DK 728.2.011.27(489)

BELLAHØJHUSBYGGERI

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT STUDIE NR. 15
I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG KØBENHAVN 1955

INDHOLD

Oplag:5oo

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT, København 1955

FORORD

Det byggeri, der i de sidste år har rejst sig på Bellahøj, har i kraft af de utraditionelle konstruktioner og arbejdsmetoder, der er anvendt, en ganske særlig interesse. Som følge heraf traf Boligministeriet (BM) og Statens Byggeforskningsinstitut (SBI) kort tid efter arbejdets påbegyndelse aftale om ansættelse af en særlig tilsynsførende - civilingeniør E. Hartoft-Nielsen - som dels ugentlig skulle aflægge rapport om arbejdets forløb til ministeriet, dels på længere sigt på SBI's vegne indsamle erfaringer vedrørende de nye konstruktioner og metoder. Da aktiviteten var på sit højeste, aflagde civilingeniør P. E. Malmstrøm for BM og civilingeniør Niels Munk Plum fra SBI hver anden uge besøg på byggepladsen sammen med ingeniør Hartoft-Nielsen.

Da arbejdet nærmede sig sin afslutning, traf de tre nævnte aftale med "Bellahøj-teknikerudvalget", under ledelse af stadsarkitekten i København, F. C. Lund, om at anmode en række teknikere om udarbejdelse af artikler, der beskrev arbejdet og de gjorte erfaringer indenfor deres specialområder. Disse artikler skulle efterhånden offentliggøres i fagtidsskrifter. Man anmodede samtidig ingeniør Hartoft-Nielsen om at påtage sig det "redaktionelle" arbejde ved artiklernes fremskaffelse og selv udarbejde et par bidrag med et koncentrat af de gjorte erfaringer.

Da teknikerudvalget samtidig stod overfor at skulle udgive en rapport over det forsøgsbyggeri, som var gået forud for punkthus-byggeriet, enedes man om at optage forsøgsrapporten blandt de øvrige artikler.

Endelig enedes man med "Udvalget (af 1946) vedrørende 5-10 etagers boligbyggeri" om, at resultatet af dettes arbejde samtidig skulle offentliggøres i en artikelserie, og at der af samtlige artikler skulle tages særtryk, som kunne samles i en bog om højhusbyggeri.

Materialet suppleres endelig med 2 originalbidrag:

1. Om Bellahøjbebyggelsens disposition og den forudgående konkurrence.
2. Om byggegrundsundersøgelserne for Bellahøjbebyggelsen.

Denne bog foreligger hermed, og vi håber den vil kunne være til nytte ved projektering og udførelse af fremtidigt højhusbyggeri.

Vi vil gerne benytte lejligheden til at takke samtlige forfattere, redaktøren samt arkitekt Povl Abrahamsen, der har forestået bogens tilrettelægning, for godt arbejde og samarbejde, og specielt vil vi takke de to sidstnævnte for den under det meget langvarige arbejde udviste store tålmodighed.

Oktober 1954.
STADSARKITEKTENS DIREKTORAT
Curt Bie
STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
Niels Munk Plum

1

BELLAHØJBEBYGGELSENS TILBLIVELSESHISTORIE OG ENDELIGE FORHOLD

BELLAHØJBEBYGGELSEN

Tilblivelseshistorie og endelige forhold i oversigt.

af afdelingsarkitekt M. A. A. Curt Bie.

Tilblivelseshistorie.

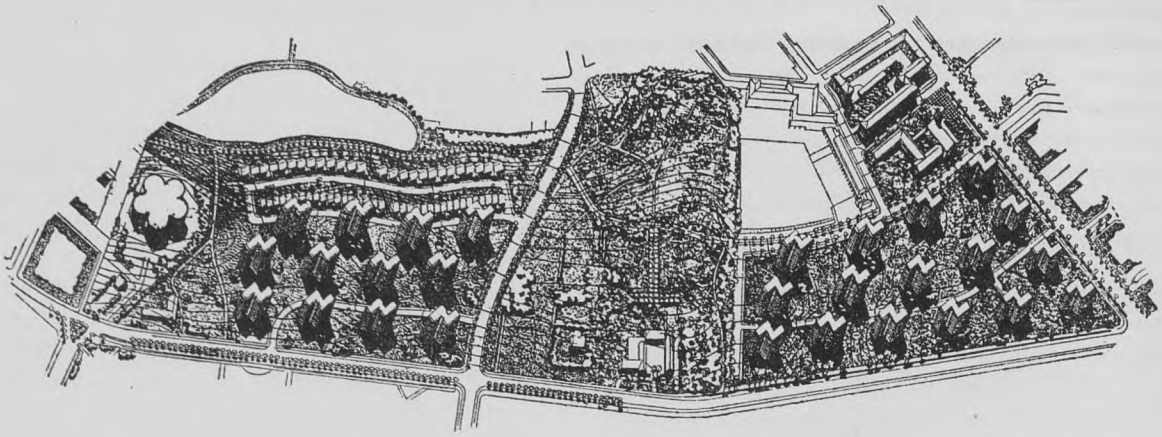
Forberedende arbejder, projektering og opførelse.

Bellahøjarealerne var medindbefattede i de store arealerhvervelser, som Københavns kommune foretog ved århundredskiftet for bedst muligt at kunne gøre sine synspunkter gældende i den forestående byudvikling ud efter.
Hen mod den anden verdenskrig - og i hovedsagen væsentlig tidligere - var der disponeret med hensyn til udnyttelsen og udformningen af det område, hvortil Bellahøjarealerne hører, dog bortset fra de højt liggende og meget fremtrædende arealer umiddelbart nord og syd for parken omkring selve Bellahøj.

I 1944 - under krigen, men på et stadium af denne, hvor man begyndte at håbe inden altfor længe atter at kunne koncentrere sig om fredelig virksomhed - udskrev kommunen en konkurrence om en bebyggelsesplan for boligbebyggelse på disse arealer.
Konkurrencens 1. præmie tildeltes et af arkitekterne Mogens Irming og Tage Nielsen i samarbejde med civilingeniør P.O. Brems udarbejdet projekt, hvori der - ligesom i et flertal af konkurrenceprojekterne - i væsentlig grad var regnet med højhuse af moderate dimensioner, både i lodret og vandret udstrækning. Som noget særligt for 1. præmie projektet var højhusene i dette formede som dobbelt-punkthuse, hvert bestående af 2 blokke forbundne ved en trappe-mellembygning.
Efter at have orienteret sig i konkurrencematerialet anmodede kommunen Mogens Irming og Tage Nielsen om i samråd med stadsarkitekten og stadsingeniøren at indpasse visse nærmere angivne ønsker i projektet, således fjernelse af en i dette ifølge konkurrenceprogrammet påregnet vejforbindelse samt indføjelse af garageanlæg, yderligere butiksanlæg m.v. Dette resulterede i en plan, der i foråret 1947 blev vedtaget af borgerrepræsentationen som dispositionsplan for arealerne.

Kommunen havde oprindelig til hensigt selv at gennemføre en del af byggeriet i samarbejde med en række boligselskaber som bygherrer for bebyggelsen i øvrigt, og i den første tid efter vedtagelsen af dispositionsplanen arbejdedes der ud fra denne forudsætning. De boligselskaber, der gik med ind i sagen, var Arbejdernes Andelsboligforening, Arbejdernes kooperative Byggeforening, Københavns almindelige Boligselskab og Socialt Boligbyggeri. Efter beslutning af borgerrepræsentationen trak kommunen sig imidlertid i 1950 tilbage som bygherre og overdrog sit afsnit til bygherren for naboafsnittet, KAB.

Sagen førtes herefter videre af AAB,AKB,KAB og SB som bygherrer, med teknikerarbejdet varetaget af de i det følgende nævnte virksomheder.
Arkitektarbejdet: For AAB's afsnit Dan Fink, for AKB's afsnit Eske Kristensen, for et "anneks" til AKB's afsnit (på nordarealet, med et af de senere nævnte fællesvaskerier) Mogens Irming og Tage Nielsen, for KAB's oprindelige afsnit A/S Dominia's arkitektafdeling, for KAB's fra kommunen overtagne afsnit stadsarkitektens direktorat, for en del af SB's afsnit Edvard Heiberg og Karl Larsen og for en anden del af SB's afsnit Ole Buhl og Harald Petersen.
Ingeniørarbejdet: For AAB's, AKB's og SB's afsnit Birch & Krogboe, for KAB's oprindelige afsnit A/S Dominia's ingeniørafdeling og for KAB's fra kommunen overtagne afsnit Københavns kommunes rådgivende ingeniørkontor.
Havearkitektarbejdet: For samtlige afsnit C. Th. Sørensen.



Mogens Irming og Tage Nielsen i samarbejde med civilingeniør P.O. Brems: Bellahøjbebyggelsen, Konkurrenceforslaget fra 1944. Axonometri 1:8000.

Mogens Irming og Tage Nielsen i samarbejde med Stadsarkitektens og Stadsingeniørens direktorat: Bellahøjbebyggelsen, Dispositionsplan fra 1947. Situationsplan 1:8000.

Mogens Irming og Tage Nielsen i samarbejde med Stadsarkitektens og Stadsingeniørens direktorat: Bellahøjbebyggelsen, Bebyggelsesplan fra 1950. Situationsplan 1:8000.

Af de i dispositionsplanen angivne bygningsanlæg var et kulturcenter på nordarealet og et vandrerherberg på sydarealet ikke blevet overdraget boligselskaberne som byggeopgaver. Kulturcentret er ikke endnu blevet taget op til nærmere projektering. Vandrerherberget har kommunen senere selv påtaget sig som byggeopgave, med arkitekt- og ingeniørarbejdet varetaget af henholdsvis stadsarkitektens direktorat og Københavns kommunes rådgivende ingeniørkontor.

Teknikerne oprettede straks efter deres tiltræden - i sommeren 1947 - et teknikerudvalg til behandling af fællesspørgsmål og sådanne spørgsmål, som man straks eller senere måtte finde anledning til at underkaste særlig undersøgelse. Udvalget har været ledet af stadsarkitekten, der tillige overfor de øvrige projekterende repræsenterede kommunen som - bl.a. i egenskab af grundsælger - myndighed i udformningsspørgsmål, og Mogens Irming og Tage Nielsen, der først noget hen i sagen fik overdraget deres ovenfor nævnte byggeopgave, har fra starten været tilknyttede udvalget med den særlige opgave at medvirke til gennemførelse af helheden efter dispositionsplanens retningslinier.
Teknikerudvalget holdt møder ca. hver 14.dag, undertiden med kortere mellemrum, gennem hele projekteringen, og også under byggeriet, navnlig i dettes første tid, har udvalgsvirksomheden været fortsat.
Foruden nærmere planlæggelse af de i dispositionsplanen angivne bygninger, som nævnt i hovedsagen højhuse, resterede ved bygherrernes og teknikernes tiltræden al disponering vedrørende fællesanlæg såsom varmecentral, vaskerier m.v., vedrørende hvilke der for at give rimeligt spillerum for bygherre- og teknikersynspunkter - ikke var taget stilling i planen.
På flere områder stod teknikerne overfor problemer, ved hvis løsning de i høj grad savnede hjemlige erfaringer at støtte sig til. F. eks. havde man ingen praksis, end ikke faste lovmæssige bestemmelser, vedrørende brandsikring i højhuse, medens spørgsmålet om konstruktion af sådanne huse - foruden i sig selv at være problematisk - var vanskeliggjort ved sammenfiltring med tvivlsspørgsmål om materiale- og arbejdskraftmuligheder m.v. Teknikerudvalget nedsatte straks til behandling af sådanne spørgsmål nogle underudvalg, således et brandsikringsudvalg, et konstruktionsudvalg og et installationsudvalg, senere et vaskeriudvalg.
Medens de fleste af underudvalgene kun arbejdede i en kortere periode - eller kortere perioder - af teknikerudvalgets samlede virketid, arbejdede konstruktionsudvalget næsten uafbrudt, sideløbende med teknikerudvalget, i hele projekteringsperioden, og dets virksomhed kom bl.a. til at omfatte ledelsen af en række forsøg, som - da man mente at have fået klaret begreberne noget - blev iværksat til prøvelse i praksis af forskellige af de overvejede metoder.

Da underudvalgenes undersøgelser skulle tjene projekteringen, måtte denne i begyndelsen og periodevis også senere enten hvile eller forme sig som eksperimenter i tilknytning til undersøgelserne.

Projekteringen kom i øvrigt til foruden de spørgsmål, der var holdt åbne i dispositionsplanen, at omfatte en vis omarbejdelse af denne, f. eks. kan nævnes, at de gennemførte forhold med hensyn til vejføring og garagesystem (underjordiske anlæg med græs ført hen over) er foreslået af havearkitekten som ændringer til dispositionsplanen.

I foråret 1950 var alt så vidt klaret og godkendt af bygherrerne og myndighederne, at arbejdet på stedet kunne påbegyndes. Opførelsesarbejderne er blevet igangsat etapevis, under hensyntagen til bl.a. de engagerede entreprenørers rådighed over materiel til brug ved udførelsesmåder som besluttet. Den næstsidste femtedel af bebyggelsen er nu under opførelse, og den sidste står foran snarlig påbegyndelse.
Udtagne af byggeprogrammet efter bygherrernes ønske og med kommunens billigelse er indtil videre de i dispositionsplanen påregnede rækkehuse ved Degnemosen.
Vandrerherberget, der som ovenfor nævnt gennemføres som kommunalt byggeforetagende, er under opførelse.

Endelige forhold.

Arealer, bygningsanlæg m. v.

Bellahøjbebyggelsens samlede grundarealer, omfattende boligselskabernes afsnit og vandrerherbergets grund, der ligger længst mod syd på sydarealet, men bortset fra kulturcentergrunden på nordarealet, er ca. 145.000 m², eksklusive tillægsarealer, der udgør ca. 10.000 m².

Den projekterede og for størstedelen opførte eller under opførelse værende bebyggelse har bruttoetagearealer på i alt ca. 125.000 m², heraf i højhuse ca. 115.000 m², i rækkehuse (der, jfr. ovenfor, måske ikke kommer til opførelse) ca. 3.000 m², i butiksbygninger ca. 2.000 m², i fællesvaskerier ca. 1.000 m², i børneinstitutionsbygninger ca. 2.000 m² og i vandrerherberget ca. 2.000 m².

Højhuse, i alt 28, med fra 9 til 13 beboelsesetager, inklusive tilbagerykkede tagetager, indeholder i alt 1295 lejligheder på fra 1 værelse med alkove til 3 værelser med 2 kamre, hvor 2 værelser, 2 værelser med kammer og 3 værelser er rigeligst repræsenteret, medens 2 værelser med 2 kamre og 3 værelser med 1 kammer udgør en anden større gruppe.

Rækkehuse, i alt 26, er projekteret som gennemgående indeholdende en lejlighed med 3 værelser og 2 kamre pr. hus.

Et af højhusene på nordarealet er et kollektivhus med 82 lejligheder, hvoraf 80 à 2 værelser og kammer og 2 à 2 værelser, samt nogle værelser for husassistenter og gæster. I huset er der portner, som også yder service med hensyn til varemodtagelse og telefonbesked, og hos hvem endvidere assistance til hushjælp kan rekvireres.
Til huset er knyttet en - offentligt tilgængelig -

restaurant, hvor beboerne kan indtage flere eller færre af deres måltider, som dog også kan leveres dem i boligerne. I forbindelse med restauranten er der nogle mindre selskabslokaler. Huset indeholder i øvrigt en børnehave, hvor beboerne har fortrinsret.

Af børneinstitutioner er der foruden den i kollektivhuset indrettede børnehave, der er for 50 børn, projekteret en institution på sydarealet, som endnu ikke er opført, indeholdende en børnehave og et fritidshjem hver beregnet for 60 børn.

Legepladser for småbørn er indrettet i umiddelbar nærhed af beboelseshusene.

Butikker er foreløbig indrettet i een-etagesbygninger på nordarealet, sluttende sig til de 3 højhuse nærmest Frederikssundsvej, derunder kollektivhuset, og grupperende sig om 3 små butikstorve. Til opførelse på syarealet, ud for Godthåbsvej, er projekteret et mindre butiksanlæg.

Af centralvaskerier er der regnet med 2, et på nord- og et på sydarealet. Heraf er endnu kun det førstnævnte opført. Dette er indrettet med såvel selv- som indleveringsvask for øje, og af hensyn til "selvvaskerne" er der et rum for "børneparkering". Endvidere er der i bygningen lokaler for en tøjreparationscentral og et husgerningskontor (for nordarealets beboere som helhed). Vaskeriet på sydarealet er tænkt indrettet for selvvask, i øvrigt i det væsentlige med tilsvarende forhold som det på nordarealet opførte.

Garager er som allerede nævnt indrettet i underjordiske anlæg. Af sådanne er der tre med plads til i alt 188 biler og 22 motorcykler.

I forbindelse med cyklekældre er i hver blok indrettet beskyttelsesrum. Da denne etage for visse blokkes vedkommende ligger helt eller delvis over terræn er ydervæggene i disse tilfælde forstærket.

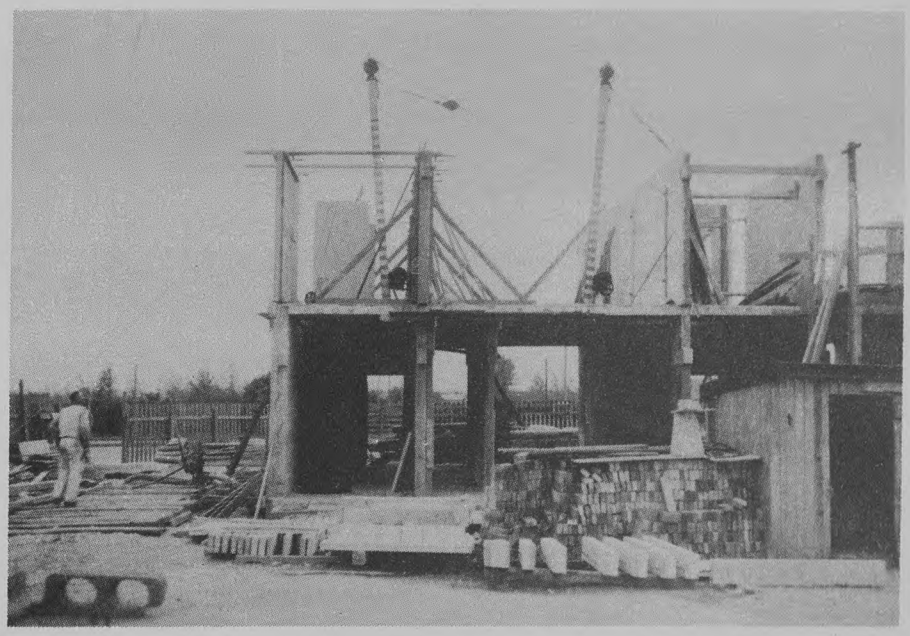
En underjordisk varmecentral, på nordarealet, leverer varme til hele bebyggelsen samt til 2 skoler og Bellahøjrestauranten og skal tillige forsyne det kommende kulturcenter på nordarealet og et badeanlæg, som påtænkes opført på et areal af dyrskuepladsen ved hjørnet Borups alle-Bellahøjvej. Centralens anlæg er hedtvandsanlæg med ydeevne 18.000.000 kalorier.

For forøgelse af vandtrykket - som fornødent ved højbyggeri på dette sted - er der to hydroforanlæg, et på nordarealet, placeret i varmecentralen, og et på sydarealet, placeret i en allerede udført del af den til opførelse her projekterede vaskeribygnings kælder.

Vandrerherberget, der bebyggelsesmæssigt - og med hensyn til varmeforsyning og lignende - helt kan betragtes som henhørende til bebyggelsen, men som i henseende til hovedfunktion ikke har nogen samhørighed med denne og derfor er projekteret med "egen" adgangsvej, fra Næsbyholmsvej, vil få plads til godt 300 vandrere.

En forbedrings- og rationaliseringsforanstaltning, som tillige betyder en landskabelig nydannelse midt i Bellahøjområdet, er efter havearkitektens forslag gennemført i forbindelse med byggeriet: ca. 65.000 m^3 af- og udgravningsjord er, med økonomisk fordel for byggeriet, blevet benyttet til at omdanne friluftsteatret i parken mellem nord- og sydarealet til et rigtigt amfiteater med godt skrånende tilskuerplads, således orienteret, at tilskuerne i spilletiden ser med - i stedet for som tidligere - mod solen.

2



FORSØGSHUS FOR BELLAHØJBYGGERIET

RAPPORT VEDRØRENDE FORSØGSHUSET FOR BELLAHØJ-PUNKTHUSBEBYGGELSEN

UDARBEJDET AF A/S DOMINIA, INGENIØRAFDELINGEN — MARTS 1953

Indledning

Københavns kommune udskrev i 1944 en arkitektkonkurrence for arealerne langs Bellahøjvej nord og syd for restauranten "Bellahøj", som blev vundet af arkitekterne Mogens Irming og Tage Nielsen.

Byggeriets gennemførelse blev fordelt mellem følgende bygherrer, arkitekter og rådgivende ingeniører.

Bygherrer:

Arbejdernes Andels Boligforening
Arbejdernes kooperative Byggeforening
Foreningen socialt Boligbyggeri
Københavns kommunes Beboelsesejendomme
Samvirkende Boligselskaber v/Københavns almindelige Boligselskab

Københavns kommunes afsnit blev senere overdraget til Københavns almindelige Boligselskab.

Arkitekter:

ark. m.a.a. Mogens Irming og Tage Nielsen
" " Ole Buhl og Harald Petersen
" " Dan Fink
" " Edvard Heiberg og Karl Larsen
" " Eske Kristensen
Stadsarkitektens direktorat
A/S Dominia's arkitektafdeling

Rådgivende ingeniører:

Ingeniørfirma Birch & Krogboe
Københavns kommunes rådgivende ingeniørkontor
A/S Dominia's ingeniørafdeling

De rådgivende teknikere ved Bellahøjbebyggelsen dannede i juli 1947 et teknikerudvalg, med stadsarkitekt F.C.Lund som formand, hvis formål var at koordinere projekteringen. Et af underudvalgene, konstruktionsudvalget, fik til opgave at gennemføre det nødvendige undersøgelses- og forskningsarbejde i forbindelse med udformning af konstruktionerne.

Konstruktionsudvalget bestod af:

afdelingsing. cand.polyt. W.R.Simonsen (formand)
afdelingsarkitekt m.a.a. C.Bie
arkitekterne m.a.a. Mogens Irming og Tage Nielsen
arkitekt m.a.a. Eske Kristensen
civilingeniør A.K.Krog
civilingeniør J.A.Laursen

Senere indtrådte:

arkitekt m.a.a. P. Skole Overgaard
civilingeniør E. Hartoft-Nielsen

I en del af møderne deltog endvidere entreprenør, civilingeniør R.A.Larsen.

Rapporten over det udførte undersøgelsesarbejde forelagdes teknikerudvalget i juli 1949, tillige med en ret detailleret indstilling vedrørende de metoder m.m. udvalget som resultat af forsøgene mente burde bringes i anvendelse ved Bellahøjbebyggelsen.

Redaktionsudvalget har ment, at undersøgelsesrapporten tillige med en del af dens bilagte tegninger og billeder har interesse i videre kredse, og den er derfor gengivet i det følgende med forfatternes tilladelse. Da forskellige forhold under projekteringen medførte, at rapportens indstilling i flere henseender ikke blev fulgt, har man dog fundet det unødvendigt at offentliggøre denne, så meget mere som motiveringen for de konstruktions- og udførelsesmetoder man i sidste omgang bestemte sig for, klart fremgår af de øvrige bidrag til denne bog.

Forsøgsobjekt

Da løsningen af konstruktionsudvalgets opgave blandt andet krævede gennemførelse af praktiske forsøg, blev spørgsmålet om et forsøgshus hurtigt aktuelt.

Et sådant hus skulle, for at give anvendelige resultater, have en passende størrelse og helst indrettes til beboelse for at få alle de i forbindelse hermed specielle forhold belyst, f.eks. installationernes tilpasning til de nye konstruktioner.

Valget faldt på en af K.A.B. i forbindelse med elementhusbebyggelsen "Herlevhuse" projekteret 1 etages butiksbygning ved Ringvej B3 i Herlev.

Denne blev fra K.A.B.'s side tilbudt ændret til en 2-etagesbygning med 4 butikker i stueetagen og 4 hertil hørende lejligheder på 1'sal.

Forsøgshusets hovedudformning

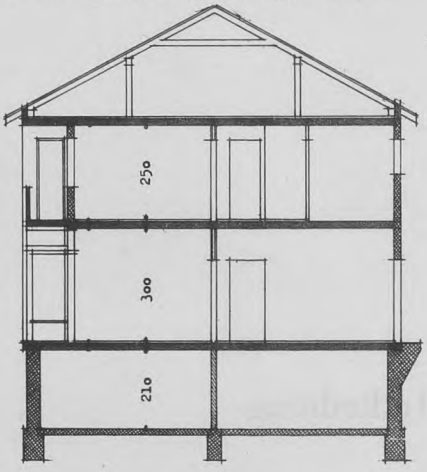
Huset blev projekteret i relation til resultatet af de teoretiske, såvel økonomiske som tekniske, overvejelser vedrørende konstruktionerne, som udvalget på daværende tidspunkt var nået frem til som værende de mest formålstjenlige til Bellahøjbyggeriet. Man havde blandt andet afholdt en prøvelicitation mellem 2 entreprenør- og 2 murerfirmaer for bedre at kunne skønne over, hvilke retningslinier man skulle følge ved den videre projektering. Resultatet bestod i et bærende system af i det store og hele uarmerede betontværvægge og støbte etageadskillelser samt facadeudfyldning med prefabrikerede elementer. Planer og snit er angivet på fig.1.

Udførelse af bærende uarmerede betonvægge

Såvel tværvæggene som de stabiliserede vægge i forsøgshusets længderetning udførtes efter "tilt-up" metoden. Efter denne metode støbes væggene liggende på etageadskillelsen og rejses herefter til lodret stilling ved hjælp af særlige løftegrejer. I tilslutning hertil undersøgte man muligheden for at støbe væggene på en sådan måde, at det efterfølgende pudsearbejde helt eller delvis kunne undgås. "Tilt-up" metoden har følgende fordele:

a: Forskallingsarealet reduceres til et minimum, idet der kun er tale om en kantforskalling, og metoden er som følge heraf træbesparende.

b: Støbning i vandret stilling fremfor lodret giver bedre mulighed for homogen betonstøbning, hvilket



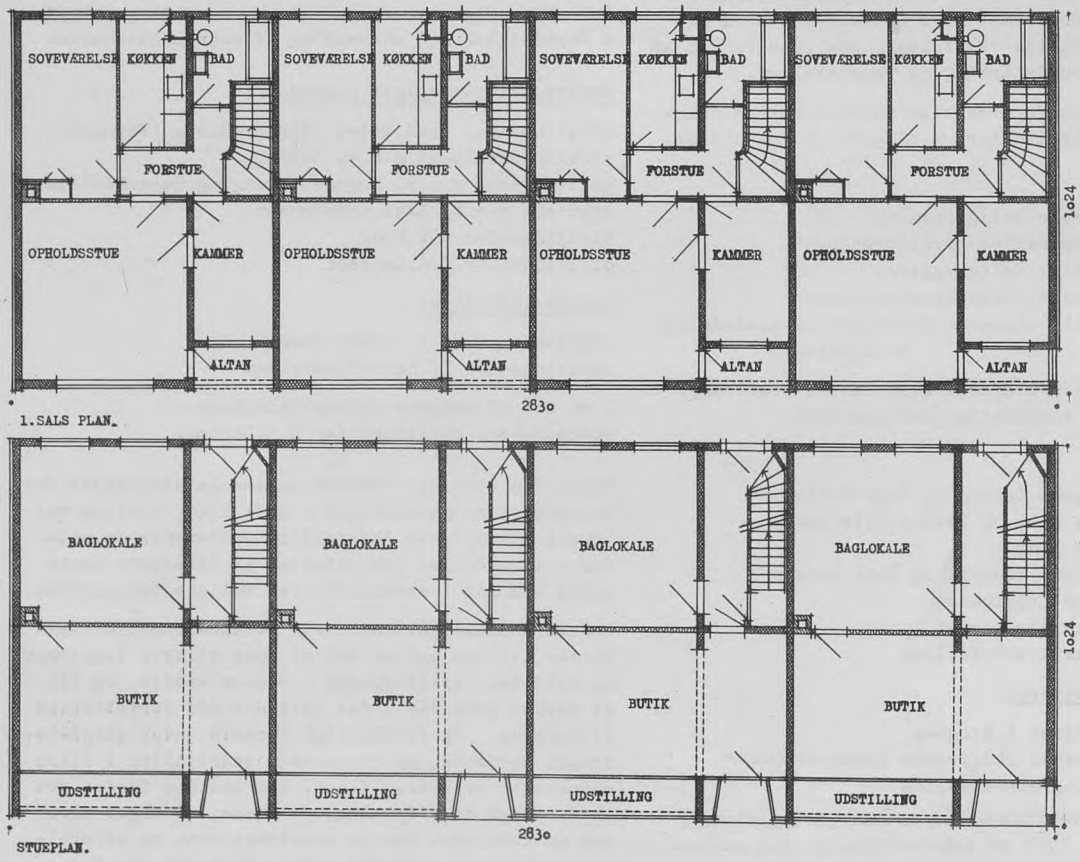


Fig.1 Forsøgshuset, planer og snit, mål 1:200

medfører, at der for opnåelse af en given styrke kan anvendes mindre cement, og mindre vand med heraf følgende mindre svind.

c: Eventuel mulighed for udeladelse af puds.
Vægtykkelsen blev fastsat til 16 cm og blandingsforholdet til 1:4:4, v/c = o,65 svarende til en beton med 28 døgns terningsbrudstyrke 150 - 210 kg/cm^2. Blandingsforholdet og vandcementfaktoren blev bestemt ved kornkurver og betonproportionering. Den nævnte vægtykkelse og betonstyrke svarer til, hvad man i gennemsnit forventede at nå frem til ved projekteringen af punkthusene.
I fig.2 er vist et eksempel på udformningen af en gennemgående væg. I de kantsider, der vender ud mod facaderne, er tværvæggene forsynet med udragende jernbetonbjælker, de såkaldte knastbjælker. Disse tjener som understøtning for facadeelementerne, der har en tilsvarende udsparing. Knastbjælkerne blev, for stueetagens vedkommende, støbt på fabrik, af beton med 28 døgns bjælkebrudstyrke = 300 kg/cm^2 "beton 300", og indlagt i væggene under disses udstøbning. På 1 sal støbtes knastbjælkerne på stedet sammen med den øvrige væg, idet der også til bjælkerne og vægpartiet omkring disse anvendtes "beton 300". Jernbetonsøjlerne, som udstøbtes og rejstes sammen med den øvrige væg, udførtes ligeledes i "beton 300". På grund af bygningens planudformning var det nødvendigt at støbe og rejse væggene i to omgange, hvilket også ville blive tilfældet på punkthusene.
Væggene støbtes 2 cm kortere og 1 cm lavere end den færdige væg, henholdsvis af hensyn til en bekvem anbringelse af kantforskallingen og det 1 cm tykke mørtellag, som udlagdes under den rejste væg.

Den viste armering er anbragt for at fordele de ved løftningen optrædende punktbelastninger. Endvidere er med kryds angivet placeringen af de til løftningen nødvendige i væggen indstøbte rundjernsbøjler.

Af hensyn til en forsvarlig sammenstøbning med andre indvendige vægge, er der ud for disse indstøbt stødjern, medens der i væggenes kanter mod facaderne er indstøbt rundjernsbøjler til sammenlåsning med facadeelementerne.

Væggene blev fra deres liggende position rejst op i lodret stilling ved anvendelse af den på fig.3 viste løfteanordning, der består af en eller to løftebomme med påmonteret spil. De største vægge vejede ca. 11 t.

Vedrørende "tilt-up" metoden kan iøvrigt henvises til "Husbygningsteknik", udgivet af Teknisk Forlag 1949, side 239 og "Byggeindustrien", årgang 1951, side 299.

Man havde beregningsmæssigt fundet ud af, at løftebommene ville begynde at skride, når væggene var rejst ca. 60°. Dette viste sig også at være tilfældet, hvorfor det var nødvendigt at etablere modhold for denne bevægelse. Derimod blev det både beregnings- og forsøgsmæssigt konstateret, at der ikke var fare for udadskriden af selve væggen under dennes rejsning.

Umiddelbart inden væggen var i lodret stilling, blev der udlagt et ca. 1 cm tykt lag mørtel under den færdige væg.

Efter at væggene var rejst, blev de afstivet med trekantstøtter af træ. Under løftningen blev ligevægtsstillingen nået, inden væggen var i lodret position, hvilket skyldtes det på væggens overside påmonterede grej. For at væggene ikke skulle få overbalance, fastholdtes de til dækket ved hjælp af reb og taljer. En mindre unøjagtighed i væggenes placering kunne uden større vanskelighed afhjælpes ved at vrikke dem på plads med koben, medens det udlagte mørtellag endnu var friskt.

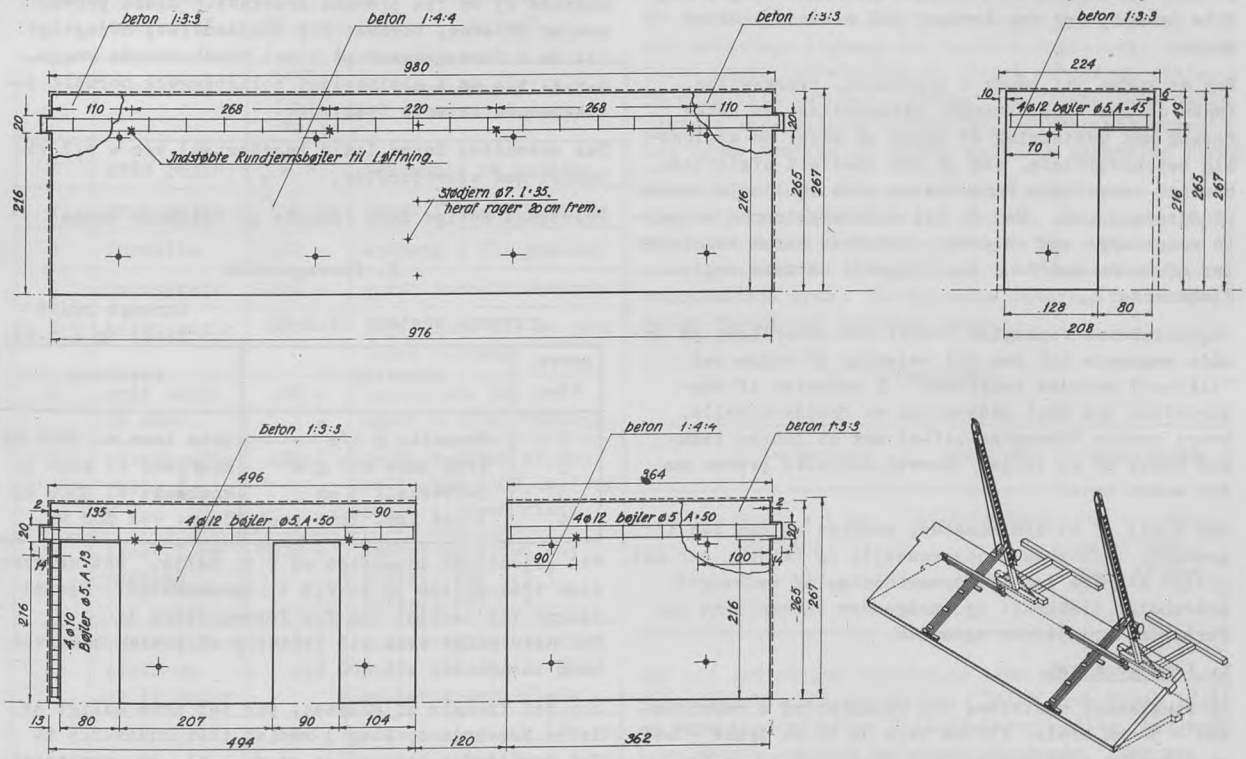


Fig.2 Tværvægge, 1.sal.

Fig.3 Principskitse for rejsning af væg

I Forsøg med underlag for "tilt-up" vægge

"Tilt-up" metoden var kendt fra U.S.A., hvor den så vidt vides dog kun var blevet anvendt i forbindelse med armerede vægge. Rejsningen af de uarmerede vægge på forsøgshuset gav i intet tilfælde anledning til brud eller revnedannelse i væggene som følge af de under løftningen optrædende bøjningsspændinger.

Derimod gav vedhængningen mellem den ikke rejste vægs nedadvendende side og etageadskillelsen anledning til nærmere overvejelse, specielt i forbindelse med ønsket om at støbe væggenes over- og underside så plan, at puds var overflødig.

Den egentlige årsag hertil var, at det ved rejsning af det første hold vægge på l'sal var umuligt at få væggene til at slippe underlaget. Man blev imidlertid hurtigt klar over, at dette hang sammen med de foranstaltninger, man havde truffet af hensyn til ønsket om at undgå at pudse væggene. Medens man således i stueetagen havde støbt dækket på ganske sædvanlig måde uden særlig afretning og afglatning og anvendt almindeligt brunt indpakningspapir som mellemlag mellem dæk og væg, foretoges på l'sal-dækket en minutiøs afglatning af jernbetonpladernes overside, idet dækket efter udstøbning og vibrering med stavvibrator yderligere blev overfladevibreret og efter nogen tids henstand afrevet og glittet samt kostet rent, samtidig med at papirmellemlaget blev udlagt meget omhyggeligt, gennemvandet og udglattet, så der ikke var nogensomhelst folder.

Denne behandling bevirkede, at det var umuligt at frigøre den udstøbte væg fra dækket, hvorfor man var nødt til at hugge de indtil da på l'sal udstøbte vægge bort og udstøbe dem pånyt.

Når rejsningen på stuedækket var forløbet ganske uden vanskeligheder, var det nærliggende at slutte, at det måtte være den omhyggelige afglatning af l'sals dækket, der var årsagen til miseren i denne etage.

For at komme til bunds i problemet, iværksattes, inden de nye vægstøbninger påbegyndtes, en række forsøg med udstøbning af vægge på såvel en almindelig betonoverflade, som på den specielt afglattede, hvortil benyttedes henholdsvis stue og l'sals dækket på forsøgshuset. Med de til undersøgelserne anvendte materialer som underlag udstøbtes herpå vægstrimler af beton med de i det følgende nærmere angivne dimensioner.

Vægstrimlerne forsøgtes løsnet fra underlaget på en måde svarende til den ved rejsning af vægge ved "tilt-up" metoden benyttede. I nærheden af vægstrimlens ene kant indstøbtes en rundjernsbøjle, hvori prøven forsøgtes løftet med et lodret træk ved hjælp af en talje. Herved drejedes prøven om den anden kant.

Ved hjælp af et dynamometer, anbragt mellem den i prøverne indstøbte rundjernsbøjle og taljen, var det muligt at måle den til overvindelse af vedhænget nødvendige trækkraft og herigennem sammenligne underlagsmaterialernes egnethed.

1. forsøgsrække.

På stuedækket udstøbtes til orientering 4 vægstrimler - 50 cm brede, 150 cm høje og 16 cm tykke - med en indstøbt rundjernsbøjle i afstanden 25 cm fra overkanten; der anvendtes beton 1:4:4 (nøddesten), v/c = o,7 vibreret med stavvibrator.

Prøvernes øvrige data fremgår af efterfølgende skema:

1. forsøgsrække

prøverne udstøbt 19.4.49. forsøgt rejst 21.4.49.

prøve nr.	underlag	resultat
1	formolie $\frac{1}{2}$ l/m^2	knækkede
2	brun sæbe 250 g/m^2	knækkede
3	hvidtekalk 3 mm	knækkede
4	hvidtekalk 1 mm	knækkede

Ved rejsningen var prøvernes alder 2 døgn.

Forinden prøverne udstøbtes, afkostedes jernbetondækket. Formolien blev udstrøget i et tyndt lag svarende til indfedtningen af en almindelig jernbetonform. Den brune sæbe spartledes ud i et ca. 1 mm tykt lag. Hvidtekalken, vand og kalk rørt ud til en tyk grød, blev for prøve 3's vedkommende udstrøget i et ca. 3 mm tykt lag. Hvidtekalken var tør, inden betonen udstøbtes. Betonen blev vibreret med stavvibrator. Til rejsningen anvendtes en 2 t. talje. Denne ophængtes i træbjælker, stammende fra forskallingen, der var opstillet til det oven over udstøbte jernbetondæk. Ophængningen var anordnet nøjagtigt lodret over den indstøbte rundjernsbøjle, om hvilken taljens krog greb fat. Herved opnåedes en påvirkning svarende til begyndelsesstadiet af væggenes rejsning. Som foran nævnt knækkede alle prøverne, idet de kun delvis ville slippe underlaget.

2. forsøgsrække.

Til bestemmelse af det konstaterede vedhængs størrelse udstøbtes fire nye vægstrimler, denne gang med en højde svarende til normal etagehøjde. Prøvernes dimensioner var herefter: bredde 50 cm, højde 265 cm og tykkelse 16 cm. Rundjernsbøjlen indstøbtes i afstanden 49 cm fra prøvens overkant. Disse prøver svarer således, bortset fra breddemålet, nøjagtigt til de i forsøgshuset på l'sal forekommende vægge, d.v.s. til de i almindeligt boligbyggeri normalt forekommende bærende tværvægge.

Der anvendtes beton 1:4:4 (nøddesten) v/c = o,7 vibreret med stavvibrator.

Prøvernes øvrige data fremgår af følgende skema:

2. forsøgsrække

prøverne udstøbt 19.4.49. forsøgt rejst 25.4. og 2.5.49.

prøve nr.	underlag	resultat
1	formolie $\frac{1}{2}$ l/m^2	ikke løsn.v. 2500 kg
2	brun sæbe 250 g/m^2	knækkede v. 4000 kg
3	hvidtekalk 3 mm	knækkede v. 3800 kg
4	1 lag alm. gråt papir	løsn. ved 800 kg

Til rejsningen anvendtes en 2 t. talje. Det nødvendige træk måltes på et 2,5 t. dynamometer. Opstillingen var iøvrigt som for forsøgsrække 1.
Det nødvendige træk til løftning af prøven uden vedhæng beregnedes til 300 kg.

Som det fremgår af skemaet, var det ikke muligt at løfte prøverne 1, 2 og 3 ved et træk under 2,5 t. Det var derfor nødvendigt at frakoble dynamometeret. Løftningen af prøven 1 fortsattes, indtil den knækkede.

Prøverne 2 og 3 blev senere den 2.5.49 forsøgt rejst med en 5 t. talje, og til måling af trækket anvendtes et 5 t. dynamometer, som beredvilligt blev stillet til disposition af Statsprøveanstalten. Begge prøver knækkede ved et træk på ca. 4000 kg, idet de dog samtidig bearbejdedes med mukkertslag på siden.

For prøven 4's vedkommende viste det sig, at dynamometeret, efter at vedhænget var overvundet, gav et udslag på ca. 300 kg, svarende til det beregnede træk uden vedhæng.

3. forsøgsrække.

Da der faktisk ved de foregående forsøg i alle tilfælde konstateredes stort vedhæng, foranstaltedes dernæst en række forsøg, hvor det først og fremmest gik ud på at finde underlag, som hindrede dette vedhæng.
Forsøgsanordningen var som for forsøgsrække 2, idet der dog udelukkende anvendtes Statsprøveanstaltens 5 t. dynamometer til registrering af det nødvendige træk, og på grund af prøvernes mængde tilriggedes et specielt transportabelt treben til anbringelse af taljen.

Prøverne udførtes med samme dimensioner og blandingsforhold som i forsøgsrække 2, ligesom rundjernsbøjlen indstøbtes samme sted. Den anvendte beton var dog færdigblandet, leveret af "De Danske Betonfabrikker". Prøverne vibreredes med stavvibrator.

For at være helt sikker på, at pladerne kunne holde, anbragtes 6 ø 10 i undersiden af hver prøve (spændende på den lange led).

De forskellige forsøgsobjekter og resultaterne er angivet i efterfølgende skema:

3. forsøgsrække

prøverne 1-9 udstøbt 26.4.49 forsøgt rejst
" 10-12 " 27.4.49 2.5.49.

prøve nr.	underlag	nødv. træk-kraft	anmærkning
1	gråt papir	- X)	vedhæng i få punkter
2	brun sæbe	500 kg	jævnt fordelt vedhæng
3	formolie	4500 -	vedhæng i fl. punkter
4	hvidtekalk	1200 -	jævnt fordelt vedhæng
5	hvidt papir	400 -	papirflade hel og jævn intet vedhæng
6	gråt papir på sand	300 -	papirflade hel men ujævn - intet vedhæng
7	sisalkraft-papir	400 -	papir spaltet et enkelt sted (300 cm^2) og hængt i, jævn flade
8	svagt 1 cm pudslag	8000 -	banket på siden med mukkert ved 3,3 t stoppet ved 8 t.
9	sisalkraft-papir og hvidt papir	300 -	sisalkraft gik let af, papir sad fast. Forholdsvis jævn flade
10	2 lag gråt papir	300 -	yderste lag gik let af, inderste sad fast i to små partier (300 og 150 cm^2)
11	gråt papir og blanding af skelsand og kaolin	300 -	intet vedhæng, papirflade hel og jævn
12	gråt papir på blanding af skelsand og kridt	300 -	papirflade hel og jævn intet vedhæng

X) Under tilrigningen blev denne plade løftet af tre mand, som tog fat i hver sit ben af trebenet, svarende til en kraft på ca. 300 kg.

Som det ses af skemaet, konstateredes i flere tilfælde intet vedhæng. Af de underlag, der hindrede vedhæng viste prøverne 11 og 12 sig at være dem, der gav den glatteste flade. Disse underlag var medtaget i forsøgsrækken efter forslag fra afdelingsingeniør cand. polyt. Johs. Andersen, Statsprøveanstalten. Ved udførelsen af de følgende "tilt-up" vægge valgte man herefter at bruge en blanding af kaolin og skelsand (ca. 1:1) som underlag.

Målenøjagtigheden ved forsøgene var 50-100 kg.

4. forsøgsrække.

I alle tilfælde, hvor der havde været anvendt papir som underlag, viste det sig bagefter vanskeligt at fjerne dette fra væggen.

Fra en anden byggeplads i Københavns omegn "Monolith-huset" i Nærum, der var konstrueret af arkitekterne Tyge Holm og Flemming Grut samt entreprenørfirmaet Topsøe-Jensen & Schrøder, og hvor "tilt-up" metoden ligeledes blev anvendt, erfarede man, at man brugte en særlig papirsort - gult kardus - som underlag, ligesom man havde konstateret, at papiret havde lettere ved at slippe en pudset flade, jo mere kalk der var i denne. Ren cementpuds ville papiret ikke slippe, medens papiret derimod meget let kunne trækkes af en med kalkpuds behandlet flade.

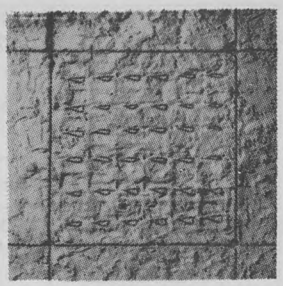
På forsøgshusets øverste dæk (ståltegl med overbeton) udførtes derfor to nye prøver, denne gang med dimensionerne 150 x 250 x 15 cm. Til rejsningen anvendtes den til ophejsningen af facadeelementerne konstruerede kran. De anvendte underlag og resultatet fremgår af følgende skema:

4. forsøgsrække

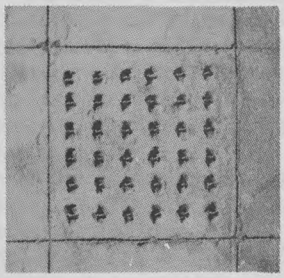
prøve nr.	underlag	resultat	anmærkning
1	papir + 1 cm kalkpuds	intet vedhæng	det anvendte papir var gult kardus
2	1 cm kalkpuds	ubetydeligt vedhæng	

Det til løftningen nødvendige træk måltes på Statsprøveanstaltens dynamometer. Dette træk viste sig at være lig det efter "aflastningen" målte, hvilket igen stemte med det teoretisk udregnede. Der var således i ingen af tilfældene noget vedhæng af betydning.

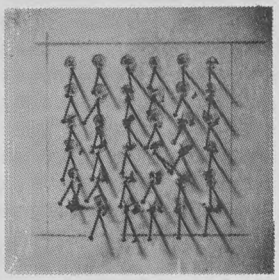
1. stadium. Udkastning og afskæring af felt på 20 x 20 cm.



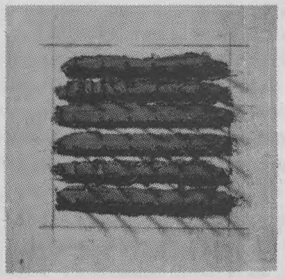
2. stadium. Anbringelse af net i udkastning.



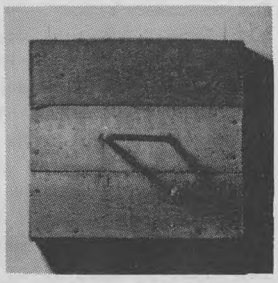
3. stadium. Grovpudsning og "udkradsning" for øjer i net.



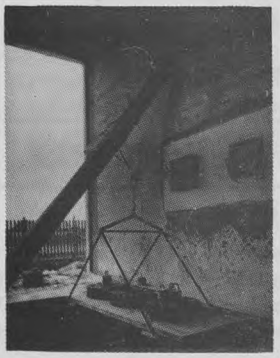
4. stadium. Anbringelse af søm med ombuklede ender i nettets øjer, a. h.t. senere forankring i betonklods (6.stadium)



5. stadium. Sikring af søms stilling vinkelret på pudsefladen ved omstøbning med cementmørtel.



6. stadium. Tilstøbning med en 5 cm tyk betonklods og indstøbning af rundjernsbøjle, hvori trækket kan foretages.



Forsøgsarrangement ved fratrækning med lodder.

Forsøgsarrangement ved fratrækning med trykluftpresse.

Fig.4 Pudsadhæsionsforsøg

Konklusion.

Som det vil fremgå af forsøgene, nåede man frem til, at man kunne undgå vedhæng ved at anvende almindeligt gråt papir udlagt på en blanding af kaolin og skelsand eller kridt og skelsand som underlag. Dette er en billig foranstaltning, men til gengæld er det ikke let at fjerne papiret fra væggen.

Ved den lidt dyrere fremgangsmåde at udlægge et ca. 1 cm tykt lag kalkpuds og derefter udstøbte betonvæggen direkte herpå, undgås vedhæng og fladen behøver ingen efterbehandling udover en hurtig afglatning.

II Pudsadhæsionsforsøg

For den videre behandling af væggene udstøbt på papir kunne det derfor have stor betydning at undersøge, om det ville være muligt at udføre en tilfredsstillende puds, dels på en væg, hvor kun det løsthængende papir var fjernet, og dels på en væg, hvor papiret var søgt fjernet, men hvor "slam" fra bindestofferne i papiret sad tilbage på betonfladen.

Samtidig kunne det være interessant at undersøge om de foranstaltninger, man havde foretaget for at få den under udstøbningen opadvendende flade på "tilt-up" væggene så plan, at senere pudsearbejde kunne undlades, eventuelt havde medført, at det i påkommende tilfælde var meget vanskeligt at få puds til at binde på fladen.

For at få opklaret ovennævnte forhold udførtes, med assistance fra Statsprøveanstalten ved afdelingsingeniør Johs. Andersen og ingeniør H. Winckelmann, en række pudsadhæsionsforsøg på de pågældende vægge. Til sammenligning udførtes samtidig nogle prøver på en betonvæg støbt lodret i almindelig træforskalling.

Forsøgene udførtes efter den i Statsprøveanstaltens årsberetning for 1945/46 og 1946/47 side 74 og f.f. angivne metode. Efter denne anbringes et net med maskevidde 3 cm direkte på den pågældende pudsflade, hvorpå mørtelen efter udkastning og pudsning påvirkes til afrivning i retning vinkelret på pudsfladen. De benyttede net, som var forsynet med fremspringende øjer, udførtes efter en af Statsprøveanstalten udlånt prøve af firma Scharffes eftf., Vimmelskaftet.

Af hensyn til den forventede spredning i forsøgsresultaterne udførtes fire ens prøver på hver af de fire vægge, som omfattedes af forsøgene.

På en flade af størrelsen 20 x 20 cm udkastet med 1 del cement : 2 dele grus, blev nettet anbragt direkte mod udkastningen og fastholdt med et "slag grovpuds af bastardmørtel 1:10. Dernæst færdiggjordes grovpudsen, og de fremspringende øjer i trådnettet blev skrabet fri. Efter nogle dages forløb udførtes finpudsningen med 1 del mørtel : 1 del hvidtekalk. Ca. 25 småankre, som blev tildannet af søm ved at ombøje den ene ende til en krog, blev anbragt i de fremspringende øjer i det forannævnte trådnet. Efter yderligere nogle dages forløb udstøbtes der en 5 cm tyk betonplade over ankrene samtidigt med, at der indstøbtes en jernbøjle i betonpladen.
De enkelte deles funktion er herefter: trækket i jernbøjlen overføres gennem betonklodsen med de indstøbte ankre til trådnettet, således at mørtelen i prøvefladen påvirkes af et jævnt fordelt træk.

Træk på op til 500 kg foretoges med lodder med 10 kg's interval, medens større træk herudover frembragtes af en 8 t. presse med mindste manometer-skalainddeling svarende til 100 kg.

Resultaterne af udtrækningerne, der fandt sted ca. 14 dage efter betonklodsernes udstøbning, er sammenstillet i efterfølgende skema.

Som det var at vente, forekom trækbrudfladen i væggen D (betonflade med fastsiddende papir) mellem papiret og udkastningen. For de øvrige vægtypers vedkommende fandt bruddet sted i grovpudsen, i enkelte tilfælde mellem udkastningen og grovpudsen. Man skulle således mene, at man for vægtyperne A, B, C skulle have fundet samme brudværdier, men når dette ikke er tilfældet, kan forklaringen måske findes deri, at pudsfladen i tilfældene B og C er glat, medens den i A er mere ru, hvorfor vandet fra mørtelen i sidste tilfælde muligvis har haft lettere ved at undslippe end i de to andre tilfælde. Da mørtelens styrke sandsynligvis er større jo længere udtørringen er fremskredet, må mørtelen på prøveflade A - i overensstemmelse med de opnåede resultater - derfor indenfor samme tidsrum have opnået større styrke end mørtelen på fladen B og C.

Ved at sammenholde de fundne brudstyrker f.eks. med de af Statsprøveanstalten bestemte værdier for alm. puds på murværk, der er af størrelsesordenen o,2 kg/cm^2, må konklusionen blive, at pudsadhæsionen i alle tilfælde endda er overordentlig tilfredsstillende, hvorfor der altså ikke er nogen som helst grund til at nære betænkelighed med hensyn til pudsning direkte på de omhandlede flader.

Når de her fundne tal for mørtelens brudstyrke ligger så meget over de af Statsprøveanstaltens for puds på murværk fundne, ligger forklaringen i, at man til murværk sædvanligvis anvender svagere puds end til beton, hvad der også fremgår ved sammenligning mellem den i Statsprøveanstaltens redegørelse opgivne og den her beskrevne mørtel.

Skematisk oversigt over resultater af pudsadhæsionsforsøg

vægflade-betegnelse	grundmateriale	prøve-legeme nr.	bemærkninger	træk kg	areal cm^2	brud-styrke kg/cm^2	brudstyrke i gennemsnit kg/cm^2
A.	betonvæg (1:4:4) støbt i alm. lodret træforskalling	I		800 +)	400	2,0	2,12
		II	total adhæsion	800 +)	400	2,0	
		III	brud i grovpuds	800 +)	400	2,0	
		IV		1000 +)	400	2,5	
B.	overside af "tilt-up" væg (beton 1:4:4) afglattet for undladelse af puds	I		550 +)	400	1,38	1,69
		II	total adhæsion	700 +)	400	1,75	
		III	brud i grovpuds	700 +)	400	1,75	
		IV		750 +)	400	1,88	
C.	underside af "tilt-up" væg (beton 1:4:4) papir aftaget, men papirslam tilbage	I		600 +)	400	1,50	1,56
		II	total adhæsion	550 +)	400	1,38	
		III	brud i grovpuds	650 +)	400	1,63	
		IV		700 +)	400	1,75	
D.	underside af "tilt-up" væg (beton 1:4:4), papir ikke aftaget	I	delvis adhæsion, brud mellem papir og udkast	300 +)	400	0,75	0,96
		II	delvis adhæsion, brud mellem papir og udkast dog på 40% af arealet mellem udkast og grovpuds	470	400	1,18	
		III	delvis adhæsion, brud mellem papir og udkast dog på ca. 3% af arealet brud i udkast	335	400	0,83	
		IV	brud mellem papir og udkast	440	400	1,10	

De med +) mærkede prøver er aftaget med presse, de øvrige med lodder.

Ydervægskonstruktion

Teoretiske overvejelser

For facadepartiernes vedkommende har man, da disse ikke er bærende, stået temmelig frit ved den konstruktive og isolationstekniske opbygning. Gavlpartierne derimod indgår i den bærende hovedkonstruktion, hvorfor opgaven ved disses opbygning har været mere bunden. Principielt gør det samme synspunkt sig dog også gældende for sidstnævnte.

Hovedproblemet har været, hvorvidt man skulle vælge indvendig isolering eller udvendig isolering, et problem som jo i det hele taget er blevet aktuelt herhjemme ved indarbejdelsen af de nye konstruktionsprincipper og materialer i forbindelse med de hygiejniske krav. der i dag stilles til beboelsesrum.

Det varmetekniske synspunkt er bl.a. behandlet teoretisk af professor F.C. Becker i meddelelse nr. VIII fra Danmarks tekniske Højskoles laboratorium for opvarmning og ventilation. Professor Becker viser heri, at varmetabet under visse betingelser kan være betydelig større ved udvendigt end ven indvendig isolering.

For indvendig isolering taler også, at isoleringslaget ved denne konstruktionsform ligger bedre beskyttet for påvirkninger udefra, som mekaniske påvirkninger og slagregn.

vand i væggen og de hermed forbundne ulemper falder overvejelserne imidlertid ud til fordel for princippet udvendig isolering. Tilsvarende gælder beskyttelse af de bærende konstruktioner overfor temperaturforandringer og vejrliget. Endvidere undgår man de ved indvendig isolering forekommende kuldebroer

Det er imidlertid ved udvendig isolering, af hensyn til slagregn og i reglen også af æstetiske grunde, nødvendigt at påføre isoleringen et udvendigt dæklag såsom puds, forstøbning eller fliser. Her opstår da dels problemet at udføre dette dæklag både så tæt, at indtrængen af slagregn hindres og alligevel så porøst, at vanddampe indefra har let ved at diffundere igennem, og dels problemet at sikre dette dæklags vedhæng til isoleringen.

Stillet overfor disse synspunkter for og imod valgte man at anvende begge principper på forsøgshuset.

De i nærværende rapport angivne og k-værdier er de på det tidspunkt, projekteringen fandt sted, almindeligvis benyttede værdier. Disse blev fastsat såvel under hensyntagen til fabrikanternes oplysninger som til et passende fugtighedsindhold i materialerne.

Konstruktive overvejelser

De bestemmende faktorer ved udførelsen af ydervægskonstruktionerne var dels ønsket om at undgå udvendigt stillads i almindelig forstand, og dels ønsket om i videst muligt omfang at anvende ufaglært arbejdskraft. Hertil kom det fra Bellahøj-bygherrerne stillede krav om en udvendig facadeoverflade, som ikke kræver mere vedligeholdelse end en almindelig teglstensydermur samt de teoretiske betragtninger over opbygning af konstruktionernes enkelte lag.

I overensstemmelse med det bærende konstruktionsprincip, støbte etageadskillelser og bærende tværvægge af beton, fandt man derfor frem til at udføre facadekonstruktionen af fabriksfremstillede større eller mindre elementer leveret fra støbepladsen med færdig yderside.

Overvejelserne over størrelsen af elementerne førte til, at man anså det for bedst at udføre facadeelementerne så store som muligt, det vil sige dækkende hele felter mellem etageadskillelse og tværvægge.

Opbygningen af et facadefelt af flere mindre elementer, f.eks. brystningselementer og sideelementer, begrænsende vinduesåbningen, blev anset for mindre hensigtsmæssig.

Herudover bestemtes det også at prøve opmuring indefra af fabriksfremstillede mindre elementer, isolationsblokke med færdigbehandlet yderflade.

For gavlkonstruktionerne prøvedes to udførelsesmåder svarende hertil, nemlig for den ene gavls vedkommende indsætning af store færdigfabrikerede elementer med færdig overflade sammenstøbt med den bærende gavlbeton, idet elementerne samtidig tjente som udvendig forskalling for den på almindelig vis lodret støbte gavl og for den anden gavls vedkommende opbygning af gavlen af mindre (42 x 42 cm) færdigoverfladebehandlede isolationsblokke indsat i et tremmesystem og almindelig lodret støbning med dette system som udvendig forskalling. Med denne udførelsesmåde skulle det, bortset fra det efterfølgende tilfugningsarbejde, være muligt udelukkende at anvende ufaglært arbejdskraft.

Under arbejdets udførelse fandt man anledning til også at prøve at udføre en gavlvæg ved "tilt-up". Dette forudsætter dog, at den udvendige overflade "støbes opad", hvorved man ikke får den stenagtige overfladekarakter, som det er muligt at tilvejebringe ved fabriksfremstilling, hvor overfladen "støbes nedad".

Endnu to krav, som måtte stilles af hensyn til den valgte konstruktionsform, bidrog til fastsættelsen af monteringsmåden for facadeelementerne. Det ene var, at man ikke ville stille elementerne op på kanten af etageadskillelserne, idet man var bange for, at krybningen ville bevirke synlige nedbøjninger på midten af etageadskillelsernes kanter. Dette førte til, at elementerne på en eller anden måde måtte stå eller hænge på tværvæggene, f.eks. på nogle heri indstøbte fremspringende bjælker, "knaster". Det andet krav var, at elementerne, straks efter at ophejsningsremedierne blev fjernet, skulle stå eller hænge således, at der, selv inden yderligere fastgørelsesforanstaltninger var foretaget, var sikkerhed for, at de ikke faldt ned. Dette førte til, at man indstøbte den omtalte "knastbjælke" i tværvæggen så højt oppe, at det svarede til et ophængningspunkt over elementets tyngdepunkt, hvorved elementet straks efter ophængningen var i en stabil ligevægt. Der måtte derefter i elementerne udføres tilsvarende "knastudsparinger" med disses øverste flade som anlægsflade.

Den valgte konstruktionsform for facaderne, elementer ophængt mellem tværvægge og etageadskillelser, og anbringelse af vandrette og lodrette bånd udfor etageadskillelse og tværvægge, havde den fordel, at den med metoden forbundne unøjagtighed, for hvilken mellemrummene mellem de ophængte elementer indbyrdes var et direkte mål, fordeltes over to fuger, nemlig fugerne mellem et bånd og elementet til hver side. Det var af hensyn til unøjagtigheden nødvendigt at

give fugerne en vis fugebredde, så mindre udsving ikke blev alt for iøjnefaldende.

Til afhjælpning af gener ved unøjagtigheder vinkelret på facadefladen kunne man lade båndene springe et passende stykke frem foran elementerne, hvorved facadeflugten blev afbrudt. Man valgte at lade båndene springe 5 cm frem i den ene facade, butiksfacaden, og lade dem flugte med elementernes yderflade i den anden facade.

For gavlelementer har disse sidste overvejelser ikke gjort sig gældende, idet de jo direkte bæres af den bærende gavlvæg og danner udvendig forskalling for denne under støbningen.

Overvejelser vedr. overfladekarakter og farver

Ved udførelse af elementer, store eller små, er der to for den tilsigtede overfladekarakter væsensforskellige måder at udføre støbningen på, nemlig enten at udføre elementet med forstøbningen nedad i formen og herefter opbygge elementet indad - "støbning nedad" - eller på modsat måde, d.v.s. begynde med udlægning af elementets indre del og herefter opbygge elementet udad og afslutte med forstøbningen - "støbning opad". Udførte mindre prøver viste, at det efter den første metode, støbning nedad, var muligt at få en stenagtig overflade med små huller stammende fra luften i betonen, medens man ved den anden opnår en "slikket" pudsagtig karakter.

I konstruktionsudvalget var der enighed om, at den førstnævnte udførelsesmåde var den mest tiltalende, men man ville dog ikke se bort fra den anden, idet man var klar over, at denne indebar andre fordele, i særdeleshed økonomiske.

Med hensyn til overfladens øvrige fremtræden, fugeinddelingen, valgtes at bruge 3 systemer, en tæt rilleinddeling, afstanden mellem vandrette riller 42 cm, afstanden mellem lodrette ca. 6 cm, en jævn rilleinddeling med vandret og lodret afstand 42 cm og endelig en spredt inddeling, hvor der kun anbragtes riller omkring vinduerne og i vandret og lodret fortsættelse heraf. Det lykkedes arkitekterne at få indarbejdet disse 3 principper i facademuren, uden at huset herved forekom alt for forsøgsmæssigt.

Med valg af farver havde man de største problemer. Da det naturligvis må forlanges, at de benyttede farvede materialer er lysægte og frostsikre, var der på forhånd kun to materialer, der kunne komme i betragtning, nemlig almindelig grå beton eller cementmørtel samt hvid beton, enten fremstillet af hvid cement med almindelig grustilslag, hvilket man dog af æstetiske grunde ikke fandt tilfredsstillende, eller hvid cement med tilslag af hvide grusmaterialer af f.eks. kalcineret flint eller Faksemarmor. Faksemarmor var tidligere blevet anvendt med held, blandt andet på Shell-huset.

Man valgte da i overvejende grad at benytte den almindelige grå betonflade til elementerne, store og små, og den hvide beton med faksematerialer til bånd og altanbrystninger.

Ved den videre eftersøgning af farvede materialer, tilfredsstillende ovennævnte krav, fandt man frem til de af Lysbro-fabrikken fremstillede materialer. Disse hævdedes af fabrikanten at være fremstillet af naturlige mineraler, som findes i grusgrave i fabrikkens omegn og skulle derfor være lysægte, hvilket en på Statsprøveanstalten foretagen prøve også dokumenterede. Disse materialer kunne leveres i en gul og brun farve, og det besluttedes at udføre nogle elementer til forsøgshuset heraf.

Elementernes fremstilling

Materialer

Grå beton

Den til al jernbeton og den grå forstøbning medgåede beton var ærtestensbeton 1:2:3, v/c = o,4. Den anvendte cement var almindelig portlandcement og gruset sømaterialer.

Hvid beton fremstilledes for størstepartens vedkommende af almindelig hvid portlandcement med tilslag af Faksemarmor. Blandingsforholdet cement : tilslag var 1:3, v/c = o,4. Tilslaget sammensattes af følgende procentiske sorteringer:

Kalkmel 00:	o - o,1	mm	25%
Sortering 0:	o,1 - 1	-	25%
Sortering 1:	1 - 3	-	25%
Sortering 2:	3 - 6	-	25%

Den herved opnåede kornkurve svarer til kornkurven for sømaterialerne til den grå beton.

Som prøve, der iøvrigt faldt heldigt ud, udførtes forstøbningen til et par bånd af hvid beton bestående af almindelig hvid portlandcement med tilslag af kalcineret flint. Blandingsforholdet cement : tilslag var 1:3, v/c = o,4. Tilslaget udgjordes af sortering A-lo, der omfatter kornstørrelser fra o - 6 mm.

Med hensyn til den benyttede sortering A-lo skal det anføres, at denne ikke er af så fin kvalitet, d.v.s. ikke så gennembrændt, og som følge deraf ikke fri for at indeholde en del gråt materiale, som de sorter kalcineret flint, der er anvendt til hvid beton andetsteds. Man fandt det imidlertid af økonomiske grunde formålstjenligt at prøve den relativt billige sortering A-lo, og resultaterne udviste da også, at de grå partikler faktisk ingen indvirkning havde på de fremstillede bånds hvide farve.

Til eftervisning af begge de anvendte typer hvide grusmaterialer, såvel Faksemarmor som kalcineret flints, frostsikkerhed, udførtes der frostprøver på Statsprøveanstalten, som begge materialer opfyldte.

Lysbro forstøbning.

De til forstøbning benyttede Lysbro-materialer leveredes færdig til brug, når undtages vandtilsætning. Materialet benyttedes både i en gul og brun farve. Disse blev undersøgt for frostsikkerhed og lysbestandighed på Statsprøveanstalten. Prøven vedrørende frostsikkerhed faldt tilfredsstillende ud. Prøven for lysbestandighed foretoges på den måde, at materialet udsattes for ultraviolette stråler. Ved de først afholdte forsøg konstateredes der ikke farveændring. Imidlertid lykkedes det ikke at få fremstillet de farvenuancer, som arkitekterne ønskede, alene ved anvendelse af naturlige lysbestandige mineraler.

Isolationsmateriale.

Som isolationsmateriale anvendtes Travisol, Durisol og træuldbeton.

Travisol er en på et belgisk patent fremstillet letbeton, som har nogen lighed med cellebeton. Til det foreliggende formål fremstilledes travisolen i blokke med fladestørrelsen 42 x 42 cm og tykkelsen 9 eller 14 cm. Blokkene blev damphærdnet.

Durisol, der leveredes i plader 15o x 5o cm og tykkelse 8 cm med cirkulære kanaler, var normaldurisol.

Træuldbeton anvendtes i visse specielle tilfælde f.eks. ud for forstærkningsribberne i facadeelementerne, hvor hovedisoleringsmaterialet på grund af den lille disponible tykkelse ikke kunne give den nødvendige isolation.

I efterfølgende skema er de vigtigste af fabrikaterne for isolationsmaterialerne opgivne data opført.

materiale	rumvægt	varmeledningstal	anvendt tykkelse	anvendelsessted	anmærkning
Travisol	800 kg/m^3	o,12 kcal/m^2 h, ^{o}C	14 cm	opm. af blokke	damphærdet
	600 kg/m^3	o,1o kcal/m^2 h, ^{o}C	9 cm	gavl- og facadeelementer	
Durisol	525 kg/m^3	o,o8 kcal/m^2 h, ^{o}C	8 cm med luftkanal	facadeelementer	
Træuldbeton	400 kg/m^3	o,o6 kcal/m^2 h, ^{o}C	5 cm	udfor ribber i elementer	

Forme

Ved de elementer, som støbtes med yderfladen mod formen, udførtes dennes bund af glatte, høvlede brædder 3 x 1". Begrænsningerne for de synlige kanter udførtes på samme måde.

Til frembringelse af ribbesystemet i elementernes yderflade pålimedes trælister i formens bund.

Af hensyn til de ud af elementernes sidebegrænsninger stikkende jernkroge udførtes formenes kanter i to afdelinger med udsparinger til jernene, således at den øverste halvdel først påsattes, efter at armeringsnettet til jernbetonpladen var udlagt.

Formarbejdet herudover er beskrevet under den følgende omtale af de enkelte elementer.

Facadeelementer

Type Ia, b, c og d: Et eksempel er vist på fig.5 side 11

Elementerne støbtes med yderfladen nedad i formen.

Betonforstøbningen udlagdes i et ca. 1,5 - 2 cm tykt lag. Umiddelbart herefter - inden afbindingen havde fundet sted - udlagdes de 14 cm tykke travisolblokke og pressedes under vibrering mod forstøbningen, hvorved sammenhængen mellem denne og isolationsblokkene skulle sikres, og tykkelsen af forstøbningen reduceres til ca. 1 cm. I de udlagte isolationsblokke var foretaget udsparinger for jernbetonribbesystemet. Herefter udlagdes såvel ribbe- som pladearmering, idet forankringskrogene fra pladearmeringen og ophængningsjernene førtes igennem formens kantbegrænsninger som tidligere beskrevet. Endelig udstøbtes jernbetonen op til ca. 5 cm's tykkelse, således at elementets samlede tykkelse ialt blev 20 cm.

Elementerne udførtes indendørs i en delvis åben hal og forblev liggende her i "vandret stilling", indtil transporten til byggepladsen fandt sted.

Type IIa, b, c og d: Et typisk snit er vist nederst på fig.5.

Elementerne støbtes med yderfladen nedad i formen.

Den 6 cm tykke jernbetonplade udstøbtes først, idet der sørgedes for, at ren mørtel dannede det yderste lag - forstøbningen. Jernenes afstand fra formens bund sikres uden anvendelse af afstandsklodser eller lignende, som kunne blive synligt i yderfladen, idet jernene som tidligere nævnt holdtes oppe af formens kantbegrænsninger. Umiddelbart efter udstøbningen anbragtes 14 cm travisolblokke, dog ikke på jernbetonribbernes plads. Udfor jernbetonribberne anbragtes for at få tilstrækkelig isolation træuldbeton. Isoleringen dannede på denne måde sammen med træbegrænsningerne form for ribbebetonen, der udstøbtes hurtigt efter travisolens udlægning, således at der opnåedes en intim forbindelse mellem de to "lagvise" betonstøbninger.

Udførelsen fandt sted under anvendelse af vibrering.

Type III a og b: Et eksempel er vist på fig.6, side 12

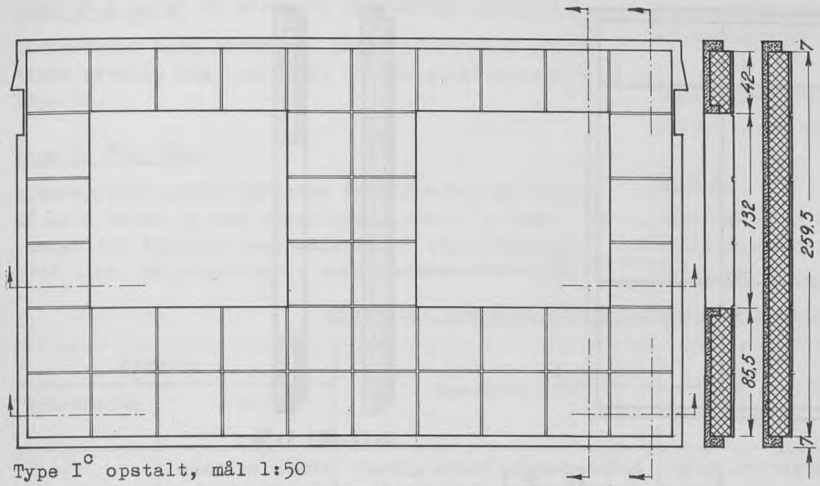
Elementerne støbtes med yderfladen nedad mod form.

Nederst i formen udlagdes lysbromaterialet i henholdsvis gule og brune farver, hvorefter armeringen anbragtes, og det ca. 5 cm tykke betonlag udstøbtes under anvendelse af vibrering. Umiddelbart herefter anbragtes ribbe-kantforskallingen og ribbearmeringen, hvorpå ribberne udstøbtes. Den sidste kantforskalling lod man blive siddende, så den indvendige Durisolisolering kunne sømmes herpå. Endvidere blev der i den øverste og nederste kantribbe ved hjælp af træpropper udsparet huller, hvorigennem luftrummet i elementet kunne sættes i forbindelse med det fri.

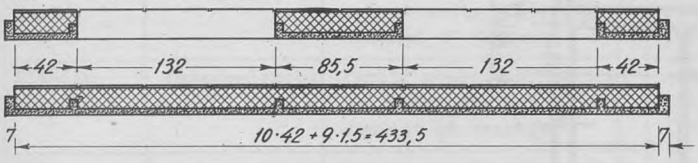
Det var egentlig meningen, at Durisolisoleringen skulle være sømmet på støbepladsen, men da der var stærk brug for den herværende arbejdsstyrke til andre formål, bestemtes det, at isoleringen skulle påsættes elementerne på byggepladsen.

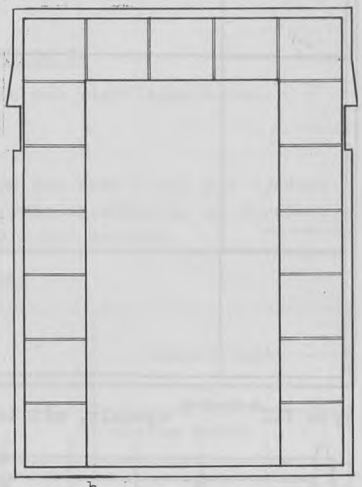
Type III c og d:

Disse elementer støbtes i modsætning til de tidligere beskrevne med yderfladen opad i formen, idet formens bund udformedes svarende til jernbetonpladens og ribbesystemets indadvendende side. Påsætning af isoleringen foregik som beskrevet for elementerne type III a og b.

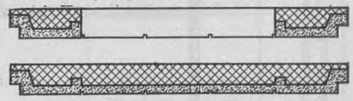


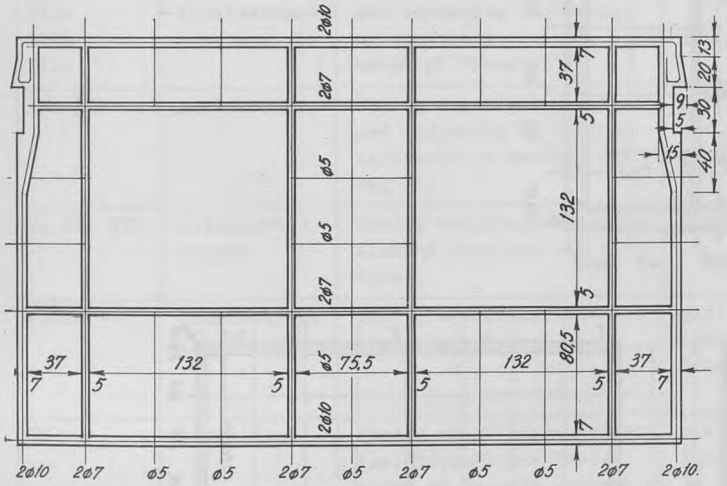
Type I^{c} opstalt, mål 1:50



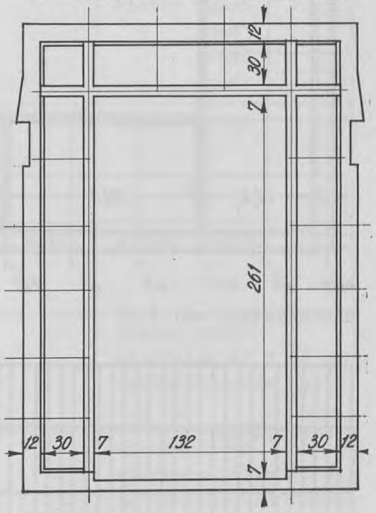


Type II^{b}, opstalt, mål 1:50

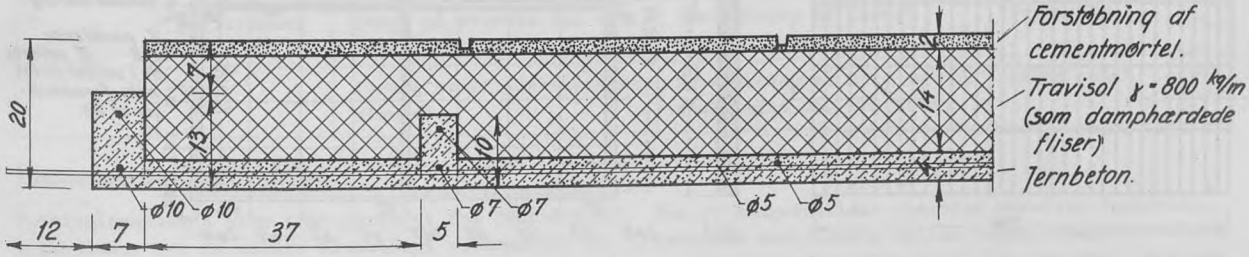




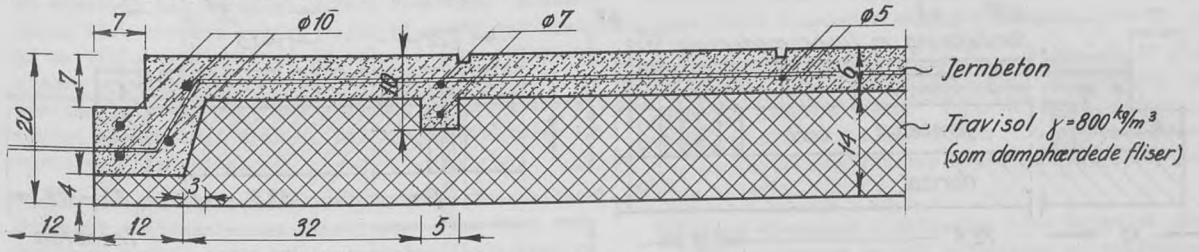
Ribbesystem, mål 1:50



Ribbesystem, mål 1:50

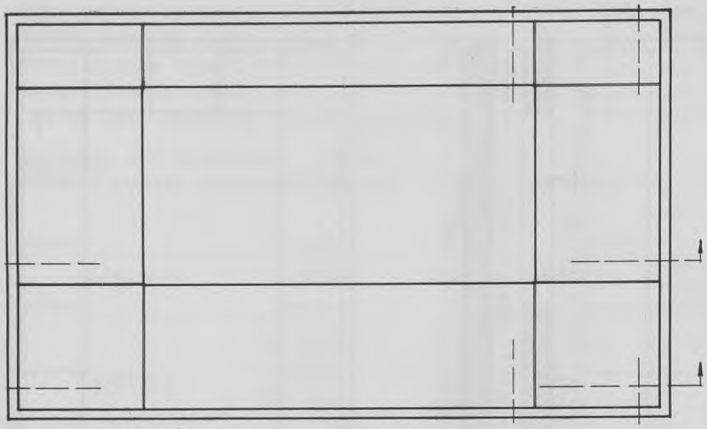


Vandret snit, type I m. indv. isolering, mål 1:10

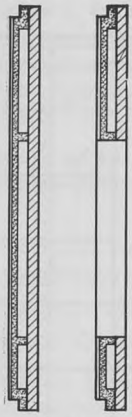


Vandret snit, type II$^{a-b-c-d}$ m. udv. isolering, mål 1:10

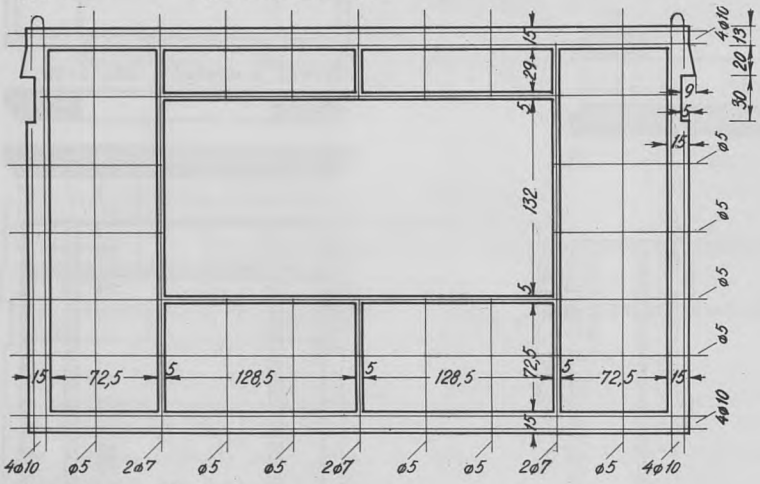
Fig.5 Facadeelementer m. indvendig og udvendig isolering



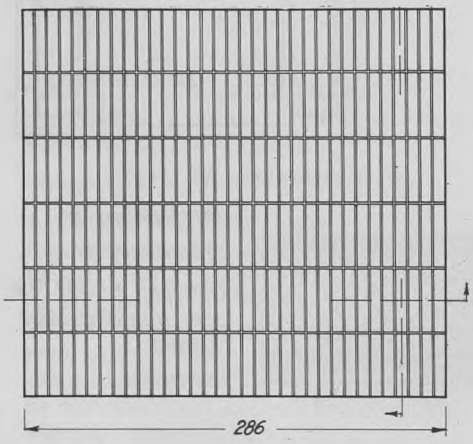
Type III$^{a-b-c-d}$ opstalt, mål 1:50



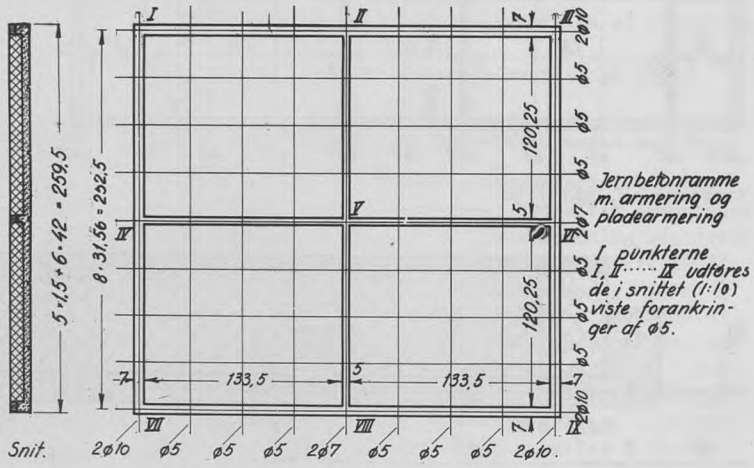
Snit, mål 1:50



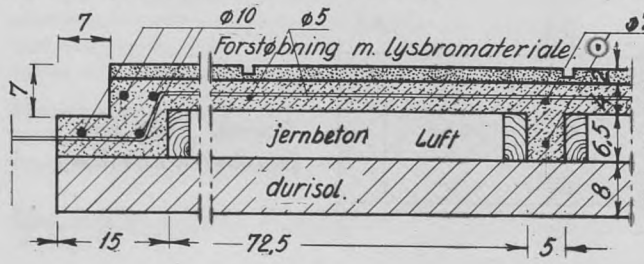
Ribbesystem, mål 1:50



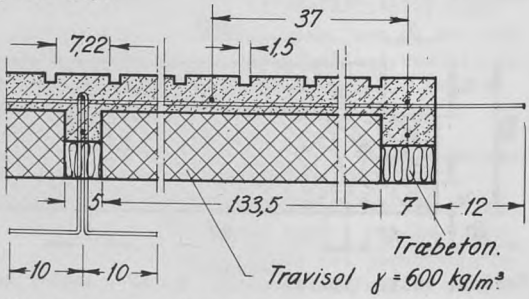
Type IV^{b} gavlelement opstalt, mål 1:50



Ribbesystem, mål 1:50



Vandret snit, type III, mål 1:10



Vandret snit, gavlelement, mål 1:50

Fig.6 Facadeelementer m. yderskal, indvendig isolering og ventileret mellemrum, samt gavlelement

Type IV a og b: Et eksempel er vist på fig.6 side 12

Elementerne blev støbt med yderfladen nedad efter samme princip som beskrevet for facadeelementerne type II.

Type V, VI, VII:

Altanbrystningerne udførtes færdigstøbte på fabrik af hvid beton og med yderfladen nedad i formen. Af hensyn til fastgørelsen udførtes 2 udsparinger i hver side, så elementerne kunne sammenstøbes med tilsvarende udragende jern indstøbt i den bærende hovedkonstruktion.

Type VIII, IX, H, L, S og V.

Fliser støbt på fabrik med yderfladen nedad.

Type X.

Gavltrekanter støbt på dæk over l'sal med opadvendende forstøbning i lysbro-materiale, og derefter rejst med brug af "tilt-up" metoden.

Skematisk oversigt over ydervæggenes konstruktioner

element		konstruktion	overflade	anmærkning
benævnelse	art			
Ia-Ib Ic-Id	facadeelement	færdig overfladebehandlet med udvendig isolering; ophængt på "knaster"	glat stenagtig, rillesystem 42 x 42 forstøbning:beton	støbes nedad
IIa-IIb IIc-IId	facadeelement	færdig overfladebehandlet med indvendig isolering; ophængt på "knaster"	glat stenagtig, rillesystem 42 x 42 forstøbning:beton	støbes nedad
IIIa IIIc IIIb IIId	facadeelementer	færdig overfladebehandlet med indvendig isolering, og ventileret hulrum, ophængt på "knaster"	gul forstøbning - - brun forstøbning - -	støbes nedad - opad - nedad - opad
IVa-IVb	gavlelement	færdig overfladebehandlet med indvendig isolering; faststøbt på bærende gavlvæg	glat stenagtig, tæt rillet forstøbning:beton	støbes nedad
V, VI, VII	altanbrystninger	færdig overfladebehandlet element fastlåst ved enderne	forstøbning af hvid beton	støbes nedad
VIII	facadeblokke	færdig overfladebehandlet isolationsflise	glat stenagtig, uden riller forstøbning:beton	støbes nedad størrelse 42 x 42 cm mellemliggende fuger 1,5 cm
IX	gavlflise	færdig overfladebehandlet isolationsflise; faststøbt på bærende gavlvæg	glat stenagtig forstøbning:beton	støbes nedad størrelse 42 x 42 cm mellemliggende fuger 1,5 cm
X	gavltrekant	støbt på øverste dæk og rejst op	forstøbning af farvet beton	støbes opad
H, L, S, V	bånd	færdig overfladebehandlet element	forstøbning af hvid beton, sokkelbånd dog grå beton	støbes nedad

Elementernes anbringelse

Facadeelementerne blev transporteret fra fabrik til byggeplads, for de mindre elementers vedkommende på lastvogn, og for de større elementers vedkommende på en specielt til formålet udført blokvogn. Elementerne blev direkte herfra hejst på plads ved hjælp af en lille kran anbragt på øverste dæk. Finjusteringen af et element foretoges ved, at der mellem knasten og elementets anlægsflade, endnu medens elementet styredes af kranen, indlagdes jernplader af varierende tykkelse.

Fastholdelsen etableredes ved, at rundjernsbøjler indstøbt i elementernes kanter blev låst fast til rundjernsbøjler indstøbt i etageadskillelsernes og betonvæggenes kanter ved hjælp af almindelige rundjernsstænger, der blev benyttet som "låsejern".

Fra et hængestillads opsattes herefter facadebåndene, og samlingerne mellem vægge, etageadskillelser og bånd tilstøbtes såvel fra hængestillads som indvendig fra. Udfugningen mellem elementer og bånd fandt ligeledes sted fra hængestillads.

I nordfacaden blev fire felter opmuret af 42 x 42 cm blokke. Man prøvede dels opmuring indefra og dels fra hængestillads. Ingen af de to metoder fandtes helt tilfredsstillende, om end opmuring fra hængestillads fandtes noget lettere end opmuring indefra.

De store elementer i østgavlen blev hejst på plads ved anvendelse af de til rejsningen af tværvæggene benyttede løftebomme. Da gavlelementerne skulle stilles op, inden den overliggende etageadskillelse

var støbt, havde man intet underlag for den lette kran, der blev anvendt til facadeelementerne. Efter opsætningen virkede elementet som udvendig forskalling for støbning af den bagved stående bærende betonvæg.

Vestgavlen udførtes af 42 x 42 cm fliser bestående af Travisol med betonforstøbning. Disse blev opsat udvendig i forskalling, og den bærende betonvæg støbtes herimod, således at fliserne hænger på betonvæggen.

Gavltrekanterne støbtes på øverste dæk med yderfladen opad og rejst op ved anvendelse af "tilt-up" metoden. Der viste sig heller ikke her nogen tendens til udskridning under rejsningen. Trekanterne blev bagefter afstivet til etageadskillelsen ved hjælp af skråtstillede profiljern.

Etageadskillelser

Disse blev udført på følgende måde:

over kælder: Durisol dæk af 15 cm tykke Hurdisblokke med 4 cm overbeton,

over stueetagen: 16 og 12 cm tyk enkeltarmeret jernbeton,

over l'sal: 16 cm tyk ståltegldæk.

Såvel Hurdis som ståltegldæk var af nyere dato, og det var derfor naturligt at medtage disse typer i forsøgshuset.

Undersiderne af dækket over og under altanerne blev isoleret med Vermiculitepuds.

Tagkonstruktionen

Da huset ikke har bærende ydervægge, blev tagværket udført som en stolkonstruktion understøttet af de bærende vægge.

Øvrige arbejders tilpasning

Der blev ikke udført egentlige forsøg på installationsområdet.

De sanitære installationer og centralvarmen udførtes på traditionel måde, uden at dette gav anledning til gener.

Derimod anbragte man underlagsplader og el-rør i "tilt-up" væggene inden disses udstøbning. De foroven udragende el-rør blev inden udstøbning af etageadskillelserne ved muffesamlinger forbundet med el-rør i etageadskillelserne. Der konstateredes nogen vanskelighed med at holde klodser og rør på plads under væggenes udstøbning.

Til fastgørelse af snedkerarbejdet indstøbtes træklodser.

Vinterbyggeri

For fuldstændigheds skyld skal nævnes, at der blev udført vinterforanstaltninger, således at arbejdet kunne gennemføres i vintermånederne. Der blev blandt andet opsat et lokomobil, der producerede damp til opvarmning af støbematerialer og støbevand samt til rensning af støbeform m.v.

Diverse

Ved forsøgene i Herlev har der helt igennem været arbejdet uden stillads. Ved fugearbejdet m.m. har det været tilstrækkeligt at anvende hængestillads, og det er udvalgets opfattelse, at det ved udførelsen efter disse metoder er den eneste mulige fremgangsmåde.

En del billeder fra husets opførelse og af det færdige hus er vist på fig.7 og 8.

Gennemgang af byggeriet eet år efter konstruktionernes udførelse

Ved garantiårets udløb blev byggeriet gennemgået, og vedrørende konstruktionerne kan bemærkes følgende:

Dækkonstruktioner

Hurdisdækket (Durisoldækket). Ved samtlige dæk, der var udført som Hurdisdæk, viste der sig på undersiden fine revner i pudsen udfor sammenstødene mellem de enkelte Hurdis, d.v.s. der aftegnedes et mønster med maskevidden 150 x 50 cm.

Ståltegldækket. Ved dette dæk konstateredes ingen tilsvarende revnedannelse.

"Tilt-up" vægge

Der konstateredes ingen mangler, revnedannelse el. lign. ved disse vægge. Ved en enkelt væg udfor trappepartiet, forløbende i husets længderetning, viste der sig dog en lodret revne i pudsen, svarende til sammenstødslinien mellem den på dækket udstøbte og rejste væg og den senere udstøbte udfyldningsbeton mellem væggen og nabovæggen.

Samtlige beboere havde haft vanskeligheder med at få ophængt skilderier i betonvæggene, men det var dog lykkedes dem alle at få billederne ophængt.

Ved en enkelt væg prøvede man at slå et søm i udfor den indstøbte skilderiliste. Der viste sig imidlertid samme vanskeligheder som for betonvægge i almindelighed, hvilket enten må skyldes, at skilderilisten er kommet til at sidde for højt oppe eller er blevet overdækket med beton.

Der viste sig iøvrigt ingen revnedannelse forårsaget af skilderilisterne.

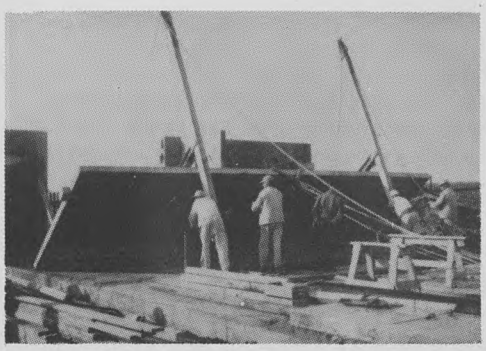
Ydervægge

Almindeligt. Der forekom ikke i gavle eller i ydervægselementer revner eller "mønstre", hverken ved sammenføjninger eller svarende til ribbeinddeling, blokinddeling eller lign.

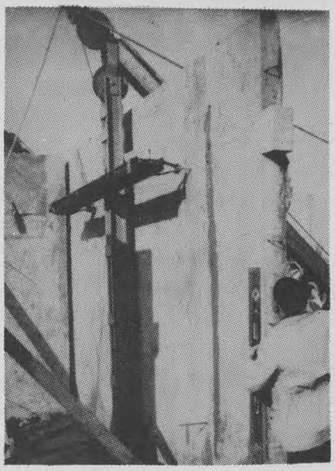
I de mest udsat beliggende ydervægge mod nord og nordvest viste der sig kondens udfor vandrette og lodrette bånd. Dette må siges at være ventet, idet der på forsøgshuset ikke er foretaget nogen isolering af vandrette og lodrette bånd, hvorfor der forekommer regulære "kuldebroer" udfor tværvægge og etageadskillelser.

Nordgavlen

Der viste sig på denne tydelige tegn på kondens, fugtige sorte pletter bag møbler og skimmel på ikke oliemalet væg i badeværelse. Dette hænger utvivlsomt sammen med dels væggens udsatte beliggenhed (mod nord) og dels vægkonstruktionens relativt høje

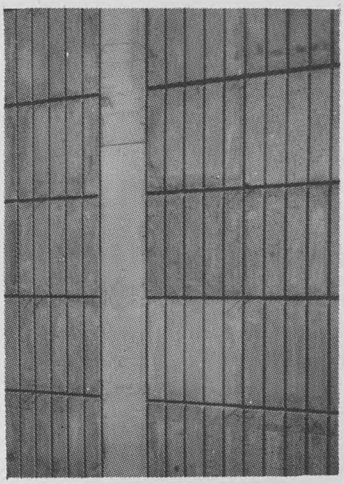


Rejsning af bærende tværvæg. Midt for væggens overkant ses sikkerhedsanordning, der forhindrer at væggen får overbalance i hejst stilling.



Tværvæg rejst. I kanten ses "bæreknast" for facadeelementer og indstøbte rundjernsbøjler.

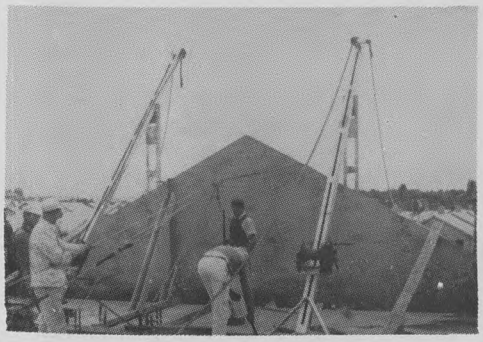
Vestgavl afformet. Udvendigt travisolblokke med betonforstøbning, indvendigt 14 cm grovbeton.



Vestgavl. Væggen afforskallet. Man ser de lodrette bånd støbt i hvid beton. Væggen består af blokke 42 x 42 cm.

Østgavl. Montering af et gavlelement i stueetagen ved anvendelse af "tilt-up" master.

Facadeudfyldning ved hjælp af opmuring.
Blokkene 42 x 42 cm opmuret fra hængestillads.



Gavltrekanter. Gavlen omtrent på plads Støttetrekanter anbringes.

Et af de store facadeelementer transporteret på blokvogn.

Facadeelementer. 3 stadier fra elementets ophejsning og anbringelse.

Fig.7 Husets opførelse

teoretiske k-værdi (ca. 1,o5) i forbindelse med væggens opbygning (isoleringen mellem to tykke og tætte lag, hvorfor væggens reelle k-værdi sandsynligvis er langt større end 1,o5.

Elementer med indv. isolering af Travisol

Bortset fra det nordligst beliggende fag (badeværelsevæg) viste der sig ingen tegn på skader hidrørende fra kondens her.

Den nævnte skade skyldes utvivlsomt, at væggens k-værdi er for stor, ca. o,95, idet travisolens varmegennemgangstal er større end påregnet.

Elementer med udvendig isolering af Travisol og fag opbygget af blokke med udvendig isolering ligeledes af Travisol

Der viste sig ikke at være tegn på skader forårsaget af kondens her.

Ved tidligere eftersyn har man konstateret, at det udvendige forstøbningslag visse steder er skallet af. Disse skader er imidlertid repareret, og der viste sig ingen nye afskalninger.

Den udvendige beton synes for disse facadekonstruktioner at forekomme noget mørkere end for de øvrige betonyderfladers vedkommende.

Elementer med indvendig isolering af Durisol og ventileret luftlag.

Der viste sig ved disse elementer ingen mangler.

Lysbromaterialet

På den ene gavltrekant, udført med pudset facadeforstøbning af brun Lysbropuds, bemærkedes en skjold, som imidlertid er fremkommet under udførelsen.

Endvidere fremkom der en afblegning af Lysbroforstøbningerne, og der konstateredes hvid udblomstring på et af de brune elementer.

Det kan anføres, at disse facadedele senere er blevet malet.

Entreprenør

Betonentreprisen var overdraget entreprenørfirmaet Larsen & Nielsen, Constructor A/S, som ydede megen værdifuld hjælp ved gennemførelsen af det egentlige byggeri og de hermed sideløbende forsøg.

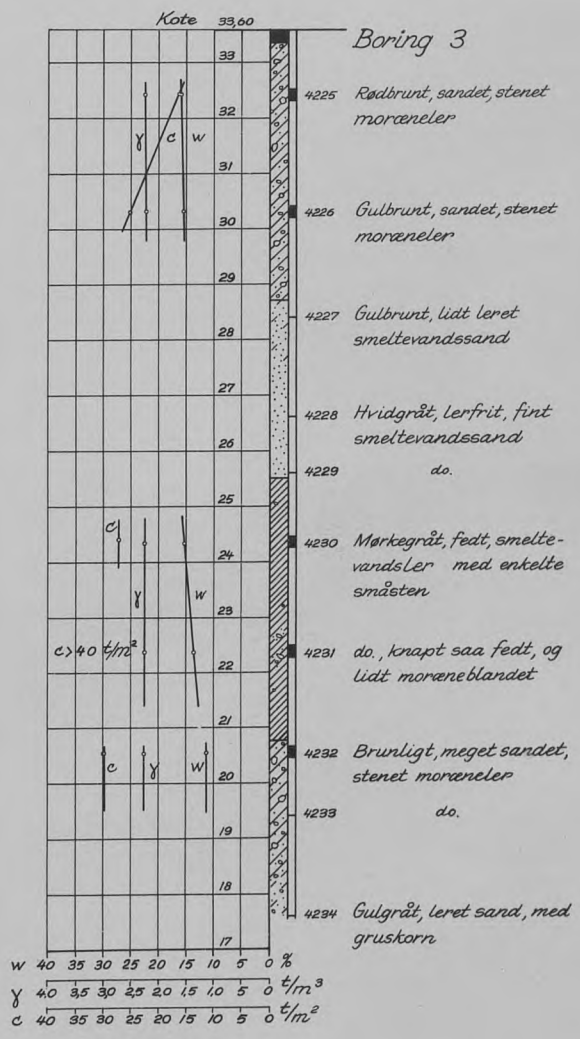
Myndigheder

Da et forsøgshus vanskeligt kan totalprojekteres inden byggeriets påbegyndelse, og der i reglen under selve byggeriet opstår ønsker om ændringer eller supplerende forsøg, vil et sådant byggeri ikke kunne gennemføres uden bygningsmyndighedernes positive indstilling hertil. Hos bygningsinspektør B. Rykjer i Herlev kommune, mødte man den interesse og imødekommenhed, der gjorde dette muligt.

Sammenfatning

Opførelsen af forsøgshuset har godtgjort, at de af konstruktionsudvalget foreslåede byggemåder kunne realiseres på en fleretages bygning.

Fig.8.Det færdige hus



BYGGEGRUNDSUNDERSØGELSERNE

BYGGEGRUNDSUNDERSØGELSERNE FOR PUNKTHUSENE PÅ BELLAHØJ

af
civilingeniør E. V. Jensen og professor, dr. H. Lundgren, Geoteknisk Institut.

1. Indledning.

For blot 15 år siden var man ved fundering her i landet henvist til at benytte sig af skøn, baseret på erfaringsmateriale, der i meget ringe grad var systematisk ordnet. Inden for husbygningen brugtes, trods den overordentlige variation i danske jordbundsforhold, i overvældende udstrækning de i husbygningsnormerne "standardiserede" tilladelige tryk 20, 30 og 40 t/m^2.

Bortset fra enkelte, geoteknisk orienterede ingeniører vågnede interessen for de i udlandet gjorte geotekniske fremskridt først henimod 1940. Udviklingen førte da i 1943 til oprettelsen af Geoteknisk Institut som en selvejende institution under Akademiet for de Tekniske Videnskaber. Siden da har en stadig voksende kreds af rådgivende ingeniører og offentlige institutioner fået øjnene op for betydningen af en grundig undersøgelse af bundforholdene i forbindelse med projekteringen.
Særlig fra 1951 har instituttets arbejdsfelt udvidet sig så hastigt, at det nu medvirker ved hovedmængden af det større byggeri her i landet.

Årsagerne til denne udvikling er formentlig dels den voksende respekt for videnskabeligt arbejde i almindelighed, dels den stærke forøgelse af det tunge byggeri. Endelig er det sandsynligvis også en faktor, at den geotekniske viden har udviklet sig stærkt, således at man i dag kan give væsentlig sikrere oplysninger end for blot få år siden.

Forholdet mellem byggeriet og Geoteknisk Institut har været et gensidigt: Instituttet har stillet undersøgelsesresultater til rådighed, så godt som den geotekniske kunnen tillod det, men arbejdet med byggeriets problemer, især ved det større og specielle byggeri, har til gengæld skabt en fond af viden om danske jordarter og medført en ændring af de fra udlandet indførte undersøgelsesmetoder. Forsøg i marken samt observation af bygværker under og efter udførelsen har været den prøvesten, der har fået ældre, traditionelle teorier til at falde og dannet grundlaget for opstillingen og afprøvningen af nye. I de seneste år har dette ført til betydningsfulde besparelser for byggeriet, der bedst illustreres af den kendsgerning, at man nu opererer med tilladelige belastninger helt op til 100 - 120 t/m^2.

2. Betydningen af undersøgelserne på Bellahøj.

Højhusene på Bellahøj, der på så mange punkter betød en nyskabelse i dansk byggeri, frembød naturligvis også i geoteknisk henseende et problem, der foranledigede de rådgivende ingeniører til allerede i januar 1948 at rette henvendelse til Geoteknisk Instituts daværende leder, civilingeniør A.F. Mogensen.

Som det vil fremgå af den efterfølgende, kortfattede redegørelse for forundersøgelserne, byggegrundsbesigtigelserne og sætningsobservationerne, har instituttets samlede undersøgelse af dette pionérbyggeri været så grundig, at man på den ene side har sikret sig mod ubehagelige overraskelser, og på den anden side vundet overordentlig værdifulde erfaringer, der allerede er kommet meget andet byggeri her i landet til gode.

3. Forundersøgelserne.

På grund af den store udstrækning af byggearealet, ialt ca. 165.000 m^2, og på grund af de uregelmæssige lejringsforhold, man geologisk måtte vente, var det en overordentlig omfattende opgave at kortlægge bundforholdene for Bellahøjbyggeriet.

De indledende undersøgelser bestod af ialt 165 sonderinger med belastet spidsbor, placeret med ca. 4 sonderinger i hjørnerne af hvert af de 28 højhuse og resten fordelt på den øvrige, lavere bebyggelse. Resultaterne af disse sonderinger viste, at fasthedsforholdene var ret ensartede over det meste af arealet. Indtil godt et par meters dybde blev der næsten overalt truffet blødere jordlag, der gav store nedsynkninger, men umiddelbart herunder fandtes faste lag, og det var almindeligvis ikke muligt at føre spidsboret længere ned end 3-4 m under ter-

ræn. Spidsborsresultaterne blev anvendt ved bestemmelse af funderingsdybden, idet øvre grænse for fundamentets underkant blev sat til jordlag, hvor der krævedes mindst ca. 15 halve omdrejninger for 20 cm nedsynkning.

Jordbundens bæreevne blev fastsat på grundlag af resultaterne fra 10 undersøgelsesboringer, der var 15-16 m dybe, og hvori der blev optaget et større antal jordprøver til geologisk og laboratoriemæssig bedømmelse.

Bortset fra et enkelt område med en moseaflejring, fandtes udelukkende istidsaflejringer, dels moræneler og morænesand (usorterede aflejringer af sten, grus, sand og ler i vekslende blandingsforhold), dels smeltevandsaflejringer, der i reglen var lagdelte og viste god sortering. Indholdet af sten i fedt smeltevandsler tydede dog på, at den oprindelige bassinaflejring var blevet løsrevet og transporteret et stykke vej af indlandsisen, hvilket stemte godt med den opfattelse, man havde af hele bakkedraget som en oppresset endemoræne. Det måtte derfor antages, at lejringsforholdene ikke var så regelmæssige, at det var muligt at trække laggrænser mellem de ret spredtliggende, få boringer.

4. Det tilladelige tryk på grunden.

Størrelsen af brudbelastninger på grunden blev beregnet ud fra de i laboratoriet målte forskydningsstyrker. Bestemmelsen af jordarternes forskydningsstyrker blev foretaget ved hjælp af det såkaldte "Skaven-Haugs overskæringsapparat" samt i enkelte tilfælde med Casagrandes apparat. Resultatet blev, at man fastsatte jordens tilladelige bæreevne (med en sikkerhedsfaktor 3 mod brud) til 50 t/m^2. Det skal her nævnes, at Skaven-Haugs apparat, der blev udviklet i Norge omkring 1930, er meget simpelt i brugen, men er behæftet med forskellige mangler, hvorfor instituttet fra 1950 er gået over til i stedet at anvende vingeforsøg i marken, suppleret med almindelige trykforsøg og triaksialforsøg i laboratoriet.

5. Byggegrundsbesigtigelsen.

Det indledende undersøgelsesprogram, der af tidsmæssige hensyn måtte blive noget begrænset i betragtning af det meget store byggeområde, var tilendebragt i foråret 1949. På grund af de ret varierende geologiske forhold på såvel nord- som sydarealet og som en naturlig konsekvens af, at Geoteknisk Institut foreslog en tilladelig belastning, der var større end husbygningsnormerne dengang tillod, blev der fra instituttets side stillet forslag om, at man udførte mindre sonderinger i de udgravede fundamentsrender for de enkelte højhuse.

Dette forslag blev fuldt ud tiltrådt af de projekterende ingeniører, og siden byggeriets påbegyndelse i sommeren 1951 har Geoteknisk Institut til stadighed fulgt funderingsarbejdet, men har i øvrigt ved markinspektionerne haft megen støtte i et intimt og tillidsfuldt samarbejde med bygningsinspektør, arkitekt A. Leth samt de forskellige tilsynsførende ingeniører.

Undersøgelsen af den enkelte byggegrund har først og fremmest bestået i en geologisk bedømmelse af jordbunden - i mange tilfælde foretaget i marken af instituttets geologiske medarbejder, geotekniker fru E.L. Mertz. Dertil kommer, at man ved hjælp af sonderinger med belastet spidsbor, prøveboringer med lettere boregrej, modelbelastningsforsøg samt - især - vingeforsøg har kunnet efterprøve grundens fasthed og bæreevne og eventuelt lokalisere blødere jordlag, således at forholdsregler herimod kunne træffes i tide.

Da almindelige vingeboringer ville have været alt for komplicerede, og da man heller ikke rådede over noget andet apparat, der tillod en sikker bestemmelse af jordens styrke inden for den korte tid, der ofte stod til rådighed mellem rendeudgravning og fundamentstøbning, udviklede i efteråret 1951 det såkaldte håndvingebor (jfr. fig. 1), der kan slås indtil 1,5 m ned i jorden med en almindelig hammer.

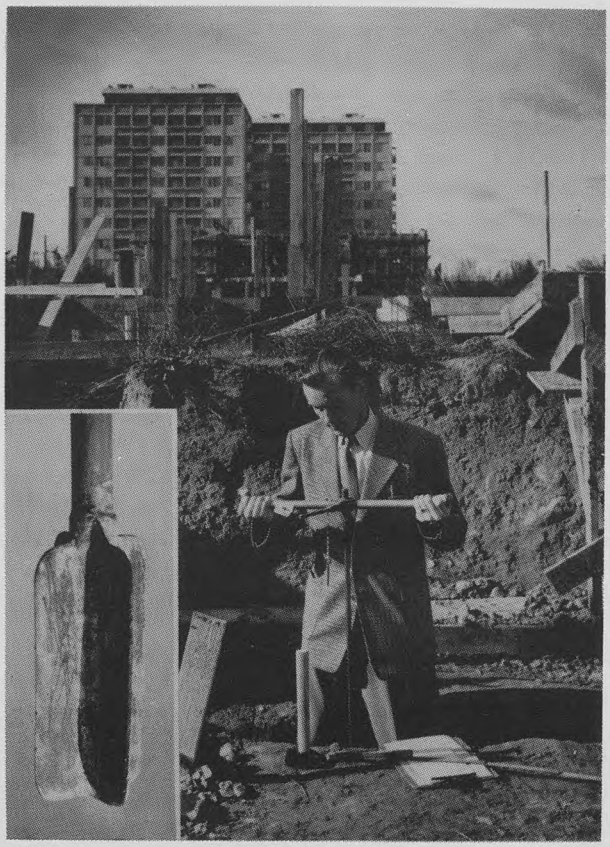


Fig. 1. Ved drejning af håndvingeboret bestemmes byggegrundens bæreevne i udgravningerne.

Håndvingeboret bruges nu ved alle instituttets markinspektioner og har vundet udbredelse landet over.

I flere tilfælde resulterede besigtigelserne i, at et fundament måtte føres dybere ned eller gøres bredere, svarende til en formindskelse af trykket til 40 t/m^2.

6. Forudberegning samt observation af sætningerne.

Til en bedømmelse af størrelsen af de sætninger, som man måtte forvente, blev der allerede ved forundersøgelserne i 1948 udført konsolideringsforsøg med typiske, udvalgte jordprøver og på grundlag heraf foretaget en beregning af nedsynkningen for 0,8 m brede fundamenter belastet med 50 t/m^2. Disse forsøg og beregninger, der blev gennemført efter de i udlandet almindeligt anvendte metoder, gav som resultat sætninger på 7-10 cm.

I løbet af 1950 og 1951 blev man imidlertid ved Geoteknisk Institut klar over, at moræneler har en så sensibel struktur, at selv den mest forsigtige prøveoptagning medfører en ødelæggelse, der resulterer i, at konventionelle konsolideringsforsøg giver alt for store sammentrykninger. Dette blev senere bekræftet ved særlige forsøg, men i 1951 måtte man koncentrere sig om den opgave direkte at bestemme sætningerne ved markkonsolideringsforsøg i modelmålestok. For Bellahøj-byggeriets vedkommende tillod omstændighederne ikke sådanne undersøgelser. Imidlertid var det muligt for instituttet som led i forundersøgelserne af to andre store byggeprojekter at arbejde med problemet, hvorved man fandt, at sætningerne ved modelforsøg kun udgjorde ca. en trediedel af de konventionelt beregnede sætninger.

Det skal tilføjes, at senere undersøgelser nu har vist, at man endda ved modelforsøg på små plader finder relativt for store sætninger, og at man for moræneler, der har været belastet af isen, med fordel kan benytte en ny type konsolideringsforsøg i laboratoriet: Først rekonsolideres leret under et tryk på ca. 100 t/m^2, hvorved det - efter beskadigelsen ved prøveoptagelsen - i det væsentlige genvinder den stivhed, som isens belastning i sin tid gav det. Efter aflastning til nul udsættes prøven atter for tryk, og den derved fundne arbejdskurve (genbelastningsgrenen) benyttes ved sætningsberegningerne. Resultatet stemmer - efter de i øjeblikket foreliggende erfaringer - godt med sætningsobservationer, men den samlede sætning er hyppigst kun en femtedel, og undertiden så lidt som en tiendedel af den konventionelt beregnede.

For at skaffe mere klarhed over sætningernes størrelse udførte instituttet en række målinger på 5 af højhusene - for nogles vedkommende efter bygherrens ønske.

Sætningsmålingerne er blevet foretaget ved hjælp af et hydrostatisk nivellerinstrument, der består af to glasrør (jfr. fig. 2), som er forbundet med en vandfyldt gummislange.

Hvert glasrør sidder på et apparat, der er forsynet med en anordning til aflæsning af vandstanden med en nøjagtighed af 0,1 mm.

Apparatet ophænges under målingen på en dorn, som atter

Fig. 2. Sætningsobservationer udføres med hydrostatisk nivellerinstrument.

er skruet fast i en bøsning, der er indstøbt i de bærende kældervægge. I hvert halvhus er der installeret 6 målepunkter.

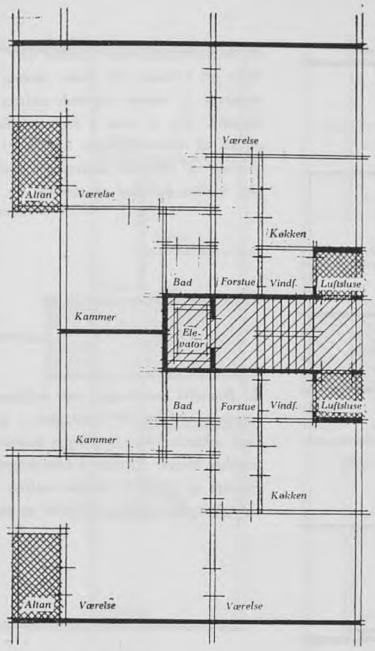
Observationerne blev påbegyndt, så snart fundamenter og kældermure var støbt, og foregik i øvrigt med mindre intervaller i selve byggeperioden, suppleret med et nivellement ca. et halvt år efter fuldførelsen.

Ved sætningsobservationerne er der for et enkelt af de omtalte 5 højhuse, hvor grunden var særlig blød, målt totale sætninger på indtil 1,6 cm, mens de tilsvarende tal for de øvrige højhuse ligger på 0,2 - 0,7 cm. Sætningsdifferenserne inden for halvhusene og mellem disse indbyrdes har kun andraget få millimeter.

Trappehusets forbindelse med de to halvhuse blev ved det førstnævnte højhus udformet således, at de to blokke kunne arbejde i forhold til hinanden, men det gunstige resultat af målingerne af differenssætningerne bevirkede, at man på de senere påbegyndte huse kunne udelade disse foranstaltninger.

4

BRANDSIKRING



1. *Sikkerhedsenetrappe gennem alle etager. 1 lejlighed pr. luftsluse. Elevator i trapperum. Passage af luftsluse mellem lejlighed og trappe med elevator*

Brandsikring ved højbyggeri

Spørgsmålets behandling ved Bellahøjbebyggelsen

Af arkitekt M.A.A. *Curt Bie* 699.81

Da projekteringen af Bellahøjbebyggelsens højhuse skulle påbegyndes, i 1947, var der endnu ikke opført egentlige højhuse i København, og med hensyn til, hvorledes man skulle stille sig til spørgsmålet om brandsikring i sådanne huse, var situationen stadig uklar, idet byggeloven af 1939 – der havde muliggjort højbyggeri – intet nærmere angav om dette spørgsmål, og den sparsomme projektering, der havde fundet sted under krigen, havde ikke givet tydelige retningslinier for en kommende praksis.

Enhver arkitekt kunne ganske vist ved besøg hos autoriteterne få noget at vide om, hvordan man der så på spørgsmålet, men efter dette var der tale om andre krav end åbenbart gældende andetsteds, og man var således også uden brugbare holdepunkter i udenlandske fortilfælde. Dertil kom, at selve de nye krav af mange blev mødt med skepsis, særligt hæftede man sig ved, at det syntes at ville blive nødvendigt mellem lejligheder og trapper at indskyde luftsluser, hvorved der foruden fordyrelse antoges at ville blive gêne i brugsmæssig henseende.

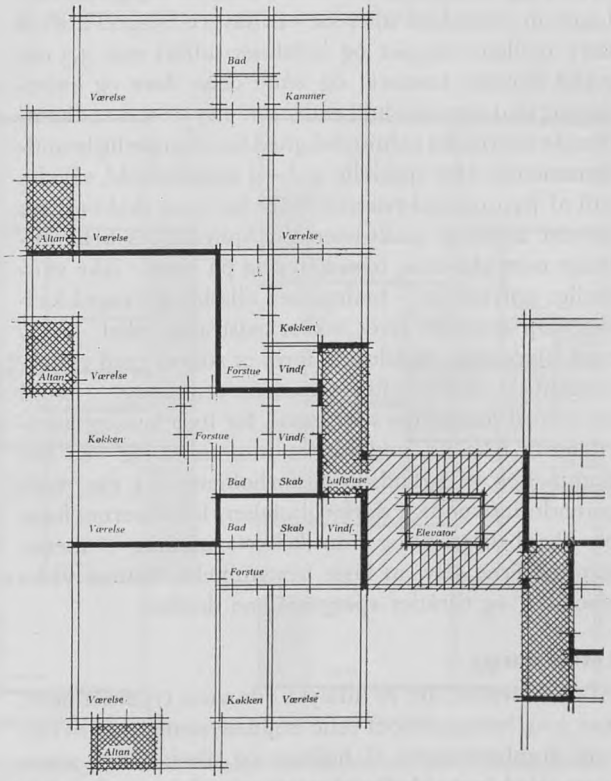
Til løsning af den opgave snarest at finde frem til og få principielt godkendt nogle for Bellahøjbebyggelsen egnede løsninger så billige og brugsmæssigt set gode som muligt – nedsatte Bellahøjbebyggelsens teknikerudvalg ved sit første møde, i juli 1947, et *brandsikringsudvalg* og bestående af arkitekterne Dan Fink, Mogens Irming, Tage Nielsen og undertegnede. De løsninger, der nåedes til, forelå og var gennemdrøftet med autoriteterne ved mundtlige forhandlinger i december 1947 og undergik kun mindre ændringer ved en derefter påfølgende udveksling af skrivelser, som afsluttedes i april 1948.

Principielle forudsætninger

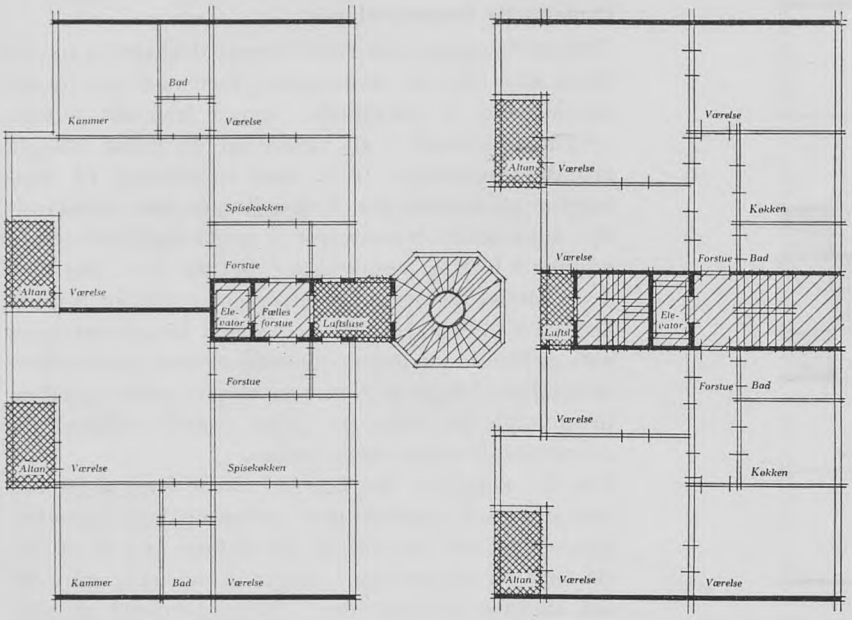
Forhandlingerne med autoriteterne drejede sig naturligvis ikke blot om løsningerne, men også om forudsætningerne. I spørgsmålet herom fastholdt autoriteterne imidlertid i alt væsentligt de forud anlagte grundbetragtninger, bl. a. med henvisning til iagttagelser på studierejser, forhandlinger med udenlandske autoriteter, beretninger i specialfagblade om – navnlig i U.S.A. stedfundne – brande m.v. Det blev dog fastslået, at bygningsvedtægtens regler for trappeforhold i bygninger med 4–7 etager kunne betragtes som gældende for bygninger med øverste gulv i beboelseslejlighed højst 20,5 m over terræn, altså – med en bruttohøjde pr. etage på 2,8 m – med mulighed for at rumme 8 etager over terræn.

For det grundlag, der herefter måtte bygges på ved arbejdet med typeløsninger, redegøres kort i det følgende, idet det betones, at det anførte kun er at forstå som en orientering i meget grove træk, som det må tilrådes en begynder i højbyggerifaget at søge suppleret med oplysninger fra autoriteterne.

Grænsen for, hvor højt over terræn der på betryggende måde kan foretages redning fra stiger, er af brandvæsnet – i København – sat til 20,5 m (Frederiksberg 23,5 m). Beboere i lejligheder over denne højde forudsættes at skulle kunne redde sig selv, og med dette for øje kræves – i almindelighed – at der fra hver sådan lejlighed skal være adgang til 2 for selvredning egnede redningsmuligheder, nemlig 1) sikkerhedstrappe, d.v.s. brandfri trappe adskilt fra



2. *Sikkerhedsenetrappe gennem alle etager. Indtil 3 lejligheder pr. luftsluse. Elevator i trapperum. Passage af luftsluse mellem lejlighed og trappe med elevator*



3. *Sikkerhedsenetrappe gennem alle etager. 2 lejligheder pr. luftsluse. Et fælles forrum med elevator og indgange til entreer indskudt mellem luftsluse og lejligheder. Fra et rum i hver lejlighed reserveudgang direkte til sikkerhedstrappe (luftsluse)*
Passage af luftsluse mellem lejlighed og trappe, men ikke mellem lejlighed og elevator

4. *Brandfri hovedtrappe med indretning som krævet i bygningsvedtægten for enetrapper i 4–7 etagers huse samt sikkerhedsbiltrappe, begge trapper gående gennem samtlige etager. Elevator i hovedtrapperum.*
Passage af luftsluse hverken mellem lejlighed og hovedtrappe eller mellem lejlighed og elevator

lejlighederne ved luftsluser og stående i forbindelse med terræn enten ad samme trappe, indrettet som sikkerhedstrappe også i de nedre etager, eller på anden godkendt måde og 2) altan med murdække, d.v.s. et stykke ydervæg af murværk, beton eller andet godkendt materiale, der kan dække mod flammer.
Højhuse skal i vidt omfang udføres med brandfrie konstruktioner, således med brandfrie etageadskillelser, som dog f. eks. kan forsynes med trægulve på strøer, og brandfrie skillerum mellem lejlighederne. Ligesom entredøre allerede ved lavere byggeri kræves døre mellem trapper og luftsluser udført som 3,5 cm tykke massive trædøre, og både disse døre og entredørene skal være selvlukkende. For elevatorers vedkommende kræves der i almindelighed foruden særlig brandhæmmende døre specielle stol- og skaktforhold, således stol af jern og stol-tværsnit højst 60 % og skakt-aftræk mindst 20 % af skakt-tværsnit. Spilrum ses helst anbragt over elevator, men kan dog på visse – ikke vanskeligt opfyldelige – betingelser tillades anbragt i kælder. Op gennem hver sikkerhedstrappe skal – evt. med placering i luftsluse – føres et stigrør med tilslutningsstutse m. m. efter nærmere anvisning. – Med hensyn til forskellige spørgsmål, for hvis løsning autoriteterne ikke vil undlade at interessere sig ved bedømmelsen af brandsikringsforholdene – f. eks. vedrørende indvendige dørforbindelser, luftslusernes form og åbenhedsgrad og murdækkets omfang – mener autoriteterne selv, at faste bestemmelser kunne virke uheldigt, og tilråder spørgsmålene drøftet.

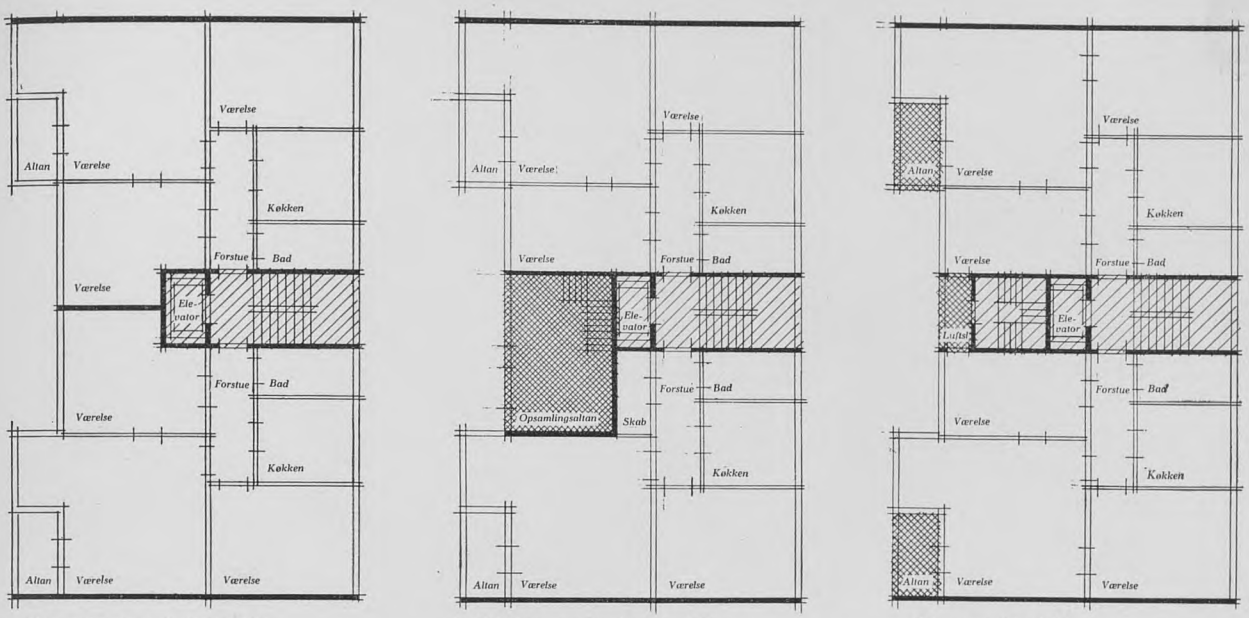
Løsningsarter

Af de systemer, der er udtrykt i de viste typeløsninger, kan 1–4 betegnes som rene højhussystemer, de øvrige som kombinationer af højhus- og almindelige systemer. Ved rene højhussystemer er husene forudsat indrettet ens og med højhusforhold i alle etager.

For disse tilfælde gælder, at husene – set fra brandsikringssynspunkt – kan tillades opført med ubegrænset etageantal, og at brandsikringsareal og indretning af vinduer med henblik på redning fra stiger helt kan undlades. – Ved de kombinerede systemer er husene kun over maksimal redningshøjde forudsat indrettet med højhusforhold. I disse tilfælde kan der være spørgsmål om, hvor mange etager der kan tillades opført over redningshøjde, og for alle løsninger af denne art gælder, at der må regnes med mulighed for redning fra de nedre etager og med vindues indretning efter de almindelige regler.
Udover de viste løsninger godkendtes et par, som man på forhånd anså for „sikre", og som næppe behøver at vises: en egentlig højhusløsning, helt på højde med systemerne 1–4 med hensyn til tilladeligt etageantal, nemlig et altangangshus med 2 gavltrapper og en derimellem forløbende luftsluse (altangang), hvorfra adgang til samtlige lejligheder (ingen særlig begrænsning i disses antal, jfr. system 3, som i virkeligheden er „1/2 system" af denne art), og en kombineret løsning med beskedneste mulighed med hensyn til tilladeligt etageantal, nemlig et almindeligt opgangshus med enetrappe indrettet som krævet i bygningsvedtægten for enetrapper i 4–7 etagers huse, 1 etage over redningshøjde og denne etage sammen med øverste etage i redningshøjde udnyttet til 2 etagers boliger med soverum i den nedre etage (i redningshøjde).

Resultater i praksis

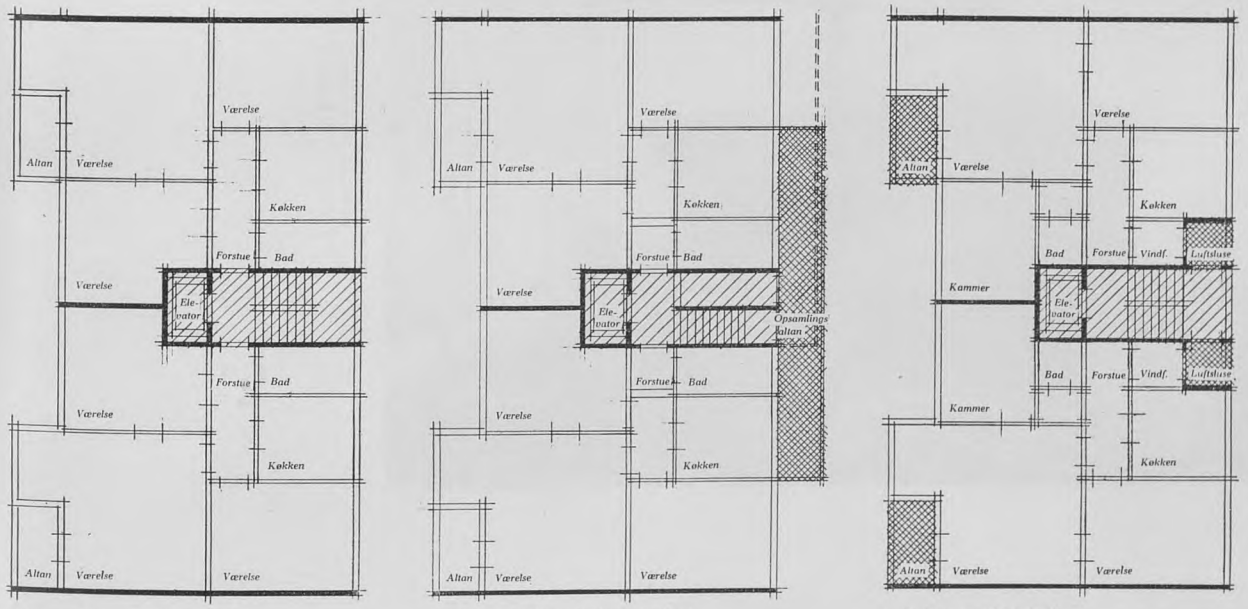
Siden Bellahøjbebyggelsens brandsikringsudvalg udførte sit arbejde, er der både i forbindelse med Bellahøjbebyggelsen og andre byggeopgaver blevet arbejdet videre med brandsikringsproblemerne ved højbyggeri. Den seneste udvikling ligger udenfor denne artikels rammer, og her skal kun omtales, hvordan sagen videre formede sig for Bellahøjbebyggelsens ved-



a. Gulv under maximal redningshøjde *b. Gulv højst i maximal redningshøjde* *c. Gulv over redningshøjde*

5. *Dette system opnåede ved forhandlingerne med autoriteterne kun anerkendelse med henblik på anvendelse ved Bellahøjbebyggelsen. Brandfri hovedtrappe – indtil maksimal redningshøjde enetrappe – med indretning som krævet i bygningsvedtægten for enetrapper i 4–7 etagers huse. Over redningshøjde – hvor der højst måtte være 3 etager – tillige sikkerhedsbitrappe førende til en „opsamlingsaltan" med gulv højst i maksimal redningshøjde (til „opsamling" af personer med redning fra stiger for øje). Opsamlingsaltanens areal 0,5 m² pr. antagen person i de om sikkerhedsbitrappen grupperede lejligheder over redningshøjde (f. eks. 5 personer i en 3 værelsers lejlighed). For huse med kun 1 etage over redningshøjde godkendtes systemet med en mindre lempelse (bitrappen uden luftsluse i etagen over redningshøjde)*

kommende: Formentlig fordi det ikke drejede sig om en højhusbebyggelse med meget betydelige etageantal, er de egentlige højhussystemer og de kombinerede systemer blevet noget nær lige stærkt anvendt ved den endelige projektering, og i øvrigt har ingen af typeløsningerne indenfor de 2 hovedgrupper klart taget teten. Næsten alle de viste typer er blevet benyttet, og – som forventet – er der fremkommet en del variationer og herudover en enkelt kombination af flere af de viste systemer, nemlig – i kollektivhuset – en løsning, hvor karakteristiske egenskaber ved hvert af systemerne 1, 2 og 3 er forenede.



a. Gulv under maximal redningshøjde *b. Gulv højst i maximal redningshøjde* *c. Gulv over redningshøjde*

6. *Også med hensyn til dette system tog autoriteterne forbehold, jfr. nedenfor. Indtil maksimal redningshøjde, brandfri enetrappe med indretning som krævet i bygningsvedtægten for enetrapper i 4–7 etagers huse. Herover sikkerhedsenetrappe, hvorfra – højst i maksimal redningshøjde – via opsamlingsaltan adgang til den gennem de nedre etager gående brandfrie enetrappe, evt. til flere. Ved forbindelse med terræn ad kun 1 trappe gennem de nedre etager forbehold med hensyn til godkendelse som ved 5 og kun mulighed for højst 3 etager over redningshøjde*

BIANCO LUNO - KBH.

5

BELLAHØJHUSENES KONSTRUKTIONER

Bellahøjbyggeriets konstruktioner

Civilingeniør Erik Hartoft-Nielsen.

DK 728.28
693.5

Intet efterkrigstidsbyggeri har vel været gjort til genstand for så megen omtale og kritik — såvel fra sagkyndige som fra lægfolks side — som punkthusbyggeriet på Bellahøj.

Der skal i det følgende berettes lidt om husenes konstruktive opbygning og de anvendte byggemetoder, utvivlsomt de områder inden for hvilke, bortset fra selve punkthusformen, Bellahøjbyggeriet adskiller sig mest fra tidligere opførte boligbebyggelser.

For at kunne foretage en retfærdig bedømmelse af byggeriet i dets endelige skikkelse, som vi kender det i dag, vil det imidlertld være nødvendigt dels at gøre sig de vigtigste af forudsætningerne for det store projekt klar og dels at stifte bekendtskab med nogle af de mange overvejelser, der har ligget til grund for den sluttelige udformning af de mange stadier, projekteringsprocessen har måttet gennemgå.

Forudsætninger

Planerne om en bebyggelse på Bellahøjarealet tog konkret form først med afholdelsen af en arkitektkonkurrence i 1944 og dernæst med overdragelsen af byggeopgaven i 1947 til fire af vore førende boligselskaber.

Når man i det hele taget gav sig i kast med denne efter danske forhold meget store, samlede byggeopgave, var det dels foranlediget af en optimistisk tro på et efterkrigstidsbyggeri af høj kvalitet og dels som et led i bestræbelserne på at skabe arbejdsområder for ufaglærte, hvis beskæftigelse umiddelbart efter krigen var et stort problem.

Bebyggelsesplanen og herunder husenes art, den specielle højhustype — punkthuset — var givet i form af det vindende konkurrenceprojekt, hvori var taget vidtgående æstetiske hensyn, foranlediget af den dominerende placering i bybilledet, byggeriet ville få. Det vil i virkeligheden sige, at en række bestemmende faktorer lå fast, og det er klart, at der til grund for konkurrenceprojektet ikke har kunnet ligge tilbundsgående undersøgelser over sammenhæng mellem lejlighedstyper, planløsninger, økonomisk højde o.s.v., for slet ikke at tale om konstruktionsprincipper og byggemetoder.

Bortset fra visse kvalitetsmæssige krav kan man derfor godt tillade sig at sige, at forudsætningerne ikke stemmer overens med de kriterier, man i dag ville lægge til grund for et rationelt byggeri. Vi må ikke glemme, at arbejdet begyndte for 10 år siden, og at man dengang så helt anderledes på tingene end i dag. — En stor byggekran, f. eks., på en dansk byggeplads turde man slet ikke forudsætte.

Foreløbige projekter

Som et naturligt led i overvejelserne vedrørende valg af konstruktionsform lod de respektive bygherrers rådgivende teknikere — der i det hele indgik et intimt samarbejde om de fælles problemer — udfærdige en række foreløbige projekter over de mulige konstruktionsprincipper. Som grundlag for undersøgelserne valgtes et 10-etagers punkthus, udarbejdet på basis af det præmierede projekt.

De gennemarbejdede alternativer var i konstruktionsprincip følgende:

- A jernbetonskelet,
- B jernbetonskelet, gavlene dog udformet som massive, bærende jernbetonvægge,
- CI bærende tværvægge og gavle af jernbeton,
- CII bærende tværvægge og gavle af uarmeret beton,
- D bærende ydervægge af jernbeton, kombineret med en række indvendige jernbetonsøjler,
- E bærende tværvægge af murværk, facader og gavle af murværk.

Al udfyldning og isolation af facader og gavle regnedes for forslagene A—D foretaget med gasbeton, medens der for forslag E's vedkommende forudsattes opmuret en isolationsmur uden forbandt med teglstensmuren af ½ stens klinkerbeton. Etageadskillelserne udførtes i alle tilfælde som massive jernbetonplader.

En række murermestre og entreprenørfirmaer påtog sig at udregne priserne på de forskellige systemer, og efter bearbejdning af det indkomne prismateriale kom man til et resultat, som kan angives på følgende måde rent procentvis, idet den billigste mulighed er udtrykt ved 100 %:

Alternativ	pris pr. m² nettoetageareal	bruttoetageareal
CII	100	100
CI	105	108
E	107	101
A	114	115
B	114	116
D	123	124

For udførelsesmåderne CI og CII er regnet med stål som støbeforskalling. Med almindelig træforskalling blev priserne noget højere.

Det er naturligvis farligt at tillægge en undersøgelse som den foretagne alt for stor vægt, i hvert fald hvad de absolutte talværdier angår. Imidlertid syntes undersøgelsen relativt set ret tydeligt at fremhæve forslag CII som fordelagtigst, hvorfor man da også, efter at en række sideløbende undersøgelser over kvalitet, lydisolering, varmetab o.s.v. var foretaget, besluttede sig til at gå ind for denne udførelsesmåde, altså bærende tværvægge af uarmeret beton og facadeudfyldninger.

Påtænkt byggemetode

Efter at hovedkonstruktionsprincippet således var vedtaget, koncentreredes det videre arbejde om den mest hensigtsmæssige udførelsesmåde.

Af de forhold, som var bestemmende for dette valg, skal her nævnes de vigtigste:

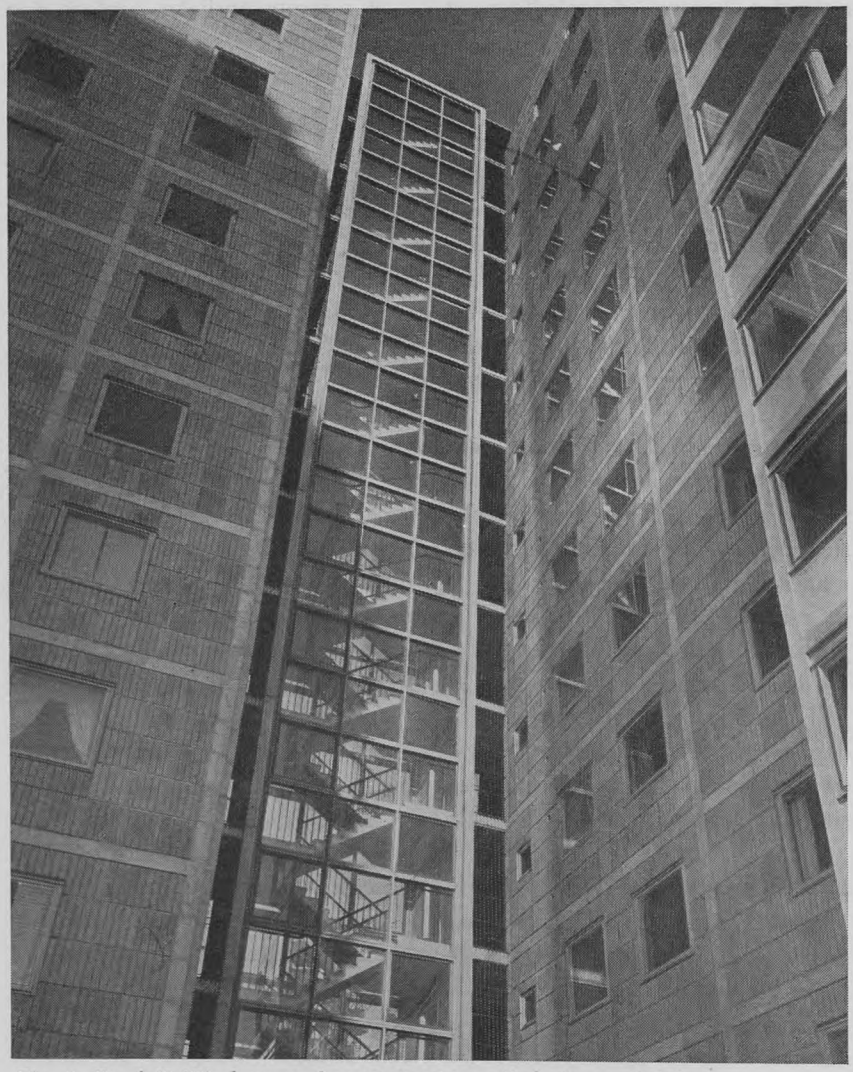


Fig. 1. Et af KAB's huse med trappepartiet mellem de to »halvhuse«.

1. Som tidligere anført var en stor byggekran på en dansk byggeplads dengang så utænkelig, at man koncentrerede sig om løsninger, hvortil meget let og billigt grej var tilstrækkeligt.

2. Forskallingsmateriale — træ såvel som stål — var en meget dyr og også vanskelig fremskaffelig vare, hvorfor bestræbelserne sattes ind på forskallingsbesparende metoder.

3. Det var en almindelig antagelse, at puds som udvendig facadebehandling ikke var anbefalelsesværdigt af vedligeholdelsesmæssige grunde, hvorfor bygherrerne forlangte, at de valgte konstruktioner ikke måtte kræve mere vedligeholdelse end et normalt muret hus.

4. Der var blandt de projekterende en vis ængstelse med hensyn til facadeudfyldninger af opmurede letbetonblokke, dels uvisheden med hensyn til materialernes svind og dels frygten for krybning af den bærende etageadskillelse.

Disse betragtninger og mange flere førte til sidst til en udførelsesmåde, hvorefter der til de bærende skillevægge benyttes »tilt-up« metoden med lette løftebomme, og facaderne udføres som »rumstore« præfabrikerede elementer, spændende fra etage til etage og fra tværvæg til tværvæg, forsynet med færdig yderflade og indvendig isolering, således at behandlingen efter montagen indskrænkes til minimalt fugearbejde og indvendig puds. Facadeelementerne forsynedes med udsparinger til ophængning på »bæreknaster« indstøbt i kanten af tværvæggene og tænktes ophejst ved hjælp af en let etagekran. Etageadskillelserne var udført i jernbeton på sædvanlig måde.

Den foreslåede byggemetode var imidlertid så afvigende fra alle hidtil herhjemme anvendte, at bygherrerne enedes om at opføre et forsøgshus, hvor brugbarheden kunne

efterprøves. Dette og alle de øvrige forsøg, som udførtes i forbindelse hermed, er omtalt tidligere og skal ikke uddybes her, kun skal oplyses, at forsøgene faldt så heldigt ud, at man valgte at lægge den nævnte udførelsesmåde til grund for licitationen over punkthusenes facadekonstruktioner, som fandt sted i slutningen af 1949, og det senere udbud af bygningernes hovedkonstruktion, beton-, jernbeton- og murerentreprisen, i foråret 1950.

Fornyede overvejelser

Nu skal det imidlertid ikke skjules, at den tænkte udførelsesmåde — tilt-up-metoden — ikke var ideel for punkthusene, idet som tidligere anført planløsningerne stort set var fastlagt, inden man begyndte at skæve til byggemetoderne. På forsøgshuset måtte væggene, simpelthen af pladshensyn på dækket, støbes og rejses i to omgange. På punkthusene ville det for at få alle vægge med i visse tilfælde være nødvendigt at foretage processen både 3 og 4 gange. Dette medførte, at en af entreprenørerne ved tilbudsgivningen på hovedkonstruktionen fremkom med en alternativ løsning til samme pris, men hurtigere end den forudsatte, hvorefter væggene skulle støbes lodret i specielt til formålet fremstillede forskallingselementer af træ. Det må heller ikke glemmes, som det vil fremgå af de foreliggende redegørelser for forsøgshuset, at gavlenes dobbelte funktion både som bærende tværvæg og som facadekonstruktion frembød visse vanskeligheder, og dette medførte, at der såvel under som efter licitationen blev taget alternative udførelsesmåder op til overvejelse.

Samtidig skete der det, at man i udlandet, specielt Tyskland og Sverige, arbejdede med tilsvarende problemer og her var kommet ind på at anvende den fra silobyggeri kendte glideforskallingsmetode til højhusbyggeri. I Sverige havde man foretaget en række praktiske forsøg med gunstigt resultat, og da man ved anvendelsen af metoden syntes at have løst de ved de andre påtænkte fremgangsmåder ikke ganske afklarede problemer, valgte bygherrer, projekterende og entreprenører for den overvejende del af husenes vedkommende at gå ind for glideforskallingsprincippet eller den nært hermed beslægtede klatreforskallingsmetode, i begge tilfælde et system, hvorefter der til udførelsen af de støbte vægge benyttes forme, som flyttes opad ved hjælp af hydrauliske løftere.

De valgte konstruktioner

Som grundlag for punkthusenes fundering blev Geoteknisk Institut anmodet om at foretage en undersøgelse af jordbundsforholdene. Resultatet heraf var gunstigt, idet det viste sig, at jordbundens tilladelige bæreevne i stor udstrækning kunne ansættes til 5 kg/cm². Fundamenterne er udformet som almindelige fundamentskanaler, hvis dimensioner, fastsat ved beregning, ikke har antaget afskrækkende størrelser. På grund af visse uensartetheder i jordbundens beskaffenhed har det for et par huses vedkommende været nødvendigt at foretage pælefundering.

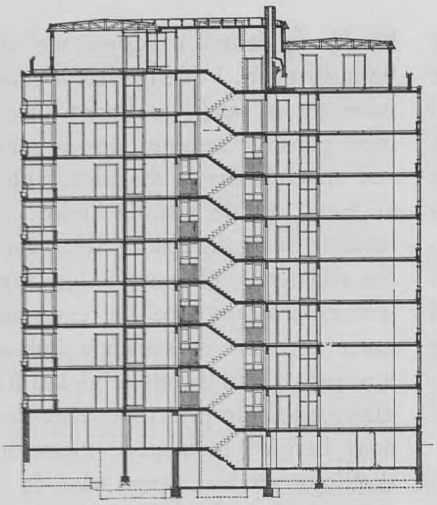
Geoteknisk Institut fik i byggeriets start endvidere til opgave at foretage en række sætningsmålinger i forbindelse med de først opførte huse, dels med henblik på husenes absolutte nedsynken og dels de relative indbyrdes sætninger af de to »halvparter«, hvoraf et hus består. På grund af husenes opbygning som to dele forbundet med et »svagt« trappeparti var det straks fra begyndelsen af stor vigtighed at få bragt klarhed over sidstnævnte forhold. De målte »differencesætninger« har imidlertid højst andraget nogle få millimeter, hvorfor man ikke har fundet det nødvendigt at iværksætte ekstraordinære foranstaltninger af denne grund.

Som bekendt vil der på Bellahøjarealet ialt blive opført 28 punkthuse. To af disse tilhørende foreningen Socialt Boligbyggeri er udført som Kalltonhuse af firmaet Emanuel Jensen og Schumacher, d.v.s. opført som jernbetonskeletbygninger af præfabrikerede søjle-, bjælke- og etageadskillelseselementer. Af hensyn til vindstivheden er enkelte indvendige vægge udført støbte, medens facadeudfyldningen er udført med gule mursten. Der skal iøvrigt ikke gås nærmere ind på disse to huse her, kun skal det anføres, at det havde forekommet mere rationelt, om der til facadeudfyldningen var benyttet præfabrikerede elementer, ligesom det forekom uhensigtsmæssigt, at de udragende, ganske små altan- og karnapplader støbtes på stedet på ganske traditionel vis med træforskalling, lægter og bomme, støttende fra plade til plade fremfor som præfabrikerede plader indgående i det øvrige fabriksfremstillede system. — Men disse forhold har formentlig været taget op til overvejelse.

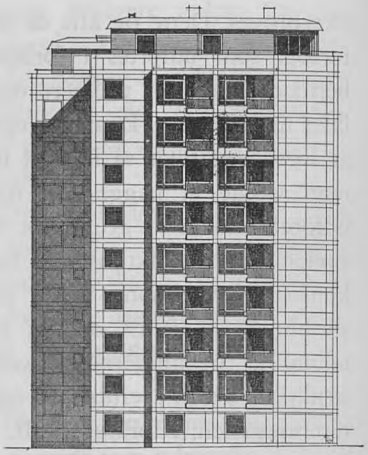
De øvrige huse er udført eller projekteret med en bærende kon-

Fig. 2. Kaltonhus under opførelse.

Facade mod syd

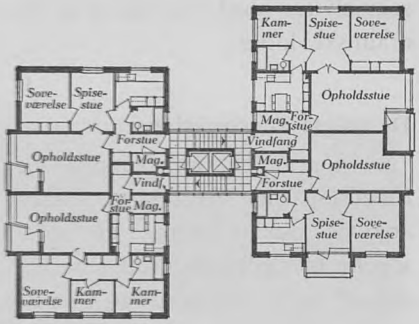


Tværsnit

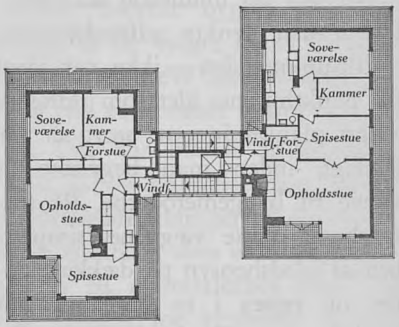


Facade mod vest

Plan af parterre



Plan af normaletage



Plan af tagetage

Fig. 3. Planer, snit og facader af et af højhusprojekterne (Arbejdernes Andelsboligforening).

struktion, der i det væsentlige er den samme. Husene har i princippet bærende tværskillevægge af uarmeret beton med en tykkelse, varierende mellem 14 og 20 cm. Betonkvaliteten varierer med belastningen, idet der dog er valgt samme betonblanding i samme etage. Enkelte særligt stærkt belastede piller har måttet udføres i jernbeton. Det skal her nævnes, at der sideløbende med de tidligere omtalte forsøg har været afholdt en række forsøg over uarmerede betonvægges bæreevne, idet de gældende beregningsnormer forekom de projekterende noget utidssvarende. Resultaterne af undersøgelserne har været offentliggjort andetsteds.*)

Ydervæggene består efter overgangen til glide- og klatreforskallingssystemet af udvendige, fabriksstøbte elementer, facadefliser, som faststøbtes til en 10 eller 15 cm tyk betonvæg.Sidstnævnte betontykkelse forekommer kun, hvor væggene udføres i glideforskalling, eller hvor væggene på grund af belastning behøver denne tykkelse. Facadefliserne består af 16 cm klinkerbeton, forsynet med en 3 cm tyk forstøbning af almindelig eller hvid cementmørtel. Ydervægskonstruktionen har været et særdeles interessant område af konstruktionerne og er udførligt behandlet af civilingenør A. K. Krog i artiklen »Ydervægskonstruktionen i Bellahøjhusene«, »Byggeindustrien« nr. 1/1954.

Som etageadskillelser er anvendt enkelt- eller krydsarmerede jernbetonplader, i visse tilfælde Durisolhurdisdæk.

De for punkthusene karakteristiske tagopbygninger, taglejlighederne, hvoraf findes en bygning pr. halvhus, er udført med en konstruktion så let som muligt helt uafhængigt af det øvrige hus. Væggene er i de fleste tilfælde opbygget af en bjælke- og søjlekonstruktion af træ, udfyldt med et eller andet udfyldningsmateriale og udvendigt beklædt, f. eks. med eternitplader. Taget er en let træspærfagskonstruktion, dækket med tagpap.

Bortset fra ydervægskonstruktionerne, specielt en række detailler i forbindelse hermed, har husenes konstruktion i den endelige udgave været ret traditionel, ganske vist med beton som grundmateriale. Det

*) Ingeniøren nr. 25, 1951.
Bygningsstatiske Meddelelser nr. 2, 1951.

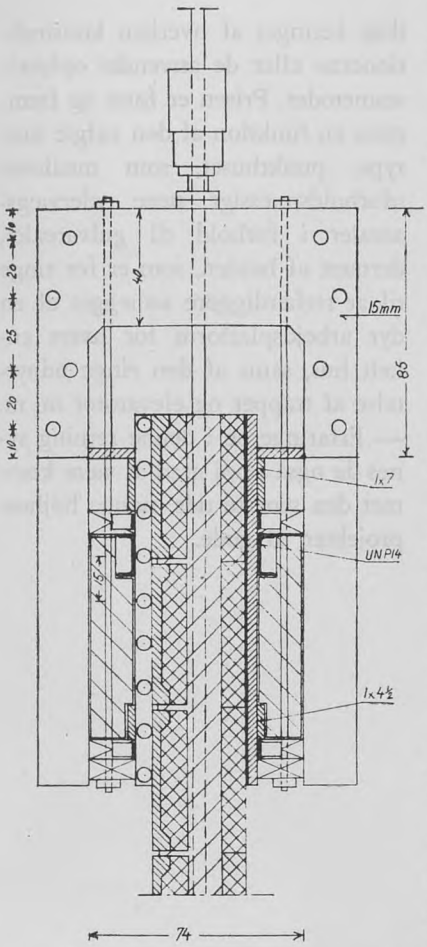


Fig. 4. Principtegning af klatreforskallingsarrangement til ydervæg med pumpe, klatrejern, åg, forskallingsflager, ruller o.s.v

største problem har sikkert været vindstabiliteten, idet husenes store vægt ifølge normerne bevirker, at der skal regnes med ret store vindkræfter. I husenes længderetning, d.v.s. vinkelret på tværvæggene, er optagelsen sket gennem visse vægge, som af samme grund har måttet udføres støbte, samt ved hjælp af de forhåndenværende støbte elevatorskakte, lejlighedsskel o. lign.

Udførelsesmåde

Den overvejende del af husene er som tidligere nævnt udført med anvendelse af glide- eller klatreforskalling. Metoderne skal kort omtales her, først glideforskallingssystemet, som er blevet anvendt af Christiani & Nielsen ved opførelsen af 6 blokke for Arbejdernes kooperative Byggeforening og konsortiet E. Kornerup — C. T. Winkel A/S ved 3 blokke for Foreningen Socialt Boligbyggeri.

Som bekendt er fremgangsmåden den, at en lav støbeform ved hjælp af donkrafte langsomt hæves op over den allerede udstøbte beton, idet formen stadig glider mod den netop fremstillede betonvæg.

Glideformen er 120 cm høj og udført med et smig på ca. 1 cm, således at formen under bevægelsen opad slipper betonen. De hydrauliske løftere, donkraftene, betjenes fra en centralt anbragt olietrykpumpe. Når der ledes olie til en løfter, klemmer den indre del sig fast om den såkaldte klatrestang, medens den ydre, der med et åg bærer glideform og arbejdsplatform, løfter sig ca. 20 mm. Samtidigt spændes en fjeder, som, når trykket tages af olien, trækker den indre del op, idet den ydre nu har bidt sig fast på klatrestangen. Klatrestængerne er sammensat af ca. 3 m lange stykker, der samles med gevind. Stængerne placeres i rør, der under støbningen bevæges op med formen, hvorved opnås, at stængerne står frit i lodrette udsparinger i betonen, således at de kan genvindes til brug ved de følgende blokke.

Dækkene støbes på traditionel vis, hurtigst muligt efter, at den fri højde under arbejdsplatformen tillader det. Vederlag i ydervæggene etableres ved udsparinger og indstøbte stritter. I indervæggene udspares der ud for dækket en række huller for den gennemgående armering.

Den anden metode, klatreforskallingsmetoden, der er anvendt af Larsen & Nielsen til opførelsen af 4 blokke for Københavns almindelige Boligselskab, og i øjeblikket benyttes ved udførelsen af nogle af blokkene for Arbejdernes Andels-Boligforening, adskiller sig fra glidemetoden derved, at støbeformen, som består af forskallingsflager, ikke glider mod betonen. Flagerne er opsat mellem et system af lodrette skinner, som kan hæves ved hjælp af de hydrauliske løftere. Under hævningen ruller skinnesystemet på flagerne. Såsnart betonen er størknet, kan flagerne fjernes og flyttes op mellem skinnerne pany, hvorefter de danner form for den næste del af væggen.

Medens der således ikke er stor forskel på den af de tre entreprenører anvendte byggemetode, har der til gengæld været store forskelligheder med hensyn til valg af materiel til materialernes transport. Christiani & Nielsen har betjent sig af en skinnekørende Wolf-kran, og Larsen & Nielsen har benyttet en stationær mastekran af typen Ardelt. Konsortiet Kornerup-Winkel har derimod anvendt lettere grej, dels en særlig elevatorspand i forbindelse med en traktor på jorden og børe på arbejdsplatformen til transport af beton og dels et Via-

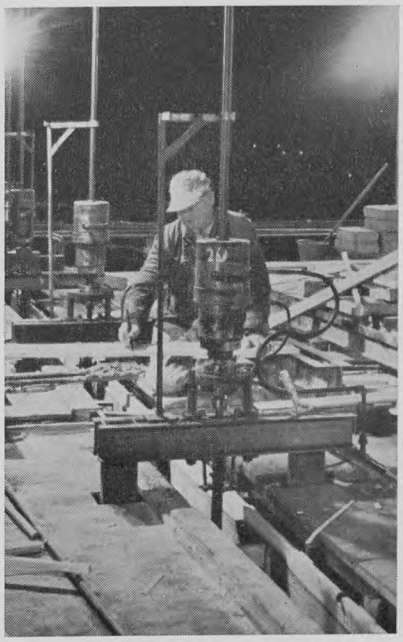


Fig. 5. Nærbillede af pumpearrangement.

hejs til transport af facadefliser, armering o. a. materialer. — Det er vist ikke på nuværende tidspunkt muligt med nogenlunde sikkerhed at udtale sig om, hvilken fremgangsmåde der har været mest hensigtsmæssig.

For fuldstændighedens skyld skal det endelig anføres, at Larsen & Nielsen i øjeblikket er ved at udføre nogle af blokkene for Arbejdernes Andelsboligforening uden anvendelse af klatreforskalling, idet man i stedet benytter sig af et forskallingssystem, som, om man så må sige, flyttes opefter med håndkraft.

Slutning

Det er en kendt sag, at anvendelsen af de ovenfor omtalte byggemetoder i begyndelsen voldte entreprenørerne mange kvaler. Der er forsåvidt intet mærkeligt i dette, idet metoderne jo var helt nye, og man må da også sige, at entreprenørerne efterhånden overvandt alle vanskelighederne. Eksperimenterne har naturligvis kostet en hel del tid, men Bellahøjhusenes pris er iøvrigt ikke betinget af hverken konstruktionerne eller de anvendte opførelsesmetoder. Prisen er først og fremmest en funktion af den valgte hustype, punkthuset, som medfører uforholdsmæssigt store ydervægsarealer i forhold til gulvarealet, dernæst af højden, som er for ringe til at retfærdiggøre anlægget af en dyr arbejdsplatform for hvert enkelt hus, samt af den ringe udnyttelse af trapper og elevatorer m. m. — Erfaringerne i denne retning synes da også i høj grad at være kommet den seneste tids mange højhusprojekter til gode.

ROBERT E. PETERSENS
BOGTRYKKERI. KBH. N.

6

YDERVÆGSKONSTRUKTIONER

Et af SB's højhuse. Mønstret fremkommer ved anvendelsen af fliser med grå og lys beton.

Ydervægskonstruktionen i Bellahøjhusene

Civilingeniør A. K. Krog.

Forfatteren giver i artiklen en indgående redegørelse for de forsøg, beregninger og overvejelser, der ligger til grund for eller er blevet foretaget i forbindelse med udformningen og udførelsen af ydervægskonstruktionerne til de af Bellahøjpunkthusene — og det vil sige dem alle med undtagelse af de to Kallton-huse — som er udført som helstøbte beton- og jernbetonhuse, størsteparten under anvendelse af glide- eller klatreforskalling.

Problemerne i forbindelse med ydervægskonstruktionen har interesse langt ud over Bellahøjbyggeriet, idet den på Bellahøj anvendte konstruktion eller tilsvarende er blevet anvendt til en lang række byggerier i de senere år og utvivlsomt vil blive benyttet i mangfoldige tilfælde i tiden fremover.

Artiklen vil blive fulgt op af en anden artikel, omhandlende de på Bellahøj benyttede konstruktioner i almindelighed.

DK 69 022.3
693 5
728.28

I de fleste af Bellahøjhusene er ydervæggene udført som vist på fig. 1 og fig. 2. De består af udvendige fabrikstøbte elementer kaldet facadefliserne, som faststøbes til en 10 eller 15 cm betonvæg. Sidstnævnte betontykkelse forekommer kun, hvor væggene udføres i glideforskalling, eller hvor væggene på grund af belastning behøver denne tykkelse.

Facadefliserne består af en tæt forstøbning af grå, mørkegrå eller hvid beton støbt imod glat jernform og et isolerende lag, som er udført af Leca-beton.

En række overvejelser og forsøg og et meget intimt samarbejde imellem arkitekter, ingeniører, entreprenører, fabrikanter og bygningsmyndigheder har ført til den udformning af ydervæggene, som blev den endelige, og udformningen har dannet mønster for andre bygninger i Danmark.

Nogle oplysninger om disse vægge kan derfor tænkes at have mere almindelig interesse.

Tilsigtede og opnåede egenskaber

Fra første færd gjorde man sig klart, at den ydervægskonstruktion, der kunne være tale om at anvende, når man forlod den traditionelle teglstensmur, måtte have et bedre *transmissionstal* end denne.

Under de første års arbejde med projektet kom i 1949 Byggeforskningsinstitutets rapport nr. 1 om økonomisk varmeisolering. Heri fastslås under visse forudsætninger det mest økonomiske transmissionstal for betonvæg med støbt isolering til 0.72. Da man gerne ønskede at forenkle sammenligningsproblemerne ved forskellige mulige isoleringer, valgte man at fastslå, at ydervæggene på Bellahøj skulle have et transmissionstal af ikke over 0.75, hvadenten de opbyggedes på den ene eller den anden måde. Ved en licitation viste det sig, at det billigste uorganiske materiale med de ønskede egenskaber var let Lecabeton.

På grundlag af de egenskaber, som Lecabeton med rumvægt 550 forventedes at få, fastslog man tykkelsen af Lecabetonen til 16 cm. Man har senere, efter at Lecabetonens egenskaber er blevet efterprøvet, måttet ændre rumvægten til godt 600. Transmissionstallet er derfor noget større end tilsigtet, nemlig ca. 0.8. Men som bekendt er en beregning af transmissionstallet behæftet med megen usikkerhed. Her skal nævnes: bestemmelse af fugtighedsindholdet i isoleringsbetonen, λ-tallets afhængighed af dette fugtighedsindhold og transmissionstallets afhængighed af vindens indtrængen i isoleringsbetonen igennem ventilationsspalter.

Under projekteringen skulle der tages stilling til, om isoleringen burde anbringes indvendig eller ud-

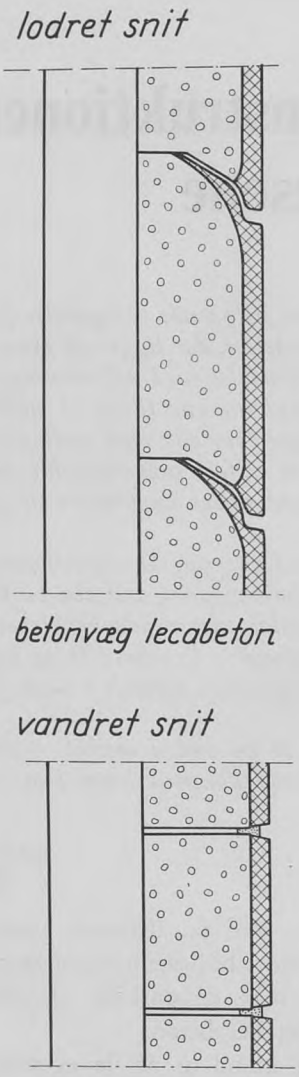


Fig. 1. Snit i facadeflise.

vendig. Meget taler for rigtigheden af *udvendig isolering*. Temperaturbevægelserne i betonkonstruktionen bliver da et minimum, kuldebroer ud for vægge og etageadskillelser bortfalder undtagen ved altanpartier og åbne sluser, og kun et minimum af fugtighed vandrer fra husets indre igennem den indre, tætte betonvæg. Lecabeton er grovporøs uden kapillær sugeevne. Det ville derfor være betænkeligt at anbringe dette materiale som indvendig isolering, da det ikke kan tænkes at suge kondenseret fugtighed tilbage imod væggens inderside til fordampning inde i huset. Et sådant isoleringslag måtte da ventileres meget effektivt. Man valgte at anbringe isoleringen udvendigt og at ventilere den igennem åbne vandrette fuger. I de vægge, hvor afstanden imellem vandrette fuger er 50—70 cm, har man simpelthen ladet alle vandrette fuger stå åbne uden tilfugning. I andre vægge har man holdt een fuge pr. etage åben.

Varmefylden af ydervæggen med udvendig isolering er ret stor. Men i boliger, hvor ønsket om intermitterende drift af varmeanlægget er sjældent, vil den med den store varmefylde følgende temperaturudjævning næppe være uvelkommen.

Slagregnstæthed var en anden af de egenskaber, man ivrigt søgte under projekteringen. Den er her opnået ved en speciel udformning af de vandrette fuger og ved en omhyggelig tilfugning af lodrette fuger. Som fig. 1 og 2 viser, har flisens underside et overhæng over den underliggende flise; i oversiden findes falsen for dette overhæng, og bag denne har flisen en stejlt stigende overflade, hvor det tætte forstøbningsmateriale fra forsiden er trukket op. Herved opnår man for det første, at slagregn ikke kan trænge ind til isoleringen igennem de åbne vandrette fuger, for det andet, at eventuelt opstået kondensat eller vand, der igennem utæt lodret fuge, revner i facadematerialet eller på anden måde finder vej ind i Lecabetonen, dræner ud igennem de vandrette fuger.

Fugematerialet til de lodrette fuger skal være tæt imod slagregn og have tilstrækkelig bindeevne. Men desuden må man forlange, at dets trykstyrke er så lille, som hensynet

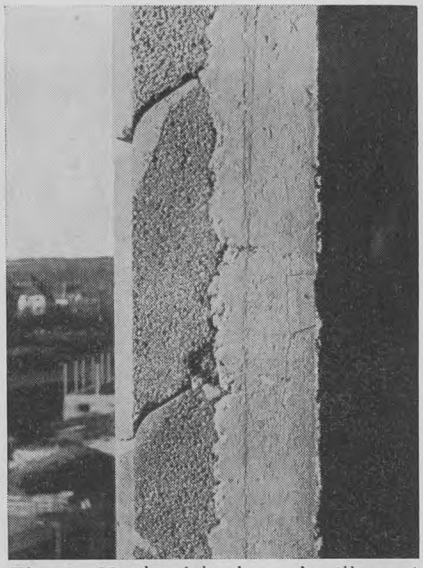


Fig. 2. Vinduesfals, hvor detaillerne i ydervægskonstruktionen tydeligt ses.

til materialets frostfasthed og bestandighed tillader. Temperaturbevægelser i forstøbningen og svindbevægelser i underlaget gør det nemlig ønskeligt, at fugematerialet knuses ved et ringe tryk, så at man sikres imod store trykspændinger i forstøbningen. Professor Suenson udførte for ca. 15 år siden forsøg med forskellige fugematerialer og fandt, at ren kalkmørtel var det bedste. Entreprenørerne på Bellahøj turde dog ikke anvende ren kalkmørtel, da man anså den for at være for svag, så man besluttede at bruge en svag bastardmørtel.

Over åbninger i ydervæg er der udført overliggere af jernbeton, enten som vist på fig. 3 lave overliggere, der oplægges til faststøbning i væggen, eller som vist på fig. 4 overliggere af højde som en facadeflise og med en række fliser faststøbt i forsiden. Den tætte beton-

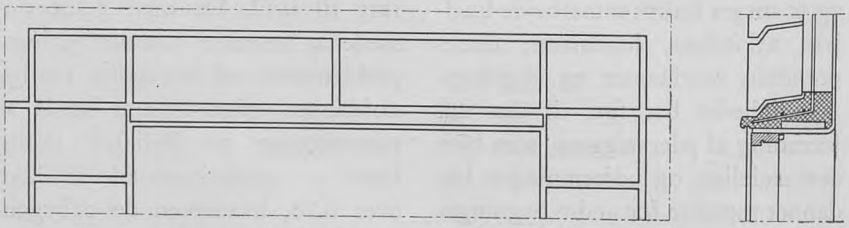


Fig. 3. Vinduesoverligger i AAB's bygningsafsnit.

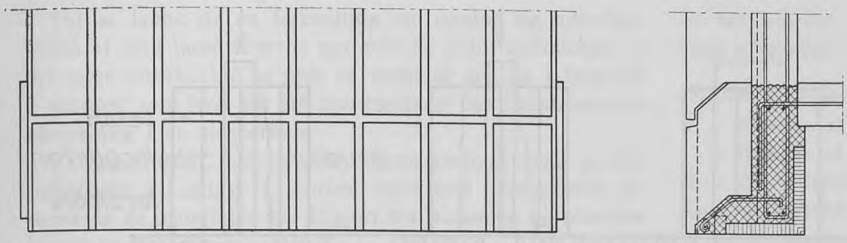


Fig. 4. Vinduesoverligger i AKB's bygningsafsnit.

overligger afviser eventuelt nedsivende vand.

Vejrbestandighed og tiltalende udseende bliver her nævnt sidst blandt de egenskaber, man har tilsigtet at få frem i facadematerialet; men de var i alles tanker fra den første projekteringsdag. Der findes sikkert kun den ene fremgangsmåde, som er fulgt på Bellahøj, til opnåelse af største tæthed og bestandighed af en betonoverflade, nemlig støbning imod glat form — her en smurt jernform — anvendelse af gode tætte støbematerialer, rigtig vandtilsætning og vibrering eller lignende bearbejdning af betonen. Glathed og tæthed i overflade giver minimum af cementoverflade; i den grå beton er det praktisk talt kun denne, der angribes af vejrliget. Den hvide beton kan selvfølgelig ikke blive mere bestandig end de mineraler, der anvendes som tilslagsmaterialer.

Selve overfladen har de forskellige arkitekter ønsket at lade fremtræde med forskellig karakter. Ved at variere formsmøring, tilslagsmateriale og vibrationstid er det muligt at opnå et meget forskelligt udseende, lige fra glathed som poleret sten til en arret overflade som hos slebet kalksten.

Materialeprøvning

Det har selvfølgelig været nødvendigt at foretage temmelig omfattende prøver med materialer og konstruktion. Alligevel er der idag behov for langt mere viden på dette område. Man har f. eks. endnu ikke nogen metode til konstatering af Lecaklinkernes styrke og kender derfor heller ikke afhængigheden imellem denne og Lecabetonens styrke. Man har kun sparsomme oplysninger om trækstyrke og elasticitetsforhold hos Lecabeton. For konstruktionens vedkommende savner man enhver oplysning om fugtighedsforholdene i Lecabetonen.

Lecabetons λ ved forskellig rumvægt ligger nogenlunde oplyst fra Lemvigh-Müller & Munck. Fig. 5 viser denne sammenhæng for laboratorietørre prøver. Fugtighedsindholdet i laboratorietør Lecabeton synes at ligge under 1 vol. procent for ganske lette betoner (rv. 450), men for normal Lecabeton (rv. 600—800) på 2—3 vol. procent.

For en let Lecabeton (rv. 430) foreligger der en undersøgelse af λ_{10}'s variation med fugtighedsindholdet. Denne variation er indtegnet i kurve 1 på fig. 6. Kurve 2 viser Cammerers kurve for denne variation i uorganiske byggematerialer. Der er ret god overensstemmelse, omend tilvæksten med stigende fugtindhold er noget mindre for den prøvede Lecabeton, end forudsat af Cammerer for byggematerialer i almindelighed.

Lecabetons trykstyrke ved forskellige blandingsforhold og vandindhold er belyst ved de i tabellen fig. 7 gengivne C.t.o.-forsøg udført med 10 cm terninger i laboratoriet. Der anvendtes rapidcement. Det er bemærkelsesværdigt, at styrken stiger overordentligt med fugtighedsindholdet. Da det drejer sig om en

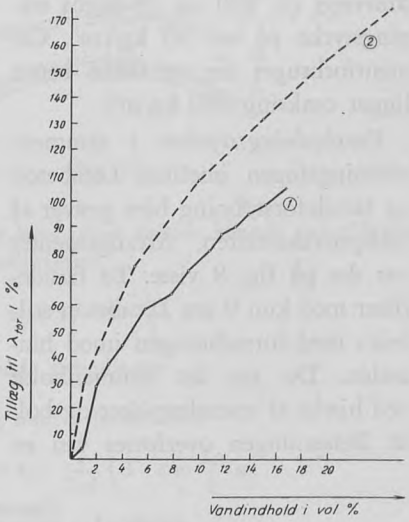


Fig. 6. Kurve 1 viser for en let Lecabeton tilvæksten i pct. til $\lambda_{tør}$ ved stigende fugtighedsindhold. Kurve 2 viser J. S. Cammerer's angivelser for uorganiske materialer.

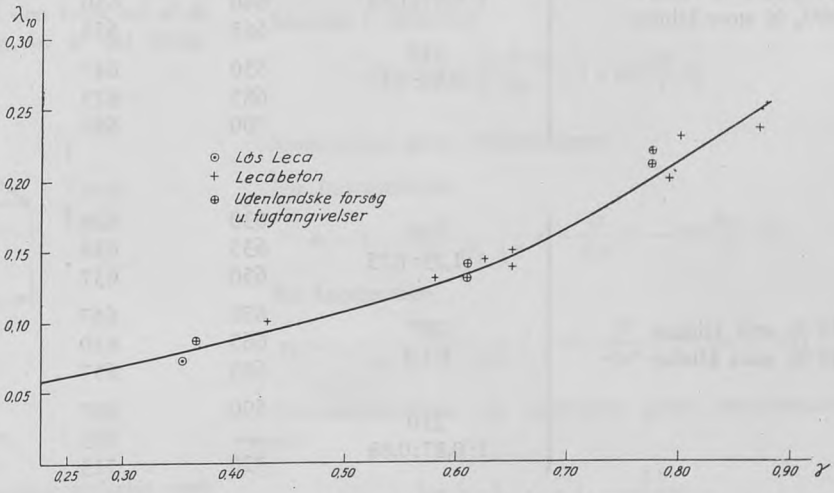


Fig. 5. Lecabeton. Lambdas afhængighed af rumvægten.

grovporøs beton, er styrken selvfølgelig afhængig af kornenes sammenlimning og tilstanden »fugtig« derfor veldefineret i praksis, idet den betegner det største fugtighedsindhold, ved hvilket kornene endnu er helt indhyllede i cementslam.

Talrige forsøg i de forskellige betonfabriker viser store udsving i forholdet mellem rumvægt og styrke. C.t.o.'s forsøg tyder på, at forklaringen herpå er variationer i konsistensen. Det kan vist nu betragtes som fastslået, at betonfabrikerne kan fremstille Lecabeton med rumvægt ca. 600 og 28-døgns terningstyrke på ca. 30 kg/cm². Cementforbruget for en sådan beton ligger omkring 180 kg/m³.

Forskydningsstyrken i sammenstøbningsfugen imellem Lecabeton og facadeforstøbning blev prøvet af Statsprøveanstalten. Arrangementet var det på fig. 8 viste. To facadefliser med kun 9 cm Lecabeton stilledes med forstøbningen imod hinanden. De var let sammenholdt ved hjælp af spændestykker og bolte. Belastningen overførtes ved en del af forsøget igennem jernklodser, der strakte sig fra bagstøbning til bagstøbning, ved en anden del af forsøget ved klodser, der kun dækkede forstøbningerne. Forskydningsbrud forekom dels langs skilleflader, men især igennem Lecabeton. Det fundne τ varierede fra 3.8 til 4.8 kg/cm².

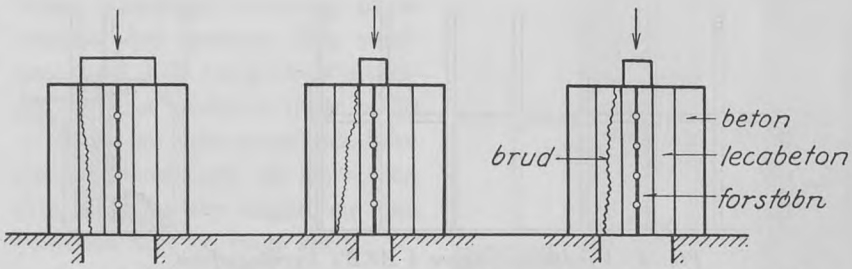


Fig. 8. Statsprøveanstaltens arrangement til prøvning af forskydningsstyrken i facadeflisernes Lecabeton.

Varmepåvirkning med deraf følgende uheldig udtørring blev prøvet med friske facadefliser fra tre af fabrikerne. Hensigten med dette forsøg var at undersøge virkningen af uheldige lagringsforhold. Prøverne udførtes i sommeren 1952 af Statsprøveanstalten. Igennem 16 timer beströledes overfladen til en temperatur af 60—80° C., derefter afkøledes til stuetemperatur. Der foretoges observation, og prøvningen gentoges. For de to fabrikers vedkommende lød erklæringen:

»Efter prøvningen iagttoges der ikke fremkomne fejl af betydning hverken i klinkerbeton eller forplader af beton«.

Forstøbningens vedhængning til Lecabetonen under påvirkning af svind og temperatur krævede en særlig undersøgelse. Dette forhold er blevet analyseret igennem nogle beregninger af civilingeniør M. Egeskjold. For forståelsen af problemet gives her et sammendrag af disse beregninger.

	Cement pr. m³ Vægtblandingsforhold cem: kl. 0/3: kl. 3/10	Rumv. frisk	Rumv. 7 døgn	Forventet tør rumv.	7 døgns trykstyrke kg/cm²	Konsistens
33¹/₃ % små klinker 66²/₃ % store klinker	150 1:0,83:1,67	580	573	520	12	tør
		600	600	540	24	normal
		630	617	565	25	fugtig
	180 1:0,67:1,33	620	620	585	22	tør
		640	630	585	31	normal
		665	658	600	38	fugtig
	210 1:0,58:1,17	650	647	610	25	tør
		685	675	620	36	normal
		700	683	620	39	fugtig
50 % små klinker 50 % store klinker	150 1:1,25:1,25	630	620	650	16	tør
		635	630	560	29	normal
		650	637	575	33	fugtig
	180 1:1:1	650	647	600	22	tør
		665	650	585	38	normal
		680	657	615	42	fugtig
	210 1:0,87:0,88	690	687	630	28	tør
		—	683	565	42	normal
		720	713	570	49	fugtig

Fig. 7. Lecabetons trykstyrke ved forskellige blandingsforhold og vandindhold.

For at danne sig en forestilling om retning og størrelsesorden af de i facadefliserne optrædende indre spændinger er det mest overskueligt at dele en teoretisk analyse i følgende 3 grupper, som hver for sig repræsenterer den fremherskende påvirkning i en tidsperiode:

1) Lagerstadiet. Der regnes i dette stadium med, at forstøbningen vil svinge ε_1 cm/cm mere end Lecabetonen, såfremt de to materialer var frigjort fra hinanden og uhindret kunne ændre længde.

2) Byggepladsstadiet. Den lagrede flise faststøbes til en betonbagvæg, der i løbet af nogen tid vil påtvinge flisebagsiden en forkortelse ε_2 cm/cm svarende til svind og krybning i betonbagvæggen.

3) Brugsstadiet. Når flisen er på plads i den færdige bygning, forekommer der på grund af flisens store isolerende evne ret store temperaturdifferencer. Der regnes med, at forstøbningen ville opnå en forkortelse ε_3 cm/cm i forhold til Lecabetonen, såfremt de to lag var frigjort fra hinanden.

For at nå frem til et grundlag for en gennemførlig teoretisk undersøgelse er det naturligvis nødvendigt at gøre en række idealiserende forudsætninger. Det skønnes, at følgende forudsætninger kan gøres, uden at man derved når til et væsentligt forvrænget resultat:

a) De længdeændringer, som betonen — henholdsvis Lecabetonen — på grund af svind- og temperaturdifferencer ville underkastes i frigjort tilstand, er ens overalt inden for hvert af materialerne.

b) Bagvæggen forudsættes uendelig stiv og usammentrykkelig i forhold til flisen.

c) Forløbet af spændingerne i skillefladen mellem to materialer, hvoraf det ene — uden brud i skillefladen — vil påtvinge det andet en forkortelse, kan sammenlignes med spændingsforholdene omkring enderne af de forspændte tråde i en strengbetonbjælke.

Som udgangspunkt for beregningen vælges forskydningsspændingen τ i skillefladen i den ene af flisens hovedretninger.

Ved flisens rand er $\tau = 0$; herefter vil den inden for en vis forankringszone vokse til en maximal værdi τ_0 og igen aftage til 0, når forankringszonen er passeret.

Såfremt denne forankringszone er bredere end den halve flisebredde, vil man på grund af symmetrien få $\tau = 0$ i midten.

Udfra kendskabet til forankringslængder ved forspændt beton skønnes dette at være tilfældet på den korte led af de fliser, der her har været undersøgt, og der er ved beregningen forudsat følgende forløb af τ:

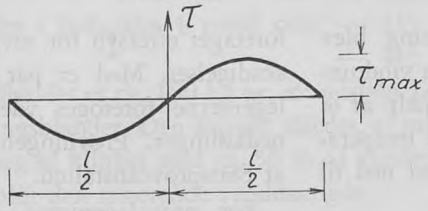


Fig. 9.

$$\tau_x = \tau_{max} \cdot \sin \frac{2\pi}{l} \cdot x$$

På flisens lange led kan forankringszonen muligvis være mindre end den halve længde — det betyder blot, at man i de her udledte formler skal forudsætte en vis forankringszone a og sætte $l = 2a$.

Bogstavsymboler.

k = tykkelse af Lecabeton i cm
f = tykkelse af facadeforstøbning i cm
E = elasticitetskoefficient for beton i kg/cm²
E_k = elasticitetskoefficient for Lecabeton i kg/cm².

Endvidere er der indført forholdene:

$$\alpha = \frac{k}{f} \text{ og } n = \frac{E_k}{E}$$

Spændingerne i lagerstadiet findes herefter på følgende måde:

Forstøbningen tænkes frigjort fra Lecabetonen og tilført forkortelsen ε_1 cm/cm i forhold til denne.

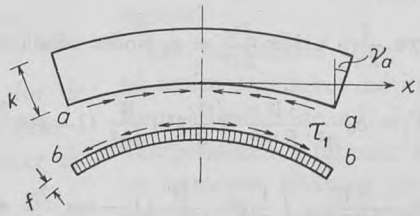


Fig. 10.

Fladerne a—a og b—b gives samme længde ved tilføjelse af forskydningsspændingerne:

$$\tau_1 = \tau_0 \cdot \sin \frac{2\pi}{l} \cdot x$$

Herved fås følgende spændinger:

Normalspænding midt i forstøbning

$$\sigma_f = \tau_0 \cdot \frac{l}{2\pi f} \left(1 + \cos \frac{2\pi}{l} x\right)$$

Normalspænding midt i Lecabeton

$$\sigma_k = \tau_0 \cdot \frac{l}{2\pi f \cdot \alpha} \left(1 + \cos \frac{l}{2\pi} x\right) \text{ (tryk)}$$

Moment i forstøbning

$$m_f = \tau_0 \cdot \frac{l \cdot f}{4\pi} \left(1 + \cos \frac{2\pi}{l} x\right)$$

Moment i Lecabeton

$$m_k = \tau_0 \cdot \frac{l \cdot f \cdot \alpha}{4\pi} \left(1 + \cos \frac{2\pi}{l} x\right)$$

Momenterne giver udbøjningerne

For forstøbningen

$$e_f = \tau_0 \frac{3\,l}{\pi \cdot E \cdot f^2} \left(\frac{1}{2} x^2 + \frac{l^2}{4\pi^2} (1 - \cos \frac{2\pi}{l} x)\right)$$

For Lecabetonen

$$e_k = \tau_0 \frac{3\,l}{\pi \cdot E \cdot f^2 \cdot \alpha^2 n} \left(\frac{1}{2} x^2 + \frac{l^2}{4\pi^2} (1 - \cos \frac{2\pi}{l} x)\right)$$

Normalspændinger og momenter giver længdeændringerne:

$$\text{for b—b: } \varepsilon_f = \tau_0 \frac{2\,l}{\pi \cdot E \cdot f}$$

$$\text{for a—a: } \varepsilon_k = \tau_0 \frac{2\,l}{\pi \cdot E \cdot f \cdot \alpha \cdot n}$$

Betingelsen for længdeoverensstemmelsen er herefter:

$$(1 - \varepsilon_1)\,(1 + \varepsilon_f) = 1 - \varepsilon_k \quad \text{d.v.s.}$$

$$\varepsilon_k + \varepsilon_f = \varepsilon_1 \quad (\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_f << \varepsilon_1)$$

$$\text{hvoraf } \tau_0 = \frac{1}{2}\,\varepsilon_1 \cdot \pi \cdot E \;\frac{f}{l}\;\frac{\alpha n}{\alpha n + 1}$$

Differencen

$$\Delta e = e_f - e_k = \tau_0 \frac{3\,l}{\pi E f^2}\left(\frac{1}{2}x^2 + \frac{l^2}{4\pi^2}\left(1 - \cos\frac{2\pi}{l}x\right)\right) \cdot \frac{\alpha^2 n - 1}{\alpha^2 n}$$

viser, at de to flader kan bringes til fuldstændig overensstemmelse ved tilføjelse af normalspændinger, der varierer efter udtrykket

$$\sigma_x = \sigma_0 \cos\frac{1}{2\pi} \cdot x \quad \text{idet } \frac{d^4 e}{dx^4} = \sigma_x \text{ findes udbøjningerne for}$$

$$\sigma_x \text{ til } e'_f = \sigma_0 \frac{3\,l^2}{\pi^2 \cdot E \cdot f^3}\left(\frac{1}{2}x^2 + \frac{l^2}{4\pi^2}\left(1 - \cos\frac{2\pi}{l}x\right)\right)$$

$$e'_k = \sigma_0 \frac{3\,l^2}{\pi^2 \cdot E \cdot f^3}\left(\frac{1}{2}x^2 + \frac{l^2}{4\pi^2}\left(1 - \cos\frac{2\pi}{l}x\right)\right)\frac{1}{n\alpha^3}$$

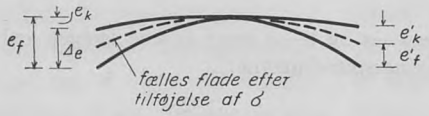


Fig. 11.

Betingelsen for overensstemmelse mellem fladerne bliver i henhold til skitsen

$$\Delta e = e'_k + e'_f$$

heraf findes

$$\sigma_0 = \frac{1}{2}\,\varepsilon_1 E \pi^2 \frac{f^2}{l^2}\,\frac{\alpha^2 n\,(\alpha n - 1)}{(\alpha^2 + 1)\,(\alpha^3 n + 1)}$$

På tilsvarende måde kan spændingerne udledes for 2' og 3' stadium, og man kommer til nedenstående spændinger, der er regnet positive i de på skitsen viste retninger:

I skillefladen mellem betonforstøbning og Lecabeton:

$$\tau_0 = \pi \cdot E \cdot \frac{f}{l}\left(\frac{1}{2}\,\varepsilon_1 \frac{\alpha n}{\alpha n + 1} + \varepsilon_2 \frac{\alpha n}{4\alpha n + 3} + 2\,\varepsilon_3 \frac{\alpha n}{4\alpha n + 3}\right)$$

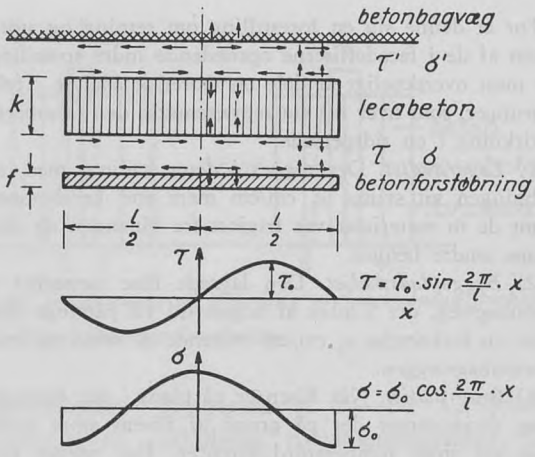


Fig. 12.

$$\sigma_0 = \pi^2 \cdot E \left(\frac{f}{l}\right)^2 \left(\frac{1}{2}\,\varepsilon_1 \frac{\alpha^2 n\,(\alpha^2 n - 1)}{(\alpha n + 1)\,(\alpha^3 n + 1)} + \varepsilon_2 \frac{\alpha n}{4\alpha n + 3} + 2\,\varepsilon_3 \frac{\alpha n}{4\alpha n + 3}\right)$$

I skillefladen mellem Lecabeton og betonbagvæg:

$$\tau'_0 = \pi \cdot E \;\frac{f}{l}\left(2\,\varepsilon_2 \frac{\alpha n(\alpha n + 1)}{4\alpha n + 3} + \varepsilon_3 \frac{\alpha n}{4\alpha n + 3}\right)$$

$$\sigma'_0 = \pi^2 \cdot E \left(\frac{f}{l}\right)^2 \left(\varepsilon_2 \frac{\alpha n - \alpha^2 n\,(1 + 2\alpha n)}{4\alpha n + 3} + \varepsilon_3 \frac{\alpha n(2 + \alpha)}{4\alpha n + 3}\right)$$

Det ses, at bidragene til σ (forreste skillefladе) alle vil gå i samme retning, når ε_3 repræsenterer en afkøling af forstøbningen, og tilsvarende vil bidragene til σ' (bageste skillefladе) alle gå i samme retning, når ε_3 repræsenterer en opvarmning af forstøbningen.

$$\text{Indsættes } \left(\frac{l}{f}\right) = \frac{30}{1} = 0{,}1;\; \alpha = \frac{k}{f} = \frac{16}{3} = 5{,}33;$$

$E = 2 \cdot 10^5$ kg/cm² og $n = \frac{1}{5}$ fås:

$$\tau = 10^4\,(1{,}63\,\varepsilon_1 + 0{,}92\,\varepsilon_2 + 1{,}85\,\varepsilon_3) \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 10^4\,(0{,}45\,\varepsilon_1 + 0{,}32\,\varepsilon_2 + 0{,}65\,\varepsilon_3) \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau' = 10^4\,(3{,}83\,\varepsilon_2 + 0{,}92\,\varepsilon_3) \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma' = 10^4\,(\div 5{,}08\,\varepsilon_2 + 2{,}38\,\varepsilon_3) \text{ kg/cm}^2$$

For de sandsynlige størrelser af forkortelsesdifferencerne synes spændingerne altså ikke at blive særlig store.

Prøvningen af facadefliserne blev, for at få alle samvirkende kræfter med, lagt til rette på følgende måde:

Af lageret af færdige facadefliser udtoges nogle prøver. For at fremkalde den samme spændingstilstand (efter den ene akse) som i den færdige konstruktion, blev der foretaget en bagstøbning med forspændt armering.

Prøvelegemer såvel med som uden forspændt bagstøbning blev indsat i den ene væg af en vindtunnel, i hvilken man ved hjælp af et køleelement kunne bringe temperaturen i facadeforstøbningen ned til ÷ 30° C.

Der blev nu foretaget 3 gange nedkøling til henholdsvis ÷ 15°, ÷ 15°, ÷ 20°, ÷ 25° og ÷ 30° C. med mellemliggende optøninger. Efter hver cyklus af 3 nedkølinger ved samme temperatur blev der foretaget eftersyn for revner og beskadigelser. Med et par af prøvelegemerne foretoges yderligere 15 nedkølinger. Prøvningen foretoges af Statsprøveanstalten.

For prøvelegemerne fra en af fabrikerne går disse sidste iagttagelser ud på, at der ikke iagttoges synlige revner eller afsprængninger. Ved ÷ 15° C. gik kondenseringen 5 cm ind i klinkerbetonlaget, ved ÷ 20° C. 10 cm ind og ved både

÷ 25° C. og ÷ 30° C. helt igennem dette lag. Ved alle optøninger dryppede der vand fra vandnæserne. Disse sidste iagttagelser siger naturligvis kun noget om dugpunktets beliggenhed, da der — i modsætning til den færdige konstruktion — var praktisk taget fri adgang for luftens vanddamp til at vandre ind i væggen.

De betonfabriker, hvis produkter på tilfredsstillende måde gennemgik denne prøvning, fik tilladelse til at levere facadefliser uden ankre. Iøvrigt blev der anvendt ankre af 3 mm kobbertrådsbøjler indstøbt i facadeforstøbningen og ragende ind i bagvæggen til fastøbning i denne.

Til slut skal bemærkes, at der andetsteds er forekommet nogle afsprængninger af forstøbningen ved meget store fliser. Af foranstående beregning fremgår, at spændingerne hidrørende fra differencerne i forkortelserne af de enkelte dele aftager med voksende flisestørrelse. Det synes da overvejende sandsynligt, at disse afsprængninger har været forårsaget af krumninger i forstøbningen hidrørende fra forskelligheder i svindet i forside og bagside samt i randpartier og midte.

Facadeflisernes fremstilling

Facadefliser og andre facadeelementer til Bellahøj er fremstillet af følgende fabrikanter:

Christiani & Nielsen
K. Hindhede
Larsen & Nielsen
Manniche & Hartmann
C. T. Winkel.

Flisemål og fugebredder for de almindeligst forekommende fliser i hvert byggeforetagende varierer således:

	Højde × bredde cm	fuge cm
AKB	66 × 29	2
KAB	49.6 × 51.5	1.3
SB	47 × 27,5	2
AAB	23 × 69	2

Facadeforstøbningsbetonen er sammensat således:

Alm. grå beton 1 rapid cem. — 2¼ Ellekildegrus — 1¾ emulsionsgrus
eller 1 rapid cem. — 2½ dobb. harp. strandsand — 2 emulsionssten
Mørkegrå beton 1 rapid cem. — $^1/_{16}$ sort cement — 2¼ søgrus — 3 granit 2-5 mm
Lys beton 1 hvid cem. — ½ Ellekildegrus — 1½ perlesten — 1 kalc. flint 0-2 mm — 1 kalc. flint 2-5 mm
eller 1 hvid cem. — 1 søgrus — 1 kalc. flint 0-2 mm — 3 kalc. flint 2-5 mm.

v/c forholdet har varieret helt fra 0.40 til 0.65.

Lecabetonen er fremstillet af Lecaklinker med rumvægt:

0-3 mm = ca. 450 kg/m³
3-10 mm = ca. 330 kg/m³

Der blandes i forholdet 1 rapid cem. — 3½ Lecaklinker 0-3 mm
— 4½ Lecaklinker 3-10 mm

Cementindholdet er ca. 180 kg pr. m³ udstøbt Lecabeton. Blandingen foretages i tvangsblander. Den foregår således, at man først foretager en grundig blanding af klinker med ca. 50 % af vandet. Derefter tilsættes cementen og til slut den resterende vandmængde.

Fremstillingsmåden varierer lidt fra fabrik til fabrik. I en af fabrikerne er fremgangsmåden denne: Fliserne støbes med forsiden nedad i bakker af 3 mm jernplade.

Støbeformen anbringes på specielt fremstillede rysteborde, hvis sider under udstøbningen danner sideformen for Lecabetonen.

Først lægges forstøbningen ud i formen i den fornødne tykkelse, umiddelbart derefter fyldes Lecabetonen i, hvorefter den under rystebordet siddende vibrator arbejder i ca. 15 sekunder samtidig med, at et træstempel ovenfra presser Lecabetonen sammen. Rystebordets ene side klappes derefter ned, og jernbakken med den udstøbte flise fjernes fra bordet.

Der benyttes en højfrekvent Wacker-vibrator med 9000 impulser pr. minut. Stemplet drives med trykluft under et tryk på ca. 1 kg/cm².

De fabrikerede fliser anbringes på reoler, som køres ind i et hærderum, i hvilket de står i 16 timer. Temperaturen i rummet holdes af en termostat konstant på 45° C., idet der hele tiden tilføres mættet damp igennem rør.

24 timer efter udstøbningen afforskalles fliserne, formen renses og smøres og er klar til brug igen.

Fliserne lagres i stabler i 2—3 måneder, før de bringes til byggepladsen.

En af fabrikerne lægger vægt på imellem forstøbningen og den lette klinkerbeton at støbe et overgangslag af sammensætning omtrent:

1 rapid cement — 2½ søgrus — 4½ Leca 3-10 mm.

Efter damphærdningen foretager denne fabrik lagring i mindst 2 uger.

Ydervæggenes fremstilling

Transporten af fliserne er, hvor byggekraner er anvendt, sket i en slags »container« indeholdende et bestemt antal fliser. Kranen tager da disse containers fra vognen direkte til anbringelsesstedet. På en byggeplads uden kran blev fliserne læsset på en slags paletter og med sækkevogn kørt ind i hejset, som tog dem op. I alle tilfælde er talrige omladninger søgt undgået, og fliserne er stort set kommet ubeskadigede frem. Der er fulgt tre for-

skellige metoder til fremstillingen af ydervæggene: glideforskalling, klatreforskalling og »grindforskalling«.

Der hvor glideforskallingsmetoden er anvendt, har man stillet fliserne op hvilende på hinanden, på den ene byggeplads med en regulering i hvert skifte med kiler til sikring af fugernes vandrette forløb, på den anden med regulering for hver etage.

I lodret retning bliver fliserne styret af nogle på glideformen sømmede lister, der føres op igennem de 2 cm brede fuger i forstøbningen. Ved anvendelse af klatreforskalling eller »grindforskalling« er der i formen indsat lister i alle vandrette fuger. I lodrette fuger anbringes der lister eller paprør. Den sidste fremgangsmåde giver selvfølgelig det nøjagtigste resultat.

Selve støbearbejdet vil blive beskrevet i en anden artikel, her skal blot nævnes, at nøjagtigheden ved både glide- og klatreforskalling i de sidst støbte huse er en sådan, at intet punkt af facaden falder mere end 5—7 cm uden for lodlinien. Sådanne unøjagtigheder ses ikke. Derimod ser man fugernes afvigelser fra vandret og lodret linie; men virkelig skæmmende er disse unøjagtigheder ikke.

Erfaringer fra de første år

Udseendet af facaderne skifter noget med regn og tørt vejr. Der har ikke været tale om skæmmende udblomstringer på de glatte betonoverflader. I tørt vejr står facaderne i en ganske smuk lysegrå tone oplivet noget ved de forskellige bånd og mønstre i lys og hvid beton.

Slagregnstætheden har, efter at lodrette fuger er bragt i orden, vist sig at være god.

En illustration på, hvordan indtrængt vand dræner ud af facaden fik man en dag i vinteren 1952—53. I en 9. etage skete der en radiatorsprængning. Huset var ubeboet, og der gik derfor nogle timer, inden varmemesteren fik lokaliseret bruddet og afspærret strengen, således at en del vand var strømmet ud. Vandet fandt vej ud igennem den indre betonvæg i støbeskellet over etageadskillelsen, og på istapperne, der hang hele vejen ned ad facaden, kunne det ses, at det fandt ud igennem alle åbne vandrette fuger, således at isoleringen meget hurtigt tørrede op, uden at der skete nogen udvendig skade på facaden.

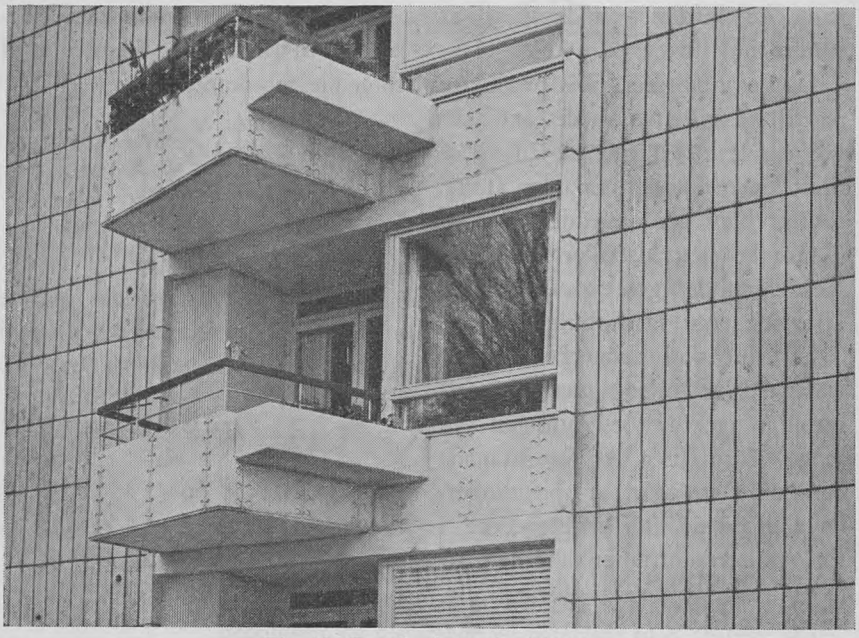
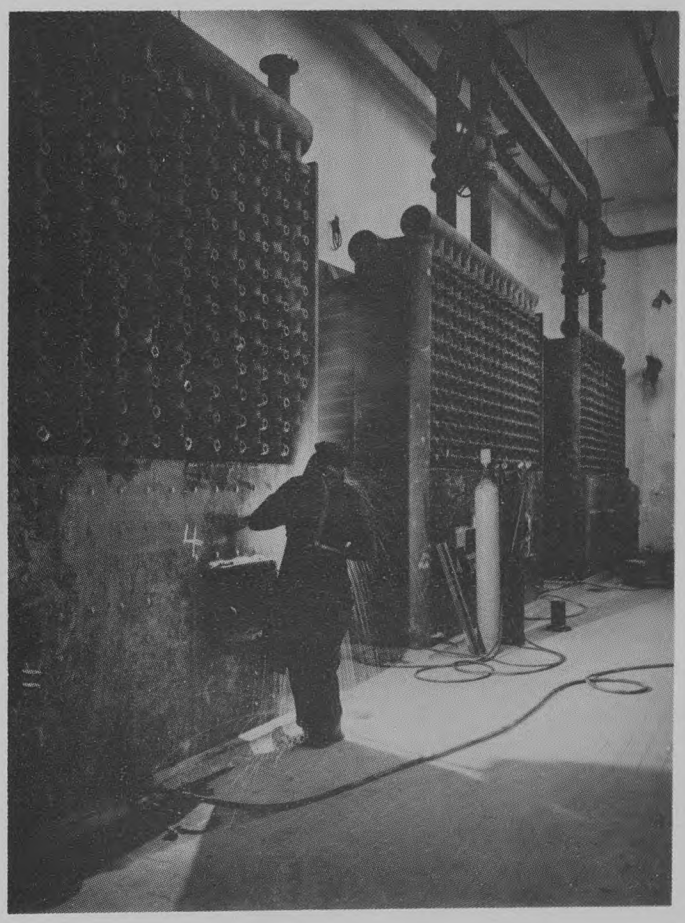


Fig. 13. Detail af facade (AKB).

I de erfaringer, der indtil nu er gjort med husene, er der intet, der tyder på et dårligt valg af ydervægskonstruktion til Bellahøj. Prisen på facadefliserne leveret på vogn på byggepladsen er 42—52 kr. pr. m² netto. Sandsynligvis bliver det denne pris, der bliver afgørende for anvendelsesområdet for lignende konstruktioner i den danske byggeindustri.

7



VARMEANLÆG

BELLAHØJ-BEBYGGELSENS VARMEANLÆG

Af

CIVILINGENIØR C. G. GOTTHARDT

SÆRTRYK AF „INGENIØREN" NR. 27 1954

P. Hansens bogtrykkeri

Bellahøj-bebyggelsens Varmeanlæg

Af civilingeniør C. G. Gotthardt

697.3

Varmeanlæg i Arbejdernes Andelsboligforenings, Arbejdernes kooperative Byggeforenings og Foreningen Socialt Boligbyggeris blokke med kedelcentral.

På et tidligt tidspunkt blev det af bygherrerne vedtaget at varmeforsyne ikke alene hele Bellahøjbebyggelsen fra 1 kedelrum, men også Bellahøjskolen, Rødkildevejens skole, 2 til bebyggelsen hørende vaskerier, samt i fremtiden tillige et Bellahøjbad, 1 vandrerhjem, kulturcenter med bibliotek, kirke, et biografteater og endnu en boligblok.

Der blev foretaget en undersøgelse af, om det kunne betale sig at udføre kedelanlæg og hovedledningsnettet som 1) et almindeligt vandvarmeanlæg, 2) et højtryksdampanlæg eller 3) et hedtvandsanlæg, og herved blev det godtgjort, at et hedtvandsanlæg med blandeventiler i de enkelte blokke og med lokal fremstilling af varmt brugsvand måtte foretrækkes — blandt andet på grund af prisen.

Efter forhandling med Direktoratet for Fabriktilsynet fastslog man 130°C som max. kedeltemperatur. Ved at påregne en afkøling af vandet i hovedledningen til 70°, altså ialt 60°, fik man et relativt spinkelt hovedledningsnet.

Forinden kedelhuset blev projekteret, blev der afholdt en offentlig licitation over kedelanlægget nærmest formet som en idekonkurrence, idet man i betingelserne havde foreskrevet anlæggets ydeevne: 18—10⁶ cal/h dels ved normal røgtemperatur 250°C med 3 kedler i drift og dels med en røgtemperatur på 350°C ved forceret fyring med kun 2 af kedlerne i drift. Sammen med kedlerne udbødes slaggetransportanlæg, sodafblæsningsanlæg og stokeranlæg.

Efter en gennemgang af tilbudene foretrak man et tilbud fra Reck's Opvarmnings Comp. som det mest fordelagtige.

På grundlag heraf har vi derefter givet kedel- og maskinhuset en udfromning som vist på fig. 1. Som man ser, er det opdelt i et kedelrum og et maskinhus delt ved en lysskakt, der dels tjener som lysgiver for begge huse og tillige rummer de fornødne trapper. Ved at føre lysskakten helt ned til kedelrummets gulv opfyldtes kravet om, at en bevidstløs — kulosforgiftet — fyrbøder i givet fald skal kunne slæbes ud i det fri niveau. Kedelhuset rummer de tre kedler hver ca. 4×4×4 m med kulsilo og stokeranlæg, samt pumpeanlæg for henholdsvis grundvand og spildevand. Over kulsiloen, der rummer brændsel til 1 uges maksimumsforbrug eller 2 ugers fyring med sæsonens gennemsnitlige forbrug, har *kulloen* fundet sin plads. Den tjener det sædvanlige formål, deri at kunne aflæsse brændslet uden at give generende kulstøv på det omkring værende terræn med beboelsesbygninger. Kulbilerne kører ind i loen på de to broer — hver forsynet med kraftig kantsten, der forhindrer bilens hjul i at køre ud på kulristen, hvorigennem kullene styrter ned i siloen.

Forbrændingsluften til stokerne indtages fra lysskakten og føres gennem 3 lamelvarmeflader, hvor den opvarmes til 0° for at undgå frost i kedelhuset.

Den vandrette røgkanal fra kedler til skorsten er inde i kedelhuset anbragt under loftet — båret af jernbetonkonstruktionen. Man opnår ved denne løsning en billig udvendig røgkanal med skorsten, fordi man undgår at gå i dybden.

Maskinhuset er udformet delvis i 2 etager. I øverste kælder anbringes 4 cirkulationspumper for varmeanlægget, el-tavle, kontor for maskinmester m. m., bad og wc samt i den sydlige ende 2 ekspansionsbeholdere — udformet som trykekspansionsbeholdere — og 2 hydroforbeholdere med trykforøgelsespumper til koldtvandsforsyning af nordarealet samt en filebænk til mindre værkstedsarbejder.

I underste kælder skal anbringes rørledninger til pumperne samt et lager. Her opstilles endvidere 2 kompressorer for trykluft for ekspansionsbeholder og hydrofor.

Efter brandvæsenets direktiver er der indrettet en nødudgang i pumperummet, ligesom der er indrettet en nødudgang fra kedelrummets stokerside — udført som en 1,5 m brønd.

Skorstenen har en højde over terræn på 45 m og en diameter i kærne og top på 1,90.

Kedlerne ser i deres endelige udformning ud som vist på fig. 2. Det er Reck's Opvarmnings Comp. serie 14. Forbrændingskammeret har en højde af 1,5 m. De enkelte harper kan — når de ad åre går til — blændes fra og udtages. Af hensyn til deres vandrette transport er der derfor i loftet på kedlernes forside anbragt en køreskinne med løbekat. Over lysskakten er indrettet en tilsvarende for den lodrette transport gennem skakten og for vandret transport til en bil.

Der anbragtes i harper m. m. metal-renseproppper i så stort et antal, at alle vandfyldte dele kan spules for slam.

Der anbragtes lemme til inspektion og rensning af røgrum.

Kedlerne er isoleret med 50 mm glasuld, og på siderne udstyret med pladejernsbeklædning og på toppen med dørkplader af hensyn til transport.

Kedlerne er forsynet med sikkerhedsventiler — der løfter ved 7,2 ato.

Under kedlernes drift står et slaggespjæld i lukket stilling; ved udslagning åbnes det således, at slagger kan rages gennem en slaggeknuser ned i kanalen, hvor en snegl bringer dem til slaggerummet. Et paternosterværk løfter slaggerne op i slaggesiloen eller til udtømning i en bil i kulloen.

Sodudblæsningsanlægget får trykluft fra en kompressor i stokerrummet. Fra kompressorens beholder er ført en ledning til kedlerne, hvor der er anbragt ventiler og slangeforskruninger til særligt udformet værktøj.

Stokerne — 2 for hver kedel — er valgt som overluftsstokere. De er — som normalt — styret ved termostater og iøvrigt udstyret med stop-alarmerings- og tilbagebrændingsrelais samt træk- og trykmåler. Kapaciteten af 1 stokerpar er 9×10⁶ Cal/h med singels, smalls eller afharpning.

Pumpeanlægget er udformet med cirkulationspumpe for hver af de 3 hovedkredsløb for rørledningsnettet samt en 4' i reserve. Kapaciteterne er henholdsvis 170, 120 og 100 m³/h mod 17 m vs koblede til omkobbelbare motorer, de 2 stk. 25/8/4 og de 2 stk. 15/7/3 HK. Pumpehusene udføres af stålstøbegods, løbehjul af zinkfrit bronce.

Placering af kedelhuset.

Rørledningsnettet for kedelhuset ses på fig. 4. De 3 hovedreturled-

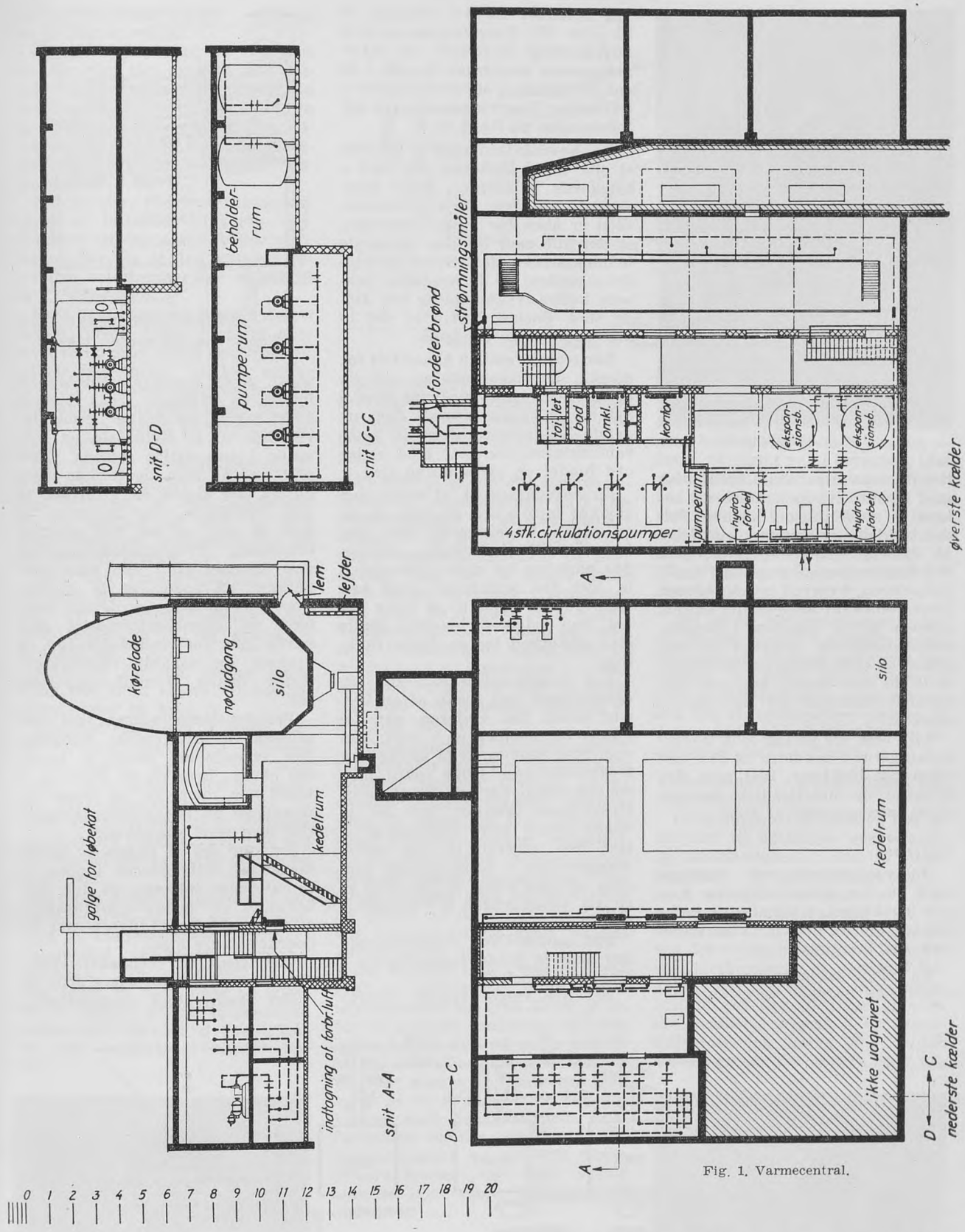


Fig. 1. Varmecentral.

ninger er ført ind i øst- og sydgavlene og er hver for sig ført til underkælderen med opføring til de respektive cirkulationspumper, hvis trykledninger er forenet i underkælderen og derfra til de 3 kedler. Afgangsledningerne er ført under loft til et forgreningsstykke i øverste kælder i pumperummet og derfra ud i kanalsystemet.

Afgangen for hver af kedlerne er 200 mm og samleren 250 mm, der afgrener til de 3 hovedkredsløb i henholdsvis 250 mm til sydarealet og 125 og 140 mm til nordarealet.

Ekspansionsbeholderne (se fig. 4), der er anbragt i kedelcentralen, består af 2 stk. beholdere à 8,5 m³ udstyrede med sikkerhedsventiler, der blæser ved 7,0 ato.

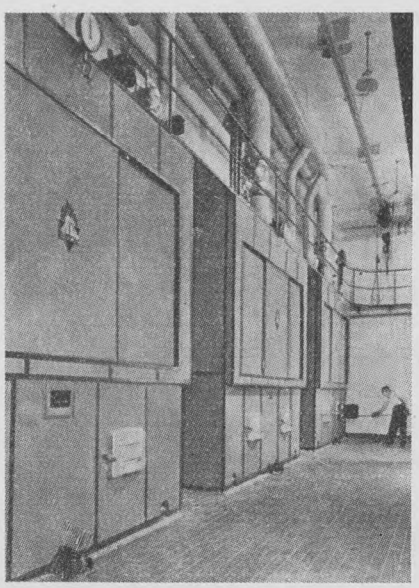


Fig. 2. Kedelfront.

Beholdernes top fyldes automatisk med trykluft fra en kompressor anbragt i maskinhusets kælder. Falder trykket i luftrummet som følge af dalende kedeltemperatur, sender kompressoren mere luft ind i beholderen, hvorved trykket stiger. Stiger omvendt kedeltemperaturen, presses luften sammen i ekspansionsbeholderen, hvorved trykket stiger, og sikkerhedsventilen åbner. Hvis de ikke åbner, har man sikkerhedsventilerne på kedlerne i reserve.

Som man ser på fig. 5, er hovedledningerne i det store og hele ført uden om blokkene, idet man dog benytter de underjordiske garager til at føre ledningerne frem i.

Isolering.

Hedtvandsledningerne isoleres med 50 mm glasuldskåle og 1 m pap og kløtzel. I kanaler erstattes pap og kløtzel dog af 2 mm tjærepap, der besnøres.

De lokale varmeanlæg er udformede som normale varmtvandsanlæg beregnet for en afkøling på 90 — ca. 70°. Omsætningen mellem hovednettets hedtvand og lokalanlæggenes varmtvand foregår i de enkelte blokke i et varmekammer i kælderen. Diagrammæssigt ses udformningen på fig. 8 og 9.

Fra hovedledningerne er der ført et stik ind i blokkene (de med a betegnede ledninger), hvori heltvandet cirkulerer. Hvis trevejsventilen er åben for vinkelstrømning, er det lille med vandlås forsynede ledningsstykke den eneste forbindelse mellem de to kredsløb, gennem hvilke trykudligning kan finde sted. Bortset herfra er det to helt uafhængige kredsløb.

Når trevejsventilen åbner lidt for direkte gennemstrømning, vil en del af hedtvandet strømme over i det lokale anlæg gennem den nederste forbindelse tilbage til hedtvandsreturen. Der har med andre ord fundet en opspædning sted.

En hovedårsag til, at netop den angivne forbindelse er valgt, er, at en sådan trevejsventil ikke kan fungere tilfredsstillende, dersom den udsættes for store trykforskelle, idet den bevægende kraft kan være ude af stand til at flytte sædet. Den valgte forbindelse skulle give sikkerhed for en rigtig funktion.

Ved varmtvandsbeholderen sker reguleringen ved hjælp af en Clorius ventil. Om vinteren, når det lokale varmeanlæg er i drift, kan man ikke risikere at få særlig stor trykforskel over denne ventil, men om sommeren, når kun varmtvandsforsyningen benyttes, kan det af denne grund være nødvendigt at tage den angivne 15 mm udligningsledning i brug. Denne ledning vil også sikre, at der altid er en vis vandmængde at cirkulere i kedelanlægget.

Det automatiske reguleringsanlæg skal jo holde temperaturen i blokkene konstant.

Det her valgte system (Satchwell) giver temperaturføleren en impuls til ventilen, f. eks. 1 gang hvert minut, og denne impuls får ventilen til at flytte sig en lille smule i den rigtige retning. Groft sagt undgår man derved de store udslag, der kunne være farlige, og den »træghed«, der indføres, er ikke så stor, at den har praktisk betydning. Fremløbstemperaturen skal afpasses efter den ydre temperatur. På nordsiden af bygningens øverste etage er derfor monteret en udendørstermostat med særlig føler for vindpåvirkning, og gennem en såkaldt »Kalibrator« styrer denne fremløbstemperaturen.

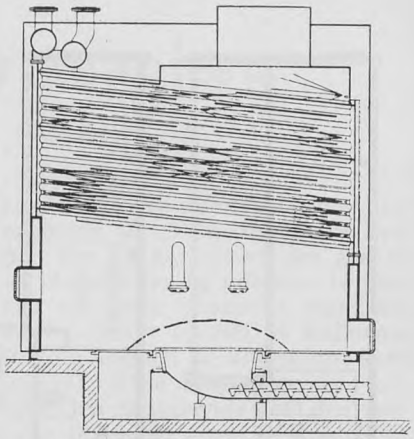


Fig. 3. Tværsnit gennem kedel.

Fremløbstemperaturen skal også afhænge af bygningens øjeblikkelige varmebehov. Dette er lavere om natten, hvor en vis afkøling af huset kan tolereres. Så følger om morgenen en genopvarmningsperiode med stort varmebehov.

En stor del af dagen er måske mange af lejlighederne tomme og radiatorerne lukkede, så der atter kommer en genopvarmningsperiode hen på eftermiddagen, når beboerne vender hjem.

Nedsættelsen af fremløbstemperaturen om natten foretages af et ur.

Det ekstra store varmebehov i

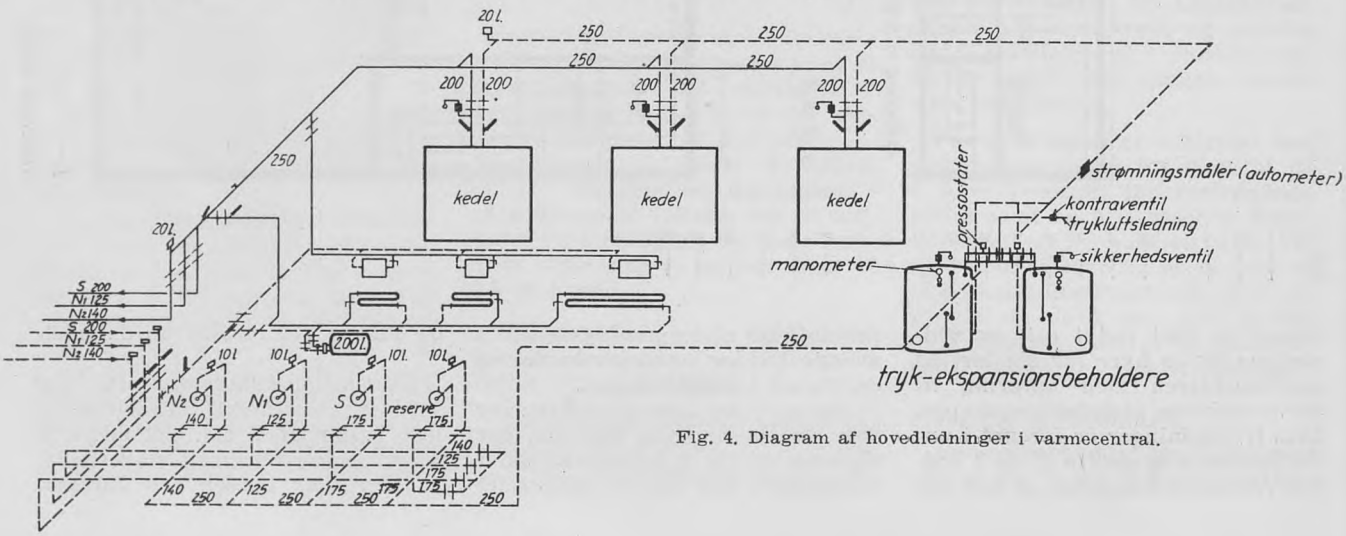


Fig. 4. Diagram af hovedledninger i varmecentral.

genopvormningsperioder dækkes på en særlig måde:

I returledningen er der indskudt en termostat, der normalt ikke deltager i styringen. Hvis imidlertid returtemperaturen synker under en vis grænse, vil den sætte den udvendige føler ud af funktion så kalibratoren tror, den udvendige temperatur er ÷ 15° C.

Lad os sige, at fremløbstemperaturen er indstillet til f. eks. 80°, svarende til den øjeblikkelige ydre temperatur, og at den mindste tilladelige returtemperatur er sat til 65°.

Hvis bygningen nu kræver ekstra megen varme, f. eks. fordi et stort antal radiatorer åbnes samtidig, vil returtemperaturen synke under 65°. Så reagerer termostaten, og fremløbstemperaturen stiger til den værdi, som svarer til streng frost, f. eks. 90°C.

Her holdes fremløbstemperaturen, indtil anlægget er varmet så godt igennem, at returtemperaturen er kommet op over de 65°; derpå reguleres automatisk ned på det normale niveau.

Hvis den »indsprøjtning«, som anlægget herved har fået, ikke er nok, vil returtemperaturen igen falde under 65° C, og processen gentager sig.

Anlægget får på denne måde netop det antal ekstra »indsprøjtninger«, der er brug for.

Fabriksdirektoratet nærede under forhandlingerne om systemet betænkelighed for, at det hede vand — som følge af den automatiske blandingsventils svigten — skulle være i stand til at strømme uhindret ind i lokalanlægget og ved en eventuel utæthed give anledning til ulykker.

Vi fandt derefter hinanden i følgende anordning. På lokalanlægssiden af blandeventilen anbringes et smelteled i en lomme i fremløbsledningen. Fra smelteledets frie ende fører en wire over en trisse ned til armen på en vægtbelastet kontraventil, således at denne lukker, når smelteledet brister ved 105°.

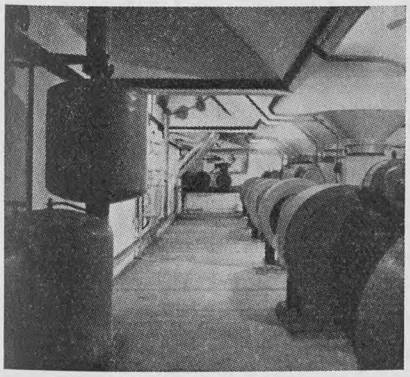


Fig. 6. Stokeranlæg.

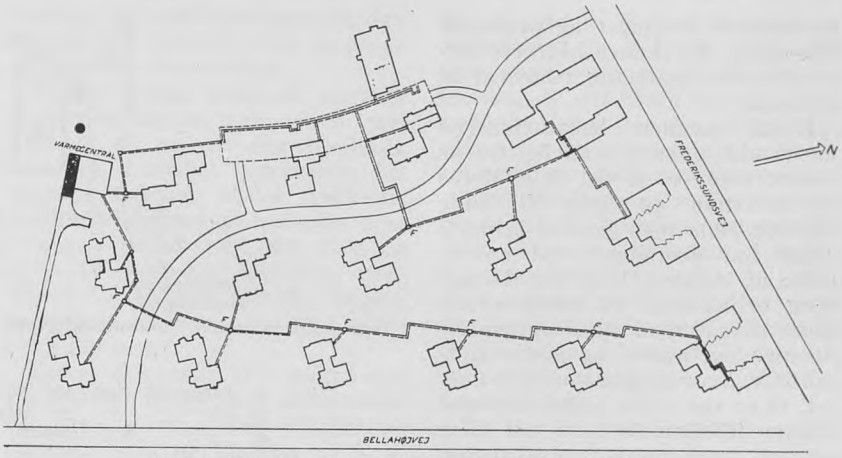


Fig. 5. Situationsplan af nordareal med hovedledninger.

Lokalanlæggene er af os valgt som een-strengede anlæg i de højeste huse og som to-strengede med nedre fordeling i de 9—10 etagers huse.

På hver af de lodrette strenge anbringes 2 fastspændings- og 1 ekspansionsstykke til at tage ekspansionen. I de højeste huse er der dog 2 ekspansionsstykker på hver streng. Man får på denne måde ikke større udvidelse i strengene, end man får i huse på 5 etager. Varmestrengenes fremløb og retur er — i to-strengede anlæg, hvor de er trukket i en tagterrasse — i tagetagerne forbundne med et fremløb med reguleringste, således at frysning undgås.

Blandeventilens funktion styres som ovenfor nævnt af en udvendig føler på facaden. Grundet på de enkelte blokkes planlige udformning: 2 rektangler i c. 5 m's afstand forbundet med et trappehus, vil en gennemført facadeopdeling blive ret bekostelig, og dens virkemåde i nogen grad bortelimineret på grund af de slagskygger, den ene blokvalvdel vil kaste på den anden, se fig. 10.

Det statiske tryk i den nederste *radiator* andrager c. 36 m, cirkulationspumpernes tryk 22 m, hvorfor de nederste radiatorer vil blive udsat for et tryk på mere end 50 m vs. Normale pladejernsradiatorer, der prøves af fabrikerne med c. 60 m vs, kunne derfor kun anvendes med betænkelighed. Prisforskellen mellem kraftige pladejernsradiatorer og moderne støbejernsradiatorer var ikke særlig stor, så man valgte radiatorer af støbejern.

Måling af varmen skal ske ved en autometermåler anbragt dels i kedelrummet og dels en i hver af de kommunale skoler, vaskerier m. m., således at det resterende varmeforbrug må have fundet sted i blokkene, henholdsvis til varme og til varmt vand. Ved at anbringe vandmålere på koldtvandsledningerne til varmtvandsbeholderne og ved at holde 55°C på varmtvandsafgangene herfra, kan varmemængden — brugt til varmt vand beregnes, idet man benytter en erfaringskoefficient for tab i rørledningerne. Varmeforbruget i radiatorer og tapsteder i de enkelte lejligheder kan derefter findes ved fordeling af aflæsningerne på de respektive 2 sæt målere.

Det varme brugsvand opvarmes i de enkelte blokke i stående varmtvandsbeholdere med indbygget forvarmer, der fødes med hedt vand, idet en Cloriusventil giver sikkerhed for, at temperaturen holdes på de ønskede 55° C. Beholderen er udført af certifikatplade.

Strengene er i almindelighed placeret frit i rummet.

Udformningen af facaden har givet stof til adskillige overvejelser og betænkeligheder, ikke så meget angående dens isoleringsevne — man vedtog ret tidligt, at »k« ikke måtte være ringere end 0,75 — men hvad er λ for isolationsplader ved det normale fugtighedsindhold, som forekommer i en bygning? Undersøgelser foretaget af teknologisk Institut gav den på figur 11 viste sammenhæng mellem λ og fugtighedsindholdet, mens den anden kurve angiver det samme efter un-

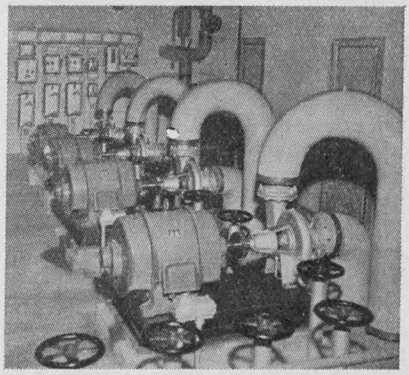


Fig. 7. Pumpeanlæg.

dersøgelser foretaget af professor Wanderer. Forskellen hidrører formentlig fra forskellig rumvægt af betonen.

Hertil kommer bekymringerne for vanddampenes vandring fra de varme stuer mod det frie, deres kondensation og deraf flydende ulykker. Mens man gennem århundreder har erfaringer ved anvendelse af teglsten, hvis kapillarsugning er så god, at kondensvand suges tilbage mod stuen og genfordamper om natten og andre tidspunkter, hvor temperaturen er nedsat, så er vor viden begrænset med hensyn til disse forhold, når talen er om moderne isoleringsplader. Det faldt os meget for brystet, at det af hensyn til regnen er nødvendigt at give bygningerne en tæt »overfrakke« på yderst mod det frie. Svenske erfaringer synes dog at godtgøre, at vor frygt i så henseende var ubegrundet.

Rørberegningen.

Rørberegningen er udført efter det af dr. Marke offentliggjorte monogram.

Ved dimensioneringen af de lokale 2-strengede varmeanlæg blev vi opmærksomme på, at man ved højhuse ikke kan anvende de tidligere anvendte dimensioneringsmetoder for de lodrette strenge, fordi det naturlige drivtryk (hidrørende fra vandets afkøling i radiatorerne) kan blive større end det disponible pumpetryk. Under sådanne forhold vil det nedadgående vand i returledningen trykkes baglæns gennem en radiator og vandre opad i fremgangsledningen, således at overliggende radiatorer fødes med vand af for lav temperatur.

Da afkølingen i strengene varierer med den udvendige temperatur, vil returvandet trykkes baglæns gennem snart een radiator og snart gennem en anden.

Det blev derfor nødvendigt at finde frem til en ny dimensioneringsmetode, der udelukker dette faremoment.

Den nedenfor skitserede beregningsmetode indeholder — selv om den har vist sig anvendelig i praksis — så store usikkerhedsmomenter, at det vil være ønskeligt snarest at få foretaget en grundig teoretisk undersøgelse af hele det hertil hørende problemkompleks, således at der kan fastlægges en nogenlunde eksakt beregningsmetode.

Som radiatorventil er der i eksemplet regnet med den svenske T-A ventil

Spørgsmålet om fastlæggelse af afkølingen i anlægget er af afgørende betydning for anlæggets dimensionering, og følgende to delvis

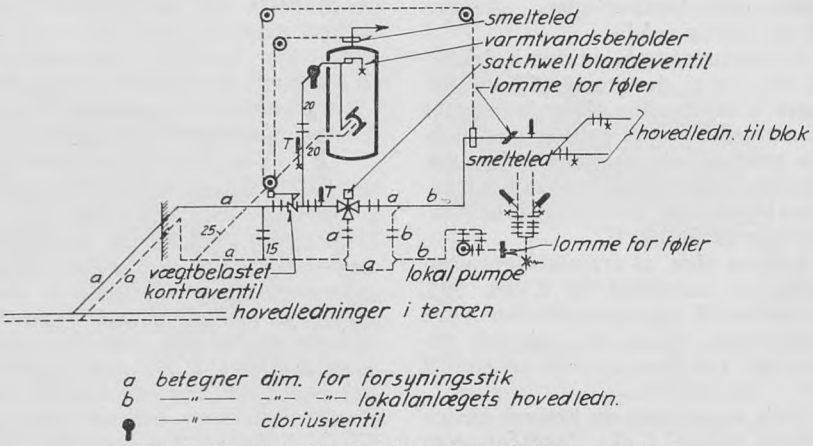


Fig. 8. Diagram af rørledninger i et lokalt varmeanlæg.

modstridende forhold må tages i betragtning:

1. Jo højere et hus er, des mindre maksimal afkøling er det ønskeligt at have — dels for at nedsætte variationerne i det naturlige drivtryk og dels for at kunne optage det nødvendige tryk igennem de nederste ovnventiler.
2. Jo højere et hus er, des større maksimal afkøling er det ønskeligt at have for ikke at få alt for store strengdimensioner.

Der må derfor i hvert enkelt tilfælde fastlægges en maksimal øvre grænse for 1 og en minimal nedre grænse for 2. Såfremt den sidstnævnte grænse ikke er mindre end den førstnævnte grænse, må der anvedes andre metoder, f. eks. kan der indskydes en ingeniøretage i husets halve højde, eller man kan evt. opdele de større strenge i to, der hver tager halvdelen af de dertil hørende radiatorer.

Når den maksimale afkøling er fastlagt, udregnes anlægget, således at der er balance ved en afkøling, der svarer til en udendørstemperatur på 0° C, idet det hertil svarende naturlige drivtryk ved rørberegningen og forindstillingsberegningen tillægges for hver etage.

Angående fastlæggelsen af ovennævnte grænser kan der bemærkes:

ad 1.

Man udregner een gang for alle tillægget i naturlig drivtryk pr. m for den faktiske afkøling svarende til et fald i udendørstemperaturen fra 0° C til ÷ 15° C for f. eks. en maksimal afkøling på 10, 15 og 20° C, alle med en maksimal fremløbs-

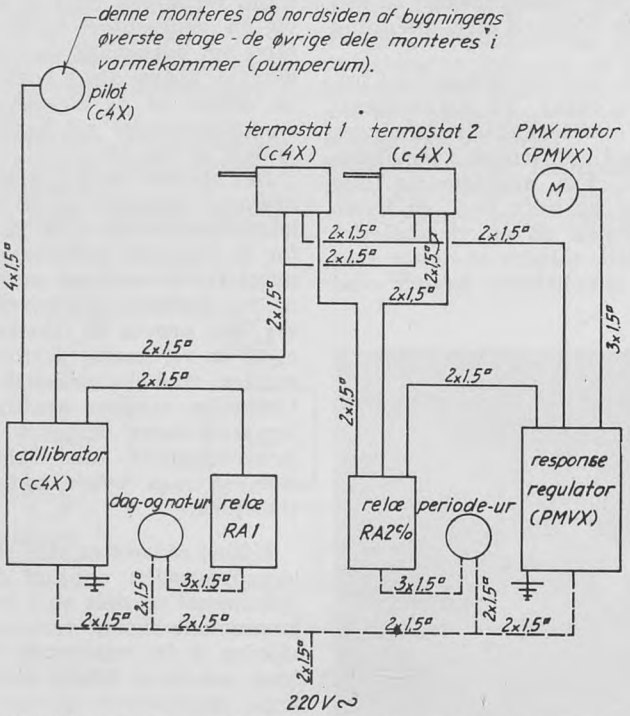


Fig. 9. Skematisk diagram for elektriske installationer for varmereguleringsanlæg.

temperatur på 90° C, og under forudsætning af, at rumtemperaturen er 20° C.

Disse tillæg bliver:

Maks. afkøling
10° C
15° C
20° C

Tillæg i nat drivtryk

$$6{,}49 \frac{15}{36} = 2{,}78 \text{ mm v.s./m}$$

$$9{,}55 \frac{15}{35} = 4{,}10 \quad „ \quad „$$

$$12{,}47 \frac{15}{35} = 5{,}45 \quad „ \quad „$$

Herefter udregnes tillægget i naturlig drivtryk for den øverste ovn i højhuset, det bliver f. eks. for et 45 m højt hus henholdsvis 125, 185 og 251 mm v.s., og trykfaldet igennem den øverste ovnventil fastlægges til 2½ gang tillægget i naturlig drivtryk. I ovennævnte tilfælde bliver det da henholdsvis 312, 463 og 628 mm v.s.

Man ser herefter på muligheder for at optage de til ovennævnte værdier for trykfaldet igennem den øverste ovn svarende tryk igennem de nederste ovnventiler.

Regnes f. eks. med et mindste gennemsnitlig tryktab på 6 mm v.s. pr. m, og ses der foreløbig bort fra tryktabet hidrørende fra enkeltmodstande, bliver trykkene, der skal optages i de nederste ovnventiler, henholdsvis 852, 1003 og 1168. (Tilsvarende udregnes værdierne for de af de nederste etager, hvor man skønner, der kan blive brug for dem).

Det er af hensyn til at undgå støj i ventilerne nødvendigt at fastsætte en øvre grænse for ventilernes modstandstal, og her har vi foreløbig sat $\zeta = 400$ som øverste grænse, hvortil svarer forindstillinger 8,4 9,3 og 9,5 for henholdsvis en 10, 15 og 20 mm ventil.

Sammenholdes forindstillingen 8,4 for en 10 mm ventil med de for de nederste ovne til rådighed værende tryk, fås de minimale calorieafgivelser i de nederste ovne ved 10, 15 og 20° C maksimal afkøling til henholdsvis 600, 980 og 1380 kcal/h. Disse værdier sammenholdes nu med de nødvendige calorieafgivelser i de nederste ovne, idet øvre grænse for afkølingen vælges således, at det store flertal af de nederste ovne har en calorieafgivelse, der er større end den til afkølingen svarende mindsteværdi.

For de ovnes vedkommende, hvor den nødvendige calorieafgivelse er mindre end den — under hensyn til trykoptagelse — minimale calorieafgivelse for den valgte afkøling, må vandmængden forøges, så den bliver tilstrækkelig stor til, at ventilen kan optage det tilstedeværende tryk.

De forøgede vandmængder medtages ved rørberegningen, og disse ovne dimensioneres for den til den faktiske vandmængde svarende afkøling for at undgå overophedning.

Hvis man for det omtalte 45 m høje hus regner med, at 90 % af de nederste ovne skal afgive mindst 1000 kcal/h, vil det være naturligt at sætte øvre grænse for afkølingen til 15° C. Denne værdi for afkølingen kan fastholdes under hensyn til den senere omtalte nedre grænse for punkt 2.

Har man f. eks. en ovn i nederste etage, der skal afgive 600 kcal/h, bliver den faktiske afkøling for denne ovn $15 \frac{600}{980} = 9{,}2°$ C, og ovnens størrelse dimensioneres da for den til denne afkøling svarende middeltemperatur, og i rørberegningen regnes denne ovn at afgive 980 kcal. (ved 15° C afkøling).

ad 2.

Den omtalte 45 m høje bygning svarer til $\frac{45 \div 2{,}6}{2{,}8} = 15$ normaletager. Er calorieafgivelsen fra den største radiator i en normal etage f. eks. 2300 kcal/h, bliver calorieføringen før første ovn i en streng, der forsyner en sådan radiator, pr. etage $15 \times 2300 = 34.400$ kcal/h.

Regnes med et tryktab (i de nederste etager) på max. 15 mm v.s./m, bliver rørdimensionen ved 10, 15 og 20° C maksimal afkøling henholdsvis 40, 32 og 32 mm, og afkølingens nedre grænse fastlægges til 15° C ~ 32 mm rør som største strengdimension i de nederste etager.

Under hensyn til ad 1 og ad 2 fastlægges afkølingen da til 15° C.

Når afkølingen er fastlagt, behandles spørgsmålet om hovedledninger og herunder det for de enkelte strenge til rådighed værende tryk.

Sidstnævnte tryk bør være nogenlunde ens for alle strengene. Dette kan f. eks. opnås ved at arbejde med »vendt retur« eller ved at optage det »overskydende tryk« i en fast modstand (dyse) indskudt

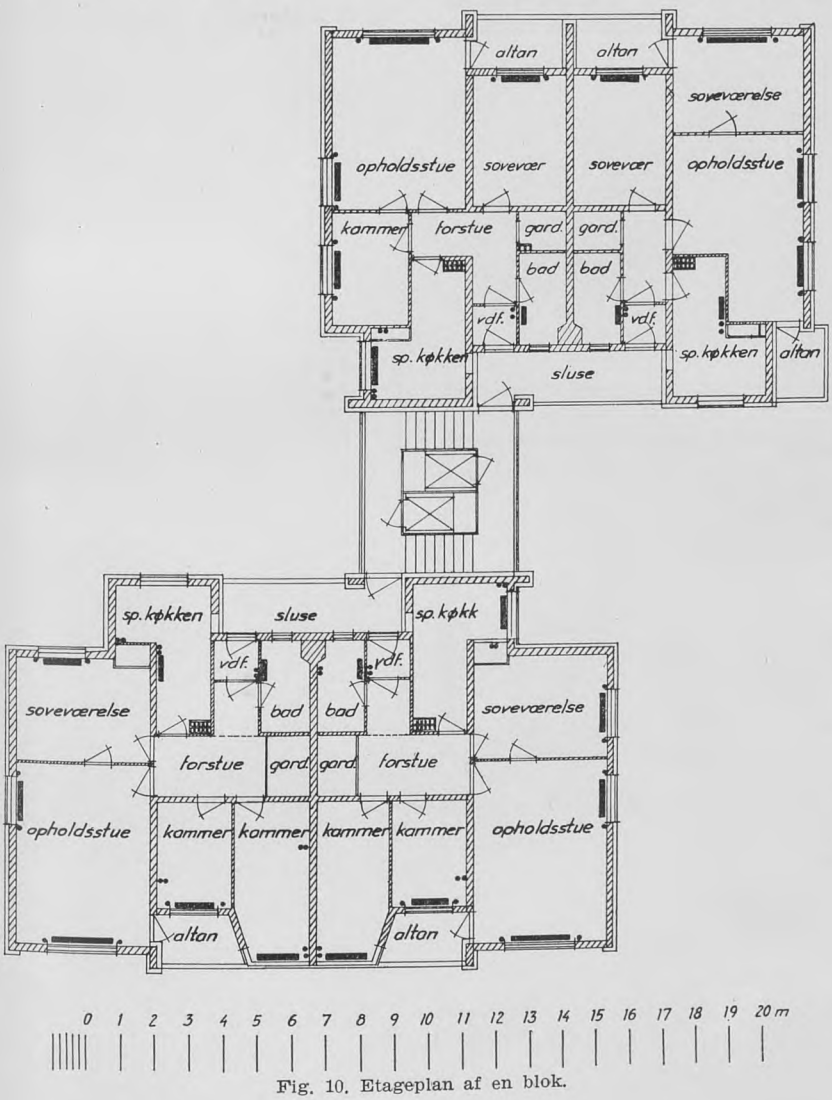


Fig. 10. Etageplan af en blok.

i strengene før de nederste ovne. Ved det »overskydende tryk« forstås den del af det til rådighed værende tryk, der ikke kan optages i den nederste ovnventil, når ζ = 400.

For at have en bekvem måde til at udregne det »overskydende tryk«, optegnes een gang for alle kurver over det til en bestemt calorieafgivelse svarende tryktab for ζ = 400 for den pågældende ventildimension og den fastlagte maksimale afkøling.

Det »overskydende tryk« er da differencen mellem det tilstedeværende tryk (ifølge rørberegning for hovedledningerne) og det på kurven aflæste tryk for den pågældende calorieafgivelse.

Herefter kan det for eksemplets vedkommende fastslås:

1. Afkøling i anlægget sættes til 15° C.
2. Minimalt trykfald igennem øverste ovn ca. 460 mm v.s.
3. Mindste calorieafgivelse i de nederste ovne ved 15° C afkøling 980 kcal/h svarende til et trykfald i ovnventilen til ca. 1000 mm v.s.
4. Ovne i de nederste etager, der skal afgive mindre end de udregnede minimumsværdier for den pågældende etage (for nederste etage 980 kcal/h) skal dimensioneres for den faktiske afkøling, idet vandmængden igennem dem forøges.
5. Ovnventiler, hvor det til rådighed værende tryk overstiger 1000 mm v.s., skal undersøges særskilt.

Herefter foregår beregningerne på den måde, at man gennemgår samtlige strenge, hvor det er nødvendigt at forøge vandmængden og fiksere disse strenges faktiske vandmængde. Når man har vandmængden i samtlige strenge, udregnes hovedledningerne, og herved fås det for hver streng disponible tryk. Endelig udregnes for hver streng den eventuelle forlagsmodstand samt tryktabet over hver af strengens ovnventiler og den dertil hørende forindstilling.

Under den endelige gennemregning af de strenge, hvor vandmængderne er forøgede, kan det vise sig nødvendigt at ændre de forøgede vandmængder gennem nogle af ovnene, men disse ændringer vil være så uvæsentlige, at de ingen indflydelse har på hovedledningerne.

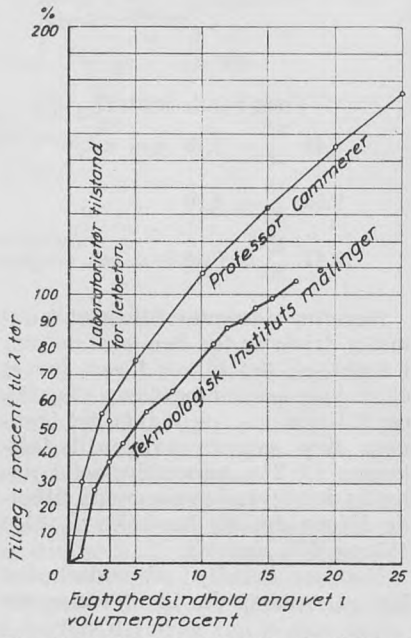
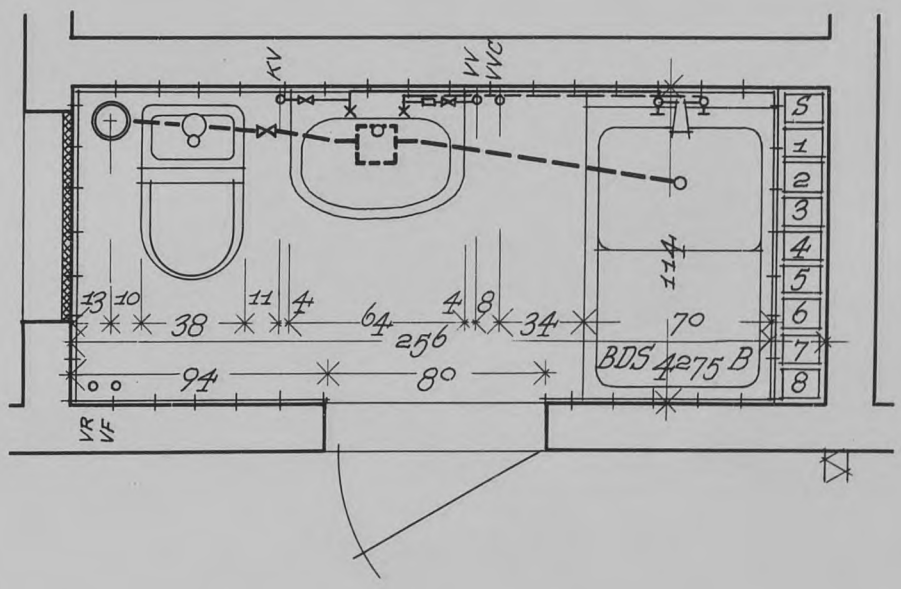


Fig. 11. Letbetons: λ-værdis afhængighed af fugtindhold.

8



TEKNISKE INSTALLATIONER

Særtryk af „Ingeniøren" nr. 30, 1954.

„BELLAHØJ"-PUNKTHUSE

Diverse tekniske installationer

Af civiling. A. Meinertz Knudsen, A/S Dominia's ingeniørafd.

628.6

De tekniske installationer på »Bellahøj« er for de afsnit, som boligselskaberne A.A.B., A.K.B. og S.B. er bygherrer for, projekteret af rådgivende ingeniørfirma Birch & Krogboe. Til K.K.B.'s afsnit, som senere er overtaget af K.A.B., har Københavns kommunes rådgivende ingeniørkontor udført projekt, og for K.A.B.'s eget afsnit har A/S Dominia's ingeniørafdeling forestået projekteringen.

De grundlæggende principper i projekterne til de forskellige blokke er i det store og hele ens, medens den detaillerede udformning varierer med de enkelte blokke.

Centralvarmeinstallationen og vaskerierne er ikke omtalt i det følgende, idet disse behandles i særlige artikler.

Kloak.

Bebyggelsen på nordarealet afvandes for det vestlige afsnits vedkommende til en hovedkloak langs vestskellet, som tilsluttes den vestgående hovedkloak i Frederikssundsvej, medens det østlige afsnit er ført på en hovedkloak gående langs Bellahøjvej og tilsluttet hovedkloaken, der udgår fra Bellahøjvej og fortsætter mod øst ad Frederikssundsvej. Begge de to ovennævnte hovedkloaker på arealet passerer på langs gennem henholdsvis A.K.B.'s og A.A.B.'s underjordiske garageanlæg, hvorved såvel udgravningsdybden som brøndhøjderne er formindsket væsentligt.

Den vestlige del af sydarealet afvandes til en nordgående hovedkloak beliggende mellem punkthusbebyggelsen og Degnemosen. Det sydøstlige afsnit føres på en sydgående hovedkloak i Bellahøjvej, der forløber videre ned gennem Rødkildevej, og den nordøstlige del tilsluttes hovedkloaken i Hvidkildevej.

Huskloakerne er udført på traditionel vis af betonrør med asfaltstøbte samlinger, idet det dog kan anføres, at der under nogle af blokkene er anvendt glaserede lerrør, og hvor ledningerne er lagt på opfyld, er der foretaget de nødvendige foranstaltninger for at undgå sætninger ved at lægge ledningerne på et sandfundament, betonunderlag eller ophænge dem under kældergulv.

Faldrør.

Ifølge Københavns kommunes regulativ vedrørende afløb fra bygninger, kan de i Dansk Ingeniørforenings regulativ angivne faldrørsdimensioner ikke uden videre anvendes ved bebyggelser højere end 7 etager.

Københavns kommunes spildevandsafdeling tog hele spørgsmålet op til behandling, og resultatet heraf blev en dimensioneringstabel med fastsættelse af afløbsenheder for de forskellige afløbsinstallationer. Anvendelsen af disse regler, som dels bygger på udenlandske tabeller og dels på hjemlige erfaringer, medførte, at man kun enkelte steder i de nederste etager i de højeste af blokkene var nødsaget til at anvende større dimension end 4". Ved forhandling med faldrørsleverandøren fik man, af hensyn til faldrørsføringen i disse etager, igangsat en produktion af 5" rør og de hyppigst anvendte 5" faconstykker, idet disse ikke eksisterede i handelen.

I en del badeværelser er der anvendt B. D. eller K.A.B.-blokken, og til afvanding af tagterrassen er der på nogle blokke anvendt specielle tagvandsskåle. På altanerne er anvendt patentafløbsskåle.

Faldrørssamlingerne er udført med svovlpræparat.

Vandforsyning.

Alle højhusene forsynes med hydroforvand. I varmecentralen er der installeret hydroforbeholdere fælles for højhusene på nordarealet, og i et kælderrum under den projekterede vaskericentral på sydarealet er der et fælles hydroforanlæg for samtlige højhuse på sydarealet.

På vandstikket til de to hydroforanlæg er anbragt hovedvandmålere, og i hvert højhus to bimålere, een for koldt vand og een for varmt vand.

På sydarealet findes der 2 stk. 7 m³ hydroforbeholdere med et maximalt arbejdstryk på 8,5 ato. Endvidere 3 stk. 7,5 HK centrifugalpumper. Hver pumpe kan yde 20 m³/h ved et modtryk på 45 m.V.S. Pumperne startes af pressostater ved henholdsvis 7,2—7,0 og 6,8 ato. Vindkedlens rumfang er ca. 400 l med et arbejdstryk på ca. 4 ato.

På nordarealet er de tilsvarende tal: 2 stk. 8,5 m³ beholdere og arbejdstryk 7,0 ato. Endvidere 3 stk. centrifugalpumper med en ydeevne af 25 m³/h ved 27 m. V. S. og 15 m³/h ved 37 m. Pumperne starter ved henholdsvis 5,4 — 5,2 og 5,0 ato. Vindkedlens rumfang er ca. 500 l med et arbejdstryk på ca. 4 ato.

Fra hydroforforrummene er der ført jordledninger ud til samtlige højhuse på de respektive arealer. Ledningerne er asfalterede støbejernsrør med blysamlinger. I hver blok er der indrettet et beholderrum, hvor det hede vand fra kedelcentralen opvarmer brugsvandet.

Fordelingsledningerne incl. fremløbsledningerne for varmtvand er placeret i kælderen. Hvor rummenes placering har muliggjort dette, har man ført fremløbsledningen op gennem f. eks. køkkenerne og trukket ledningen under loft i øverste normaletage hen til f. eks. badeværelserne, hvorfra den er ført ned til returledningen i kælderen. De resterende steder har man ført en lodret returledning ned gennem etagerne uden tapsteder.

Der er anbragt stopventiler i kælderen på alle strenge og i en del af blokkene endvidere foran alle afgreningerne i hver lejlighed.

Der er overalt opsat varmtvandsmålere.

På grund af det store vandtryk, man har i de nederste etager, har man haft opmærksomheden rettet mod ledningsstøj. I nogle af højhusene er der anvendt lydisolerende rørbøsninger i etageadskillelserne. Disse består af et bøsningsrør

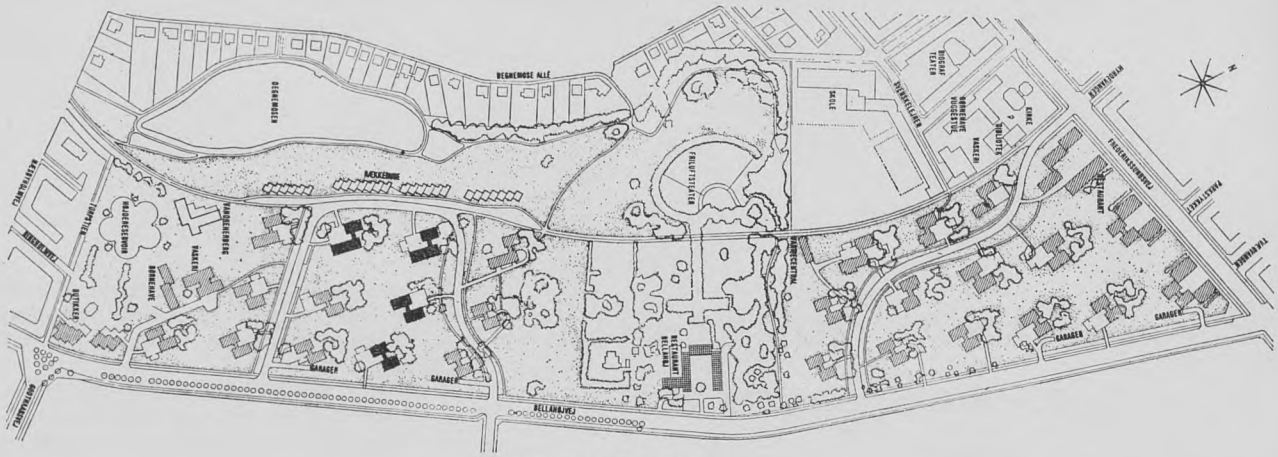


Fig. 1. Bebyggelsesplan.

een dimension større end normalt, forsynet med pakmuffe både foroven og forneden. Til pakning er anvendt en ring af specialgummi, der ved fastspænding af mufferne slutter tæt omkring ledningen og adskiller denne fra mufferne. Man opnår derved, at ledningen centreres i bøsningen og ingen direkte berøring får med denne, således at ledningsstøj ikke gennem etageadskillelserne overføres til de bærende konstruktioner.

Sanitet.

Der er overalt på »Bellahøj« anvendt kombinationsklosetter. Foruden at være en mere rationel og tiltalende installation end w.c. installation med højtsiddende cisterne, har den betydelige støjmæssige fordele.

Håndvaske er af vitreous-china i størrelserne 56×42 og 63×46 cm. Alt efter badeværelsets størrelse er der anvendt henholdsvis sidde- eller liggekar. Siddekarrene er alle af emailleret støbejern, medens der som liggekar er anvendt såvel kar af emailleret støbejern som af emailleret stålplade.

I kollektivhuset og i nogle mindre lejligheder i de øvrige blokke er der ikke opsat badekar, men kun installeret brusebad.

Køkkenvaskene er af rustfrit stål. I nogle blokke er der anvendt dobbelte vaske.

El-installation.

Højhusene forsynes med jordstik. I kælderen er der anbragt mellemsikringer i det omfang, der er nødvendigt for at målerledningens dimension kan holdes nede på 10 eller 16 mm². Der er ført 2 f-o-j frem til hver lejlighed.

Installationen i lejlighederne blev projekteret med klemliste i entreerne og iøvrigt skjult stålrørsinstallation. I nogle af de sidst opførte blokke er man gået helt over til skjult stålrørsinstallation, fordi prisudviklingen har gjort denne installation billigere end installation med klemliste.

I adskillige blokke er der opsat el-portner ved hoveddøren.

Telefoninstallationen er udført på forskellig måde afhængig af forholdene i de enkelte blokke. Der er således i en del blokke anvendt installation med rør og fordelingsskabe af eternit, hvorfra der føres stålrør ind til hver lejlighed. I andre blokke er ledningerne trukket i en rørkanal fælles for centralvarmestigeledning, el-målerledning, el-målere og telefonledninger. Kanalen ligger i elevatorforrummet og er beklædt med stålplade. Endelig har man i nogle højhuse udført synlig installation i altanskabene.

Lejlighederne er forsynet med el-komfur med 3 stk. lette masseplader samt stegeovn med termostat. Komfuret tilsluttes en 10 amp. stikkontakt, der er ført på en særlig gruppe.

Elevatorer.

Samtlige højhuse er forsynet med elevatorer med stop for hver etage incl. kælder og tagetage.

Størrelsen varierer mellem 3, 4 og 5 personers. Hejsehastigheden er 1,5/0,3 m pr. sek.

Elevatorerne er dels placeret i støbte skakter med adgang fra elevatorforrum eller trappe, og dels i

Dimensioneringsregler for faldrør benyttet ved »Bellahøj«

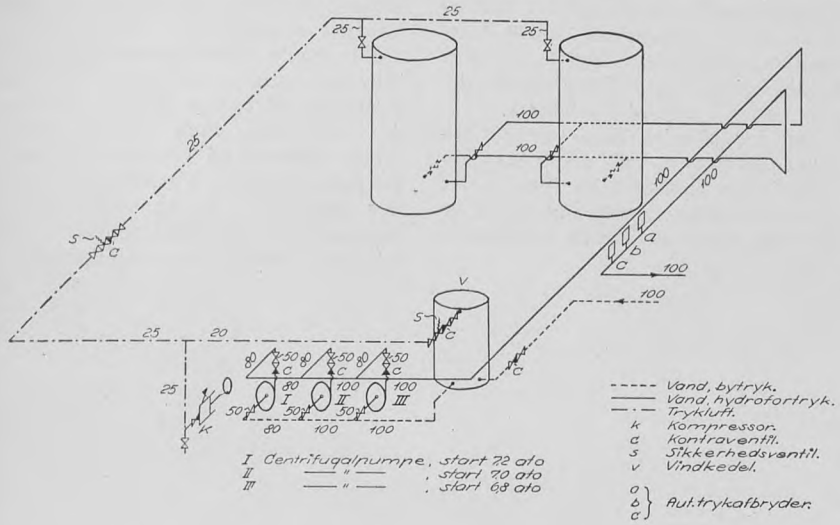
håndvask på selvstændig vandlås	= 1	afløbsenheder
udslagningsvask	= 3	„ „
køkkenvask	= 3	„ „
gulvafløb (65 mm) incl. bad	= 4	„ „
„ (65 mm) kun med håndvask og eller bruser	= 1	„ „
„ (100 mm) direkte til faldrør	= 5	„ „
w. c.	= 5	„ „
vægurinals	= 1	„ „
standurinals pr. 60 cm bredde	= 1	„ „

Ved 130 enh. benyttes	100	mm faldstamme
Ved 131—180 enh. benyttes for dele m. 0—130 enh.:	100	„ „
„ „ „ 131—180 „	125	„ „
Ved 180—235 enh. benyttes for dele m. 0—130 enh.:	100	„ „
„ „ „ 131—180 „	125	„ „
„ „ „ 181—235 „	150	„ „

For køkkenfaldsstammer gælder følgende i bygninger med mere end 7 etager:

a) indtil 20 afløbsenheder:		
indtil 10 enheder	65	mm faldstamme
over 10 „	100	„ „
b) over 20 afløbsenheder:		
hele ledningen	100	„ „

Ved vandrette trækninger over 2 m i kælder forøges dimensionen.



profiljernsskakter med trådglas og med adgang fra trappe.

Alle elevatorerne har spillet placeret i kælderen, hvilket giver de bedste muligheder for lydisolering. Ved noget højere huse bør man dog sikkert trods muligheden for støjplage overveje en placering på taget, idet man herved kun får den halve tovlængde og derved mindre mulighed for driftsforstyrrelse på grund af tovenes elasticitet.

Vedrørende grundlag for fastsættelse af antal og størrelse af elevatorer henvises til »Byggeindustrien« årgang 1952, nr. 8, »Elevortælling«.

De brandmæssige krav til døre, kupeer og skaktbeklædning har varieret med elevatorernes placering i forhold til luftsluser og trapper. I en del blokke har man således været nødsaget til at udføre elevatorerne med såvel jernasbestdøre som stålkupeer og stålskaktbeklædning, medens man i andre har kunnet modificere kravene til de anvendte materialers brandbarhed.

Elevatorerne er forsynet med kollektivt kald for nedadgående færdsel.

Køleskabe.

Alle lejligheder er forsynet med køleskabe. Nogle af boligselskaberne har valgt 50 l absorptionsskabe, som tilsluttes en almindelig 6 amp. stikkontakt, medens andre har installeret centralkøleanlæg med 100 l skabe.

De steder, hvor der er installeret centralkøleanlæg, er der bortset fra enkelte undtagelser 2 kompressorer i hver blok. Anlæggene er forsynet med afrimningsure.

Man har ofte diskuteret den nødvendige størrelse af et køleskab, og det er naturligvis vanskeligt at få eksakte tal frem, idet behovet er afhængigt af familiens størrelse og levevaner. Endvidere kan lejere, der ikke tidligere har haft køleskab, vanskeligt udtale sig om størrelsen, idet disse ofte vil være tilfredse med et selv nok så lille skab.

Som rettesnor kan dog oplyses, at K.A.B. har foretaget en opinionsundersøgelse i et nybyggeri, hvoraf det fremgik, at 55 % af husstandene var tilfredse med et skab på 50 l, 37 % ønskede skabet ca. 50 % større og 8 % ønskede det 100 % større. Endvidere oplyste 75 %, at de foretog mere økonomiske indkøb ved at have et køleskab. Køleskabet blev benyttet gennemsnitlig 7,8 måneder af året.

Brandstigeledning.

De brandmæsige sikringskrav til et højhus er et afsnit for sig, som ikke skal omtales nærmere her. Dog kan det nævnes, at der i hver trappeopgang er anbragt en lodret 3" stigeledning fra terrænrepose til øverste etage. Undtagen herfra er enkelte blokke, hvor brandvejene omkring huset er anlagt således i forhold til lejlighederne, at brandvæsenets krav til redningsmuligheder er opfyldt. Stigeledningen har forneden en 3" tilslutning og ved hver etage en afgrening med et 2" tee. Tilslutnings- og afgreningsstutsene er forsynet med ventiler og forskruning for brandslanger, således at brandvæsenet kan tilslutte brandsprøjten forneden og afgrene med slanger på de etager, man ønsker.

Radiofonimodtagerforhold.

Det er nærliggende at antage, at et helstøbt betonhus med armerede etageadskillelser og nogen armering i tværvægge og facader kunne virke som Faradays-bur. Hvis dette var tilfældet, måtte man naturligvis overveje, hvilke foranstaltninger, der kunne træffes, for at modtagerforholdene kom til at svare til forholdene i en almindelig beboelsesejendom.

På Frederiksbergs Boligselskabs punkthusbebyggelse »Søndermarken« ved Roskildevej, som er bygget efter samme princip som »Bel-

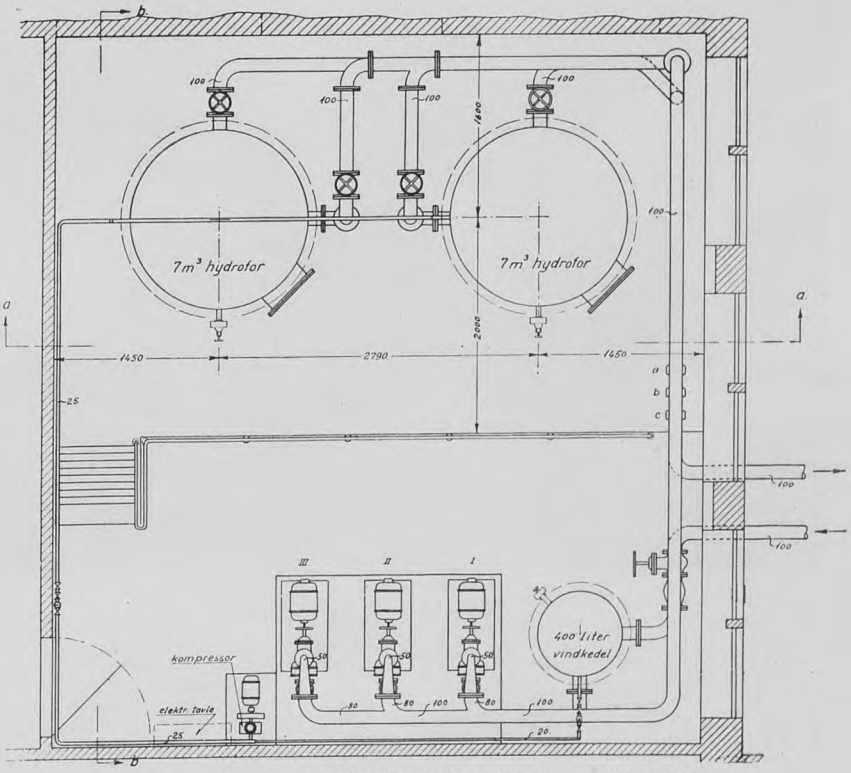


Fig. 3. Hydroforanlæg i K.K.B.'s vaskeribygning på sydarealet.

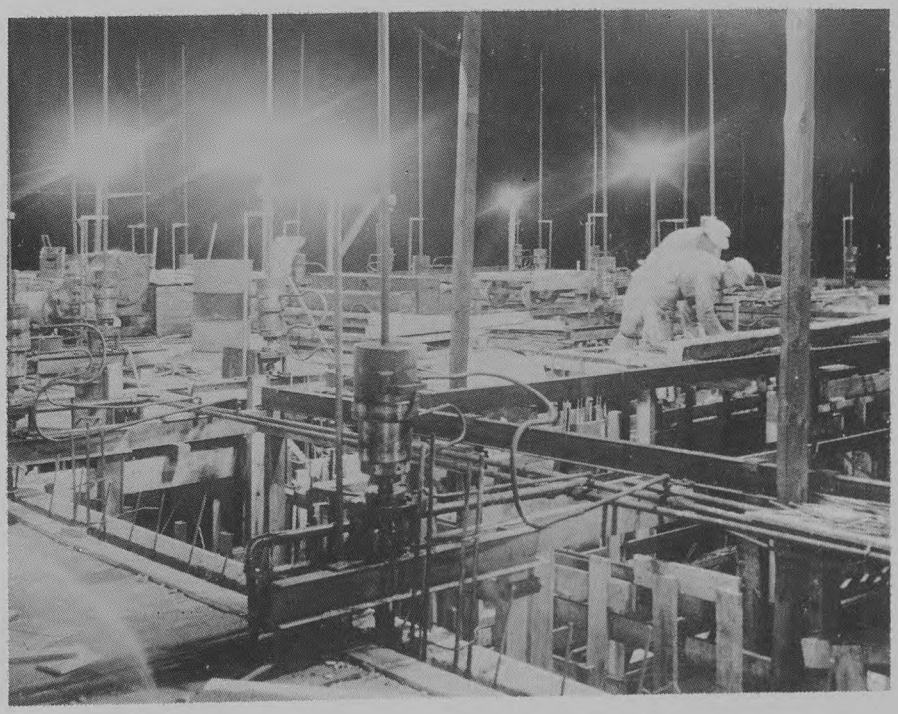
lahøj«, blev der under opførelsen, som fandt sted samtidig med opførelsen af »Bellahøj«, udført en serie feltstyrke-undersøgelser med anvendelse af forskellig antenne. Til sammenligning hermed gennemførtes tilsvarende målinger i en anden af Frederiksberg Boligselskabs ejendomme »Roskildegården«, der ligger i nærheden af »Søndermarken«. Resultatet var, at man med stueantenne hørte Herstedvestersenderen bedst i »Roskildegården« og Kalundborgsenderen bedst i »Søndermarken«.

Da der således ikke var en ensidig forringelse af aflytningsmulighederne, mente man ikke, det i »Søndermarken« var påkrævet at foretage ekstraordinære foranstaltninger, hvilket ræsonnement også kom til at gælde for »Bellahøj«.

For nogle blokkes vedkommende blev bekostningen vedrørende installation af fælles fjernsynsantenne undersøgt, men installationen måtte opgives på grund af merudgiftens størrelse. I stedet for nøjedes man med at indstøbe etagebøsninger til eventuel senere fremføring af fælles antenneledning.

P. HANSENS BOGTRYKKERI
KØBENHAVN

9



VINTERBYGGERI

Vinterbyggeriet på Bellahøj

— en økonomisk betragtning

Civilingeniør Erik Hartoft-Nielsen.

I artiklen er på grundlag af de faktiske udgifter til vinterbyggeri ved Bellahøjbyggeriet vinteren 1951-52 og de forventede udgifter for vinteren 1952 -53 foretaget en status over bygherrens økonomiske gevinst.

Statens Byggeforskningsinstitut har fra sin start i 1947 arbejdet meget intenst med vinterbyggeriets problemer, såvel i teori som i praksis, og resultaterne fra den lange række byggepladser, som har været inddraget i instituttets arbejde, har klart bevist, at det er teknisk muligt at gennemføre effektivt byggeri om vinteren. Retningslinierne for den tekniske side af sagen er offentliggjort i den af institutet udsendte 2. udgave af »Vinterbyggeriets ABC«. En tilsvarende redegørelse over de økonomiske forhold foreligger ikke, men spørgsmålet er belyst i en tidsskriftartikel »Hvad koster vinterbyggeri?« af arkitekt m.a.a Asger Schmelling, udsendt som nr. 13 i Byggeforskningsinstitutets særtrykserie.

Det af instituttet med så stort held udførte og af boligministeriet stærkt støttede arbejde har medført, at vinterbyggeri i de sidste par vintersæsoner har været gennemført på et stort antal byggepladser landet over, og i det følgende skal eksempelvis forsøges foretaget en analyse over vinterbyggeriets økonomiske side for punkthusbyggepladsen på Bellahøj.

I vinterperioden 1951-52 var på denne byggeplads egentlig beton-, jernbeton- og murerarbejde i gang på 4 af de 28 punkthuse, hvoraf byggeriet vil komme til at bestå. Af de 4 huse udførte firmaet Larsen & Nielsen 1 for Københavns almindelige Boligselskab (blok KAB 1), Christiani & Nielsen 1 for Arbejdernes kooperative Byggeforening (blok AKB 3), Winkel & Kornerup og endelig Emanuel Jensen & Schumacher hver 1 for Foreningen socialt Boligbyggeri (henholdsvis blok SB 1 og SB 5). Førstnævnte hus udførtes med støbte yder- og indervægge i klatreforskalling og jernbetonetageadskillelser, de to næste med samme konstruktion blot under anvendelse af glideforskalling, mens den sidste af Foreningen socialt Boligbyggeris blokke udførtes efter Kallton-systemet, d. v. s. med anvendelse af fabriksfremstillede elementer til søjler, bjælker og dæk.

I efterfølgende opstilling, skema 1, er anført de udgifter,*) som de 4 bygherrer har måttet akceptere som følge af vinterforanstaltningernes iværksættelse. Det har i nærværende sammenfatning ikke været muligt, som praksis i ovennævnte af Byggeforskningsinstitutet udsendte publikationer ellers har været, at opdele udgifterne i A-, B- og C-omkostninger, hvor A-omkostningerne andrager udgifter til foranstaltninger der må iværksættes, før vinteren begynder, B udgifterne til foranstaltninger, der er i kraft hver dag hele vinteren, og endelig C-omkostningerne udgifter der fremkommer, når vinteren sætter ind. I skema 1 svarer anlægsudgifterne i det væsentlige til ovennævnte A-omkostninger, mens driftsudgifterne omfatter såvel B- som C-omkostninger.

Vinterforanstaltningerne har på byggepladsen været sat i kraft i månederne januar, februar, marts og begyndelsen af april, i skema II

*) Alle priser er af juli 1950.

Skema I.

Sæson 1951-52	KAB blok 1	AKB blok 3	SB blok 1	SB blok 5
Anlægsudgifter				
Leje af lokomobil, varmtvandsbeholder m. m.	1.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00
Opstilling af lokomobil og varmtvandsbeholder samt bygning af skure omkring	980,00	1.000,00	1.170,00	1.000,00
Leje af dampslanger, lægning og fjernelse af isolerede rørledn.,ventiler m.m.	2.950,00	3.500,00	2.900,00	4.900,00
Afdækning af støbematerialer, uisoleret mur, etageplader, vinduesåbn. m. m.	1.450,00	3.700,00	3.840,00	5.200,00
Koksgryder	0	400,00	500,00	500,00
Belysning	0	2.900,00	2.320,00	2.900,00
Vintertøj, arbejdshandsker	450,00	1.000,00	950,00	1.500,00
Ialt..	6.830,00	14.500,00	13.680,00	18.000,00
Driftsudgifter				
Brændsel, kul og olie ..	2.650,00	4.900,00	4.150,00	5.250,00
Arbejdsløn ved fyring,snerydning, dampning m. m.	4.250,00	6.600,00	11.800,00	7.750,00
Ialt..	6.900,00	11.500,00	15.950,00	13.000,00
Udgifter ialt .... kroner	13.730,00	26.000,00	29.630,00	31.000,00

Skema II.

Sæson 1951-52	KAB blok 1	AKB blok 3	SB blok 1	SB blok 5
Udgift til vinterbyggeri..	13.730,00	26.000,00	29.630,00	31.000,00
Vinterforanstaltnings-periode	22/1-1/4	22/1-1/4	2/1-3/4	10/1-1/4
Udført arbejde	7 et.væg 4 et. dæk	7 et.væg 7 et. dæk	6 et.væg 6 et. dæk	5 et.væg 5 et. dæk
1) Andel i beton-, jernbeton- og murerentreprise i perioden ..kr.	220.000,00	260.000,00	225.000,00	225.000,00
2) Samlet beton-, jernbeton- og murerentreprise for blokken, kr.	590.000,00	650.000,00	760.000,00	1135.000,00
Vinterbyggeriudgifter i procent af 1)	6,2%	10,0%	13,2%	13,8%
Vinterbyggeriudgifter i procent af 2)	2,3%	4,0%	3,9%	2,7%
Antal arbejdstimer indenfor perioden	18.000	17.000	30.000	15.000
Udgift til vinterarbejde pr. arbejdstime ..... kr.	0,76	1,53	0,99	2,07

Skema III.

Sæson 1951-52	KAB blok 1	AKB blok 3	SB blok 1	SB blok 5
Bygherrens samlede udlæg ved igangsættelsen af vinterforanstaltningerne . ca.	1500.000,00	400.00,00	300.000,00	450.000,00
Antal effektive rentedage.	55	63	88	76
Rente af udlæg .... kr.	14.900,00	4.900,00	4.760,00	6.180,00
Rente af grundkøbesum ca.	2.400	2.500,00	2.400,00	5.500,00
Rente af andre udlæg ..	2.400,00			
Rentebesparelse ialt .. kr.	19.700,00	7.400,00	7.160,00	11.680,00
Udgift til vinterforanstaltn.	13.730,00	26.000,00	29.630,00	31.000,00
Bygherrens fortjeneste, kr.	5.970,00	÷18.600,00	÷22.470,00	÷19.320,00
Indvundne arbejdstimer ..	18.000	17.000	30,000	15.000
Entreprenørens fortjeneste ca. kr.	18.000,00	17.000,00	30.000,00	15.000,00

Skema IV.

Sæson 1952-53	KAB blok 1 m. fl.	AKB blok 3 m. fl.	SB blok 1 m. fl.	SB blok 5 m. fl.
Bygherrens samlede udlæg ved igangsættelsen af vinterforanstaltningerne c. kr.	2,5 mill.	2,5 mill.	2,0 mill.	2,5 mill.
Skønnet antal effektive rentedage	75	75	75	75
Rente af udlæg ca. kr...	33.800,00	33.800,00	27.100,00	33.800,00
Rente af grundkøbesum .	3.300,00	2.700,00	2.000,00	5.500,00
Rente af andre udlæg ..	3.300,00			
Rentebesparelse ialt ca. kr.	40.400,00	36.500,00	29.100,00	39.300,00
Skønnet udgift til vinter foranstaltninger	16.000,00	23.000,00	24.000,00	27.000,00
Bygherrens fortjeneste ca. kr.	24.400,00	13.500,00	5.100,00	12.300,00
Indv. arb.timer (skønnet)	24.500	18.500	25.500	15.000
Entreprenørens fortj. c. kr.	24.500,00	18.500,00	25.500,00	15.000,00

nærmere specificeret for de enkelte afsnit. Endvidere er i dette skema anført, hvilket arbejde der er præsteret indenfor perioden, og hvor stor en del af beton-, jernbeton- og murerentreprisen, der svarer hertil. Videre er i skemaet anført den samlede entreprisesum for beton-, jernbeton- og murerarbejdet for den pågældende blok, og vinterforanstaltningsudgifterne er omregnet i procent af ovennævnte to tal. Endelig er for de 4 blokkes vedkommende opgivet hvor mange arbejdstimer, der har været ialt i vinterforanstaltningsperioden, og udgiften til vinterbyggeriet er udregnet pr. arbejdstime.

Men hvad har så bygherren tjent herved? Hans fortjeneste fremkommer ved, at byggetiden er blevet nedsat, og renteudgiften tilsvarende formindsket.

I skema III er foretaget en opstilling over bygherrens samlede udlæg ved igangsættelsen af vinterforanstaltningerne. På grundlag af det effektive antal rentedage, d.v.s. det antal dage byggeriet ville have ligget stille, såfremt vinterforanstaltningerne ikke havde været iværksat, er rentebesparelsen udregnet, og idet der samtidig er foretaget en beregning af besparelsen af forrentningen af grundkøbesummen og eventuelle andre udlæg, er den samlede rentebesparelse udregnet. Ved fratrækning af udgifterne til vinterforanstaltningerne er bygherrens »fortjeneste« endelig fremkommet.

Som det ses er denne »fortjeneste« for tre af afsnittenes vedkommende blevet negativ. Der er derfor — skema IV — foretaget en kalkulation over status for de 4 byggeafsnit for vintersæsonen 1952-53, som jo endnu ikke kan gøres eksakt op, d.v.s. et skema svarende til skema III, hvor blot udgangsværdierne er skønnet på grundlag af sæsonen 1951-52.

Det fremgår tydeligt, at bygher-

rens fortjeneste er særdeles afhængig af byggeriets stade, d.v.s. den investerede kapital, ved vinterforanstaltningernes ibrugtagen.

De to skemaer er påført nogle oplysninger om arbejdstimer og entreprenørens fortjeneste, hvorom senere.

Mens kun en af de fire bygherrer gik ud af vinterbyggeriet med direkte fortjeneste i sæson 1951-52, vil alle fire således opnå »positiv« gevinst i vinteren 1952-53 — endda så stor, at bygherrernes besparelse i byggelånsrente for de to vintersæsoner set under eet overstiger — omend kun med et ringe beløb — den samlede udgift til vinterforanstaltningerne.

De her foretagne betragtninger er naturligvis ikke tilstrækkelige til bedømmelse af gevinsten ved iværksættelsen af vinterbyggeri. For bygherren, hvis andel alene er behandlet her, kommer endvidere fortjeneste som følge af tidligere indflytning — den indvundne tid svarer ret nær til de i skemaerne opførte antal effektive rentedage. Herudover må medregnes entreprenørens fortjeneste, håndværkernes og arbejdernes samt samfundets i det hele taget.

Til eksempel er derfor på skema III og IV tilføjet entreprenørens bruttofortjeneste, kalkulatorisk her ansat til 1 kr. pr. indvundet arbejdstime.

Det ses, at entreprenørernes samlede bruttofortjeneste ved vinterbyggeriet gennem de to sæsoner for alle 4 afsnits vedkommende beløber sig til cirka kr. 165.000,— hvilket tal er af samme størrelsesorden som bygherrernes indvundne rentebesparelser, der ialt andrager ca. kr. 190.000,—.

Dette forhold kan måske udlægges således, at bygherre og entreprenører i virkeligheden bør dele de med vinterbyggeri forbundne udgifter ligeligt mellem sig.

Det er svært at uddrage nogen almen konklusion af de anførte tal. Det ses dog, at vinterbyggeriudgifterne udregnet i procent af den samlede beton-, jernbeton- og murerentreprise ligger nogenlunde konstant — skema II — hvilket iøvrigt også stemmer med Byggeforskningsinstituttets erfaringer, idet instituttet foreslår, at udgifter til vinterbyggeri sættes i relation til den samlede bygningsentreprise.

Endvidere ses det af skemaerne III og IV, som tidligere nævnt klart, at byggeriets stade, når vinterforanstaltningerne iværksættes, d.v.s. den indtil da investerede kapital, er af meget afgørende betydning for bygherrens fortjeneste.

10

HØJT ELLER HALVHØJT BOLIGBYGGERI?

TILFØJELSE

I litteraturlisten side 16 bedes tilføjet følgende:

Geiger, R.: Das Klima der Bodennahen Luftschicht. — Braunschweig 1950.
Sutton, O. G.: Atmospheric Turbulence. — London 1949.

HØJT ELLER HALVHØJT BOLIGBYGGERI

333.32
338.5

En sammenligning mellem håndværksudgifterne i 3-, 5- og 10-etagers traditionelle, murede beboelseshuse med en redegørelse for de brugsmæssige forskelle

Spørgsmålet

I 1947, kort før oprettelsen af Statens Byggeforskningsinstitut, rejstes overfor det forberedende „Femmandsudvalg for Byggeforskning" spørgsmålet, om det var muligt at fremskaffe et grundlag for en økonomisk sammenligning af 10-etagers boligbyggeri med f. eks. 5-etagers boligbyggeri. I flere byer, hvor højhusbyggeri var under overvejelse, ville man, populært sagt, gerne vide, om det var billigst at bygge den samme lejlighed i høj eller halvhøj bebyggelse.

Undersøgelsen

Til at undersøge dette spørgsmål nedsatte Femmandsudvalget[1]) et arbejdsudvalg[2]), og modtog efter ansøgning tilskud, fra Københavns, Århus og Gladsaxe kommuner, således at arbejdet kunne påbegyndes. I begyndelsen af 1949 var arbejdet såvidt gennemført, at projekter til sammenlignelige 5- og 10-etagers huse forelå, så der kun manglede selve prisberegningerne og den efterfølgende bearbejdning, men samtidig var udvalgets midler opbrugt. I 1953 overtog byggeforskningsinstituttet undersøgelsens færdiggørelse. Til den oprindelige sammenligning af 5- og 10-etagers byggeri føjedes nu et 3-etagers byggeri, som repræsenterede det almindeligst forekommende boligbyggeri.

Projekteringen er udført af arkitekt M.A.A. Poul Kjærgård med arkitekterne M.A.A. Emanuel Johansen og Åge Madsen som medarbejdere, samt af civilingeniørerne Johs. Jørgensen og Kai Lund. Beregningerne er udført af Byggeriets Beregningsinstitut. Rapportens afsnit er skrevet af Byggeriets Beregningsinstitut og arkitekt Åge Madsen og af arkitekt Edv. Heiberg.

Resumé af resultatet

Det oprindelige spørgsmål, om det er billigst at bygge højt eller halvhøjt, er ikke formuleret således, at der kan gives et eentydigt svar eller overhovedet et simpelt svar i form af tal eller en enkelt sætning.

For det første har det været nødvendigt at gøre en lang række forudsætninger for overhovedet at kunne gennemføre sammenligningerne. Eksempelvis er både det 3-, 5- og 10-etagers hus projekteret med bærende murede vægge, og prissammenligningen gælder derfor ikke, hvis de byggende i et konkret tilfælde kan sandsynliggøre, at specielt det 10-etagers – eller måske det 5-etagers-hus kan udføres billigere og lige så godt med et andet konstruktionssystem. Tilsvarende er alle 3 huse udformet som blokke eller „længer", og det kan ses, at prisrelationerne ville forskydes, hvis man f. eks. i det høje hus kunne samle fire eller flere lejligheder pr. repos om elevatoren, men herved måtte man helt opgive forsøget på at holde lejlighederne i de 3 hustyper nogenlunde „ligeværdige".

For det andet bliver svaret ikke det samme, om det er 1 brutto-m², 1 netto-m² eller „1 lejlighed", man ønsker at sammenligne prisen på i de 3 hustyper. Det er meget muligt, at man i praksis i eet tilfælde vil have mest brug for at sammenligne den ene af disse enheder, i det andet tilfælde en anden.

For det tredie har det egentlig ingen mening at tale om „den samme lejlighed" i henholdsvis 3-, 5- og 10-etagers huse. En lejlighed, eller en m² etageareal, i et højhus er på væsentlige punkter uundgåeligt anderledes end „den samme" lejlighed eller m² i et halvhøjt hus. Ikke blot ændres de øverste etagers brugsværdi ved udsigt, afstand til legeplads m. m., men i alle etager i højhuset påvirkes brugsværdien af elevatorens tilstedeværelse, lejlighedsplanen ændres på grund af luftsluserne o. s. v.

De tal, som udtrykker resultaterne af prisberegningerne, og som er gengivet i søjlediagrammerne, dækker derfor ikke en sammenligning af priserne for identiske produkter.

Endelig beskæftiger den her foretagne økonomiske sammenligning sig kun med byggeudgiften og ikke med driftsudgifterne eller den samlede boligudgift. Driftsudgifterne for det høje og det halvhøje hus vil være forskellige på flere punkter, såsom elevatorens strømforbrug, vedligeholdelsen af friarealerne, der synes at slides meget forskelligt, og muligvis varmeforbruget. Forskellene i driftsudgifter kan først opstilles tilstrækkelig sikkert efter nogle års drift af en del højhuse.

Hele spørgsmålet, om man skal vælge halvhøj eller høj bebyggelse, kan efter denne undersøgelse på ingen måde afgøres generelt udfra økonomiske beregninger. Ved ændringer af etageantallet fra 3 eller 5 til 10 ændres som nævnt samtidig meget andet end byggeprisen: 1) med selve højden ændres brugsværdien, således at det høje og det lave hus næppe vil blive foretrukket af de samme familietyper, 2) højden ændrer også nogle af forudsætningerne for valg af byggemåde og kan derigennem påvirke både planudformningen og økonomien, 3) elevator og luftsluse ændrer lejlighedens adgangsforhold og planudformning, 4) ønsket om en højere udnyttelse af den dyre elevator trækker i retning af at ændre længehuset til en form for punkthus med flere og fortrinsvis mindre lejligheder pr. repos, hvad der igen påvirker klientellet.

Derimod kan redegørelsen for henholdsvis ligeværdsprincipperne, den økonomiske sammenligning og de brugsmæssige forskelle, sammenholdt med de aktuelle forhold ved det enkelte projekt, give et bedre grundlag end hidtil for i hvert enkelt tilfælde at træffe valget mellem halvhøj og høj bebyggelse.

Philip Arctander
Statens Byggeforskningsinstitut

[1]) Medlemmerne af „Femmandsudvalget for byggeforskning" var:
Vilh. Lauritzen, arkitekt M.A.A. (formand), P. Kerrn-Jespersen, civilingeniør, entreprenør, Svend Møller, stadsbygmester, arkitekt M.A.A., H. Peschardt-Hansen, civilingeniør, Edouard Suenson, professor, civilingeniør, Mogens Voltelen, arkitekt M.A.A., Philip Arctander, arkitekt M.A.A. (sekretær).

[2]) Det såkaldte „5-10-etagers udvalg"s medlemmer var:
Mogens Voltelen, arkitekt M.A.A. (formand), Aage Christensen, forretningsfører, Erling Frederiksen, arkitekt M.A.A., Johs. Jørgensen, civilingeniør, Poul Kjærgaard, arkitekt M.A.A., Kai Lund, civilingeniør, Johs. Schrøder, entreprenør, Philip Arctander, arkitekt M.A.A. (sekretær).

Byggeforskningsinstituttet vil gerne her takke de tre kommuner, København, Århus og Gladsaxe, som med deres bidrag muliggjorde arbejdets iværksættelse, boligselskaberne Dominia og Socialt Boligbyggeri, som medvirkede ved et rundspørge, samt de to udvalgs medlemmer og medarbejderne ved projektering, beregninger og redegørelse.

Særtryk af „Arkitekten", ugehæfte nr. 38-39, 1954

Ligeværdsprinciper ved 3-, 5- og 10-etagers boligbyggeri

Af arkitekt M.A.A. *Åge Madsen*

Undersøgelsens grundlag

Udgangspunktet for undersøgelsen har været valget af en boligtype, som kan anvendes i såvel 3-, 5- som 10-etagers huse, og som på undersøgelsestidspunktet måtte anses at repræsentere almindeligt, godt boligbyggeri, der med hensyn til størrelses- og udstyrsstandard lå på linie med godt boligselskabsbyggeri umiddelbart før krigen.

Den valgte boligtype har to værelser og eet kammer, bruttoetageareal ca. 75 m². Den er beliggende i eentrappe-hus efter det gængse karnap-altan-system. Udstyret er almindeligt: radiatorer i opholdsstue, soveværelse og kammer. For 3-etagers huset tillige varme i bad og køkken, i det 5-etagers kun i bad, men i det 10-etagers ingen af stederne. Der er varmt vand i bad og køkken, sidde-badekar, fliser i køkken og bad, 0,5–1,0 m² garderobeskab, glatte døre, affaldsskakt og maskinvaskerier, pulterrum i kælder el. tagetage.

Ved boligtypens udformning i 10-etagers huset er der lagt megen vægt på at gøre den så vidt muligt ligeværdig med 3- og 5-etagers typen, omend de særlige forhold, der gælder for 10-etagers huset, har medført forskelligheder, som på enkelte punkter forrykker ligeværdsforholdet. Forskellighederne er navnlig karakteriseret ved myndighedernes krav om, at adgangen fra trappen til lejlighederne skal ske over en luftsluse. Dette har været afgørende for planen og har medført, at lejlighederne foruden forstue må forsynes med et vindfang. Endvidere har det medført, at badeværelset har måttet placeres midt i huset, uden direkte dagslys og i areal noget mindre end 3- og 5-etagers husenes badeværelser.

Tilstræbt ligeværd mellem boligtyperne

1. Boligens brutto- og nettoarealer

	3 etager m²	5 etager m²	10 etager m²
Bruttoetageareal excl. altan (men incl. luftsluse ved 10-etagers hus)	72,4	72,4	80,4
Altan	5,4	5,4	6,0
Bruttoetageareal incl. altan	77,8	77,8	86,4
Nettoarealer (gennemsnit af alle etager)	58,2	58,2	61,1

2. De enkelte rums nettoarealer (gennemsnit af alle arealer)

	3 etager m²	5 etager m²	10 etager m²
Opholdsstue	20,8	20,5	20,8
Soveværelse	13,5	13,3	13,5
Kammer (incl. skabe)	9,3	9,2	8,8
Køkken	6,2	6,1	6,3
Bad	3,5	3,4	2,5
Forstue (+ vindfang)	4,9	4,8	9,2
Samlede nettoareal	58,2	57,3	61,1

3. Beboelsesrummenes placering i forhold til hinanden og til solretning

Ligeværd opnået.

4. Møbleringsmuligheder, herunder anvendelsesmuligheder for beboelsesrummene

Ligeværd opnået.

5. Køkkenernes arbejdsforhold

Ligeværd opnået (gasrør gennem køkkenbord i 10-etagers huset).

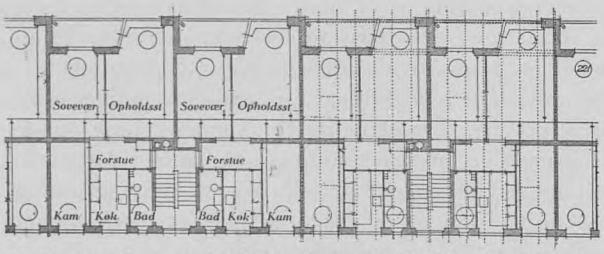
6. Badeværelsernes placering og brugsmæssige forhold

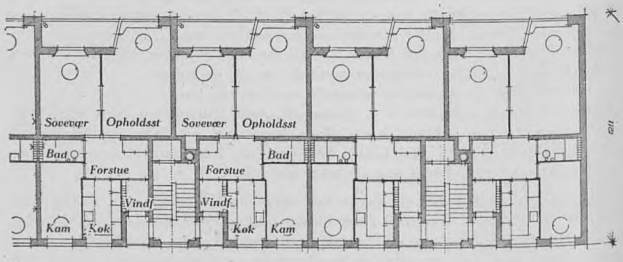
Placeringen af badeværelset i 3- og 5-etagers husene må anses for fordelagtigere end placeringen i 10-etagers huset, fordi det ligger isoleret fra opholdsrummene og har vindue til det fri, hvorved såvel belysnings- som udluftningsforholdene er bedre. På grund af beliggenheden ved ydermur er de to første badeværelser forsynet med radiator, hvilket yderligere gør dem bedre egnet til klatvask og tørring.

7. Interne og eksterne trafikforhold

Hvad interne trafikforhold i lejligheden angår, må ligeværd anses for opnået.

Med hensyn til eksterne trafikforhold har 10-etagers huset en fordel, idet lejlighederne er elevatorbetjente, hvilket ikke alene letter adgangen til og fra gadedør, men også gør forbindelsen til pulterrum på loft samt vaskeri og cykel- og barnevognsrum i kælder hurtigere og mindre anstrengende.





De til undersøgelsen benyttede boligtyper, til venstre halvhøj bebyggelse, til højre høj bebyggelse

Forbindelsen mellem køkken og affaldsskakt er bedst i 5-etagers huset, hvor skaktlugen er placeret på hovedreposen. I 10-etagers huset er skaktlugen placeret på mellemreposen, hvorfor man skal passere et trappeløb for at kunne betjene den.

8. Lydmæssige forhold

Hvad installationsstøj angår, har 3- og 5-etagers husene en fordel fremfor 10-etagers huset, idet det sidstnævnte har badeværelset beliggende midt i husdybden med vægge både mod soveværelse og kammer. Endvidere er der i 10-etagers huset mulighed for gene ved elevatorstøj, navnlig i lejlighederne tilhøjre for trappen, hvor elevatorskakten har fælles væg med opholdsstuen. Støjen hidrørende fra brugen af affaldsskakten er derimod mindst generende i 10-etagers huset, idet skakten her er bedre isoleret fra opholdsrummene end i 3- og 5-etagers husene. Ligeledes er trappestøjen mindre i 10-etagers huset, navnlig på grund af den indirekte adgang fra trappe til lejlighed. Hvad angår støjforplantningerne fra lejlighed til lejlighed må der stort set siges at være opnået ligeværd.

9. Opbevaringsforhold

I henseende til mulighed for opbevaring i selve lejligheden er 3-etagers huset bedst stillet, idet garderobeskabsarealet er 1,33 m² pr. lejlighed. I 10-etagers huset er garderobeskabenes netto-gulvareal i lejlighederne tilvenstre for trappen 0,87 m² og tilhøjre for trappen 0,59 m² + 0,43 m² = 1,02 m². I 5-etagers huset henholdsvis 0,48 m² og 0,61 m².

Hvad knagerækkeplads angår, er 10-etagers huset også bedre udstyret, idet der her er vægplads til rådighed i vindfanget. I det 3-etagers hus er der et pulterrum til hver lejlighed på 10,05 m², mens der imellem 5- og 10-etagers husene er opnået ligeværd med pulterrum varierende i størrelse fra 3,75 til 3,95 m². I 10-etagers huset er pulterrummet placeret i tagetagen og i 3- og 5-etagers husene i kælderen.

10. Udenomsrummenes størrelse og brugsmæssige forhold

For alle 3 hustypers vedkommende er der i kælderen indrettet et maskinvaskeri pr. 18–20 lejligheder. Cykle- og barnevognsrum er for alle typers vedkommende fælles for alle lejere og beregnet efter 2 1/2 cykel og 1/4 barnevogn pr. lejlighed.

Bortset fra at afstanden mellem de udvendige kældernedgange i 3- og 5-etagers husene er dobbelt så store som i 10-etagers huset, hvilket medfører større ganglængder, er der således opnået ligeværd.

11. Lejlighedernes tilknytning til trapperummet

Trapperummet er i 3-etagers huset ført direkte til kælder, mens det i 5-etagers huset er ført til kælder via luftsluse ved indgangsreposen. I 10-etagers huset er trappen kun ført til indgangsrepose, hvorimod elevatoren går til kælder.

Forbindelsen mellem lejlighederne og trapperum er i 3- og 5-etagers huset direkte hvorimod den i 10-etagers huset, i henhold til myndighedernes krav, sker over en luftsluse, hvilket i trafikal henseende må anses for ringere, men i henseende til støj (se under punkt 8) og lugt må anses for bedre end forholdene i 3- og 5-etagers husene.

12. Indflytningsforhold

Den indirekte adgang fra trappe til lejligheder i 10-etagers huset må formodes at besværliggøre transporten af flyttegods, ligesom også hushøjden gør det for den art flyttegods, som ikke kan transporteres med elevator.

På den anden side har 10-etagers huset – også for de nederste etagers vedkommende – den fordel fremfor 3- og 5-etagers husene, at ialt fald en del af flyttegodset kan transporteres med elevator – hvis iøvrigt ejendommens administration tillader, at elevatoren bruges til flyttegods. Det bemærkes, at luftslusen er dimensioneret således, at den kan passeres med større møbler.

Bebyggelsesform. For at begrænse undersøgelsen er for alle 3 huses vedkommende valgt en husform, som er almindelig for det 3- og 5-etagers, nemlig „længehuset". Når denne form er overført til 10-etagers huset, skyldes det, foruden at undersøgelsen er søgt begrænset, at man også i husformen vil søge ligeværdsprincippet gennemført. Hvis man f. eks. udformede det 10-etagers hus som et punkthus, ville det heller ikke være muligt at overholde ligeværdsprincippet for lejlighedernes vedkommende, da planudformningen for punkthuslejligheder vil være præget af, at der som oftest er flere lejligheder pr. repos, og at orienteringen er varierende.

Man er samtidig indforstået med, at ved at fastholde længehusformen for 10-etagers huset gør man udgiften til elevatorer relativ stor, idet hver elevator kun betjener ialt 20 lejligheder, medens punkthus-elevatorer oftest betjener et større antal lejligheder.

Man har fundet det rimeligt ikke at udarbejde en fingeret, større udstykningsplan, der med hensyn til ledninger, vejanlæg m. v. vil kunne indføre tilfældigheder i beregningerne.

De beregnede og i proportions-søjlerne omsatte håndværkerudgifter omfatter kun de udgifter, som ligger indenfor husenes grænser og omfatter derfor ikke grundudgifter og omkostninger.

Årsagen hertil er ønsket om at afgrænse opgaven og give den en mere praktisk end teoretisk værdi, idet de egentlige håndværkerudgifter, i den oven for nævnte opfattelse, er konstante for det samme hus på en hvilken som helst byggegrund, hvorimod grundudgifterne og omkostningerne er afhængige af mange faktorer, varierende fra den ene byggegrund til den anden. For at fremhæve nogle af de vigtigste skal nævnes grundpriser, skatter, kloak- og vejafgifter.

Beskrivelse af projekterne. De sammenlignende prisberegninger er støttet på gennemarbejdede projekter til et 3-etagers, et 5-etagers og et 10-etagers hus. Undersøgelsen er begrænset til kun at omfatte traditionel

byggemåde, idet alle 3 hustyper er projekteret til opførelse i mursten og med støbte etageadskillelser. I arkitektonisk henseende er i alle 3 tilfælde valgt et ganske enkelt, nærmest anonymt formsprog med anvendelse af enkeltheder, som i deres udformning er helt normale og upretentiøse og følgelig ikke kan påvirke økonomien, hverken absolut eller relativt.
I byggelovsmæssig henseende har man henholdt sig til de for Københavns kommune gældende love, vedtægter og regulativer, ligesom man på væsentlige punkter har rådført sig med Københavns Bygningsvæsen og sluttelig forelagt projekterne til dettes godkendelse. Specielt har 10-etagers projektet, hvis konstruktion ikke direkte fremgår af vedtægterne, været forelagt bygningskommissionen, som har meddelt principiel godkendelse.

3-, og 5-etagers huset

Konstruktioner

Ved forhandling med Københavns bygningsvæsen har man vedtaget at dimensionere murtykkelserne efter reglerne i bygningsvedtægten, idet forudsætningerne for vedtægtens bestemmelser i så henseende er tilstede. Til varmeisolering af ydermuren er anvendt mangehulsten i bagmur.
Som etageadskillelser er anvendt massive jernbetonplader med den armering (enkelt- eller krydsarmering), der i hver plade er den mest økonomisk.
Tagdækningen er cementasbest-bølgeplader.

Installationer

Installationernes omfang og udførelse svarer til hvad der umiddelbart før krigen blev anvendt i boligbyggeri af samme art, som det foreliggende projekt. Dog bemærkes, at der ikke er påregnet kedelanlæg, men at bygningen forsynes med varme og varmt vand fra forsyningsledninger, der fører ind gennem kældervæg i bygningens gavl. Denne udeladelse af kedelanlægget er sket for at simplificere undersøgelsen, idet en sammenligning mellem de 3 typer byggeri praktisk taget er uafhængig af, om kedelanlæggene i de to tilfælde medregnes eller ej.

10-etagers huset

Bestemmende for udformningen har været:

1) myndighedernes krav i konstruktiv, brandforebyggende og redningsteknisk henseende,
2) bestræbelserne for såvidt muligt at gøre lejlighederne ligeværdige med 3- og 5-etagers husenes lejligheder.

ad 1. Myndighedernes krav med hensyn til konstruktioner omtales nedenfor.
I brandforebyggende og redningsteknisk henseende har myndighederne stillet krav om, at adgangen fra trappen til lejlighederne i de tre øverste etager samt til loftsetagen skal ske over en luftsluse, eller at der udfor 7. etage anbringes en omløbende altan, hvorfra der er trappeforbindelse (brandfrit adskilt fra de øvrige trapper) til de øverste etager.
Da det kunne undgås at anlægge de særlige brandveje langs bygningens altanside ved at indrette luftsluser i alle etagerne, og da man anså det for rimeligt, at alle etager havde samme planudformning, valgte man at udstyre alle lejligheder med luftsluse.

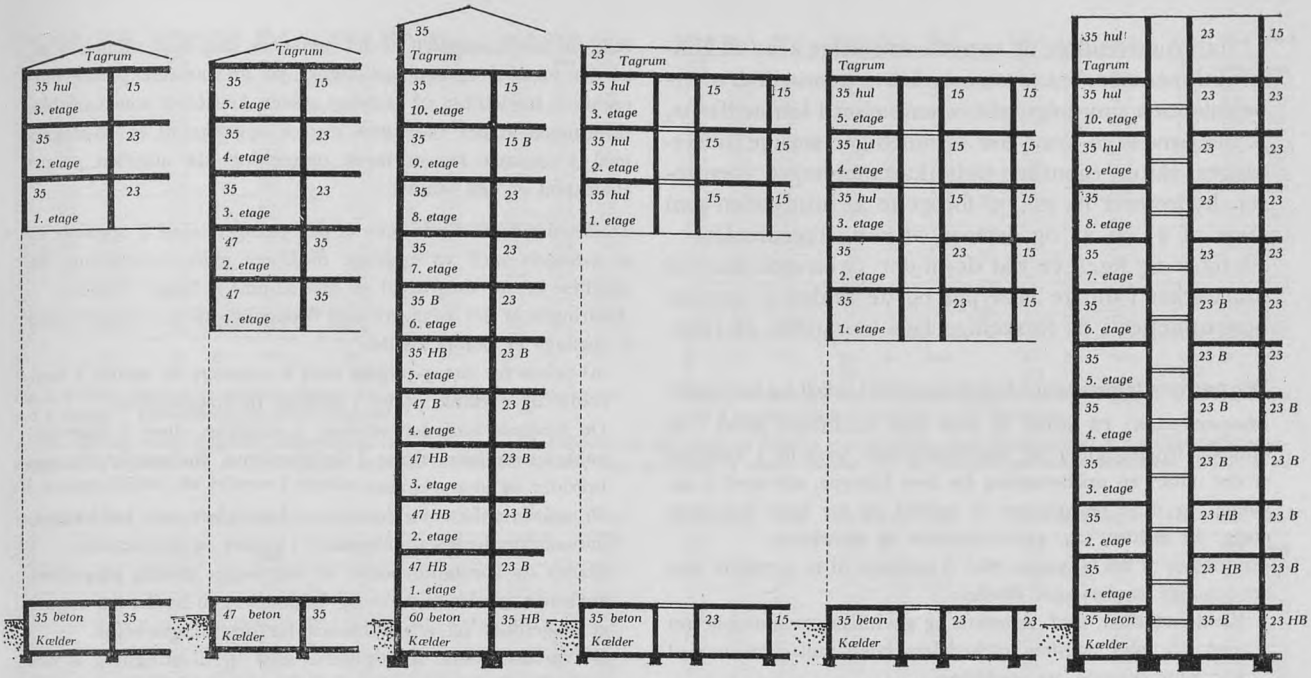
ad 2. I de foranstående afsnit „Undersøgelsens grundlag" og „Boligtypernes ligeværdsforhold" er redegjort for, i hvilken grad ligeværdsprincippet har kunnet overholdes, og hvilken indflydelse luftslusen har haft på planudformningen.
En kombination af luftsluse og opholdsaltan er forsøgt, men opgivet, bl. a. fordi man derved ikke opnåede arealmæssige fordele, ligesom det var vanskeligt at opnå ligeværd i forhold til 5-etagers typen.

Konstruktioner

Myndighedernes krav med hensyn til konstruktioner har man søgt oplyst ved forhandlinger, idet der for 10-etagers huse på det tidspunkt ikke forelå nogen praksis. For murede konstruktioner var retningslinierne i hovedsagen:
Såfremt der anvendes krydsarmerede plader, som understøttes på façadevægge, hovedskillerum og bærende tværvægge, kan murtykkelserne fastsættes ved beregning. Murværkets tilladelige påvirkning afhænger af den svageste, anvendte stenart og mørtel.
I façadevægge, henholdsvis hovedskillerum eller bærende tværvægge skal der inden for samme etage anvendes samme slags mørtel. I henhold hertil er murtykkelserne beregnet. Mangehulsten anvendes i bagmur som ved 5-etagers huset. Der er projekteret jernbetonetageadskillelser svarende til de under 5-etagers huset beskrevne.
Taget er dækket med cementasbest-bølgeplader.

Installationer

Af hensyn til højden er der installeret elevatoranlæg. Elevatorerne udføres med spillet anbragt over skakten, med 3-personers kupe og med hejsehastighed på 0,7 m pr. sek. uden finindstilling.
En elevatorstol med plads til 3 personer er anset for tilstrækkelig. Der er således ikke plads til en barnevogn i elevatoren, da man derved ville fravige ligeværdsprincippet i forholdet til 5-etagers huset.
Elevatorerne er ikke placeret ved hovedreposen, idet omkostningerne herved ansås for uforholdsmæssigt store. Denne placering kunne have været ønskelig af hensyn til støjgenen og evt. af brandsikringshensyn, samt af hensyn til, at stoppene herved ville have været placeret rigtigt i forhold til etagerne.
Ved den foretrukne placering af elevatoren fremkommer stoppene ved mellemreposerne. Herved er det muligt at lade elevatoren stoppe ved kun hveranden mellemrepos, således at eet stop betjener to etagers lejligheder, idet man fra stoppet går et trappeløb op eller et trappeløb ned til de respektive lejligheder. Ved udeladelsen af elevatorstop på hveranden mellemrepos opnåedes en besparelse, som på tidspunktet for undersøgelsen skønnedes at andrage ca. 800 kr. pr. udeladt stop.
Stoppene er placeret således:
1) I kælder, 2) mellem stue og 1. sal, 3) mellem 2. og 3. sal, 4) mellem 4. og 5. sal, 5) mellem 6. og 7. sal, 6) mellem 8. og 9. sal og loftsetagen. Stoppene 3 og 4 burde måske udelades af hensyn til ligeværdsforholdet, idet de nederste etager får adgang til elevator, hvad der stiller dem gunstigere end de tilsvarende lejligheder i 3- og 5-etagers husene, men da alle pulterrum er beliggende i øverste etage, og da kun elevatoren og ikke trappen føres ned i kælderen, må det anses for nødvendigt at opretholde stoppene for de nedre etager.
Med hensyn til de øvrige installationers omfang og udførelse svarer de til 3- og 5-etagers husene, bortset fra de ændringer, som medføres af den højere bebyggelse, således som nedenfor beskrevet.
Angående udeladelse af kedelanlæg gælder det samme som anført i beskrivelsen af 3- og 5-etagers husene. Vandinstallationerne for koldt- og varmtvand vil det i de fleste tilfælde være nødvendigt at forsyne med hydroforanlæg for de øvre etagers vedkommende, da vandværkstrykket ikke kan forventes at være tilstrækkeligt stort til at forsyne disse etager. Der er derfor i projektet regnet med hydroforanlæg.



3-, 5- og 10-etager ydermure og hovedskillerum
B-muret i bastardmørtel. HB-håndbrændte sten i bastardmørtel
Fig. 1. Murdimensioner

3-. 5- og 10-etager gavle, trappevægge og lejlighedsskel

Sammenligning af beregnede byggepriser ved 3-, 5 og 10-etagers boligbyggeri

Af Byggeriets Beregningsinstitut

Beregningerne er ført ad to baner.

A: for 3-, 5- og 10-etagers huse *med lige mange lejligheder* i hvert, nemlig 60, således at det 3-etagers får 10 opgange, det 5-etagers 6 opgange og det 10-etagers 3 opgange.

Det vil f. eks. i en samlet bebyggelse svare til, at man med samme udnyttelsesgrad kan placere lige mange huse, enten man vælger 3-, 5- eller 10-etagers.

B: for 3-, 5- og 10-etagers huse *med lige mange opgange*, nemlig 6, hvorved det 3-etagers hus får 36 lejligheder, det 5-etagers 60 lejligheder og det 10-etagers 120 lejligheder. Dette vil i en samlet bebyggelse svare til, at man med samme udnyttelsesgrad kan vælge mellem 1 10-etagers hus, 2 5-etagers eller 3 $^1/_3$ 3-etagers.

Det 3-etagers murede hus må vist anses for at være den mest benyttede hustype herhjemme og den hustype, som de fleste, der befatter sig med byggeri, bedst kender en ca. bruttoetage m²-pris på.

I de senere viste oversigter og proportions-søjler er derfor håndværkerudgifterne for det 3-etagers sat til 100 pr. brutto- eller netto-m² etageareal.

Resultaterne af denne undersøgelse af de økonomiske forhold ved højhusbyggeri set i forhold til halvhøjt byggeri er udtrykt i de viste proportions-søjler.

Heraf fremgår det, at betragter man alene håndværkerudgifterne pr. m² bruttoetageareal, viser det højeste hus sig at være billigst, selv om det ikke er noget voldsomt udsving, der kan påvises.

Ser man derimod på håndværkerudgifterne pr. m² nettoetageareal, viser det højeste hus sig at være dyrest, når det er fuldt udbygget til at fungere med de nødvendige pulterrum, elevatorer m. m.

Omregner man m²-priserne til håndværkerudgifter pr. lejlighed, ses på fig. 3, at udgiften set i forhold til det 3-etagers er højere i det 10-etagers og lavere i det 5-etagers.

De to beregningseksempler, A og B, viser som ventet en tendens til, at et hus med flere opgange er billigere end et hus med færre opgange.

Fremgangsmåden ved beregningerne af håndværkerudgifterne til de tre hustyper har været at opspalte udgifterne pr. m² etageareal i konstante og variable udgifter inden for hvert enkelt fag set i forhold til antallet af opgange og antallet af etager.

De konstante udgifter omfatter stort set udgifterne i etagerne og de variable stort set udgifterne til tag, kælder og gavle.

Forøger man et 3-etagers hus i højden, d. v. s. indskyder nogle flere etager mellem tag og kælder, fordeles udgifterne til tag og kælder på nogle flere etage-m², men gavludgifterne er stort set de samme pr. etage.

Forøger man derimod et 3-etagers hus i længden, d. v. s. indskyder nogle flere opgange mellem gavlene, fordeles gavludgifterne blot på nogle flere etage-m², udgiften til tag og kælder er den samme pr. opgang, enten der er een eller flere opgange.

Forøger man endelig et 3-etagers hus både i længde og i højden, fordeles ikke alene gavludgifterne, men også udgifterne til tag og kælder på det forøgede antal etage-m².

Tilsyneladende vil et hus med mange etager være billigere end et hus med få etager, men en række faktorer, som nødvendigvis må indregnes, vil modvirke denne tendes:

1. naturnødvendige og byggelovsmæssige krav til konstruktionerne, 2. brandtekniske krav, 3. forøgelser af arbejdslønnen som følge af bestemmelser i løntarifferne, 4. brugsmæssige krav, der foranlediger særlige indretninger, såsom egentlige pulterkammeretager, elevatorer, hydroforer m. m., 5. forøgelse af husdybden som følge af 2) og 4) og dermed af nettoetagearealet.

På fig. 1 og fig. 2 er vist de under 1) nævnte krav til murværket i de tre hustyper og de under 3) nævnte bestemmelser i de forskellige fags løntariffer af 1952.

Den nærmere fremgangsmåde inden for hvert enkelt fag har været:

Murerentreprisen: På grund af dette fags omfattende andel i de samlede byggeudgifter og murtykkelsernes forskelle i etagerne er der udført en prisberegning for hver hustype, alle med 6 opgange, og disse beregninger er spaltet op for hver beboelsesetage, for kælder, tag, gavle, skorsten og aftræksrør.

Ændringen af det 3-etagers med 6 opgange til et 3-etagers med 10 opgange er foretaget således:

Kælderudgiften, excl. skorstens og gavltillæg, er multipliceret med $^{10}/_{6}$, plus udgiften til kedelcentralen multipliceret med $^{10}/_{6}$, plus skorsten og gavltillæg.

Etageudgifterne er for de enkelte etager, excl. skorsten- og gavltillæg, multipliceret med $^{10}/_{6}$, plus skorsten og gavltillæg.

Tagudgiften er tilsvarende multipliceret med $^{10}/_{6}$, plus skorsten og gavltillæg.

Samtlige udgifter adderes og divideres med det samlede nye etageareal, idet disse under de enkelte fag hver gang omregnes til prisen pr. m² brutto- og nettoetageareal.

Ændringen af det 3-etagers med 6 opgange til et 3-etagers med 10 opgange medfører ingen særlige beregninger for aftræksrør, da antallet af udluftninger pr. opgang praktisk talt er den samme.

Det 5-etagers hus er i begge beregningseksempler, A og B, med 6 opgange og kræver derfor ingen omregninger.

Ændringen af det 10-etagers med 6 opgange til et 10-etagers med 3 opgange er foretaget på tilsvarende måde som nævnt under det 3-etagers med den forskel, at udgifterne pr. kælder, tag og etage er multiplicerede med $^{3}/_{6}$, samt at der her er medregnet en merudgift til aftræksrør som følge af de forøgede rørlængder pr. m² etageareal.

Tømrerentreprisen: Ændringen af det 3-etagers med 6 opgange til et 3-etagers med 10 opgange medfører ingen omregning, da udgiften pr. m² etageareal er den samme i begge eksempler.

Ændringen af det 3-etagers med 6 opgange til et 5-etagers med 6 opgange er foretaget således:

m²-prisen for det 3-etagers med 6 opgange er opdelt i en række konstante og variable poster i forhold til etageantallet.

De *konstante* omfatter blindkarme, døre i bræddevægge i kælder, inventar i tørre-, vaske-, stryge- og pulterrum, håndlister, etablering af byggeplads og kørsel.

De *variable* omfatter tagværk, tagbeklædning, isolering over kælder og over øverste etage, gulv i tag, røgskillevægge, bræddevægge i kælder, lemme og skydestiger samt gulve i etagerne.

De konstante poster indgår uforandrede i det 5-etagers m²-pris, men de variable reguleres, dels for etageantallet og dels for arbejdslønnen.

Etagegulvene danner en undtagelse, da de kun reguleres for arbejdslønnens vedkommende. Arbejdslønreguleringen omfatter diverse optagningstillæg, som ændres i forhold til etageantallet.

Omregningen af det 3-etagers med 6 opgange til et 10-etagers med 6 opgange foretages på tilsvarende måde, som der er gjort rede for under omtalen af det 5-etagers, dog med tilføjelsen af, at der foruden optagningstillægget på de variable poster indregnes et højdetillæg på samtlige poster, konstante som variable.

Ændringen af det 10-etagers med 6 opgange til et 10-etagers med 3 opgange kræver ingen omregning, da udgiften pr. m² etageareal er den samme.

Snedkerentreprisen: Ændringen af det 3-etagers med 6 opgange til et 3-etagers med 10 opgange medfører ingen omregning, da udgiften pr. m² etageareal er den samme i begge tilfælde.

Ændringen af det 3-etagers med 6 opgange til et 5-etagers med 6 opgange er udført således:

m²-prisen for det 3-etagers med 6 opgange er opdelt i konstante og variable poster i forhold til etageantallet.

De *konstante* omfatter vinduer i etagerne, døre i etagerne, køkkeninventarer, skabe i lejlighederne, fodpaneler, knagebrædder og stoppeklodser.

De *variable* omfatter kældervinduer, hoveddøre, udv. kælderdøre, indv. kælderdøre, gasmålerskabe i kælder og trappetavler.

Blandt de konstante poster er der nogle, nemlig etagedøre, køkkener, garderobeskabe og fodpaneler, til hvilke der regnes et etagetillæg på arbejdslønnen for opstillingsarbejde.

De variable poster multipliceres med $^{3}/_{5}$ til udligning af det forøgede etageantal.

Ændringen af det 3-etagers med 6 opgange til et 10-etagers med 6 opgange udføres på tilsvarende måde som for det 5-etagers med 6 opgange, dog med den tilføjelse, at der også indregnes et opsætningstillæg på arbejdslønnen for etagevinduerne over 7. etage.

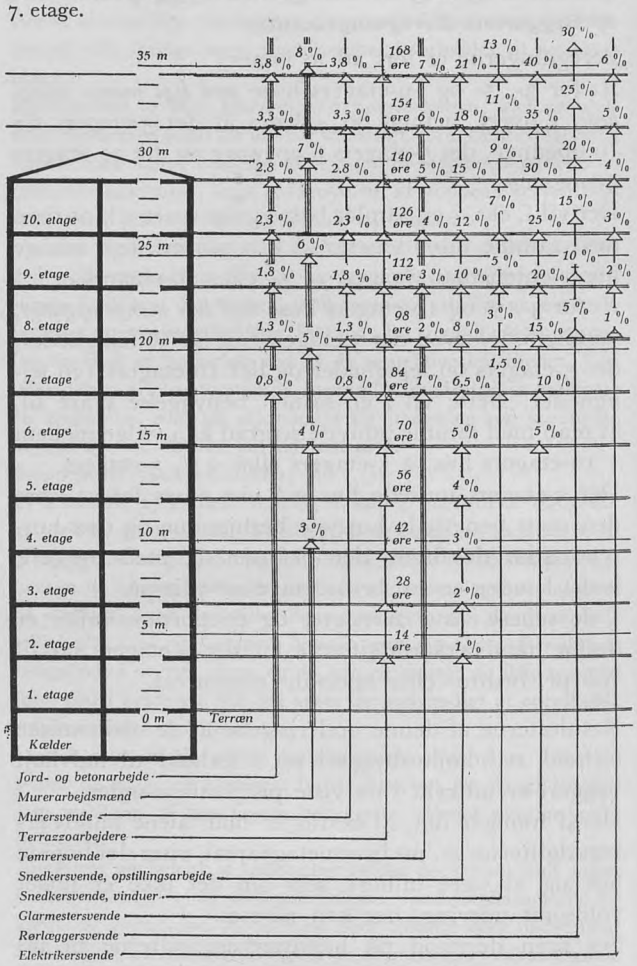


Fig. 2. Oversigtsskema, der viser etage- og højdetillæg for 10 fag. Tillægene forekommer dels som et beløb der tillægges de enkelte akkordsatser, dels som et generelt procenttillæg til hele akkordlønnen. For de fags vedkommende, hvor begge tillæg findes, er dette angivet ved en særlig signatur på den lodrette ledelinie

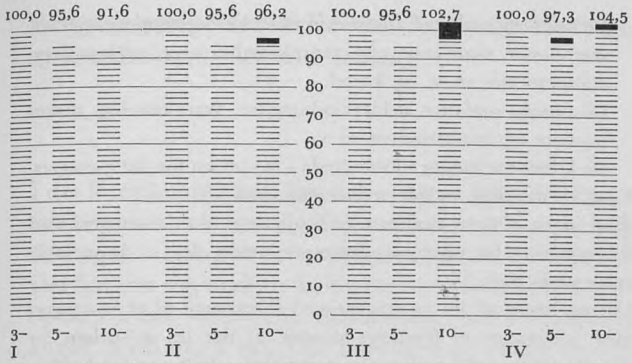


Fig. 3. 3-etagers hus med 10 opgange, 5-etagers hus med 6 opgange og 10-etagers hus med 3 opgange – håndværkerudgifter pr. m² nettoareal

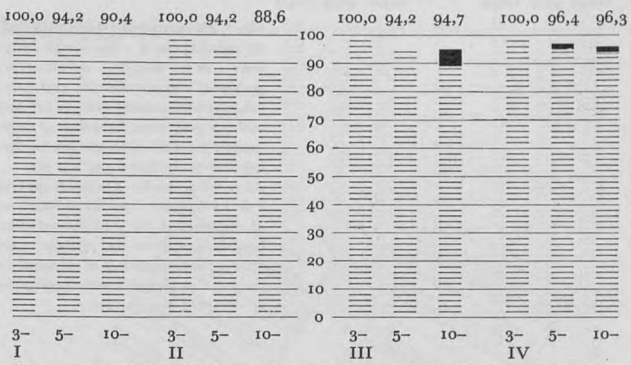


Fig. 4. 3-etagers hus med 10 opgange, 5-etagers hus med 6 opgange og 10-etagers hus med 3 opgange – håndværkerudgifter pr. m² bruttoareal.

A. Huse med lige mange lejligheder. Diagrammerne viser hvilke procentuelle besparelser der kan opnås ved forøgelse af etageantallet. Under hensyntagen til de i artiklen beskrevne ændringer. I. de tre huse med ens planer. II. det 10-etagers indrettet med luftsluse, plads for elevator og udvidet husdybde. III. det 10-etagers med elevatorinstallationer. IV. det 5- og det 10-etagers indrettet med pulterrum i tagetagen

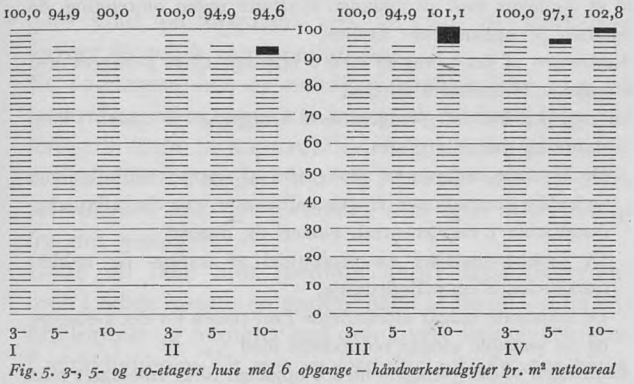


Fig. 5. 3-, 5- og 10-etagers huse med 6 opgange – håndværkerudgifter pr. m² nettoareal

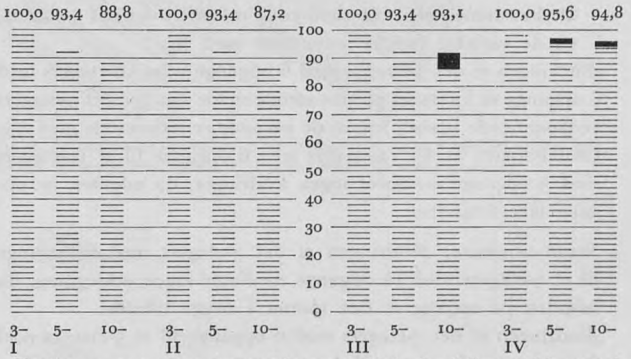


Fig. 6. 3-, 5- og 10-etagers huse med 6 opgange – håndværkerudgifter pr. m² bruttoareal

B. Huse med lige mange opgange. Diagrammerne viser hvilke procentuelle besparelser der kan opnås ved forøgelse af etageantallet med hensyntagen til de i artiklen beskrevne ændringer. I. de tre huse med ens planer. II. det 10-etagers hus indrettet med luftsluse, plads for elevator og udvidet husdybde. III. det 10-etagers hus med elevatorinstallationer. IV. det 5- og 10-etagers indrettet med pulterrum i tagetagen

Omregningen af det 10-etagers med 6 opgange til et 10-etagers med 3 opgange er udført således, at der fra m²-prisen for det 10-etagers med 6 opgange trækkes udgiften til hoveddør, ud- og indv. kælderdøre og kældervindue, og denne udgift forøges i forhold til det reducerede etageareal.

Glarmesterentreprisen: Ændringen af det 3-etagers med 6 opgange til et 3-etagers med 10 opgange medfører ingen omregning, da udgiften pr. opgang er den samme i begge tilfælde.

Ændringen af det 3-etagers med 6 opgange til et 5-etagers med 6 opgange er udført således:

m²-prisen for glarmesterarbejdet i det 3-etagers med 6 opgange er opdelt i konstante og variable poster i forhold til etageantallet, nemlig

konstante – glas i etagerne

variable – glas i hoveddøre, tagvinduer, kældervinduer og kælderdøre.

Det konstante beløb indgår uforandret i m²-prisen for det 5-etagers med 6 opgange, og de variable indgår reducerede med $^3/_5$.

Ændringen af det 3-etagers med 6 opgange til et 10-etagers med 6 opgange er udført på tilsvarende måde. Forskellen består i, at de variable er reducerede med $^3/_{10}$, og at der til arbejdslønnen regnes et højdetillæg.

Omregningen af det 10-etagers med 6 opgange til et 10-etagers med 3 opgange er udført således, at der fra m²-prisen for det 10-etagers med 6 opgange trækkes udgiften til kælderdøre, og denne udgift forøges i forhold til det reducerede etageareal.

Malerentreprisen: Ændringen af det 3-etagers med 6 opgange til et 3-etagers med 10 opgange medfører ingen omregning, da udgiften pr. opgang er den samme i begge tilfælde.

Ændringen af det 3-etagers med 6 opgange til et 5-etagers med 6 opgange til et 5-etagers med 6 opgange er udført således:

m²-prisen for malerarbejdet i det 3-etagers med 6 opgange er opdelt i konstante og variable poster i forhold til etageantallet.

De *konstante* omfatter vinduer i etager og trapper, udv. kælderdøre, tagnedløb, faldrørsinddækninger, altangelændere, kældertrapperækværker, indv. træværk i etagerne, gulvbehandlinger, væg- og loftbehandlinger, maling på installationer og rengøring.

De *variable* omfatter kældervinduer, hoveddøre, tagudhæng, tagrender, aftræksinddækninger, gitre foran kældervinduer og indv. træværk i kælder.

De konstante beløb indgår uforandrede i m²-prisen for det 5-etagers, og de variable indgår reducerede med $^3/_5$.

Ændringen af det 5-etagers med 6 opgange til et 10-etagers med 6 opgange er udført på tilsvarende måde med den forskel, at de variable er reducerede med $^3/_{10}$.

Omregningen af det 10-etagers med 6 opgange til et 10-etagers med 3 opgange er udført således, at der fra m²-prisen for det 10-etagers med 6 opgange er trukket udgiften for kældervinduer, hoveddøre, gitre foran kældervinduer, samt indv. træværk i kælder, og disse udgifter er forøgede i forhold til det reducerede etageareal.

Blikkenslagerentreprisen: Ændringen af det 3-etagers hus med 6 opgange til et 3-etagers med 10 opgange medfører ingen omregning, da udgiften pr. opgang er den samme i begge tilfælde.

Ændringen af det 3-etagers hus med 6 opgange til et 5-etagers hus med 6 opgange er udført således:

m²-prisen for det 3-etagers hus med 6 opgange er opdelt i konstante og variable poster i forhold til etageantallet, omfattende

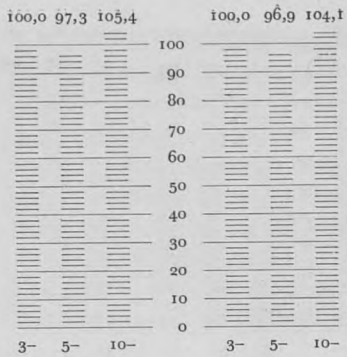


Fig. 7. Håndværkerudgifter pr. lejlighed. Af søjlediagram A – lige mange lejligheder i de tre hustyper – ses det at forøgelsen af etageantallet fra 3 til 5 formindsker håndværkerudgiften pr. lejlighed med 2,7 pct., mens forøgelsen af etageantallet fra 3 til 10 forøger håndværkerudgiften pr. lejlighed med 5,4 pct. Af søjlediagram B – lige mange opgange i de tre hustyper – ses det at forøgelsen af etageantallet fra 3 til 5 formindsker håndværkerudgiften pr. lejlighed med 3,1 pct., mens forøgelsen af etageantallet fra 3 til 10 forøger håndværkerudgiften pr. lejlighed med 4,1 pct.

de *konstante*, nedløb, altanafløb og inddækninger for aftræksrør og skorsten.

de *variable*, tagrender og inddækninger for faldrør og affaldsskakte.

De konstante indgår uforandrede i m²-prisen for det 5-etagers, og de variable indgår reducerede med 3/5.

Ændringen af det 3-etagers med 6 opgange til et 10-etagers med 6 opgange er foretaget på tilsvarende måde som for det 5-etagers vedkommende bortset fra, at de variable er reducerede med 3/10.

Omregningen af det 10-etagers med 6 opgange til et 10-etagers med 3 opgange medfører ingen ændringer, da udgiften pr. opgang ikke forandres.

Sanitetsentreprisen: Ændringen af det 3-etagers med 6 opgange til et 3-etagers med 10 opgange medfører ingen omregning, da udgiften pr. opgang er den samme i begge tilfælde.

Ændringen af det 3-etagers med 6 opgange til et 5-etagers med 6 opgange er foretaget således:

m²-prisen for det 3-etagers med 6 opgange er opdelt i konstante og variable poster i forhold til etageantallet.

De *konstante* omfatter spildevandspumpe i kælder, spildevandsinstallationer i etagerne, k + v-vand i etagerne, k-vand i kælder, v-vand i kælder og på loft, gasinstallationer i kælder, gasinstallationer i etagerne og sanitetsvarer.

De *variable* omfatter spildevandsinstallationer i kælder og på loft, k-vand i kælder, v-vand i kælder og på loft og gasinstallationer i kælder.

De konstante poster indgår uforandrede, bortset fra visse dimensionsforøgelser, i m²-prisen for det 5-etagers, og de variable plus visse dimensionsforøgelser indgår reducerede med 3/5.

Ændringen af det 3-etagers med 6 opgange til et 10-etagers med 6 opgange er foretaget på tilsvarende måde bortset fra en forøgelse af udgifterne på grund af højdetillæg på arbejdslønnen og installation af hydroforanlæg, og at de variable er reducerede med 3/10.

Omregninger af det 10-etagers med 6 opgange til et 10-etagers med 3 opgange medfører ingen ændring, da udgiften pr. opgang ikke forandres.

Centralvarmeentreprisen: For centralvarmens vedkommende er der anlagt det synspunkt, at m²-prisen ikke forandres i de tre hustyper i de to tilfælde A og B, eftersom forøgelserne af rørdimensionerne og højdetillæg på arbejdslønnen opvejes af mindre m² varmeflade for en del af anlæggets vedkommende på grund af de større murtykkelser, og at der i et højere hus er flere rum, der begrænses af andre opvarmede rum end i et lavere hus.

Smedeentreprisen: Ændringen af det 3-etagers hus med 6 opgange til et 3-etagers med 10 opgange medfører ingen omregning, da udgiften pr. opgang er ens i begge tilfælde.

Ændringen af det 3-etagers med 6 opgange til et 5-etagers med 6 opgange er foretaget således:

m²-prisen for det 3-etagers med 6 opgange er opdelt i konstante og variable poster.

De *konstante* omfatter altanrækværker, kældertrapperækværker, skarnkasser, skarnkassevogn, skarnkassebæringer, cyklestativer, måtterammer m. v. og kørsel.

De *variable* omfatter kældervinduesgitre, skarnkasselåg, skarnboxdøre og bankestativer m. v.

De konstante indgår uforandrede i m²-prisen for det 5-etagers, og de variable indgår reducerede med 3/5.

Ændringen af det 3-etagers med 6 opgange til et 10-etagers med 6 opgange er foretaget på tilsvarende måde, dog er de variable reducerede med 3/10.

Omregningen af det 10-etagers med 6 opgange til et 10-etagers med 3 opgange er foretaget således, at der fra m²-prisen for det 10-etagers med 6 opgange er trukket udgifterne for kældertrapperækværk, skarnkassevogn og måtterammer m. v., og disse udgifter er igen forøgede i forhold til det reducerede etageareal.

Elektrikerentreprisen: Ændringen af det 3-etagers med 6 opgange til et 3-etagers med 10 opgange medfører ingen omregning, da udgiften pr. opgang ikke ændres.

Ændringen af det 3-etagers med 6 opgange til et 5-etagers med 6 opgange er foretaget således:

m²-prisen for det 3-etagers med 6 opgange er opdelt i konstante og variable poster.

De *konstante* omfatter en procentdel af trappelysinstallationer og kælderinstallationer, ringeinstallationer, etageinstallationer, installation i varmecentral, vaskeri og diverse.

De *variable* omfatter en procentdel af trappe- og kælderinstallationer og målerledning.

De konstante indgår uforandrede i m²-prisen for det 5-etagers, og de variable indgår reducerede med 3/5.

Ændringen af det 3-etagers med 6 opgange til et 10-etagers med 6 opgange er foretaget på tilsvarende måde, dog er de variable reducerede med 3/10, ligesom der er indregnet et højdetillæg i arbejdslønnen.

Omregning af det 10-etagers med 6 opgange til et 10-etagers med 3 opgange medfører ingen ændring, da udgiften pr. opgang er ens.

De her beskrevne beregninger, hvis resultater, beregnede pr. m² brutto- og nettoetageareal, er omregnet i forhold til det 3-etagers med henholdsvis 6 og 10 opgange, og vist på vedstående proportions-søjler mrk. I, gælder kun for de tre hustyper med ens planer. Det 5-etagers med 6 opgange er i sin planløsning identisk med det 3-etagers med 6 opgange og har derfor det samme kælderareal, som er udnyttet på samme måde som i det 3-etagers. Dette medfører, at pulterrumsarealerne bliver ringere end i det 3-etagers. Vil man opnå lige så gode „udenomsbekvemmeligheder" i det 5-etagers som i det 3-etagers, kan man tænke sig at forsyne det 5-etagers med et 45° tag og indrette pulterrummene i tagrummet.

Merudgiften herfor er vist i proportions-søjlegruppe IV 5. Det 10-etagers er projekteret med elevator og luftsluser. Disse indretninger medfører en større husdybde end i det 3-etagers og dermed større etageareal pr. lejlighed.

Ifølge S. B. I.s rapport nr. 7, „Dæk og huse", vil der ved en forøgelse af husdybden fremkomme en besparelse på prisen pr. etage-m². Denne giver sig udtryk i proportions-søjle gruppe II–10, og en tilsvarende indretning af pulterrum i tagetagen som omtalt under 5-etagers er vist i proportions-søjle gruppe IV–10.

Brugsmæssige forskelle ved 3-, 5- og 10-etagers boligbyggeri

Af arkitekt M.A.A. *Edvard Heiberg*

I det foregående afsnit har man – for at kunne foretage en økonomisk sammenligning mellem huse med 3, 5 og 10 etager – tilstræbt at opnå ligeværd i de tre tilfælde. Det har vist sig, at dette kun tilnærmelsesvis har kunnet opnås, hvad den rent økonomiske sammenligning angår, fordi der f. eks. i de høje huse optræder former som er dikteret af særlige forhold og krav, men som ikke direkte kan sammenlignes med de tilsvarende former i den halvhøje byggeform, og at man – for at opnå denne økonomiske ligeværd – har måttet gøre vold på opgaven ved at gøre de forskellige former teoretisk sammenlignelige.

Et 10-etagers hus er nemlig i praksis ikke blot en fordobling af et 5-etagers hus med de deraf følgende forøgede krav til konstruktion, tekniske installationer o. lign. Det 10-etagers hus vil i praksis være *en anden beboelsesform* end det 5-etagers, som igen adskiller sig fra det 3-etagers.

Dette vil ikke blot medføre andre lejlighedstyper, men i sidste instans en anden måde at bo på – med andre fordele og mangler end den lavere bebyggelse har. I virkeligheden *får man en forskellig vare for sine penge, eftersom man bygger et højt eller et lavt hus*, en vare, der er forskellig – ikke i kvalitet – *men i karakter.*

Der skal derfor i dette kapitel søges belyst, hvilke forskelle der egentlig ligger i de brugsmæssige værdier (karakteren) af et 3-etagers, 5-etagers og 10-etagers hus. Da forskellen mellem 3- og 5-etagers huse som regel ikke vil gøre sig stærkt gældende, vil disse 2 kategorier i mange tilfælde sammen blive betegnet som *halvhøje huse* i modsætning til de 10-etagers, der vil blive betegnet som *højhuse.* I de høje huse vil forskellen desuden navnlig – men ikke udelukkende – gøre sig gældende for lejligheder i de øvre etager.

1. Byplanmæssige forskelle:

Når en bygherre eller et byråd skal tage stilling til, hvorvidt der skal bygges „højt eller lavt", må et af de første hensyn, der skal overvejes, være de byplanmæssige.

Hvad opnår man byplanmæssigt ved at koncentrere bebyggelsen i forholdsvis høje huse, og hvad opnår man ved at sprede den i halvhøje huse?

1.1 Større friarealer og lysafstande

Ved at koncentrere byggeriet på færre og højere huse vil man opnå større friarealer mellem husene.

Forudsætningen for en sammenligning må være, at man går ud fra den samme udnyttelsesgrad (det vil sige: bruttoetagearealet divideret med grundens bruttoareal).

Ved en bestemt udnyttelsesgrad – f. eks. 1,0* – vil

* Max. udnyttelsesgrad for statsstøttet boligbyggeri normalt 0,75, i reglen under 0,5.

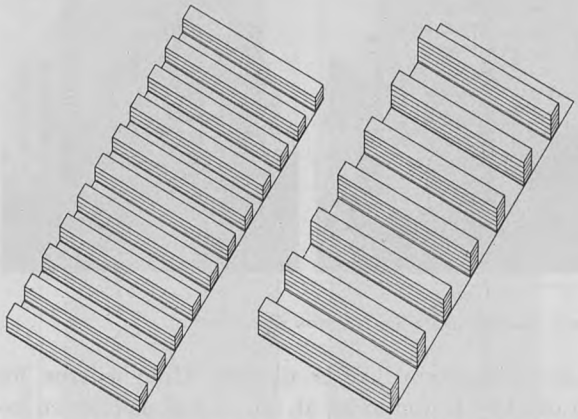


Fig. 1. En sammenligning mellem 3- og 5-etagers bebyggelse i parallelle blokke med omtrent det samme antal lejligheder (Gropius: Rationelle bebauungsweisen)

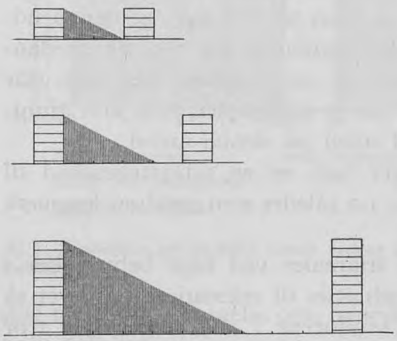


Fig. 2. Belysning af en bebyggelse med 3, 5 og 10 etager, med given solvinkel og udnyttelsesgrad 1.0 der viser, at ved 3 etagers bebyggelse er hele arealet mellem de parallelle husrækker dækket af skygge, ved 5 etager $^3/_4$ og ved 10 etager $^2/_3$ dækket af skygge

det altså sige, at hvis man kun bygger i een etage, skulle grunden helt overdækkes (etageareal = grundens areal). Ved 3-etagers bebyggelse vil grundens friareal blive ca. $^2/_3$ af grunden, – ved 5-etagers: $^4/_5$ – og endelig ved 10-etagers bebyggelser bliver grundens friareal $^9/_{10}$ af grunden.

Ved en bebyggelse med parallelle blokke med 10 m husdybde, en udnyttelsesgrad = 1,0, vil ved 30° solhøjde og solstrålerne vinkelret på blokkenes længderetning hele friarealet være beskygget ved en 3-etagers bebyggelse, – $^3/_4$ ved 5-etagers og $^2/_3$ ved 10-etagers bebyggelse.

Dette kan naturligvis friste myndighederne til at tillade en højere udnyttelsesgrad ved højere huse, fordi friarealet alligevel kan få en rimelig størrelse og belysning.

Dette må der alvorligt advares imod. En af fordelene ved den højere bebyggelse vil derved forspildes, ligesom det ville blive vanskeligt at holde igen på udnyttelsesgraden ved andre byggeformer. Det må også fremhæves, at tilladelse til en forøgelse af udnyttelsesgraden ved højere bebyggelser kunne friste til at opføre højhuse, hvor forudsætningerne for en

Kl. 10 *Kl. 11* *Kl. 12* *Kl. 13*

Fig. 3. Slagskygger på højhuse, fotograferet i januar måned

sådan byggeform ikke er tilstede. Mulighederne for en objektiv bedømmelse af, om et højhus eller en lavere byggeform bør foretrækkes, kan derved blive vanskeliggjort.

Ved Bellahøj er udnyttelsesgraden f. eks. ca. 0,98 (efter loven 1,0), og man tør vel sige, at denne udnyttelsesgrad i virkeligheden er for høj. Skyggedannelserne fra nabohusene om vinteren, når solen står lavt, medfører, at der er lejligheder, som kun glimtvis bliver belyst af solen på denne årstid.

Selvom man bygger højt, er en udnyttelsesgrad til boligbyggeri på ca. 1,0 således som regel en for stærk udnyttelse.

Mange mener, at friarealer ved høje bebyggelser i mindre grad kan udnyttes til rekreation, da de er så „overbegloet" fra vinduerne i alle etager, Jeg tror dog, man må fastslå, det er ret ligegyldigt, om man – når alt kommer til alt – er „overbegloet" fra 3, 5 eller 10 etager.

Derimod er lævirkningen ved den høje bebyggelse som regel ringere end ved den lave. Lævirkningen af en bebyggelse vil groft sagt være omvendt proportional med solbelysningen – dele af de store friarealer vil være dårligere beskyttet mod vind ved den høje bebyggelse. Dette kan naturligvis modvirkes ved beplantning, når denne er vokset til, og dette er måske en rigtigere måde at skabe læ på end ved at bruge husene som læskærme.

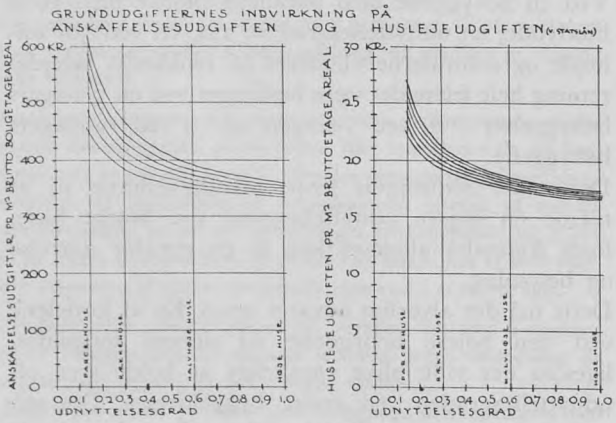


Fig. 4. Grundudgifter, anlægssummer, husleje. Tegningen viser grundudgifternes indvirkning på anskaffelsesudgifterne og huslejen med skiftende udnyttelsesgrad, idet der med en udnyttelsesgrad af 0,015 er regnet med parcelhuse, – med 0,3: rækkehuse, – med 0,6: halvhøje huse og med 1,0: højhuse. (P. Skole Overgård i referat fra 17. danske byplanmøde)

1.2 Kortere og billigere adgangsveje og tilførselsledninger

En koncentreret bebyggelse med højhuse kan i mange tilfælde give korte og billige adgangsveje og tilførselsledninger.

I disse tilfælde vil de 10-etagers huse altså stille sig noget gunstigere i forhold til den lavere bebyggelse, end de økonomiske tabeller har vist. Da dette korrektiv dels er så relativt lille, dels for vort lands vedkommende hidtil er utilstrækkeligt belyst, har man ikke ment at kunne medregne modningsomkostningerne i den økonomiske sammenligning. En generel undersøgelse af disse forhold er meget kompliceret og afhængig af bebyggelsesplanerne, mens en undersøgelse for det enkelte projekt er meget simpel og bør foretages, hvor „modningsudgifterne" kan få betydning for valget af bebyggelsesform.

I Sverige er der redegjort for disse forhold ved forskellige lejligheder. Allerede den svenske boligsociale redegørelse fra 1935 (bygmester Olle Engqvist og arkitekt Sv. Wallander) har taget dette forhold op til undersøgelse. Undersøgelsen viste, at modningsomkostningerne til vej, ledninger o. l. i Sverige (med stengrund) varierer fra ca. 8 kr./m² etageareal for 9 etager (15 m dybe) til ca. 14 kr./m² for 5 etager (11 m dybe), – ca. 16 kr./m² for 3 etager (11 m dybe) og ca. 20 kr./m² for 2 etagers huse (8 m dybe).

Senere er der i redegørelsen fra Stockholms Stadsplankontor 1950 (arkitekt Göran Sidenbladh) påvist, hvordan modningsudgifterne (veje, ledninger) belaster det høje hus relativt mindre end det lave. Differencerne er imidlertid ret små, når det drejer sig om højere bebyggelser. Således vil forskellen i husleje hidrørende fra grundudgifterne + vej + have + ledninger, ved en udnyttelsesgrad på 0,6 på halvhøje huse (3-etager) og ved en udnyttelsesgrad på 1,0 på højhuse, kun blive ca. 1 kr. pr. m² årlig. Variationerne i modsætningsudgifter må dog regnes i væsentlig grad

at hidrøre fra udnyttelsesgradens forskel. („Bebyggelsesplaner" af arkitekt M.A.A. P. Skole Overgård: Referat af det 17. danske byplanmøde 1951).

Hele spørgsmålet om adgangsveje og tilførselsledningernes længde ved forskellige bebyggelser er imidlertid som tidligere nævnt så afhængig af bebyggelsesplanen, så der næppe kan siges noget i al almindelighed om dette spørgsmål. Hvis bebyggelsen f. eks. er koncentreret på begge sider af en vej, der fører ned gennem arealet, og friarealet er lagt ud til områdets ydersider, vil man kunne opnå en meget økonomisk vej- og ledningsføring, – selv ved halvhøj bebyggelse, – mens en høj bebyggelse, hvor enkelte huse er spredt jævnt ud over terrænet, vil kunne medføre store anlægsudgifter.

Da disse udgifters størrelsesorden i forhold til de samlede udgifter er så små i vort land, hvor der ikke skal „sprænges" for ledninger og veje i klipperne som i Sverige – og ikke mindst efter de nye gravemaskiners fremkomst – må man i almindelighed sige, at dette spørgsmål ikke hører til de udslagsgivende, hvor der

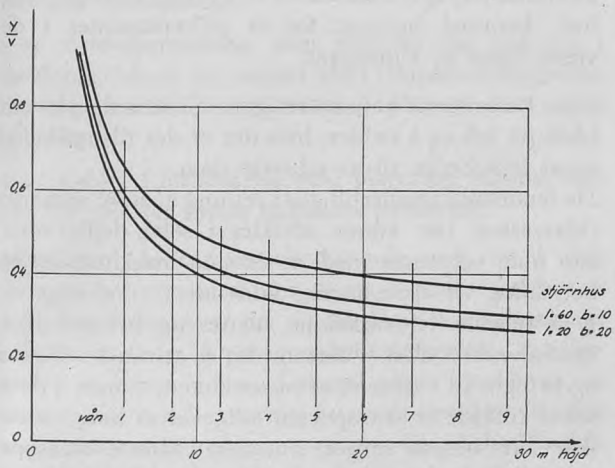


Fig. 5. Varmeforbruget som funktion af bygningens højde. På den lodrette akse er afsat varmeforbrug, på den vandrette akse bygningens højde. Fra svensk „Plan" nr. 4 – 1953

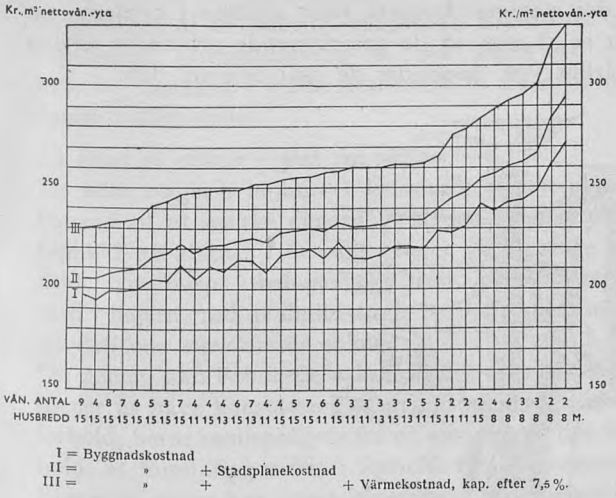


Fig. 6. Etageantal og husdybder i forhold til byggeomkostninger, modningsudgifter på grunden og udgifter til varme. Det bælte, der ligger mellem I og II angiver altså modningsudgifternes størrelse ved de forskellige etageantal og husdybder. Fra svensk „Plan" nr. 4 – 1953

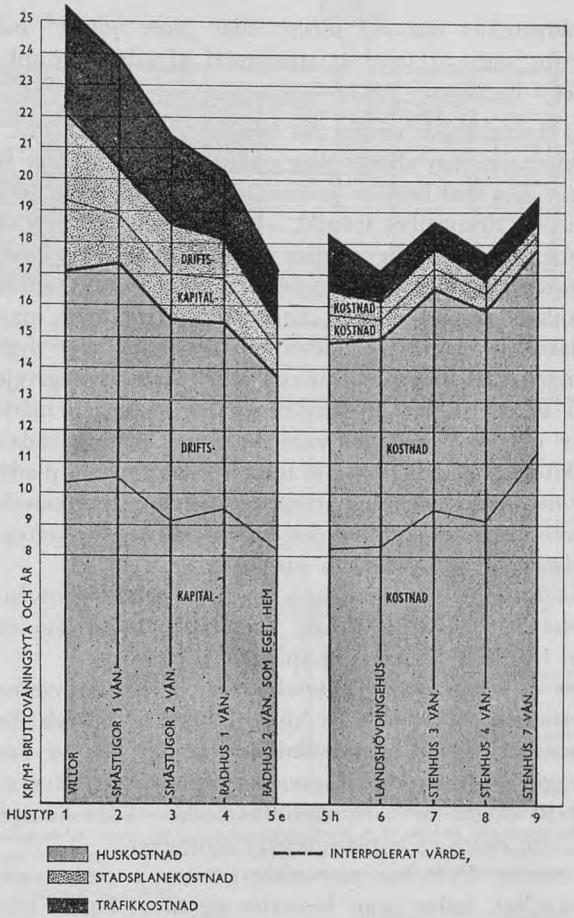


Fig. 7. Byggeudgifter ved forskellige svenske hustyper udført af Regionplankontoret i Gøteborg

skal træffes bestemmelse om, hvorvidt der skal bygges højt eller lavt.

Kravet om særlige brandveje ved bebyggelser over 3 etager kan i vort land medføre, at dette byplanmæssige korrektiv til den økonomiske undersøgelse yderligere reduceres.

1.3 Udsigt

En af de værdier ved højhusene, som straks falder i øjnene, er den rige og afvekslende udsigt, man kan få fra de øvre etager i de høje huse.

Der er næppe tvivl om, at dette er en værdi for beboerne. Den vide horisont og den høje himmel gør, at man kan følge med i vejret og årstidernes skiften, og mange vil mene, at man har en befriende fornemmelse, når man ser ud over et stort område.

Det kan dog vel tænkes – uden at man dog hidtil har undersøgt spørgsmålet metodisk – at beboerne i lejligheder med en stor udsigt i løbet af kort tid bliver sløvet overfor denne værdi og sjældent ser ud af vinduerne. Iøvrigt er udsigten naturligvis betinget af i hvilken udstrækning, der gives tilladelse til at opføre andre høje huse i de nærmeste omgivelser.

På den anden side vil mange hævde, at den værdi, man i de lave huse har ved at kunne følge livet udenfor gadedøren – ligesom man i gamle dage gennem gadespejlet kunne følge, hvad der foregik i byen – er af mindst lige så stor betydning.

Spørgsmålet om vid udsigt eller „nær udsigt" må derfor siges at være et spørgsmål af udpræget subjektiv karakter.

1.4 Arkitektoniske værdier ved højhuse

Det er vel den almindelige opfattelse hos os idag, at man ikke skal benytte menneskeboliger til monumentale og dekorative formål, – men dersom man kan opnå arkitektoniske værdier ved placering af højhuse, hvor man ønsker at accentuere særlig fremtrædende punkter på udprægede højdedrag, eller hvor man ønsker at markere en åben plads, – eller hvor bygningen skal danne et vartegn ved byens adgangsveje fra sø eller fra land – uden at det på nogen måde går ud over lejlighedernes kvalitet, kan en sådan arkitektonisk udnyttelse af højhuset være på sin plads. I vort land, hvor man tit savner naturligt markerede træk i terrænet, kan højhuse bidrage til at give bebyggelsen og landskabet en vis karakter.

Der må dog stærkt advares imod en kritikløs anvendelse af disse virkemidler. I mange tilfælde kan en høj bygning fuldstændig sprænge miljøet.

Der er i øjeblikket en tendens til, at provinsbyerne betragter eet eller flere højhuse som et udtryk for byens driftighed og betydning. Når den ene by har bygget et hus på 8 etager, skal den anden have et på 10 etager for konkurrencens skyld – uden hensyn til, om dette er byplanmæssigt motiveret.

I mindre byer bør man sikkert overveje meget omhyggeligt, inden man beslutter sig til at bygge højhuse, der er ude af målestok med den øvrige bebyggelse.

2. Brugsmæssige forskelle for de øvre etager på grund af højden

2.1 Forbindelsen med legende børn

En tydelig værdi i de helt lave huse – som også kan udstrækkes til de 3-etagers bebyggelser –, er den lette adgang til forbindelse med børn, der leger udenfor huset.

Små børn i sandkassealderen opholder sig som regel tæt ved huset, – først når barnet kommer i skolealderen, strejfer det videre omkring.

Det er sikkert af stor værdi, at moderen kan have kontakt med de små børn – lige fra barnevognsstadiet til skolealderen. Moderen kan holde øje med børnene, og børnene kan let få forbindelse med moderen, hvis der sker et eller andet.

Man må vel på den anden side også regne med, at muligheden for at have legende børn lige udenfor vinduerne, hvad der er en fordel for forældrene, – til gengæld kan opfattes som en gene, når det ikke er ens egne børn, men de andres unger, det drejer sig om.

2.2 Børn og elevator

I de øvre etager i de høje huse bliver de ganske små børn, som ikke selv kan betjene elevatoren, et problem for forældrene, som bliver nødt til at følge børnene hver gang, de skal ud i det fri eller op for at spise eller gå på w.c.

Erfaringerne viser dog, at børn allerede i en tidlig alder (4–5 år) lærer at betjene elevatoren, når de blot kan nå knappen, og så vidt man kan se, er problemet med børn og elevator i højere grad det, at elevatoren – ihvertfald så længe det har nyhedens interesse – bliver benyttet som legetøj af børnene og alle deres venner i omegnen.

2.3 Udenomsrum i kælder og loft

I det meget høje hus kan det blive en ulempe med den store *afstand* til kælder eller til loft, henholdsvis fra de øverste eller nederste etager. Samtidig får højhuset et større *pladsbehov* for udenomsrum pr. opgang. I en del af de høje huse, der er bygget eller projekteret i den sidste tid, har man forsøgt forskellige nye løsninger.

2.31. Pulterkamre er således fordelt både i kælder og på loftsetager eller i andre tilfælde en indskudt pulterkammeretage omtrent midt i huset.

Andre steder har man søgt at udvide lejlighedsarealet med et særligt garderoberum, store skabe til altanmøbler, sportsredskaber o. l. i den enkelte lejlighed, hvorved behovet for et pulterkammer i det væsentligste er elimineret.

2.32. Vaskerummet kan naturligvis tilsvarende placeres både på loft og i kælder, hvis der er det tilstrækkelige antal lejligheder til at udnytte dem.

Da tendensen imidlertid går i retning af store vaskerier (klatvasken bør kunne afvikles i selve lejligheden) kan man vel regne med, at de små maskinvaskeriers betydning vil være hurtigt faldende.

I så tilfælde vil vasketøjet hentes og bringes af et centralvaskeri eller – dersom det er selvvask – hentes og bringes til vaskeriet af husmoderen, – men i dette sidste tilfælde er transporten alligevel så lang, så det ikke kan betyde meget, om den lodrette transport er noget længere eller kortere, især ikke da den i højhuset kan foregå med elevator.

2.33. Viktualierum i kælder er ved at blive almindeligt i det 3-etagers byggeri, hvor pladsen i kælderen nu tit er så stor, så de projekterende arkitekter næsten dårligt ved, hvorledes de skal udnytte den.

Fig. 8. 'It is generally thought ... fresh air is an advantage'. (Fra R.I.B.A. Journal)

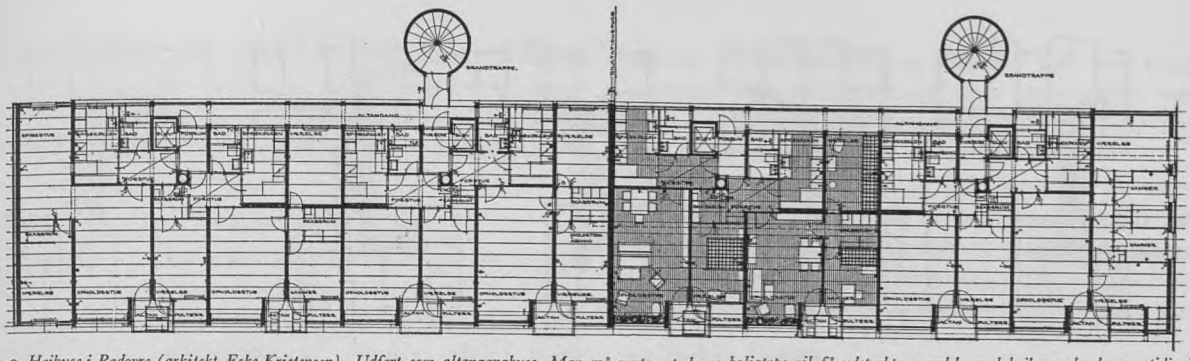


Fig. 9. Højhuse i Rødovre (arkitekt Eske Kristensen). Udført som altanganghuse. Man må vente, at denne boligtype vil få udstrakt anvendelse ved højhuse, da den samtidig løser spørgsmålet om åbne sluser, således som brandvæsenet kræver det i København og mange andre kommuner. (Fra „Arkitekten" U. 27/1953)

Ved en høj bebyggelse vil der næppe kunne skaffes plads i kælderen til både cyklerum, pulterrum, beskyttelsesrum o. s. v. og til viktualierum. På den anden side må man gå ud fra, at køleskabe efterhånden vil blive almindelige og derved indskrænke behovet for en kølig opbevaring af madvarer i kælder, og at skabspladsen i køkkenet – navnlig opbevaringspladsen for levnedsmidler – vil kunne udvides i så høj grad, så viktualierum kun i de færreste tilfælde vil være nødvendige.

2.34. Centralvarmeanlæg, som tidligere var placeret i kælderen, bliver nu næsten altid (såsnart bebyggelsen haret nogenlunde stort omfang) placeret i en særlig bygning.

2.35. Cykler. I forbindelse med placering i kælder sørges der ofte for bedre udendørs parkering.

Man kan derfor sammenfattende sige, at i den *3-etagers* bebyggelse er der *for megen plads i kælderen*, – og i den *10-etagers* er der *for lidt plads* til udenomsrum i kælderen alene. I 3-etagers bebyggelser med 2 lejligheder pr. repos er der så meget plads i kælderen, at man muligvis må overveje, hvorvidt det ikke vil være mere økonomisk at bygge 3-etagers huse helt eller delvis uden kælder, i 10-etagers bebyggelser vil det som regel ikke være muligt at få dækket pladsbehovet for de nødvendige sekundære rum i kælderen.
Dette forhold må der tages hensyn til – også ved udformningen af de enkelte lejligheder. I afsnittet om økonomisk sammenligning er der redegjort for, hvordan ligeværd i denne henseende er tilstræbt ved denne undersøgelse.

2.4 Blæst på altaner – træk fra vinduer
De øvre etager i højhuse i Danmark vil utvivlsomt komme til at mærke generne ved den stærke blæst. Ophold på altaner i de øvre etager vil i mange tilfælde være meget ubehageligt i blæst. Man må regne med i højere grad at skulle skaffe læ ved afskærmning på den ene eller anden måde.
De gener, som beboerne i højhusenes øverste etager mener at have konstateret på grund af særlige vindforhold, beror sandsynligvis for en stor del på det forhold, at huset ligger frit i forhold til omgivelserne. Lignende gener har været konstateret ved forskellige fritliggende beboelseshuse i nærheden af kysten på Amager.

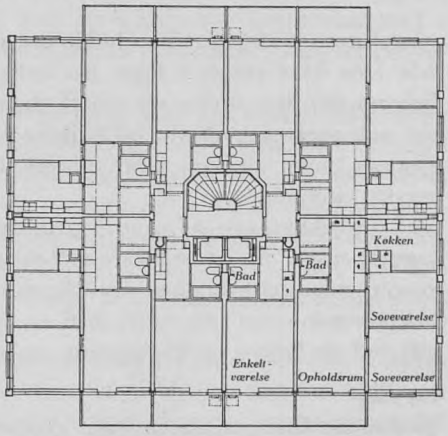


Fig. 10. Punkthus Kärrtorp ved Stockholm (arkitekt H. J. Klemming). 12 etager med 8 lejligheder pr. repose. Det fremgår tydeligt af planen, at der altid vil være vanskeligheder med orientering i et punkthus med trappen inde i huset. Først når man kommer ned på kun 3 lejligheder pr. repose, kan orienteringen løses nogenlunde tilfredsstillende. (Fra „Arkitekten" U. 4/1951)

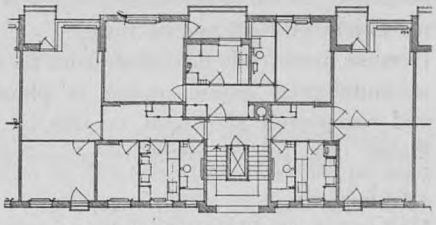


Fig. 11. 3 lejligheder pr. repose „Voldparken" (arkitekterne Edvard Heiberg og Karl Larsen). Ved højhuse må man vente, at denne eller lign. type vil komme i anvendelse for derved at opnå en større udnyttelse af den dyre elevator

Den gennemsnitlige vindhastighed stiger ganske vist med højden over jordens overflade, men stigningen er forholdsvis lille (for øverste etage i et 10-etagers hus f. eks. 13 m pr. sekund i forhold til 10 m pr. sekund på øverste etage i et 5-etagers hus).
På grund af vindens turbulens vil sandsynligvis særlige forhold kunne medføre, at forskellen bliver større f. eks. hvis vinden passerer over en bymæssig bebyggelse med et lavere etageantal umiddelbart inden den støder på det høje hus.
Beboerne, der er vant til at bo i en by, hvor husene er nogenlunde ens høje og danner læ for hinanden, vil – når de kommer op i et fritliggende højhus som f. eks. Bellahøj, få indtryk af stærk blæst og træk fra vinduer, dersom disse er konstrueret på samme måde som i sædvanlige beboelsesejendomme, men dette forhold siger i virkeligheden mere om husenes beliggenhed end om deres højde.
Erfaringerne viser også, at almindelige vindueskonstruktioner – selv med forsatsrammer og med tæt-

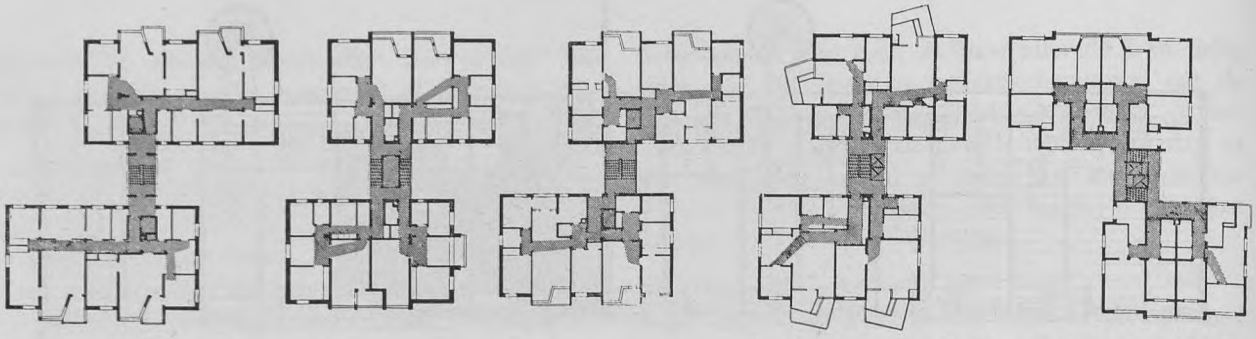


Fig. 12. Højhuse på Bellahøj med indtegnet skraveret gangareal i trapper, sluser, forstuer, entreer og gennemgang til de yderste rum. Af tegningen fremgår, at hvis man angriber lejlighedens plan fra hjørnet vil dette give urimelig store gangarealer

ningslister – vanskeligt kan holde det stærke vindpres ude i de øvre etager i høje, frit beliggende huse.
Selvom det kun drejer sig om få dage årligt, burde det nok overvejes, om der til højhuse kan konstrueres vinduer, hvor der er taget særlige hensyn til det stærke vindpres.
Ved projekteringen af centralvarmeanlægget er der taget hensyn til en stærkere afkøling på de øvre etager, men dette betyder naturligvis også, at man i brændselsøkonomi må regne med en noget større udgift ved de højere og fritliggende etager i højhusene.

2.5 Røg
Højhusene kan naturligvis være så uheldigt placeret, at de ligger i nærheden af en skorsten, hvis røg kan genere de øvre etager, men det må der tages hensyn til allerede ved planlægningen af arealet og bebyggelsens egen varmecentralskorsten må naturligvis gøres højere end de højeste huse.
Dersom man i tide er opmærksom på dette, vil man i almindelighed kunne undgå at placere boliger tæt ved røgspyende skorstene, og der vil generelt næppe kunne tales om en særlig røgplage ved højhuse.

2.6. Indflytning.
Ved ind- og udflytning er det naturligvis generende, at møbler skal bæres op til de øverste etager. Ganske vist har flyttemændene en tillægsbetaling herfor, – men arbejdet ved at bære et tungt møbel til 10. etage er temmeligt umenneskeligt.
Elevatoren kan som regel ikke tage de største møbler, og i mange tilfælde lukker bygherren elevatoren ved indflytning for at skåne elevatorkupeen.
Muligvis bør man overveje at anskaffe særlige hejs til transport af møbler til de øverste etager.

3. Forskelle foranlediget af de høje huses koncentrerede plan og adgangsforhold

I den økonomiske sammenligning er der regnet med længehuse i såvel 3 som 5 og 10 etager.
I praksis viser det sig imidlertid, at lamelhuset med 2 lejligheder på hver repos næsten ikke forekommer ved højbebyggelser.
For at udnytte elevatoren og fordelene ved en koncentrering af ledninger, faldstammer og lign. får de høje huse tit en stærkt koncentreret plan, hvor hver elevator skal betjene mange lejligheder pr. etage. Man vil herved kunne opveje noget af den merudgift, elevatorerne betyder for højhuset, men indfører samtidig andre så væsentlige forskelle, at en rent prismæssig sammenligning bliver meningsløs.
Uanset at disse planløsninger falder udenfor den økonomiske sammenligning, skal forholdet her kort kommenteres. Den koncentrerede trappe/elevatorplan opnås på forskellig måde.
Også tidligere kendt herhjemme er den simple placering af 3 eller i visse tilfælde 4 lejligheder omkring trappen, eks. højhusene i „Voldparken" (8 etager).
En særlig form er den, der er repræsenteret i højhusene på Bellahøj og på Roskildevej/Dalgas Boulevard, hvor et fritliggende trappehus knytter 2 blokke sammen og betjener 2 lejligheder pr. etage i hver af de 2 blokke.
En anden udformning af denne hustype er de svenske *punkthuse*, hvor trappe og elevator ligger inde i midten af huset, omgivet af 4, 5 eller 6 eller flere lejligheder, og endelig er der i den sidste tid fremkommet en ny form for udnyttelse af elevator/trappe, nemlig *altangangshuse*, hvor der er et fritliggende trappehus, og hvor den vandrette forbindelse til lejlighederne udgøres af en åben altangang, der samtidig danner den luftsluse, som brandvæsenet kræver.
Den koncentrerede husform, der opstår i disse hustyper (ganske særlig karakteristisk ved punkthuse), har i sig selv visse fordele og mangler, som *ikke direkte har relalion til husenes højde*. Der findes således i Sverige også mange 3-etagers punkthuse. Men da som nævnt det store etageareal og elevatoren højest fører til forsøg på koncentrering af husformen, vil de dermed følgende fordele og mangler oftere forekomme ved højhuse.

3.1 Arealspild ved flere lejligheder pr. repos
Den besparelse der opnås ved at have flere lejligheder om een trappe (elevator), er imidlertid i mange tilfælde fiktiv. Der spildes meget areal på gange, sluser, gennemgang gennem stuerne, fordi lejligheden „angribes" fra et hjørne, så adgangsvejen til det yderste punkt bliver relativt lang.
I hvor høj grad dette kan påvirke lejlighedernes form, fremgår af de viste eksempler på planer fra Bellahøjbebyggelsen.

3.2 En koncentreret husform giver dårlig orientering og dårlig gennemluftning
Manglerne ved den koncentrerede plan i punkthuse er foruden arealspildet:

1) lejlighederne kan ikke alle orienteres til rigtige verdenshjørner, – man er nødt til at have i hvert fald een lejlighed, der kun vender mod nord og øst.
2) muligheden for gennemluftning af lejligheden er også mindre.

3.3 Koncentrationens fordele

3.31. Elevator billigere pr. lejlighed. Når man så tit har valgt den koncentrerede plan, selvom den har visse ulemper, – så ligger det bl. a. deri, at den giver mulighed for, at udnyttelsen af elevator, eller i nogle tilfælde en stamme med flere elevatorer, og de lodrette ledninger i huset kan koncentreres. Elevatoren er jo i sig selv en brugsmæssig fordel af stor værdi – ikke blot for de øverste etager, men også for de nedre.

3.32. Billigere m²-pris ved større husdybde. Den koncentrerede husform med flere lejligheder pr. repos opnås i reglen ved en forøgelse af husdybden. Større husdybde giver mindre ydermur og i reglen billigere dæk. Som nærmere redegjort for i S.B.I.'s rapport nr. 7: „Dæk og huse" (s. III 7 og fig. 38, 39) falder herved m²-prisen. Et højhus med en koncentreret plan og større husdybde ville dermed økonomisk stille sig gunstigere end det 10-etagers hus, der er benyttet i den her foreliggende økonomiske sammenligning.

Det tilstræbte ligeværd, som har været det nødvendige grundlag for hele den økonomiske sammenligning, ville dog samtidig gå tabt, og man ville sammenligne prisen på to huse – eller to boliger –, som ikke i andre henseender var sammenlignelige.

4. Familien og husformen

4.1 Højhuse og lavere bebyggelser til forskelligt klientel

Ved overvejelserne om, hvorvidt en bebyggelse skal udformes med højhuse eller med 3- eller 5-etagers huse, bør man allerede på et tidligt tidspunkt gøre sig klart, hvilket klientel man venter bebyggelsen udnyttet af.

Der er næppe tvivl om, at børnerige familier og navnlig familier, hvor eet eller flere af børnene er i alderen mellem ca. 2 og ca. 8 år, helst bør finde lejlighed i lavere bebyggelser – enten i 3-etagers byggeri eller endnu lavere.

Her kan børnene have en nær forbindelse til haver eller legepladser, og mødrene har godt opsyn med dem.

Anderledes stiller det sig for familier med ganske små børn og for de enlige eller barnløse.

For de enlige og barnløse vil i mange tilfælde en lejlighed i et højhus være at foretrække, især hvis dette højhus er forsynet med det tilstrækkelige antal kollektive indretninger.

Dette gælder også i nogen grad familier med spædbørn. Spædbarnet vil sandsynligvis kunne få frisk luft i barnevogn på altanen, selvom der nok i de høje huse kan være noget træk. Men fristen er kort, allerede i 2–3 års alderen skal barnet helst selv kunne løbe ud og ind.

Såsnart børnene når *skolealderen*, er opsyn ikke i samme grad påkrævet, og børnene kan selv betjene elevator. Der skulle således ikke være nogen særlig gene for familier, der kun har børn i denne alder, ved at bo i højhuse.

Gamle mennesker viser tit ængstelse for at benytte altanen i stor højde, men udover dette hensyn vil en lejlighed i det høje hus med elevator – hvad bekvemme adgangsforhold angår – formodentlig være lige så god som i 3- eller 5-etagers huse uden elevator eller bedre.

4.2 Sociale forskelle

Indtil nu har de høje huse, der har været bygget i Skandinavien, haft en relativ høj udstyrsstandard – højere end gennemsnittet i den lave 3-etagers bebyggelse.

Allerede elevatoren giver huset noget af et luksuspræg i det almindelige omdømme. Men som det vil fremgå af den økonomiske undersøgelse, vil den fordyrelse, der fremkommer ved elevator, delvis være kompenseret ved en besparelse ved mindre kældre og loftsetager i de høje huse o. s. v., således at det høje hus i sig selv ikke behøver at blive forbeholdt et mere velhavende klientel.

Den mere koncentrerede plan med flere end 2 lejligheder pr. repos, som tit vil være en følge af højhusets krav, kan i mange tilfælde betyde, at der vanskeligt kan placeres store lejligheder i højhusene. Dette falder for så vidt sammen med det under punkt 4.1 nævnte, at højhuse muligvis navnlig bør reserveres for barnløse og familier med ganske små børn *i mindre lejligheder*. Og der er næppe tvivl om, at netop kollektivhuset naturligt finder sin plads i højhuse.

5. Konklusion

Af de her foretagne overvejelser vil det fremgå, at de byplanmæssige og brugsmæssige forskelle på 3-, 5 og 10-etagers boligbyggeri ikke fører til, at man generelt kan sige, at den ene husform er bedre end den anden, men at begge – hver for sig – har deres fordele og mangler, og at det vil være rimeligt stadig at bygge begge husformer. Hvor man skal vælge den ene, og hvor man skal vælge den anden, må afgøres af hensynet til – foruden byggeprisen (netto, brutto og pr. lejlighed), brandkrav, konstruktioner – også af:

5.1 hvor huset skal ligge, dets miljø, dets arkitektoniske tilpasning til terræn og nabohuse, og dets plads i en samlet byplan, hvor der også er taget hensyn til byens silhouet og plastiske udformning – og navnlig bør der ved afgørelsen tages hensyn til:

5.2 hvem der skal bo i huset og da særligt hvilke familietyper, der kan blive tale om. Under vor nuværende bolignød, hvor det først og fremmest gælder at skaffe de mere eller mindre børnerige familier tag over hovedet, taler dette hensyn sikkert stærkest for den lave bebyggelse.

Men også de mange ugifte og nygifte og de gamle, der har fået børnene fra hånden, har krav på boliger, som snart må honoreres, og for dem vil højhuse sikkert i mange tilfælde være den rigtige løsning.

Litteratur:

F. C. Lund: Højbebyggelse. Referat af det 15. danske byplanmøde, 1948.

Peder Skole Overgård: Bebyggelsesplaner. Referat af det 17. danske byplanmøde, 1951.

Catherine Bauer: Supertenements: Does the low-income tenant want them? Town and country planning october 1952.

Ing. Eduard F. Sekler: Das Punkthaus im europäischen Wohnungsbau, Wien 1952.

CIAM: Rationelle Bebauungsweisen, Frankfurt am Main 1931.

Jöran Curmann: Industriens arbetarebostäder, kap. 8. (hustyper och bostadskostnader).

Bostads sociale utredningen 1935, Stockholm.

Smala eller breda, höga eller låga hus? (En diskussion). Plan nr. 4 — 1953.

Eduard F. Sekler: Les immeubles-tours. Cahiers du centre scientifique et technique du batiment nr. 19 — 1953.

Rapport nr. 12, studier rörande läverkan, — modelforsök avseende olika bebyggelse av Erik Ingelstam och Karl-Erik Walderyd.

Irminger, J. O. V. and Nøkkentved, Chr.: Wind-pressure on Buildings, Ingeniørvidenskabelige. Skrifter A. nr. 23. København 1930.

Do. Second series. Ing. vid. Skr. A. nr. 42, København 1936.

Rundspørge i højhuse

Foranlediget af Statens Byggeforskningsinstitut foretog de 2 boligselskaber: A/S Dominia og Foreningen Socialt Boligbyggeri et ganske enkelt rundspørge blandt beboerne i de højhuse, som den 1. marts 1954 havde været beboet fra nogle måneder til 1 år, dels på „Bellahøj" og dels på bebyggelsen „Søndermarken" ved Roskildevej.

Spørgeskemaerne havde følgende ordlyd:

Hvilken etage bor De på?
Har De børn? – i hvilke aldre?
Har De specielt ønsket at bo i højhuse?
Er De glad for at bo så højt? (hvis De bor over 3. sal).
Skriv lidt om hvilke fordele, De særlig har konstateret:
(som f. eks.: udsigt – stor afstand til genbo – elevator og andre).
Skriv lidt om der er særlige ulemper, De har konstateret, forårsaget af lejlighedens beliggenhed i det høje hus:
(som f. eks. blæst – adgang til pulterrum, barnevognsrum – manglende kontakt med børnene på legepladsen – andre).
Kan nogle af Deres børn selv bruge elevatoren?
Eventuelle andre bemærkninger.
– – –

Spørgeskemaerne var ment som en grov opinionsorientering, da man ikke på dette tidspunkt mente at kunne foretage en videregående undersøgelse med samtaler med beboerne – indgående statistisk behandling af svarene m. m.
Besvarelserne giver alligevel et bidrag til belysning af forholdene i de første egentlige højhuse i København.
Svarene viste følgende:

KAB. „Søndermarken"

5 blokke med 10 elevatorer – 436 lejligheder – 64 besvarelser.
Særlige ønsker om at bo så højt havde kun 18 beboere, mens 44 var mere eller mindre ufrivilligt placeret i netop denne slags lejligheder.
Af de 64 familier var de 57 positivt glade for at bo i højhus, 1 beboer var utilfreds og 6 var nærmest ligeglade.
Af fordelene blev udsigten fremhævet som langt den vigtigste. Ikke mindre end 53 lagde vægt på udsigten. Elevatoren betegnedes af 23 beboere som en fordel, en del tilføjede, at denne dog måtte regnes som en nødvendighed i et højhus.
På den anden side er der ikke så få klager over, at børnene leger med elevatoren, – at elevatoren er ude af drift, – at man har risikeret at komme til at sidde fast i elevatoren – eller over den lange ventetid. Tilsammen ikke mindre end 17 beklagelser over elevatoren.
Elevatoren betegnes efter nogles opgivelser ikke alene som en fordel som trafikmiddel, men også fordi den isolerer den enkelte lejlighed, så der bliver mindre trappetrafik, og som een bemærker: „mindre trappesladder".
Elevatoren synes at kunne benyttes af børn i alderen fra 4-5 år og opefter. I disse 64 familier er der ikke mindre end 87 børn, der kan benytte elevatoren, og 24 børn, der er så små, at de ikke kan benytte elevatoren.
Enkelte familier meddeler, at de har forbudt deres børn at benytte elevatoren.
Af andre fordele nævnes: stor afstand til genbo med 33 besvarelser, og hertil bør også regnes en del, som udtrykker dette forhold på en anden måde: i glæden og fornemmelsen ved at bo frit eller ved at føle sig ugenert. Tilsammen nævner 41 beboere denne fordel.
5 beboere fremhæver, at luften er ren og fri for støv, – 10 beboere, at man er fri for gadestøj, – 10 beboere, at her er mere lys og sol end ved lavere bebyggelser, – 1 beboer, at den høje beliggenhed af hans lejlighed gør, at denne er tørrere, og at hustruen er blevet fri for gigtsygdom.
Af manglerne fremhæver et overvejende antal: *blæsten*, der generer dels ved træk gennem vinduer og altandøre, – dels ved lyd i aftrækskanaler og tætningslister og dels ved blæst på sluser, – tilsammen er der 31 beklagelser over disse forhold 3 beboere beklager sig generelt over sluserne, dels på grund af blæst, men også på grund af regn, sne og kulde.
Den næststørste anke er den manglende kontakt med børnene, der her i denne meget børnerige bebyggelse åbenbart er meget generende.
13 beboere beklager sig over manglende kontakt med børnene på legepladsen, – 1 beboer betragter dette som en fordel, da man er fri for spektaklet fra legepladsen.
Det synes, som om der i begyndelsen ikke er tilstrækkeligt antal legepladser, idet flere beboere fremhæver, at der er for langt at gå til legepladser, eller at der burde være en legeplads på hver side af huset, så man kunne have opsyn med børnene. 1 beboer foreslår i denne forbindelse, at der oprettes et w.c. for børnene på legepladsen. 1 beboer på 14. etage hævder, at der er lige så god kontakt med børnene (på grund af elevatoren), som hvis man skulle styrte ned ad trappen fra 4.-5. etage.
Ved denne bebyggelse synes der at være en del røgplage, dels fra porcelænsfabriken Norden, dels fra bebyggelsens egen varmecentral.
9 beboere klager over gene i form af røg, – sod på altanen eller lign. fra disse skorstene.
Af beboerne udtaler ikke mindre end 10 sig i umiddelbar begejstring over bebyggelsen, mens 1 beboer er lige så utilfreds.

KAB.s afdeling på Bellahøj

4 blokke – 10 elevatorer – 226 lejligheder – 45 besvarelser.
12 beboere havde på forhånd ønsket at bo højt, mens 32 var kommet til at bo på Bellahøj mere eller mindre tilfældigt.
35 var glade for at bo så højt, – 2 var utilfredse og 8 ligeglade.
Af fordelene fremhævedes også her *udsigten* af ikke mindre end 40 beboere, – 1 beboer, der bor på 1. sal, udtalte til gengæld, at udsigten ikke var særlig god.
19 beboere betragtede elevatoren som en fordel, deraf dog nogle med tilføjelsen, at den var nødvendig.
16 beboere var glade for den store afstand til genbo – 7 beboere mener til gengæld, at afstanden til genbo her på Bellahøj er for lille.
5 beboere fremhævede, at her var støjen fra gaden mindre, end de tidligere var vant til. 6 beboere nævner, at der er mere luft og lys, – 2 beboere, at luften er særlig ren og støvfri – 1 at højden virkede „psykologisk opløftende", – 1 at den høje bebyggelse gjorde lejligheden tør og lun.
Af mangler fremhævedes også her: *blæsten* som langt den største gene. 23 beboere beklagede sig over blæsten under een eller anden form, navnlig træk mellem vinduer og murfals, – 1 beboer hævdede, at trækken var så voldsom, „så han må sidde i den inderste krog af stuen, når vinden står på".
Et par beboere nævner, at det – når vinden står på badeværelset – ikke er muligt at tage bad, da det er alt for koldt. Nogle fremhævede, at blæsten ikke generer på anden måde end ved den lyd, den fremkalder. 5 beboere beklagede sig over sluserne: træk, sne og lign.
4 i denne bebyggelse beklagede sig over elevatorstøj.
Gener ved røg syntes her ikke at forekomme.
I denne bebyggelse, som er betydelig mindre børnerig end „Søndermarken", idet der kun er 28 børn i de 45 lejligheder er beklagelserne over børns leg med elevator meget sjældne.
1 beboer klager over, at elevatoren var ude af drift.
Også her syntes aldersgrænsen mellem de børn, der kan benytte, og de, der ikke kan benytte elevatoren, at ligge på ca. 4 år. Der er 16 børn fra $3^1/_2$ år og opefter, der kan bruge elevatoren, og der er 12 børn op til 5 år, der ikke kan bruge elevatoren.
1 barn på 6 år kan bruge elevatoren, men får ikke lov af sine forældre.
Beklagelserne over manglende kontakt med børnene er i denne bebyggelse hvor der er relativt få børn, betydelig mindre (muligvis ligger legepladsen også bedre).
Der er kun 3, der klager over manglende kontakt.

Socialt Boligbyggeri afdl. Bellahøj

3 blokke – 7 elevatorer – 139 lejligheder – 35 besvarelser.
Besvarelserne er væsentligst indkommet fra dem, der bor i de øvre etager
Af de 35 familier har de 8 på forhånd udtrykt ønske om at bo i højhus. 22 familier er ved en tilfældighed kommet til at bo i højhus, og 5 udtrykker, at de nærmest var lige glade.
22 beboere er glade for at bo i højhus, – 1 er utilfreds, og 7 er ligeglade.
Af fordelene fremhæves også her *udsigten* som den væsentligste, idet 26 af disse 35 er glade for udsigten, – 1 beboer vil dog foretrække udsigt til „træer, gade eller vej".
15 beboere fremhæver den store afstand til genbo, mens 1 mener, at bebyggelsen tværtimod ligger alt for tæt.
11 er glade for lys og sol – uden dog at fremhæve, om dette er en forskel fra en lavere bebyggelse. 4 udtrykker glæde over at være isoleret, dels på grund af bebyggelsens form, dels på grund af trappens placering.
7 mener at kunne konstatere mindre støj udefra, – 6 fremhæver, at luften er ren, og at der er mindre støv.
12 er glade for elevator. 1 beboer fremhæver, at hans svigermor har elevatorskræk – uden dog at angive, om dette var en fordel eller ulempe. 1 fremhæver, at elevatoren var en fordel, selvom man kun boede på 1. sal, fordi den aflastede trappen også til de lavere lejligheder.
Af mangler er der ikke mindre end 13 beboere, der beklager sig over blæst, træk fra vinduer, træk på altan, kolde ydervægge i blæsevejr.
2 familier mangler kontakt med de legende børn.
Der er 17 børn fra 5 år og opefter (til 21 år), der kan benytte elevator, og 6 børn på indtil 4 år, der ikke kan benytte elevatoren.
2 skriver, at de har forbudt deres børn at benytte elevatoren af hensyn til andre beboere, og for at de ikke skal sidde fast.
Ikke mindre end 3 beboere beklager sig over, at elevatoren tit er standset.
1 beboer beklager sig over, at højhusene åbenbart er så stor en seværdighed, så der – navnlig om søndagen – er en invasion af nysgerrige til stor gene for beboerne.

BIANCO LUNO A/S, KBH.

ANDRE SKANDINAVISKE PUBLIKATIONER

Publications from Building Research Institutes in other Scandinavian countries.

De nordiske landes byggeforskningsorganer søger gennem et samarbejde at koordinere deres bestræbelser, og publikationer fra det ene land kan således ofte have værdi i det andet. Efter fælles aftale bringes her en liste over publikationer indenfor byggeforskningsområdet fra andre skandinaviske lande. De vil normalt kunne fås gennem boghandelen.

Udgivet af: STATENS TEKNISKA FORSKNINGSANSTALT, Helsingfors.

Published by: The State Institute for Technical Research, Helsingfors, Finland.

Publikationer (Publications)

No. 1: *Tuomola, Tuomas.* Über die Holztrocknung mit besonderer Berücksichtigung der Beziehungen zwischen der Trocknungsgeschwindigkeit des finnischen Kiefernholzes und den darauf einwirkenden verschiedenen Faktoren. 1943. 160 p. FMk 200:—.

No. 2: *Kantola, Martti.* X-ray Studies on Solid Solutions of KCl and KBr. 1947. 8 p. FMk 50:—.

No. 3: *Kantola, Martti.* X-ray Studies on the Thermal Expansion of Solid Solutions of KCl and KBr. 1947. 12 p. FMk 60:—.

No. 4: *Ryti, Henrik.* Über den Einfluss der exzentrischen Anlenkung der Pleuelstangen in Verbrennungsmotoren. 1948. 114 p. FMk 500:—.

No. 5: *Vainio, Martti T.* Über den horizontalen Kurvenflug. 1948. 84 p. FMk 500:—.

No. 6: *Wuolijoki, Jaakko R.* On Determination of Elastic Constants from Natural Frequencies of Bending Vibration. 1948. 9 p. FMk 60:—.

No. 7: *Gripenberg, Ole.* Byggnadsekonomi. (English summary: Building Economy). 1948. 271 p. FMk 650:—.

No. 8: *Asanti, P.* Über die thermischen Eigenschaften der Kobaltverbindungen und ihr Auftreten in Schlacken. 1948. 84 p. FMk 500:—.

No. 9: *Kivimaa, Eero & Murto, Jaakko O.* Investigations on Factors Affecting the Chipping of Pulp Wood. 1949. 25 p. FMk 120:—.

No. 11: *Aspiala, Tapani.* Teoretiska studier över byggnadsstommens anskaffningskostnader. (Under tryckning — in press).

No. 12: *Tikkanen, Martti.* Beitrag zur Theorie der Wasserstoffreduktion des Magnetits. 1949. 92 p. FMk 500:—.

No. 14: *Virtala, Voitto, Oksanen, S.* och *Frilund, F.* Om självantändlighet, dess bestämming och förekomst. (English summary: On Spontaneous Ignition and its Occurrence, Methods for the Determination of the Tendency to Spontaneous Ignition). 1949. 52 p. FMk 250:—.

No. 18: *Kivimaa, Eero.* Cutting Force in Woodworking. 1950. 101 p. FMk 600:—.

No. 19: *Kuuskoski, Viljo.* Über die Haftung zwischen Beton und Stahl. Experimentelle Untersuchung über den Einfluss der äusseren Belastung auf den Betrag der Spannungen in einbetonierten Stahleinlagen sowie auf die Ausbildung der Haftspannungen an der Berührungsfläche von Beton und Stahleinlage. 1951. 203 p. FMk 900:—.

No. 20: *Vuolijoki, Jaakko R.* Zur Schwingungstheorie des Kragbalkens unter besonderer Berücksichtigung des Schubmoduls. (English summary: Vibration Theory of Cantilever Beams with Regard to Shearing Modulus). 1950. 10 p. FMk 75:—.

No. 21: *Suolahti, Osmo.* Über eine das Wachstum von Fäulnispilzen beschleunigende chemische Fernwirkung von Holz. (English summary: Studies on Volatile, Wood-Borne Substance Promoting the Growth of Wood-Rotting Fungi). 1951. 95 p. FMk 600:—.

No. 23: *Jarle, Per-Olov.* Till frågan om bedömning av hyreslägenheternas värde. (English summary: A Thesis on the Valuation of Apartments). 1951. 214 p. FMk 1000:—.

No. 24: *Helenelund, K. V.* Markstabilitet och markgenombrott med speciell hänsyn till järnvägsbankar i Finland. (English summary: Stability and Failure of the Subsoil with Special Reference to Railway Embankments in Finland). 1953. 148 p.

Meddelanden (Reports)

No. 31: *Blomberg, Hans.* Krypgalvanometern. (Fluxmetern). 1946. 45 p. FMk 100:—.

No. 34: *Wegelius, E.* Metallteknisk forskning, dess möjligheter och uppgifter. 1946. 22 p. FMk 50:—.

No. 37: *Virtala, Voitto.* Om plåtbeslagna branddörrar av trä. 1947. 10 p. FMk 50:—.

No. 48: *Paavola, Martti, Laurinmäki, Erkki & Simola, Osmo.* Undersökningar av isolerade ledningars uppvärmning. 1947. 24 p. FMk 50:—.

No. 64: *Blomberg, Hans.* En permeameter för mätning av magnetiseringskurvan för järnprov vid höga magnetiska fluxtätheter. 1948. 28 p. FMk 75:—.

No. 75: *Sundgren, Albert.* Undersökningar beträffande torvextraktion och framställning av vax- och hartsämnen ur det erhållna torvbitumenet. (English summary). 1949. 32 p. FMk 75:—.

No. 76: *Wegelius, E.* Teknisk forskning i Finland, dess betydelse och möjligheter. 1949. 16 p. FMk 50:—.

No. 82: *Sundgrén, A. & Rauhala, Veikko T.* Preliminary Note on Fatty Acids. 1949. 11 p. FMk 50:—.

No. 89: *Gripenberg, O. & Jarle, P-O.* Ekonomi och byggnadsverksamhet. Uppsatser I. (English summary: Economy and Building Activities. Articles I). 1950. 50 p. FMk 80:—.

No. 90: *Rahtú, H.* Byggnadsforskningen och den byggnadstekniska utvecklingen i Finland. (English summary: On Building Research and the Development of Building Technics in Finland). 1950. 14 p. FMk 50:—.

No. 92: *Sundgren, A.* Om teknisk forskning i U. S. A. 1950. 27 p. FMk 50:—.

No. 96: *Ant-Wuorinen, Olli.* Determination of Carboxyl Groups in Cellulose. 1951. 68 p. FMk 150:—.

No. 97: *Wegelius, Edvard.* Den tekniska forskningens organisation i England. 1951. 15 p. FMk 50:—.

No. 105: *Jarle, P.-O.* Värdet av en lägenhet — och kostnaderna för densamma. 1952. 14 p.

No. 110: *Wegelius, Edvard.* Tillämpad forskning i U.S.A. Dess organisation och arbetsmetoder. (English summary: Applied Research in the U.S.A. Its Organization and Methods of Work). 1953. 37 p.

No. 111: *Lauritzen, V., Birkeland, Ö., Jacobsson, M. och Rahtu, H.* 4. Nordiska Byggnadsforskarmötet i Helsingfors den 29—31. 8. 1952. Föredrag. (English summary: 4th Building Research Conference of the Nothern Countries held in Helsinki from 29th to 31st August, 1952. Papers.) 1953. 36 p.

No. 112: *Virtala V. och Tuomola, T.* 4. Nordiska Byggnadsforskarmötet i Helsingfors den 29—31. 8. 1952 — Rapporter. (English summary: 4th Building Research Conference of the Northern Countries held in Helsinki from 29th to 31st August, 1952. Reports). 1953. 28 p.

No. 114: *Jarle, P.-O.* Rakennusalan taloudelliset käsitteet. 1953. 37 p.

No. 117: *Virtala, V. och Vainio, T.* Toinen poistumistie ja rakenteiden palonkestävyys rakentellisen palosuojelun peruskysymyksinä. (English summary: Second exit and the fire-resistance of structures as fundamental problems of structural fire protection). 1953. 40 p.

No. 123. *Gripenberg, O.* Kasvihuoneiden mitoituksesta aiheutuvat kustannusvaihtelut. (Svensk och tysk sammanfattning: Växthusens kostnader som funktion av form och storlek. Gewächshauskosten als Funktion von Grösse und Form). 1953. 70 p.

No. 124: *Tuomola, T.* Rakennuspaperien ja -levyjen käytöstä sekä puuseinien rappauksesta. (English summary: On the use of building papers and boards and the rendering of timber walls). 1953. 59 p.

No. 130. *Rahtu, H.* Katsaus rakennustutkimuksemme viimeaikaisiin saavutuksiin. 1954. 11 p.

Udgivet af: NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT, Oslo.

Published by: The Norwegian Building Research Institute, Oslo, Norway.

Rapporter (Reports)

No. 1: *Watzinger, A.* Varmeledningstall for byggematerialer. (Heat Conduction Coefficients for Building Materials. — With an English summary). Oslo 1950. 38 p. N. kr. 5.20.

No. 2: *Andersen, Aksel* og *Granum, Hans.* Forsøk med tømmerforbinderne Alligator, Bulldog, Rox og »Stjerne«. (Tests of Alligator, Bulldog, Rox and "Stjerne" Timber Connectors. — With an English summary). Oslo 1951. 59 p. N. kr. 5.20.

No. 3: *Granum, Hans.* Yttervegger for småhus. (Exterior Walls in Small Houses. — With an English summary). Oslo 1951. 42 p. N. kr. 7.30.

No. 4: *Prestrud, Kristian K.* Massive tak. (Compact Roofs. — With an English summary). Oslo 1951. 32 p. N. kr. 8.—.

No. 5: *Bakke, Hans Anton.* Brannforsøk med vegger og bjelkelag av tre. (Fire Testing of Walls and Joists in Wood Construction. — With an English summary). Oslo 1953. 50 p. N. kr. 10.—.

No. 6: *Hagen, Hallvard.* Varmeforbruk i boliger. (Heat Consumption in Dwellings. — With an English summary). Oslo 1953. 38 p. N. kr. 7.50.

No. 7: *Granum, Hans, Svendsen, Sven D. og Tveit, Annanias.* Lette treveggers vindtetthet. (Air-Tightness of Modern Frame Walls. — With an English summary). Oslo 1954. 71 p. N. kr. 13.—.

No. 8: *Tveit, Annanias.* En metode til måling av varmegjennomgangstall for vegger og bjelkelag. (A Method for Measuring the Coefficient of Thermal Conductivity for Walls and Floors. — With an English summary). Oslo 1953. 22 p. N. kr. 5.—.

No. 9: *Tveit, Annanias.* Vanndampdiffusjonstall for papp og trefiberplater. (Coefficient of Vapour Diffusion for Building Papers, Roofing Felts and Fibre Building Boards. — With an English summary). Oslo 1954. 14 p. N. kr. 5.—.

No. 10: *Schjødt, Rolf.* Montasjedekker. (Prefabricated Floor Systems. — With an English summary). Oslo 1954. 22 p. N. kr. 5.—.

No. 11: *Lundby, Sven Erik.* Småhus med og uten kjeller på jordtomt. (One-family houses, with and without basements, on sites without bedrock. — With an English summary). Oslo 1954. 36 p. N. kr. 7.50.

No. 14: *Hagen, Hallvard.* Oppdriftsventilasjon. (Natural ventilation). Oslo 1954. 10 p. N. kr. 5.—.

Anvisninger (Directions)

No. 1: *Granum, Hans og Lundby, Sven Erik.* Trehus i dag. (Modern Frame Houses). Oslo 1952. 152 p. N. kr. 15.— (heftet N. kr. 12.—).

No. 2: *Schjødt, Rolf.* Forskaling. (Formwork. — With an English summary). Oslo 1951. 40 p. N. kr. 4.—.

No. 3: *Svendsen, S. D.* Puss i norsk klima. (Plaster in Norwegian Climate. — With an English summary). Oslo 1954. 152 p. N. kr. 16.—. (hf. N. kr. 13.—).

Særtrykk (Reprints)

No. 1: *Schjødt, Rolf.* Betongs sidetrykk mot forskaling. (The Pressure of Fresh Concrete Against Forms. — With an English summary). Oslo 1951. 4 p. (Utsolgt. — Out of print).

No. 2: *Schjødt, Rolf.* Dimensjonering av takstoler. (Design of a Roof Truss. — With an English summary). Oslo 1951. 4 p. (Utsolgt — Out of print).

No. 3: *Granum, Hans.* Trebjelkelag for småhus. (Wooden Floors for Small Houses. — With an English summary). Oslo 1951. 9 p. N. kr. 1.—.

No. 4: *Granum, Hans og Birkeland, Øivind.* Bygningsindustriens ønsker med hensyn til dimensjoner og lengder for trelast til trehusbyggingen. (Timber Sizes and Lengths Required for Modern House Construction). Oslo 1952. 8 p. N. kr. 1.50.

No. 5: Energiforbruket til husoppvarming i Norge. (Fuel Consumption for Domestic Heating in Norway. — With an English summary). Oslo 1952. 6 p. N. kr. 1.50.

No. 6: Jordhus. (Earth Houses). Oslo 1952. 11 p. N. kr. 2.—.

No. 7: *Granum, Hans og Geirbo, Einar.* Vinduers tilpassing til bindingsverkets modulsystem i trehus. (The Economic Advantage of Windows Suitable for the Modular System of Framework in Wooden Houses. — With an English summary). Oslo 1953. 3 p. N. kr. 1.—.

No. 8: *Tveit, A.* Måling av varmegjennomgangstall for vegger og bjelkelag i trehus ved hjelp av termoelektriske varmestrømsmålere. (Measuring Thermal Conductivity in Walls and Flooring of Frame Houses, Utilizing Thermo-Electric Heat Flow Gauges. — With an English summary). Oslo 1953. 6 p. N. kr. 1.50.

No. 9: *Lundby, Sven Erik.* Kjellerløse hus. (Basementless Houses. — With an English summary). Oslo 1953. 13 p. N. kr. 2.—.

No. 10: *Granum, Hans.* Lette treveggers vindtetthet. (Air-Tightness of Modern Frame Walls. — With an English summary). Oslo 1954. 8 p. N. kr. 1.50.

No. 11: *Reymert, Jan F.* Produktiviteten i bygningsindustrien. (Productivity in the Building Industry. — With an English summary). Oslo 1954. 9 p. N. kr. 1.50.

No. 12: *Lundby, Sven Erik.* Tre glass i vinduer. (Three-Pane Windows. — With an English summary). Oslo 1954. 4 p. N. kr. 1.—.

No. 13: *Birkeland, Øivind.* Lettbetong. (Lightweight Concrete. — With an English summary). Oslo 1954. 7 p. N. kr. 1.50.

No. 14: *Granum, Hans.* Spiker — Vårt viktigste festemiddel i trebygg. (Nails: Our most Important Timber Connector. — With an English summary). Oslo 1954. 6 p. N. kr. 2.—.

No. 15: *Granum, Hans.* Spikerlimte trekonstruksjoner. (Nail-glued constructions. — With an English summary). Oslo 1954. 12 p. N. kr. 2.—.

Udgivet af: STATENS NÄMND FÖR BYGGNADSFORSKNING, Stockholm.

Published by: The Swedish State Committee for Building Research, Stockholm, Sweden.

Meddelanden (Bulletins)

No. 1: *Tengvik, Nils.* Byggnadsforskningen i Sverige. En sammanställning. (Building Research in Sweden. A Summary.) Stockholm 1945. 234 p. Sv. kr. 3:—.

No. 2: *Friberger, Erik.* Mekaniserad bostadsproduktion. En- och tvåvåningshus. (Mechanized Production of Standardized Building Units for One and Two Storied Houses.) Stockholm 1945. 51 p. (Utgången. — Out of print.)

No. 3: *Nylander, Henrik.* Vridning och vridningsinspänning vid betongkonstruktioner. (Torsion and Torsional Restraint in Concrete Structures.) Stockholm 1945. 138 p. (Utgången. — Out of print.)

No. 4: *Dickson, Harald.* Byggnadskostnader och byggnadsmaterialmarknader. Studier rörande utvecklingen i Sverige. (Building Costs and Building Material Markets. Study of Development in Sweden.) Stockholm 1946. 80 p. Sv. kr. 3:—.

No. 5: *Jacobsson, Mejse.* Byggnadsmaterialens transporter. Studier av metoder och kostnader. (Transport of Building Materials. Study of Methods and Costs.) Stockholm 1946. 153 p. Sv. kr. 4:—.

No. 6: *Nycander, Per.* Värmeisolering och kondensering hos fönster. Inverkan av glasavstånd och ventilation mellan glasen. (Heat Transmission and Condensation of Double Windows. Dependence of the Distance between the Panes and the Ventilation between them.) Stockholm 1946. 29 p. (Utgången. Se även *Övriga publicerade arbeten.* — Out of print. See also *Other Works Published.*)

No. 7: *Ludvigson, Birger.* Beräkning av ramar och bågar enligt primärmomentmetoden. (Analysis of Frames and Arches by the Method of Primary Moments.) Stockholm 1946. 112 p. (Utgången. — Out of print.)

No. 8: *Wästlund, Georg* and *Bergman, Sten G. A.* Buckling of Webs in Deep Steel I Girders. Stockholm 1947. 206 p. Sv. kr. 6:—.

No. 9: *Brüel, Per.* Akustiska mätmetoder. (Methods of Acoustical Measurement.) Stockholm 1947. 22 p. Sv. kr. 3:—.

No. 10: *Schütz, Fredrik.* Isoleringsförmåga hos asfalt mot fukt, vattentryck och vattenånga. (Properties of Asphalt Insulation from Moisture, Water Pressure and Water Vapour.) Stockholm 1947. 93 p. Sv. kr. 5:—.

No. 11: *Danielsson, Hilmer J.* och *Jacobsson, Mejse.* Byggnadssätt och byggnadskostnader i Stockholm 1883—1939. (Building Methods and Building Costs in Stockholm 1883—1939.) Stockholm 1948. 100 p. Sv. kr. 5:—.

No. 12: *Reinius, Erling.* The Stability of the Upstream Slope of Earth Dams. Stockholm 1948. 107 p. Sv. kr. 6:—.

No. 13: *Jacobsson, Mejse.* Arbetsvirke till bostadshus av sten. (Timber for Temporary Use when Building Dwelling Houses of Brick or Concrete.) Stockholm 1949. 115 p. Sv. kr. 5:—.

No. 14: *Rosenström, Sten.* Svensk husbyggnadsteknisk litteratur. Sammandrag från åren 1944-48. Stockholm 1949. 148 p. Sv. kr. 3.

No. 15: *Rydberg, John* och *Arnell, Åke.* Ventilationens storlek i bostäder. (The Rate of Ventilation in Dwellings.) Stockholm 1949. 82 p. Sv. kr. 5:—.

No. 16: *Andersson, Börje* och *Nylén, Paul.* Färger för målning av trä utomhus. (Exterior House Paints.) Stockholm 1950. 87 p. Sv. kr. 5:—.

No. 17: *Jacobsson, Mejse.* Arbetsteknik vid egentliga byggnadsarbeten för bostadshus. (Organization and Working Methods in Dwelling House Construction.) Stockholm 1950. 243 p. Sv. kr. 7:—.

No. 18: *Kreuger, Harry.* Byggnadsteknisk ljusekonomi. (Economics of Interior Lighting with Special Reference to Building Constructions.) Stockholm 1950. 113 p. Sv. kr. 5:—.

No. 19: *Bergström, Sven G.* Om brobågars stabilitet i vertikalplanet. (On Vertical Stability of Bridge Arches.) Stockholm 1951. 191 p. Sv. kr. 9:—.

No. 20: *Tengvik, Nils.* Byggnadsmaterial från jord- och stenindustrien. Produktion, kvalitet, distribution och prissättning. (Building Materials from the Clay and Stone Industry. Production, Quality, Distribution, and Pricing.) Stockholm 1952. 61 p. Sv. kr. 4:—.

No. 21: *Larsson, Göran* och *Wästlund, Georg.* Plywood som konstruktionsmaterial. (Plywood as a Material in Constructional Design.) Stockholm 1953. 120 p. Sv. kr. 7:—.

No. 22: *Johnson, Arne I.* Strength, Safety and Economical Dimensions of Structures. Stockholm 1953. 168 p. Sv. kr. 10:—.

No. 23: *Ahrbom, Nils.* Radhuset. Dess planläggning och ekonomi. (Terrace Houses. Their Planning and Economy.) Stockholm 1953. 227 p. Sv. kr. 10:—.

No. 24: *Bildmark, Knut.* Underhållskostnader för hyresfastigheter i Stockholm. (Maintenance Costs for Appartment Houses in Stockholm). Stockholm 1954. 288 p. Sv. kr. 10:—.

No. 25: *Pleijel, Gunnar.* The Computation of natural Radiation in Architecture and Town Planning. Stockholm 1954. 155 p. Sv. kr. 7:—.

Broschyrer (Pamphlets)

No. 1: Fönster, dimensionering för dagsljus. (Windows — as regards daylight dimensioning.) Stockholm 1951. 8 p. Sv. kr. 1:—.

No. 2: Väggformar för bostadshus. (Wall Forms for Dwelling-Houses.) Stockholm 1951. 20 p. (Utgången. — Out of print.)

No. 3: Asfalt, enkla fuktisoleringar. (Asphalt and Moisture Insulations.) Stockholm 1952. 16 p. Sv. kr. 1:—.

No. 4: Ljudisolering. (Sound Insulation.) Stockholm 1952. 20 p. Sv. kr. 1:50.

No. 5: Vinterbygge. (Winter Construction.) Stockholm 1952. 32 p. Sv. kr. 2:—.

No. 6: Hissar och kranar till husbyggen. Stockholm 1953. 32 p. Sv. kr. 2:—.

No. 7: Papptak — klistrade dubbeltäckningar. Stockholm 1954. Sv. kr. 2:—.

Rapporter (Reports)

No. 1: *Gemmel, Christer* och *Tengvik, Nils.* Om kondensation och annan fuktbildning i byggnader. (Condensation and Other Forms of Dampness in Buildings.) Stockholm 1944. 14 p. (Utgången. — Out of print.)

No. 2: *Gemmel, Christer.* Fabrikstillverkade byggnader och byggnadselement. Litteraturförteckning. (Prefabricated Buildings and Building Units. Bibliography.) Stockholm 1944. 10 p. (Utgången. — Out of print.)

No. 3: *Norrefeldt, Eric.* Tyska normer och tysk forskning rörande spikförband. (Nailed Joint Specifications and Research in Germany.) Stockholm 1945. 40 p. (Utgången. — Out of print.)

No. 4: *Ingelstam, Erik.* Möjligheterna för grundundersökningar medelst ekolodning. En teoretisk utredning. (Possibilities of Soil Examination by Echo Sounding.) Stockholm 1945. 13 p. (Utgången. — Out of print.)

No. 5: Fuktproblem inom byggnadstekniken. Diskussionsinlägg vid en konferens den 23 april 1945. (Discussion of Dampness Problems in Building Construction.) 47 p. (Utgången. — Out of print.)

No. 6: Om vilotryck vid jordtrycksberäkningar. Diskussionsinlägg vid en konferens den 28 maj 1945. (Discussion of Static Pressure in Calculations of Soil Pressure.) 19 p. Sv. kr. 3:—.

No. 7: *Karlén, Ingvar.* Byggnadsindustriens rationalisering. En litteraturförteckning. (Rationalization in Building Industry. Bibliography.) Stockholm 1945. 112 p. Sv. kr. 6:—.

No. 8: *Ronge, Hans.* Fysiologiska och tekniska frågor vid artificiell belysning. En orientering med litteraturförteckning. (Physiological and Engineering Problems of Artificial Illumination. Guidance with References and Abstracts.) Stockholm 1945. 46 p. Sv. kr. 3:—.

No. 9: *Ahlberg, Carl-Fredrik.* Bostadens funktioner och utformning. Förberedande studier samt förslag till forskningsprogram. (Design and Function of Dwellings. Introductory Studies and Tentative Research Programme.) Stockholm 1945. 67 p. (Utgången. — Out of print.)

No. 10: *Pleijel, Gunnar* och *Lindqvist, Nils.* Dagsljus. En orientering med litteraturförteckning. (Daylight. Summary with References and Abstracts.) Stockholm 1947. 67 p. (Utgången. — Out of print.)

No. 11: *Bjursten, Göran.* Normer och forskning i USA rörande spikförband. (Nailed Joint Specifications and Research in USA.) Stockholm 1947. 41 p. Sv. kr. 3:—.

No. 12: *Ingelstam, Erik* och *Walderyd, Karl-Erik.* Studier rörande läverkan. Modellförsök avseende olika bebyggelse. (Studies of Leeside Effect. Model Tests.) Stockholm 1947. 13 p. Sv. kr. 3:—.

No. 13: *Pleijel, Gunnar* och *Lindqvist, Nils.* Dagsljuslitteratur. Komplement till rapport nr. 10. (Daylight Bibliography. Supplement to Report No. 10.) Stockholm 1947. 85 p. (Utgången. — Out of print.)

No. 14: *Odenstad, Sten.* Belastningsförsök på lera. Praktiska och teoretiska undersökningar. (Loading Tests on Clay.) Stockholm 1947. 17 p. Sv. kr. 3:—.

No. 15: *Haag, Sture.* Byggnadsindustrins rationalisering. En orientering. (Rationalization in Building Industry. A Summary). Stockholm 1948. 32 p. Sv. kr. 3:—.

No. 16: Det plana takets problem. Diskussionsinlägg vid en konferens den 22 november 1948 samt en litteraturinventering av *Olle Gewalt* och *Gösta Lundin.* (Flat Roof Problems. Discussion and Bibliography.) Stockholm 1949. 90 p. (Utgången. — Out of print.)

No. 17: *Pleijel, Gunnar.* Daylight Investigation. Description of Test Set-Up and Results of Selected Test Series. Stockholm 1949. 67 p. Sv. kr. 3:—.

No. 18: *Forbat, Fred.* Utvecklingsprognos för en medelstor stad. En studie över näringsliv, befolkning och bostäder i Skövde. (A Prognosis for the Development of an Average Sized Town. A Study of the Economic Life, Population and Housing in Skövde.) Stockholm 1949. 94 p. Sv. kr. 6:—.

No. 19: *Jacobsson, Mejse* och *Bjursten, Göran.* Arbetstider vid valvformar av trä. (Working Times on Timber Formwork for Concrete Slabs.) Stockholm 1949. 23 p. Sv. kr. 3:—.

No. 20: *Granholm, Hjalmar* och *Saretok, Vitold.* Dielektrisk högfrekvensuppvärmning. (High Frequency Dielectric Heating.) Stockholm 1950. 77 p. Sv. kr. 3:—.

No. 21: Produktionsteknisk forskning i Norden. Föredrag vid Nordiskt Byggnadsforskningsmöte II i Stockholm 1950. (Research on Building Economy and Production Technique in Denmark, Finland, Norway and Sweden.) Stockholm 1950. 65 p. Sv. kr. 3:—.

No. 22: *Blomgren, Boris.* Golvlitteratur. Hänvisningar med korta referat. (Bibliography on Flooring. References with Brief Abstracts.) Stockholm 1950. 142 p. Sv. kr. 3:—.

No. 23: *Blomgren, Boris.* Krav på golvbeläggningar. Komplement till rapporten »Golvlitteratur». (Flooring Requirements. Addition to the Report "Bibliography on Flooring".) Stockholm 1951. 42 + 5 p. Sv. kr. 3:—.

No. 24: Utvändig målning av trä. Diskussionsinlägg vid en konferens den 26. februari 1951. (Exterior Painting of Wood. A Discussion.) Stockholm 1951. 71 p. Sv. kr. 3:—.

No. 25: Building Research in Sweden. A brief survey by the Swedish State Committee for Building Research. (En kort sammanfattning, utgiven av Statens kommitté för byggnadsforskning.) Stockholm 1952. 41 p. Sv. kr. 3:—.

No. 26: *Ericsson, Hans.* Hus utan källare — grundläggningsmetoder. Stockholm 1954. 30 p.

No. 27: Normalkontoplan för fastighetsförvaltningarnas driftkostnader. Stockholm 1955. 33 p.

Övriga publicerade arbeten (Other Works Published)

Undersökningar helt eller delvis bekostade av Kommittén och publicerade av andra institutioner (Investigations subsidized by the Committee and published by other institutions).

Bergman, Sten G. A. Behaviour of Bucled Rectangular Plates under the Action of Sharing Forces. With Special Reference to Rational Design of Web Plates in Deep Plate I Girders. Stockholm 1948. 167 p. Sv. kr. 10:—.

Bergström, Moje och *Johannesson, Paul.* Utexperimentering av normaltyp för branddörrar. Statens provningsanstalts Meddelande nr. 105. (Tests for Establishing a Standard Type of Fireproof Doors. Bulletin No. 105 of the Swedish Government Testing Institute.) Stockholm 1948. 35 p. Sv. kr. 3:—.

Brüel, Per V. Lydisolationsmålinger i bygninger. Chalmers Tekniska Högskolas Handling nr. 86. (Transaction No. 86 of Chalmers University of Technology.) Göteborg 1949. 191 p. Sv. kr. 12:—.

Eggwertz, Sigge. Theory of Elasticity for Thin Circular Cylindrical Shells. Kungl. Tekniska Högskolans Handling nr. 9. (Transaction No. 9 of the Royal Institute of Technology.) Stockholm 1947. 26 p. Sv. kr. 2:—.

Granholm, Hjalmar. Beräkning av hängbroar. Del I. Chalmers Tekniska Högskolas Handling nr. 22. (Design of Suspension Bridges. Vol. I. Transaction No. 22 of Chalmers University of Technology.) Göteborg 1943. 206 p. Sv. kr. 9:—.

Granholm, Hjalmar. Beräkning av hängbroar. Del II. Chalmers Tekniska Högskolas Handling nr. 46. (Design of Suspension Bridges. Vol. II. Transaction No. 46 of Chalmers University of Technology.) Göteborg 1945. 111 p. Sv. kr. 6:50.

Granholm, Hjalmar. Om sammansatta balkar och pelare med särskild hänsyn till spikade träkonstruktioner. Chalmers Tekniska Högskolas Handling nr. 88. (On Composite Beams and Columns with Particular Regard to Nailed Timber Structures. Transaction No. 88 of Chalmers University of Technology.) Göteborg 1949. 214 p. Sv. kr. 12:—.

Holmqvist, Nils, Jansson, Ingvar och *Saarman, Endel.* Värmeväxlare i djurstallar. Meddelande 23 från Statens forskningsanstalt för lantmannabyggnader. (Heat-Exchangers in Animal Shelters.) Lund 1951. 33 p.

Holmqvist, Nils. Värmepumpuppvärmning av lantbostäder. Ett sätt att utnyttja ladugårdarnas överskottsvärme. Meddelande nr. 22 från Statens forskningsanstalt för lantmannabyggnader. (Heat-Pump Heating of Farm Homes. Bulletin No. 22 of the Swedish State Research Institute for Farm Buildings.) Lund 1951. 28 p.

Jansson, Ingvar. Träbesparing i jordbrukets byggnader. Några byggnadstekniska och byggnadsekonomiska undersökningar. Meddelande nr. 18 från Statens forskningskommitté för lantmannabyggnader. (Wood-saving Recommendations for Farm-Buildings. Bulletin No. 18 of the Swedish State Research Committee for Farm-Buildings.) Lund 1950. 45 p.

Johannesson, Paul. Redogörelse för några utförda provningar av branddörrar. Statens provningsanstalts Meddelande nr. 94. (Account of some Tests of Fire-Doors. Bulletin No. 94 of the Swedish Government Testing Institute.) Stockholm 1944. 19 p. Sv. kr. 1:25.

Johansson, Carl Hugo. Theoretical Investigation of the Effect of Capillary Suction on Transfer of Moisture in Hygroscopic Materials. Kungl. Tekniska Högskolans Handling nr. 20. (Transaction No. 20 of the Royal Institute of Technology.) Stockholm 1948. 16 p. Sv. kr. 2:—.

Lindqvist, Herbert. Fasadbeklädnad av natursten. Meddelande nr. 2 från Stenindustrins Forskningsinstitut. (External Wall Facings of Natural Stone. Bulletin No. 2 of the Swedish Stone Research Institute.) Stockholm 1949. 8 p.

Ludvigson, Birger. Beräkning av ramar och bågar enligt primärmomentmetoden. Chalmers Tekniska Högskolas Handling nr. 57. Göteborg 1947. 112 p. Sv. kr. 6:—.

Möller, Torsten. En ny metod för beräkning av spikförband. Chalmers Tekniska Högskolas Handling nr. 117. (A New Method for Calculating Nailed Wood Joints. Transaction No. 117 of Chalmers University of Technology.) Göteborg 1951. 77 p. Sv. kr. 7:—.

Nielsen, Knud E. C. Investigation of Load Distribution between Reinforced Concrete Slabs and Their Formwork. Preliminary Report. Svenska Forskningsinstitutets för Cement och Betong Meddelande nr. 19. (Bulletin No. 19 of the Swedish Cement and Concrete Research Institute.) Stockholm 1949. 15 p. Sv. kr. 2:50.

Nilsson, Lars B. Temperatures, Strains, and Formation of Cracks in Concrete Dam at Ljusne Strömmar. Report No. 94 of Commission Internationale des Grands Barrages. (Températures, efforts et formation de fissures dans le barrage en béton de Ljusne Strömmar. Rapport No. 94 de la Commission Internationale des Grands Barrages.) Paris 1951. 26 p.

Norén, Bengt. Bultars bärförmåga i enskäriga träförband med särskild hänsyn till underläggsbrickornas storlek. Meddelande nr. 22 B från Svenska Träforskningsinstitutet. (Strength of Bolted Wood Joints, especially the Influence of Washers Size and Stiffnes in Single Shear. Bulletin No. 22 B of the Swedish Forest Products Research Laboratory.) Stockholm 1951. 42 p.

Nycander, Per. Värmeisolering och kondensering hos fönster. Inverkan av glasavstånd och ventilation mellan glasen. Statens provningsanstalts Meddelande nr. 96. (Heat Transmission and Condensation of Double Windows. Dependence on the Distance between the Panes and on the Ventilation between them. Bulletin No. 96 of the Swedish Government Testing Institute.) Stockholm 1946. 29 p. Sv. kr. 2:—.

Ronge, Hans. Ultraviolet Irradiation with Artificial Illumination. A Technical, Physiological and Hygienic Study. (Acta Physiologica Scandinavica. Vol. 15. Suppl. 49.) Stockholm 1948. 192 p. Sv. kr. 12:—.

Tengvik, Nils. Den svenska byggnadsmaterialmarknaden. Produktion, distribution och prissättning av byggnadsmaterial från jord- och stenindustrien. Statens Offentliga Utredningar 1951:35. (The Swedish Building Materials Market. Production, Distribution and Pricing of Products from the Clay and Stone Industry. Official State Investigation No. 1951:35.) Stockholm 1951. 284 p. Sv. kr. 5:50.

Thunell, Bertil och *Elken, Ella.* Värmebehandling av trä för minskning av svällning och krympning. Svenska Träforskningsinstitutets Meddelande nr. 18. (Heat Treatment for Minimizing Wood Swelling and Shrinkage. Bulletin No. 18 of the Swedish Forest Products Research Laboratory.) Stockholm 1948. 23 p.

Wästlund, Georg och *Bergström, Sven G.* Buckling of Compressed Steel Members. Kungl. Tekniska Högskolans Handling nr. 30. (Transaction No. 30 of the Royal Institute of Technology.) Stockholm 1949. 172 p. Sv. kr. 10:—.

Wästlund, Georg och *Eriksson, Anders.* Undersökningar av betongbeläggningars motståndsförmåga mot avnötning samt åtgärder till förhindrande av dammbildning. Svenska Forskningsinstitutets för Cement och Betong Handling nr. 5 (s). (Wear Resistance Tests on Concrete Floors and Methods of Dust Prevention. Proceeding No. 5 (e) of the Swedish Cement and Concrete Research Institute). Stockholm 1945. 53 p. Sv. kr. 5:—.

Örbom, Björn. Högvärdigt stål som armering i betongbalkar. Förankring, skarvning, sprickbildning. Statens provningsanstalts Meddelande nr. 103. (High-Grade Steel as Reinforcement in Concrete Beams. Anchorage, Jointed Bars, Crack Formation. Bulletin No. 103 of the Swedish Government Testing Institute.) Stockholm 1948. 46 p. Sv. kr. 3:—.

Samarbetskommittén för byggnadsfrågor. Bygg AMA 1950. Stockholm 1950. 287 + 67 p. Sv. kr. 9:75.

Statens Geotekniska Institut. Meddelande nr. 2. Redogörelse för Statens Geotekniska Instituts verksamhet under åren 1944—48. Stockholm 1949. 191 p. Sv. kr. 8:—.

Stenindustrins Forskningsinstitut. Meddelande nr. 2. Preliminära anvisningar för fasadbeklädnad av natursten. (The Swedish Stone Research Institute. Bulletin No. 2. Preliminary Directions for External Wall Facings of Natural Stone.) Stockholm 1949. 5 p.