med ren Kåbetekk, og etterbehandlingen kan da

skje etter opptørkingen, dvs. 1—3 dager, alt etter klimaforholdene. Når det gjelder glatte flater, er det tilstrekkelig med skjot- og kvistsparkling, samt et lag Kåbetekk, både når det gjelder maling og tapetsering. På tak brukes vanlig skjot- og kvistsparkling, samt to Kåbetekklag. Hull kan også repareres lett med Kåbetekk. Selv på pussede flater får man jevn overgang uten synlige skjoter.

Kåbetekk er forholdsvis nytt her i landet, men det har i løpet av tre år blitt brukt på ca. 1 mill. m² flate. Vi legger sparkelmassen på med hånden. I Sverige har man gått mer over til sprøyting, særlig hvor det er store flater, både med og uten eftersparkling for hånd. Dette stiller krav til bedre koordinering med de andre byggearbeider. De forsøk med sprøyting som har vært drevet her i landet, har ikke ført til særlige resultater, men vi er oppmerksom på mulighetene og prøver å følge med.

ORDET FRITT

Sivilingeniør Lidsheim: Dr.techn. Schjødt nevnte forskalingstrykk. Hvis vi vibrerer en betong med stor effekt, blir trykket større enn om man vibrerer med mindre effekt. Jeg vil derfor spørre Schjødt hva slags vibratorer han har brukt, hvor stor stoppehastigheten var, hvor store veggtykkelsene var, og hva slags konsistens betongen hadde. Det er blitt referert trykk på opp til 5000 kg/m² fra de undersøkelserne dr. Schjødt gjorde. Jeg må få lov å referere en undersøkelse av professor N. Hart ved KTH. Såvel normaltrykket mot formveggen som trykket i betongen er målt i etasjehøyde elementer, 1 m brede og med tykkelser 13 og 20 cm. Formen var av tre, stoppehastigheten var 1,7 m/t, vanncementtallet 0,5 for vibrobetongen og 0,6 for den uvibrerte betongen. Formtrykket oversteg ikke 1,8 t/m², og var noe mindre ved vibrobetongen enn ved den uvibrerte betongen. Disse resultater gjelder altså tynne betongvegger som nå anvendes i husbyggeriet. Der må det vel være noe som ikke stemmer overens med dr. Schjødts undersøkelse; jeg tror det skyldes feilaktig bruk av betongkonsistens og bruk av for kraftige vibratorer.

Dr.techn. Schjødt: De 5000 kg/m² gjelder ikke for vanlig støping, men ved fremstilling av naturbetong, slik som den anvendes på Regjeringsbygget. Her fylles forskalingen med sten, og derefter presses mørtel inn i hulrommene.

Det største trykk vi har målt for vanlig støping er 3200 kg/m², men vi

har ikke gjort så mange målinger at vi kan si dette er det høyeste som kan forekomme. Selvfølgelig er trykket avhengig av vibratorstyrken. Vibreringen medfører at betongen for en tid overføres til væskeform, altså at den indre friksjon blir opphevet. Trykkets størrelse er avhengig av hvor dypt ned denne væskeeffekten rekker. Trykk-kurvene viser at første gang vibratoren settes på, stiger trykket nøyaktig til den høyde som tilsvarende betongvekten. Annen gang stiger den til f. eks. 95 %. Tredje eller fjerde gang får man bare et lite hakk i kurven. De 3200 kg/m² er målt i en søyle, 1x1 m, og det var A-betong. Andre data kan jeg dessverre ikke gi. Hvor stor rolle forskalingen spiller, vil man forstå når jeg sier at i ganske våt betong stopt i glissen forskaling, har vi ikke målt mer enn ca. 500 kg/m². Dessverre kan jeg ikke gi data om stoppehastigheten og vibratorer på stående fot.

Sivilingeniør Reymert: Siviling. Bouvin nevnte at poredannelsen vesentlig forekom i den øvre tredjedel av veggen. Der hadde man oppnådd gode resultater ved å eftervibrere etter ca. 1 t. Har dr. Schjødt noen kommentar til dette?

Dr. techn. Schjødt: Med hensyn til porer og etterbehandling vil eftervibreringen spesielt være gunstig mot luftporene.

Sivilingeniør Fjøsne spurte om prisene på de forskjellige materialene.

Murmester Sæther: Når ingenlor Fjøsne spør om priser, tenker han vel på prisen pr. m² for ferdig utført arbeid. Dette varierer svært, alt avhengig av stedlige forhold, stillingsforhold og ikke minst av entreprenøren.

Prinsipielt oppgir ikke vi noen bestemte priser som «riktige», men Mirak innvendig puss koster vanligvis bare 70 % av vanlig finpuss. Mira-Matt kan variere ganske meget, alt etter veggens beskaffenhet, men såvel tynnpuss som slemming, må sies å være svært rimelige i forhold til den sikkerhet og estetiske effekt man oppnår.

Mimal cementmaling, som vanligvis utføres av maler, er svært billig som utførelse, og forbruket av Mimal pr. m² vil koste ca. 70 øre.

Sivilingeniør Nøstdal: Dette med priser på ferdige materialer er noe vi ikke godt kan si noe bestemt om. Når det gjelder våre produkter, så er også forholdet det at de ligger i fagskillet mellom murer og maler, og dette kan influere sterkt på prisen. Når det gjelder Mineralpuss, ligger prisen på ca. 30—35 kr./m² innbefattet underpuss. T-maling,

hvor det slemmes først og siden trekkes på, ligger omtrent på samme tariffpris som Mira, dog avhengig av materialforbruket. Den billigste behandlingsmåte for lettbetong er etter vår mening, enten et tynt strøk T-maling og et tykkere annet strøk, eller rapping eller slemming og så et grovt strøk T-maling. Dette blir en ganske rimelig behandling, men man risikerer da at konturene av blokken kommer frem. For betong som er litt stygg, vil det vanligvis være nødvendig med en grov maling. En maler vil kunne gjøre dette relativt rimelig med ett strøk og et materialforbruk på ca. 2 kg/m², dvs. ca. kr. 1,50 for materialet og en mesterpris på 3—4 kr./m². På flater hvor man anvender vanlig Mineralitmaling, type G eller finere, blir det som regel malerarbeid. Prisene avhenger sterkt av de stedlige forhold, men vil i alle fall ligge betraktelig under prisen for T-maling. Materialforbruket er fra 0,5 til 0,75 kg/m², dvs. fra kr. 0,50 til kr. 0,75. Hvis bunnen er tvilsom, slik at man må tilsette Mineralitvæskene i malingen, vil dette maksimalt dreie seg om 20 % tillegg.

Når det gjelder prisen på Murex, blir dette omtrent det samme som for Mirak.

Kaptein Krefling: Når det gjelder priser, bør man vel skjelve sterkt mellom den innvendige og den utvendige behandling. De utvendige flater er jo som regel betydelig grovere enn de innvendige. Jeg tror at man kan si at de mer ortodokse typer av malinger vil være best innvendig. De utførelser som vanligvis brukes idag, vil vel ligge på en mesterpris på 4—5 kr. Vi vet jo at det er mulig å få det betraktelig billigere. En behandling av én gang emulsjon og én gang Latex ligger på 3,85—4 kr. Forøvrig er jo prisene avhengig av anbudsstørrelse. Det eneste man kunne saklig diskutere her, er materialprisene pr. m², men selv det kunne være vanskelig nok.

Overingeniør Brekke: Jeg er enig i at disse prisene er vanskelig å diskutere. Innledningsvis nevnte jeg at forbruket av Kåbetekk ligger på 1—1,5 kg/m², og prisen på Kåbetekk levert byggeplass i Oslo er kr. 0,87 pr. kg. Materialprisen ligger da på maksimalt kr. 1,30 pr. m². Kåbetekk leveres jo fullt ferdig fra fabrikk, og det blir ikke noe ekstra arbeid med blanding. Bruker man mer enn ett uttrekk, så fortynnes ofte Kåbetekk med cement eller gips for å gjøre materialet billigere. Inntil nå har Kåbetekk vesentlig vært brukt av malere, og prisen pr. m² flate tror jeg

ligger godt under 75 % av prisen for finpuss.

Sivilingeniør Bakke: I Oslo Mørverks brosjyre er det oppgitt for type G og type T av cementmaling at ett strøk av denne dekker betong og støpeskjøter, og de krav man stiller for ett strøk, delvis fordi man får skjolder og delvis fordi man på annen flate enn betong risikerer ganske sterk krakelering. Når det gjelder priser, har jeg fått opplyst at en murmester kan lage sin egen cementmaling av materialer som fås på det åpne marked til en pris av 0,30—0,40 kr./kg. Jeg vil gjerne spørre om det i fabrikkene tilsettes stoffer som berettiger priser som er to og tre ganger så høye? Så vil jeg spørre om man har noen erfaring for hvor lenge en cementmaling utvendig står?

Sivilingeniør Nøstdal: Når det gjelder ett-strøks maling, kommer det an på hva slags bunn det er og hva slags farve som skal brukes. Er det en gammel gård med ujevn puss eller ujevn betong, er det tvilsomt om ett strøk vil gi godt resultat. En ny gård vil som regel kunne males med ett strøk, iallfall med temmelig lette farver. På betong har vi brukt den grove typen med temmelig sterke farver, f. eks. grønn, uten å være plaget av skjolder.

Når det gjelder svinnsprekker, vil jeg si at bruker man Mineralitmaling i de tykkelser og under de forhold som står på bruksanvisningen, vil man ikke få generende svinnsprekker. Prisen på våre materialer er jo godkjent av Prisdirektoratet, og det ligger ikke kr. 0,70 i fortjeneste pr. kg. Vesentlige andre ting kommer til. Vi sier at våre malinger består av hvit cement, kunstig graderte mineraler og visse kjemikalier. En annen ting er at denne murmesteren måtte blande materialene på byggeplassen, og det kan være vanskelig

å oppnå den noyaktige blandingen som disse pigmentene trenger.

Når det gjelder hvor lenge en Mineralitmaling står, har vi ikke så veldig lang tid å bygge på, men de byggene som ble gjort i 31, 32 og 33, står iallfall skikkelige idag. Ved skikkelig utførelse kalkulerer de offentlige institusjoner med 20 år.

Murmester Sæther:

Det lar seg ikke gjøre å lage en skikkelig murmaling for en pris av kr. 0,30—0,40 pr. kg. Man kan godt lage en murmaling av hvitcement, kalk og stennel, men det vil ikke være i tråd med hverken Oslo Mørtelverks eller vår linje. Det fins mange komponenter i en cementmaling utenom de som er nevnt, f. eks. poremidler, svevemidler, for at det ikke skal synke for fort til bunns i karet, vannavvisende effekter, en rekke ting som skal holde på fuktigheten osv. Det lar seg ikke gjøre å tjene kr. 0,70 pr. kg på en slik cementmaling av god kvalitet.

Arkitekt Bernhoff Evensen: Jeg vil gjerne stille et par spørsmål om disse mineralmalingene til utvendig bruk.

Tilfelle nr. 1 gjelder et betongbygg forblendet utvendig med teglsten og malt direkte utvendig med grå mineralmaling. Bygningen er i 6 etasjer oppbygget med et parapet. Bygningen har luftet tretak, og parapetet er dekket med et vanlig beslag. Arbeidet ble utført på høsten. Farven er jevn og fin over hele bygget unntatt over 6. etasje på oppbygget, hvor den er meget skjoldet. Jeg vil gjerne spørre om dette kan rette seg i løpet av en varm sommer, dernest om det er konstruksjonen som er skyld i skavanken, og hva man kan gjøre for å unngå slikt?

Tilfelle nr. 2 gjelder et bygg i siporex mur pusset med en alminnelig grov B-mortel-puss og malt med mineralmaling i rød farve. Arbeidet



Fig. 3: Påføring av tynnpudd med stålbrett.

ble utført om høsten i relativt fuktig vær; det var ikke kuldegrader. Etter kort tid slo det ut på den ene siden noen hvite skjolder. Det var et hårdt, hvitt belegg som ikke lot seg fjerne. Fasaden må males om. Jeg vil høre om mineralmalingsfabrikantene har vært mye plaget av skjolder på pussete underlag?

Stivling. Bech, Oslo Mørtelverk: Jeg vil gjerne gi noen opplysninger om våre erfaringer med Mineralitmaling. Vi har bygninger som er malt for 25 år siden og som står like fine idag uten vedlikehold. Fyrvesenet har brukt Mineralitmaling siden 1936 og har gode erfaringer.

Når det gjelder de byggenes som arkitekt Bernhoff Evensen nevnte, ble malingen foretatt under ugunstige fuktighetsforhold. Det tilfellet med skjolder over øverste dekke vil antagelig rette på seg med uttørring, men det vil ta lang tid. Det andre tilfellet med disse sterke utslagene har forekommet fra tid til annen inntil for to år siden. Jeg tror vi nå mestrer dette problemet med spesielle tilslag.

Murmester Sæther: Jeg vil bare legge til at vi meget sterkt fraråder å utføre slike arbeider under så ugunstige forhold. Utslagene skyldes mange ting, det kan være salter, kalk, karbonater osv. Man har analysert enkelte slike utslag, de kan ha inntil 20—30 komponenter, og det skyldes stoffer inne i veggen. Å stenge disse fra å komme ut, er ikke riktig, men det kan tenkes metoder som gir muligheter for å eliminere virkningene. Vi har bl. a. samarbeidet med Baierwerke i Tyskland som har stillet laboratorium til rådighet og arbeidet med disse problemer. Det gjelder ikke bare mineralmalinger, man får jo også utslag på betong, natursten, teglsten osv. Som jeg har poengtert før, gjelder det først og fremst å treffe det riktige materialvalg, og jeg tror det er her det ofte svikter, særlig for arkitektene. Man bør rådføre seg med fagfolk på området hvis man ikke føler seg helt slakte.

Arkitekt Bernhoff Evensen: Når det gjelder disse spesielle tilfellene, har vi gått frem nøyaktig slik som fabrikanten foreskriver. Utførelsen av både underpuss og påføringen av selve malingen har skjedd i overensstemmelse med instruksene. Den eneste ugunstige faktor var at det var endel fuktighet i luften. Det forekommer meg å være en kjedelig egenskap ved en mineralmaling at den krever slike idealforhold at man ikke kan få et godt resultat innen rimelige grenser. Det at en mineral-

maling får slike skjolder, setter jo en sterk begrensning på farvevalget; man blir henviset til lyse, gråaktige farver, hvor skjoldene ikke vises.

Sivilingeniør Svendsen: Det er nødvendig å presisere det som murmester Sæther nevnte, at utslagene i de fleste tilfelle ikke skriver seg fra komponenter i cementmalingen, men fra komponenter i underlaget. En av de ting vi er meget redd for i forbindelse med en overflatebehandling, er å gjøre den helt diffusjonstett. Tar man hensyn til dette og gjør cementmalingen forholdsvis åpen, vil uttørringen innenfra veggen trekke med seg salter som utkrystalliseres i poreåpningene i malingen.

Sivilingeniør Nøstdal: Utslagene kommer vanligvis frem under svært ugunstige forhold. Ved maling i fuktig vær tilsetter vi denne mineraltvæsken, slik at man slipper å fukte pussen eller betongen. Vi regner da at litt mindre fuktighet kommer inn i bygget og at uttørringen blir mindre, slik at faren for utslag også blir mindre. På ortodoks måte ble det i 1955 malt en sterk rød og en sterk grønn farve på Oppsal, og man fikk ganske kraftige utslag som nå helt er borte.

Sivilingeniør Reymert: For å komme tilbake til disse sparkelmassene, så kom det vel ikke helt frem hvor de ikke skal brukes og hvor man bør være forsiktig. Det har vært hevdet at de ikke skal være bra under fuktige forhold, og jeg vil gjerne høre hva fabrikantene har å si til det?

Kaptein Krefthing: Når det gjelder Joanit-sparkel, så tåler denne ikke direkte vannpåvirkning, men godt overmalt kan den anvendes i fuktige rom. Hvis undermaterialet tar til seg sterk fuktighet utenfra og denne slår igjennom, vil vannet løse sparkelen i bunnen, og man kan få helt avflakning av både sparkel og malingslag. For å rette på dette har man ikke noe annet å gjøre enn å behandle bygningen utvendig. Når det gjelder utslagene, har vi hatt gode erfaringer ved å bruke silikoner, både utvendig og innvendig. Det har vist seg at en utvendig preparering med silikonvæske har gjort det mulig å male bygg innvendig, hvor dette ellers ikke hadde vært mulig. Teglstensbygg hvor man er utsatt for vanngjennomgang som ødelegger puss og maling på innsiden, vil ved en utvendig silikonbehandling bli godt beskyttet, og bruker man også silikoner på innsiden før man maler, vil det gå svært bra. På silikonbehandlede flater kan det males med emulsjonsmalinger og plastmalinger, men man

kan f. eks. ikke bruke en Joanit-sparkel på dem.

Sivilingeniør Svendsen: Kapt. Krefthing kom inn på dette med silikonbehandling som er et stort tema. Jeg vil bare tilføye at slik behandling har sin begrensning, særlig i forbindelse med sprekke- og rissdannelser.

Overingeniør Brekke: Jeg kan slutte meg til det som kapt. Krefthing sa. Kåbetekk har også vært brukt i fuktige rom. Hvis man tilsetter 10 % cement etter vekt, er den nemlig vannfast. Den har også vært brukt uten cementtilsetning i bad, og hvis det da males med en lakkmalning har ikke vi sett noen ubehageligheter.

Murmester Sæther: Mirak innvendig puss er jo en tynnpuks som vel ligger litt utenfor sparkelens anvendelsesområde. Meningen med Mirak er at den ikke direkte skal konkurrere med sparkelmassene på finere flater. Den er ment å kunne brukes på pent støpte vegger hvor det har vært brukt vanlig forskaling. Hvis en betong er vibrert og støpt med oljede finérplater, slik at den er glatt og blank, er ikke Mirak det rette å bruke. Det er to typer Mirak, en som er beregnet på lettbetong og en som er beregnet på betong. Lettbetong suger jo mye mer enn betongen. Mirak har en retard som tilsetningsmiddel som gjør at den er stengt. Betongen får en arbeidstid på 45 min., mens den typen som brukes på lettbetong også har et tilsetningsmiddel som gjør at den holder på vannet, slik at den kan bearbeides til ferdig flate. Gips er hovedbindemidlet sammen med andre tilsetningsmidler, og det vil ikke være mulig at fuktighet fra veggen skulle løse opp en innvendig puss. Man kan også vaske direkte på Mirak, og den kan brukes i bad som er malt med lakkmalning. Når det gjelder styrken, er det slik at man ikke kan få tørket bygget fort nok ut, hvis man da ikke gjør det så varmt at man tar bort krystallvannet i gipsen.

Murmester Aasland spurte om prisene på innvendig sandsparkel og refererte til en oppgitt pris på kr. 7,50 for Kåbetekk, og lurte på om det kunne gis noen anbudspriser til sammenligning?

Overingeniør Brekke: Jeg kjenner lite til disse prisene, men jeg tror denne prisen er ganske korrekt. Det dreier seg om priser fra 6—8 kr., avhengig av underlaget.

Ingeniør Vangberg: I en viss utstrekning har man gått tilbake til mer konvensjonelle metoder for innvendig puss, og da anvendelse av såkalt finpuss. Man magret finkalk med cement i forholdet 1:1 og til-

satte Drammenssand, slik at blandingsforholdet ble ca. 1 : 1 : 6

Sivilingeniør Svendsen støttet dette og fremholdt: En slik innvendig finpuss er brukt og brukes flere steder i landet med stort hell. Denne behandlingsmåten er teknisk langt bedre enn den såkalte finkalk med blandingsforhold 1 : 1, som dessverre brukes altfor meget idag. En så fet blanding vil lett føre til rissdannelse, spesielt hvis den må legges på i tykkere lag. Man danner dessuten en temmelig tett hinne som i stor utstrekning hindrer luftens kullsyre fra å slippe gjennom. Der hvor man har vanlig innvendig puss med bindemidlet vesentlig som kalk, vil karbonatiseringen ikke komme igang, og pussene får derfor liten eller ingen fasthet. Dette er særlig farlig for tak, og er sikkert en av hovedårsakene til mange av de tilfellene med skadet takpuss som vi har hatt i de siste år.

En finpuss i forholdet 1 : 1 : 6 vil ha langt mindre tendens til rissdannelse, og den blir også gjerne mer porøs. Den er kanskje ikke så lett å behandle som finkalken, men har

langt bedre resultater både direkte på betong og på en underpuss.

Ingeniør Vangberg: Vi regner at for å kunne bruke en sparkel, må vi sette noe større krav til flaten enn om vi bruker puss, og dette vil selvsagt koste noe mer. Det er en av grunnene til at vi har gått tilbake til puss. Vi sparer da endel i pussflick ved hjørner, tak og rørgjennomføringer. Dessuten har vi støtte i tariffene for denne pussingen; det er murere som gjør det. Noen pris på dette kan jeg vanskelig gi.

Sivilingeniør Nøstdal: Vi er klar over det behovet som har reist seg, og vi har laget et slikt materiale til en pris av kr. 30—40 pr. hl.

Firmarepresentantene fikk så anledning til å komme med et avsluttende innlegg.

Overingeniør Brekke: Dette med de glatte flatene som man oppnår med moderne forskalingsmetoder skulle vel være en rasjonalisering, slik at man slapp å anvende mørtel utenpå. Gjør man det, får man jo de samme problemer om igjen, altså en alkalisk overflate og opptaking av kullsyre, utskillelse av vann, svet-

ting på vegger osv., og man må jo igjen vente i måneder før man kan gjøre den siste overflatebehandling.

Kaptein Krefling: Valg av det riktige materiale på det riktige sted er viktig. Sandsparkel har også sin store misjon, spesielt i forbindelse med malingen.

Sivilingeniør Nøstdal: Jeg vil bare tilføye at vi gjerne kommer med råd i disse saker og yder service, og at vi har et laboratorium hvor vi kan ta spesialoppdrag.

Murmester Sæther: Jeg vil bare nevne spesielt Mirak som kan anvendes i forbindelse med en noe grovere og mer ujevn forskaling. Jeg er ikke helt enig i det materialvalg som ing. Vangberg nevnte. Drammenssand anser jeg for å være en dårlig sand til dette bruk, men det lar seg gjøre å lage en brukbar komposisjon på det grunnlag ing. Vangberg nevnte. Det ble sagt at Kåbetekk kan gjøres til en pris av ca. 75 % av finpussen; dette er vel ikke helt riktig, idet vi kan regne en finpusspris her i Oslo på 8—9 kr. pr. m², mens vi for Kåbetekk fikk oppgitt en pris på 7—8 kr.