

Montagebyggeri, s. 1 - 226

Henrik Nissen

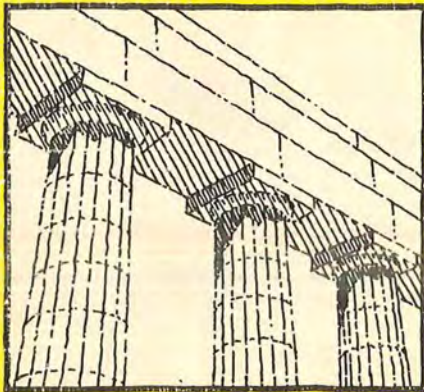
Lærebøger

-

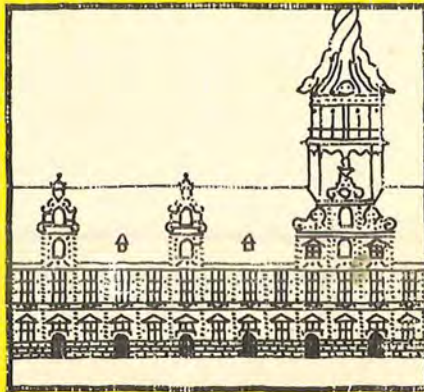
1984

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

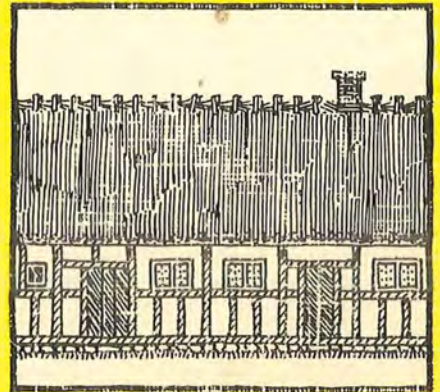
Montagebyggeri



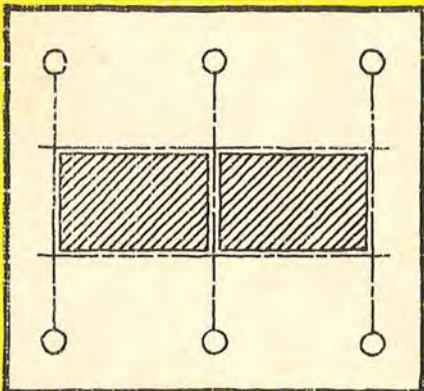
Modul og montagebyggeri er så velkendte i byggeriets historie, at vi møder disse begreber så langt, som vi kan følge arkitekturen tilbage i tiden.



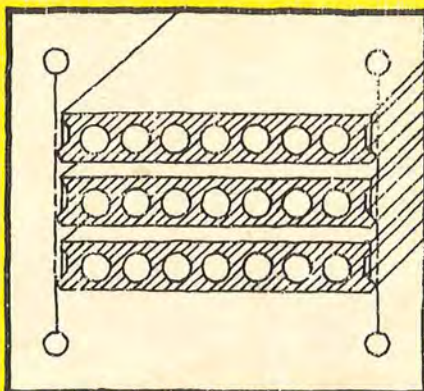
Gennem alle bygningskunstens perioder har færdige elementer og deres målkoordinering været anvendt til at få tingene fra hånden og målene på plads.



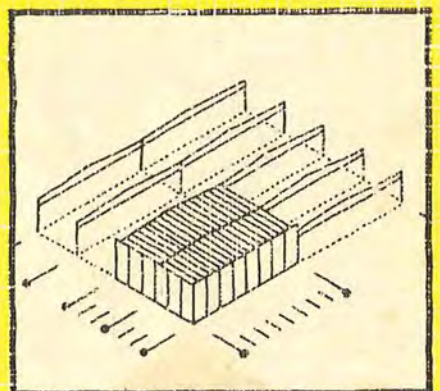
Søjleafstande, tagvidder, spænd og etagehøjder er blevet harmoniserede, undertiden standardiserede for at skabe klarhed og lettelser i byggeriet.



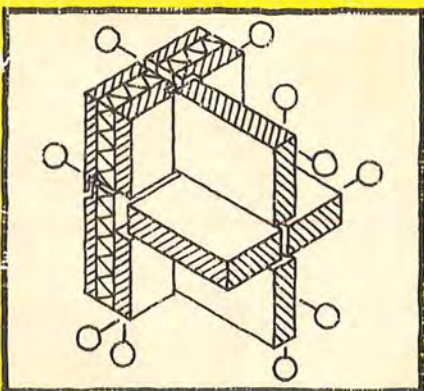
Bygningsdelene målsættes ud fra modulmålene, så de kan komme på plads i den moduprojekterede bygning, ofte helt uden tildannelse på stedet.



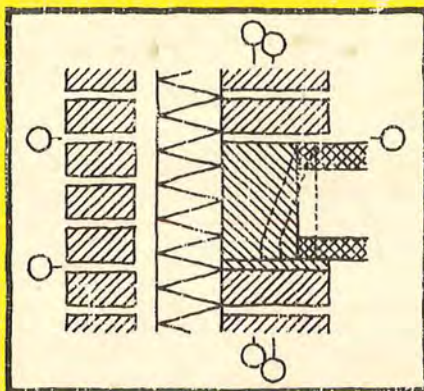
For de større elementer, som ikke kan tildannes på stedet, er måkravene af særlig betydning. De danner grundlaget for montagebyggeriets teknik.



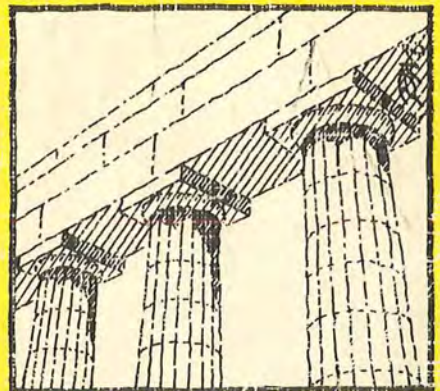
Derfor hører modul og montagebyggeri sammen. De er nøglen til det industrialiserede byggeri, og de virker fremmende på dets kvalitet og produktion.



Det rumlige modulnet styrer sammenbygningen og dermed detaljerne i mange byggetekniske løsninger. Modulnettet bliver et koordinatsystem.



Men samlingsteknikken bestemmes først og fremmest af de bygningsfysiske krav, fx til lyd- og varmeisolerings, altså krav baserede på naturlove.



Derfor er det vellykkede hus det, hvor modulordningen har afklaret bygningsens proportioner og bygningsfysikken sikret konstruktionernes ydeevne.

tilegnet Povl E. Malmstrøm

MONTAGEBYGGERI

MONTAGEBYGGERI

© Henrik Nissen
Sats: JS-sats
Trykt hos J.J. Trykteknik A/S, 1984
ISBN 87-502-0592-7

af ingeniørdocent Henrik Nissen 1984 Polyteknisk Forlag

| | | | | | | | |
|--|-----------------|--|-----------------|---|-----------------|--|-----------------|
| Forord | side 6 | 7. Projektmaterialets tegninger | side 152 | 13. Larsen & Nielsen byggesystemer | side 282 | 19. Systemskoler af stål | side 406 |
| 1. Modul - hvorfor? | side 10 | 7.1 Traditionelle tegninger, 152 | | Modulprojekt, eksempel 6 | | Modulprojekt, eksempel 10 | |
| 1.1 Byggeriets industrialisering, 10 | | 7.2 Procestegninger, 153 | | 13.1 LN organisationen, 282 | | 19.1 Projekteringsforudsætninger, 408 | |
| 1.2 Målkoordinering, 11 | | 7.3 Modultegninger, 155 | | 13.2 Elementfabriken, 284 | | 19.2 Byggeprogram og byggesystem, 410 | |
| 1.3 Standardisering, 18 | | 7.4 Elementtegninger, BEF, 159 | | 13.3 LN bygningskategorier, 287 | | 19.3 Modulplanlægning, 412 | |
| 1.4 Præfabrikering, 20 | | 7.5 Standardtegninger, DS, 161 | | 13.4 LN-BO »Stjernen«, 293 | | 19.4 Elementer og samlinger, 413 | |
| 1.5 Produktivitet, 21 | | 7.6 Tegningssystematik, BPS, 162 | | 13.5 Udenlandske projekter, 304 | | 19.5 Installationer og udstyr, 419 | |
| 1.6 Bygge Lovgivning, 22 | | 7.7 Litteratur, 168 | | 14. Tæt-lav, Terraform | side 312 | 19.6 Litteratur, 420 | |
| 1.7 Byggeeksport, 24 | | 8. Etageboligblok af betonelementer ... | side 170 | Modulprojekt, eksempel 7 | | 20. R & S typekontorhus | side 422 |
| 1.8 Litteratur, 26 | | Modulprojekt, eksempel 1 | | 14.1 Projekteringsforudsætninger, 312 | | Modulprojekt, eksempel 11 | |
| 2. Modulordningens grundlag | side 28 | 8.1 Projekteringsforudsætninger, 170 | | 14.2 Byggeprogram og byggesystem, 315 | | 20.1 Projekteringsforudsætninger, 422 | |
| 2.1 Byggemodul, basismodul, 29 | | 8.2 Byggeprogram og byggesystem, 172 | | 14.3 Modulplanlægning, 317 | | 20.2 Byggeprogram og byggesystem, 424 | |
| 2.2 Modulmål, byggemål og basismål, 30 | | 8.3 Modulplanlægning, 172 | | 14.4 Elementer og samlinger, 318 | | 20.3 Modulplanlægning, 424 | |
| 2.3 Planlægningsmoduler og præferencemål, 32 | | 8.4 Produktionstegninger, 178 | | 14.5 Installationer og udstyr, 326 | | 20.4 Elementer og samlinger, 427 | |
| 2.4 Modulnet og koordinatsystemer, 39 | | 8.5 Alternative ydervægskonstruktioner, 185 | | 14.6 Litteratur, 327 | | 20.5 Installationer og udstyr, 435 | |
| 2.5 Placering af komponenter, 40 | | 8.6 Litteratur, 192 | | 15. Modul- og enfamiliehus | side 330 | 21. H & S typehaller | side 438 |
| 2.6 Modulære rummål, 53 | | 9. Muret etagehus med dækelementer . | side 194 | 15.1 Individuelle huse, gruppe A, 331 | | Modulprojekt, eksempel 12 | |
| 2.7 Tolerancer, 56 | | Modulprojekt, eksempel 2 | | 15.2 Typehuse, gruppe B, 332 | | 21.1 Projekteringsforudsætninger, 441 | |
| 2.8 Litteratur, 64 | | 9.1 Projekteringsforudsætninger, 194 | | 15.3 Moduloversigtstegning, 339 | | 21.2 Byggeprogram og byggesystem, 441 | |
| 3. Modul og standardisering | side 66 | 9.2 Byggeprogram og byggesystem, 194 | | 15.4 Arbejdstegninger, 341 | | 21.3 Modulplanlægning, 444 | |
| 3.1 International standardisering, 67 | | 9.3 Modulplanlægning, 197 | | 16. Teglelementhus | side 346 | 21.4 Elementer og samlinger, 444 | |
| 3.2 Dansk standardisering, 69 | | 9.4 Produktionstegninger, 201 | | Modulprojekt, eksempel 8 | | 21.5 Installationer og udstyr, 452 | |
| 3.3 Henvisning til standard, 70 | | 9.5 Alternative konstruktioner, 209 | | 16.1 Projekteringsforudsætninger, 346 | | | |
| 3.4 Danske modulstandarder, 71 | | 9.6 Litteratur, 210 | | 16.2 Byggeprogram og byggesystem, 348 | | | |
| 3.5 Internationale modulstandarder, 72 | | 10. Muret etagehus med dækelementer . | side 212 | 16.3 Modulplanlægning, 349 | | | |
| 3.6 Litteratur, 74 | | Modulprojekt, eksempel 3 | | 16.4 Elementer og samlinger, 351 | | | |
| 4. Modul og statik | side 76 | 10.1 Projekteringsforudsætninger, 212 | | 16.5 Installationer og udstyr, 360 | | | |
| 4.1 Bygningslovgivningens bestemmelser, 76 | | 10.2 Byggeprogram og byggesystem, 213 | | 17. Institutions- og erhvervsbyggeri | side 362 | | |
| 4.2 Statiske funktionskrav, 79 | | 10.3 Modulplanlægning, 214 | | 17.1 Målkoordinering, 364 | | | |
| 4.3 Bærende hovedsystemer, 83 | | 10.4 Produktionstegninger, 218 | | 17.2 Typisering af systemer, 367 | | | |
| 4.4 Elementer | | 10.5 Flexibilitet i planen, 224 | | 17.3 Brugskrav og planløsninger, 367 | | | |
| 4.5 Kraftoverførende samlinger, herunder træksamlinger, 95 | | 11. Jespersen Systemet | side 228 | 17.4 Litteratur, 369 | | | |
| 4.6 Laboratorieforsøg, 107 | | Modulprojekt, eksempel 4 | | 18. Fynsplanens skoler | side 372 | | |
| 4.7 Generelle detaljer, 114 | | 11.1 Produktionsplanlægning og organisation, 228 | | Modulprojekt, eksempel 9 | | | |
| 4.8 Litteratur, 126 | | 11.2 Projektudviklingen fra 1950'erne til 1980'erne, 232 | | 18.1 Projekteringsforudsætninger og byggeprogram, 372 | | | |
| 5. Installationer | side 130 | 11.3 Elementfabrikken, 240 | | 18.2 Type 1 og 2, 377 | | | |
| 5.1 Målangivelser og installationer, 131 | | 11.4 Vildtbanegård II - Modulprojekt, eksempel 4, 243 | | 18.3 Type 3, 386 | | | |
| 5.2 Installationer og konstruktioner, 132 | | 11.5 Cerdanyola Projekt, Barcelona, 252 | | 18.4 Type 4, 398 | | | |
| 5.3 Typiserede installationsdele, BPS, 135 | | 11.6 Litteratur, 259 | | 18.5 Type 5, 399 | | | |
| 5.4 Installationsunits, 135 | | 12. Terrassehus | side 262 | 18.6 Baghdadskolerne, 400 | | | |
| 5.5 Litteratur, 139 | | Modulprojekt, eksempel 5 | | 18.7 Litteratur, 404 | | | |
| 6. Projekteringsforudsætninger | side 144 | 12.1 Byggeprogram og byggeteknik, 262 | | | | | |
| 6.1 Samfundets behov, 144 | | 12.2 Opklaring af detaljer, 269 | | | | | |
| 6.2 Nye boligtyper, 144 | | | | | | | |
| 6.3 Produktudvikling - åbne og lukkede systemer, 147 | | | | | | | |
| 6.4 Litteratur, 149 | | | | | | | |

De i bogen anvendte standardblade er gengivet med Dansk Standardiseringsråds tilladelse. Eftertryk af disse blade er forbudt. Gældende er kun sidste udgave af de originale DS-blade, der udgives af Dansk Standardiseringsråd.

Eftertryk tilladt, men kun med kildeangivelse: "Henrik Nissen: MONTAGEBYGGERI".

Forord til MONTAGEBYGGERI

I 3 forskellige udgaver og under lidt forskellige titler, men alle med det samme hovedindhold, modul og montagebyggeri, er denne bog nu udkommet i 26.000 eksemplarer, de fleste på dansk, men en stor del udgivet på engelsk og spansk. Dertil kommer et ukendt antal på russisk. Selv om det nu snart er 20 år siden, den første udgave forelå, er det et imponerende oplagstal, og det er derfor en tilsvarende imponerende betydning, disse bøger har haft for forståelsen af modulprincippernes anvendelse i praksis både i Danmark og andre lande, hvor bogen har været anvendt.

Boligministeriet har sammen med byggeriets forskellige parter og enkeltfirmaer gennem årene holdt en række internationale seminarer om dansk industrialiseret boligbyggeri. Ingen forventer, at der tegnes eksportkontrakter dagen efter et sådant seminar er afsluttet, men under alle omstændigheder har disse seminarer haft deres betydning som en baggrund og forløber for firmaernes egne eksportfremstød. I alle disse seminarer, uanset hvor de har været afholdt, har modulprojektering været et centralt emne på programmet.

Ofte er det spørgsmål blevet stillet, hvori forskellen består mellem den danske form for modulprojektering og den, der doceres fra andre lande. Forskellen er let at forklare, men måske ikke altid lige let at forstå. Det centrale ved den måde, hvorpå modulprojektering er praktiseret i Danmark, er, at modulprojektering hele tiden opfattes som et værktøj og ikke et mål i sig selv. Modulprojekteringen må ikke føre til sofistikerede løsninger, der gør vold på almindelig byggeteknisk praksis. At modulprojektering i Danmark har været bakket op gennem bygge Lovgivningen har naturligvis haft en væsentlig betydning for den praktiske anvendelse. Men lige så betydningsfuldt er det, at de bøger, der har dannet grundlag for arkitekters og ingeniørers anvendelse af modulprojektering, har været forfattet af en person med et indgående kendskab til, hvorledes byggeriet er skruet sammen og en

forståelse for, at den sunde fornuft i reglen må gå forud for principperne.

Når byggeriet står som et færdigt slutprodukt, skal modullinierne ikke kunne ses. Men anvendelse af moduler som projekteringsgrundlag har været en helt afgørende forudsætning for udviklingen af byggeriets industrialisering. Den overordnede politik og filosofi, der ligger bag dansk anvendelse af modulprojektering, har også medført, at der ikke er udviklet lige så mange separate byggesystemer, som der er firmaer, men i stedet et nationalt dansk industrialiseret byggeri, en udvikling der har bidraget til, at dansk byggeri har klaret sig så godt i den eksportmæssige konkurrence.

Men er modulprojektering fortsat en nødvendighed for en videre udvikling? Der spores vel i disse år en tilbøjelighed til en modulumæssig ligestilling hos de projekterende og en stor villighed fra producentens side til at levere alt, hvad de projekterende måtte bede om, uanset om der derved sker brud på forudsætningerne for en industriel fremstilling af enkeltdele. I den konkurrence som Byggestyrelsen fornylig har udskrevet om en videreudvikling af dansk industrialiseret boligbyggeri, har vi ment det bydende nødvendigt at fastholde kravet om anvendelse af modulprincipper. Der kan nok være grund til med mellemrum at gøre opmærksom på, at modulprincipperne er til for at bringe orden og system i tingene, ikke for at binde den projekterende i den frie udformning. Modulprojektering er i 1980'erne ikke mindre betydningsfuld, end den var i 60'erne, uanset at det ikke længere er de store masseopgaver, inden for boligbyggeri der skal løses. Måtte denne tredje udgave om montagebyggeri bidrage til en fortsat anvendelse - og en øget forståelse for modulprincippernes grundlæggende betydning for byggeriets videre udvikling.

Marius Kjeldsen
Direktør, arkitekt M.A.A.
Byggestyrelsen

Forord til MONTAGEBYGGERI, 1984-udgaven

Dette er tredje udgave af bogen om det modulprojekterede, danske montagebyggeri. Første udgave, PRAKTISK MODULPROJEKTERING, kom i 1966 som en lærebog til mine studerende ved DIAB og en vejledning til de praktiserende arkitekter og ingeniører, der skulle modulprojektere efter kravene i den første landsbygge Lov.

Anden udgave, MODUL OG MONTAGEBYGGERI, kom i 1970 og var vokset fra 155 til 430 sider, hovedsagelig som følge af en omfattende eksempelsamling med aktuelle byggerier. Denne udgave blev oversat til engelsk i 1972, til spansk i 1976 og til russisk i 1979.

Den engelske og spanske udgave blev grundbog på en række internationale symposier, som blev afholdt mellem danske og udenlandske byggefolk, og i løbet af 1970'erne etableredes et net af kontakter til fremmede landes byggeindustrier.

Så kom energikrisen i 1973; og med den de nye krav til varmeisolering. Byggeeksporten fik en stedse voksende betydning, mens 80'ernes krise ændrede byggeriets hjemlige vilkår radikalt.

Selvom vi i dag stort set eksporterer den byggeteknik, der blev udviklet i 1960'erne og 70'erne, og selvom 80'ernes byggesystemer ligner 70'ernes - bortset fra at isoleringstykkelser er fordoblet - har jeg alligevel fundet det rimeligt at udsende denne tredje udgave, hvor stoffet er søgt åjournført, svarende til de aktuelle krav og de ændringer, der har fundet sted i arkitekturen. Hvis læseren oplever forskellen mellem anden og tredje udgave som begrænset, kan det skyldes, at dansk byggeri allerede fra begyndelsen af 60'erne er blevet projekteret ud fra ydeevnetankgangen - den gang hed det funktionskravene. Dette princip har vist sig at være rigtigt, og konstruktionerne - med ganske få undtagelser - er stadig sunde.

Ved udarbejdelsen af den ny udgave har jeg været i kontakt med et meget stort antal personer, firmaer og institutioner fra dansk byggeindustri. Det vil derfor være uoverkommeligt at nævne dem enkeltvis, og jeg må her nøjes med at udtrykke min store taknemmelighed for den velvilje, jeg har mødt overalt, hvor jeg har henvendt mig.

En særlig tak ønsker jeg dog at bringe til

*Byggeriets Udviklingsråd,
Knud Højgaard's Fond,
K.L.M. Larsen og Hustru, Ester Larsen, og Erik
C. Pedersen og Hustru, Isa Pedersens Hjælpe-
fond,
Tuborgfondet og
Karl Pedersens og Hustrus Industrifond*

for deres økonomiske støtte til bogens udgivelse. Og en varm tak vil jeg give til følgende, som har hjulpet mig utrætteligt i det daglige arbejde -

Grete Hartmann Petersen, som har udført næsten alle bogens tegninger med utrolig akuratesse og kvalitetssans.

Harry Lockhardt, som har udført store dele af konstruktørarbejdet på tegningseksemplerne.

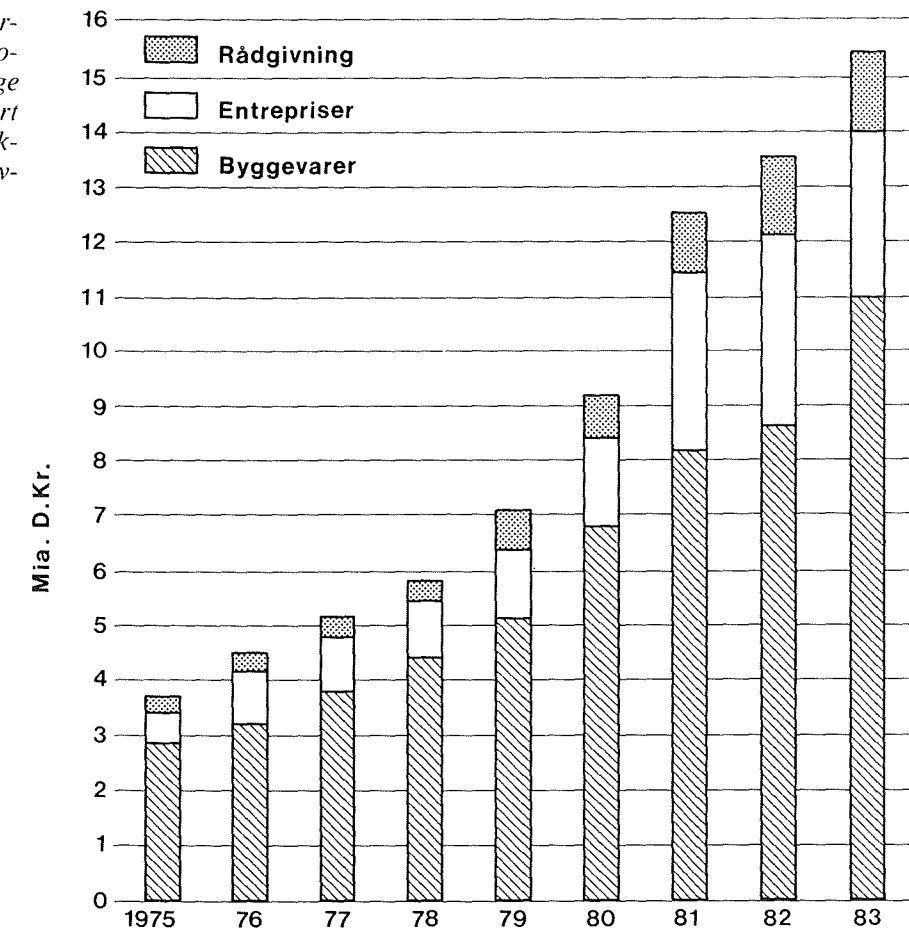
Ina Gad og Lis Jensen, som har renskrevet mit manuskript om og om igen, indtil det var trykkeklart, og

kolleger, administration og venner på DIAB, som har bistået med råd, dåd og tålmodighed.

Med den foreliggende udgave er bogen nu trykt i ialt 26.000 eksemplarer.

Lyngby i maj 1984
Henrik Nissen
Ingeniørdocent i Husbygning, DIAB

Dansk montagebyggeri udvikledes i 1950'erne og 60'erne for at afhjælpe den danske bolig-mangel. Efterhånden som det hjemlige marked mættedes, kom der en byggeeksport i gang. Diagrammet viser de sidste års udvikling, hvor eksporten i 1983 svarer til ca. halvdelen af værdien af landbrugseksporten.



1

1. Modul - hvorfor?

Den industrialiserede verden

Den materielle velstand i den vestlige verden skyldes industrien. Overalt hvor den håndværksmæssige produktion er afløst af industriel masseproduktion, er der sket en mangedobling af produktionskapaciteten og arbejdsprocessernes produktivitet. Hermed er der skabt grundlag for den enorme velstandsstigning, der har fundet sted i industrilandene. Samtidig har den industrielle udvikling præget disse landes kultur- og samfundsforhold på godt og ondt indenfor alle områder af den moderne tilværelse. Industrialiseringen af byggeriet kom relativt sent igang. Det var den store boligmangel efter 2. verdenskrig, der igangsatte den udvikling, som efterhånden førte til byggeriets industrialisering og dermed til den byggeteknik, vi kender idag.

1.1 Byggeriets industrialisering

Boligmangelen og boligforsyningen

Danmark byggede i årene umiddelbart før 2. verdenskrig knap 20.000 boliger om året, og ca. 1½% af den samlede boligmasse stod tom, således at det var muligt at søge sig en ny bolig, når man havde behov for at flytte eller for ændringer i sit boligforbrug. Under krigen gik byggeriet efterhånden i stå, og efter krigen var der i hele Europa en alvorlig boligmangel.

Den voksende efterspørgsel

Det var denne mangel, der satte gang i den proces, som efterhånden førte til byggeriets industrialisering. Men boligmangelen kom til at vare i mange år, bl.a. fordi efterkrigsårene forholdsvis hurtigt førte til en kraftig økonomisk vækst i den vestlige verden. Herved voksede også efterspørgslen efter byggeri. I takt med samfundets øgede forbrug på alle andre områder blev der også stillet krav om et øget boligforbrug, og derfor oplevedes situationen på boligmarkedet stadigvæk som en mangelsituation langt ind i 1960'erne, hvor boligforsyningen igen nåede op på det niveau, som eksisterede før krigen.

Boligmangelen - idag et økonomisk problem

Endnu idag (1983) taler man om boligmangel i det danske samfund, og der er da heller ikke - som i årene før 2. verdenskrig - nogen væsentlig reserve af tomme lejeboliger. Til gengæld er den danske boligstandard og antallet af boliger pr. indbygger højere end nogensinde og blandt de højeste i verden. Figur 1.01 illustrerer dette forhold med nogle nøgletal fra den danske boligstatistik.

| Husstande mv i 1000'er | 1940 | 1950 | 1955 | 1960 | 1970 | 1980 |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 Private husstande | 1.158 | 1.331 | 1.466 | 1.544 | 1.850 | 1.955 |
| 2 Helårsboliger, ialt | 1.114 | 1.280 | 1.392 | 1.481 | 1.801 | 2.142 |
| 3 Befolkning på tællingsdato | 3.844 | 4.281 | 4.448 | 4.585 | 4.938 | 5.122 |
| 4 Antal værelser | 3.807 | 4.374 | 4.754 | 5.205 | 6.108 | 8.016 |
| 5 Etage-m ² i mio | 113 | 122 | - | 139 | 172 | 227 |
| 6 Beboere pr. bolig (3:2) | 3,6 | 3,3 | 3,2 | 3,1 | 2,7 | 2,4 |
| 7 Værelser pr. beboer (4:3) | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,6 |
| 8 m ² pr. beboer (5:3) | 29 | 28 | - | 30 | 35 | 44 |
| 9 m ² pr. bolig (5:2) | 101 | 95 | - | 94 | 96 | 106 |

Figur 1.01
Antal husstande, boliger, personer mv ved folke- og boligtællinger 1940-1980. Tal skrevet med normal skrift er baseret på officielt statistisk kildemateriale, stillet til rådighed af Danmarks Statistik; mens tal med kursiv er beregnet af forfatteren ved ekstrapolation mv ud fra tallene for private husstande samt de årlige produktionstal.

Statistisk usikkerhed

Når man ønsker at forfølge en udvikling af en statistisk størrelse 40 år tilbage i tiden, støder man på den vanskelighed, at begreber og definitioner ændrer sig med tiden. Desuden ændres de størrelser og afgrænsninger, som Danmarks Statistik optæller i takt med samfundsudviklingen. Eksempelvis er landbrugets boliger først med i den første totale bolig-tælling fra 1955. Optællingsteknikken med frivillig besvarelse af spørgeskemaer er også i sig selv meget usikker. Skemaet figur 1.01 viser den betydelige

vækst i Danmarks boligforsyning i efterkrigsårene. Det disponible boligareal pr. beboer, 44 m², se linie 8, er så vidt vides det højeste i verden; hertil kommer, at kvalitet og udstyr i det nyere boligbyggeri er forbedret enormt i de senere år. Endelig skal det huskes, at tallene er på landsbasis. I Gentofte kommune er der således i gennemsnit kun 2,1 beboere pr. bolig, og hver beboer råder over ca. 54 m² boligareal!

Kvalitet og udstyr i den ældre boligmasse ligger langt under niveauet for de nye boliger, især hvad angår installationer og varmeisolering, og det ser derfor ud til, at fornyelse af den gamle boligmasse bliver den store byggeopgave i fremtiden. Man har opgjort antallet af forældede boliger til et sted mellem 300. og 400.000, afhængigt af den anlagte målestok.

Byggeriets industrialisering er en omfattende proces, hvori der bl.a. indgår elementer af teknisk udvikling, nye materialer og produktionsmetoder, planlægning og rationalisering mv, og modulordningen er en lille men vigtig brik i dette mønster af moderne industriplanlægning.

Modulordningens indplacering i udviklingen af det industrialiserede byggeri kan illustreres med følgende forløb:

1. MÅLKOORDINERING ved hjælp af modulordningen anvendes i projekterne for at forenkle og styre byggeriets mål.
2. VARIANTBEGRÆNSNING udføres af mål, der ikke nødvendigvis behøver at være forskellige. Herigennem fremmes
3. STANDARDISERING af bygningsdele og konstruktioner, og der bliver mulighed for
4. PRÆFABRIKERING af et stigende antal byggekomponenter, således at en
5. INDUSTRIEL PRODUKTION kan finde sted i voksende omfang.

Med disse foranstaltninger gennemførtes i årene fra 1950'erne og frem til i dag en gradvis industrialisering af byggeriet. Denne udvikling førte dels til en egentlig mekaniseret masseproduktion og samtidig til en betydelig rationalisering af det håndværksmæssigt fremstillede byggeri, der stadig har bevaret sin vigtige placering i dansk byggeri, bl.a. til vedligeholdelse, renovering og produktion af enfamiliehuse. Gennem disse foranstaltninger nåede man i 1974 op på et maximum i den årlige produktion med over 55.000 boliger. Se figur 1.03. Og Danmark stod nu med et højt udviklet produktionsapparat, der var i stand til at masseproducere gode og billige boliger i et hidtil ukendt omfang. Men med oliekrisen i 1973 startede en periode med store økonomiske problemer i den vestlige verden; og ikke mindst Danmark, som er stærkt afhængig af sin udenrigshandel, blev påvirket af disse forhold. I de følgende år oplevede byggeriet derfor særdeles vanskelige tider, med en stærk nedgang i produktionen. Produktionens størrelse var i disse år ikke et teknisk spørgsmål om byggeindustriens kapacitet men et økonomisk spørgsmål om samfundets evne til at finansiere byggeriet. Figur 1.03 illustrerer også byggeriets andel i samfundshusholdningen.

1.2 Målkoordinering

Enhver projekteringsopgave kræver målkoordinering. Størrelser på længder, flader og rum skal fastlægges i afhængighed af hinanden. Bygningsdele skal udformes, placeres og samles under hensyn til brugsmæssige, byggetekniske og æstetiske krav.

At målsætte et bygværk fra hovedmålene til de mindste detaljer er en kompliceret opgave, til hvis løsning man har brug for et målsystem, der kan skabe klarhed og orden. Målene vælges ud fra hensyn til

BRUGSFUNKTIONEN, der bestemmer størrelser på hovedmål og rummål mv og

BYGGETEKNIKKEN, der bestemmer størrelser på de enkelte bygningsdele og samlinger.

Men alle bygværkets mål er gensidigt afhængige og fordrer en koordinering, der helst skulle føre til et resultat, hvor der er harmoni mellem form, funktion og byggeteknik, - samtidig med at løsningen er økonomisk forsvarlig.

Ved fastlæggelse af mål på rum og bygningsdele vil man ofte finde, at en række vigtige mål kan gøntages. Ensartede størrelser optræder i rum med samme brugsfunktion,

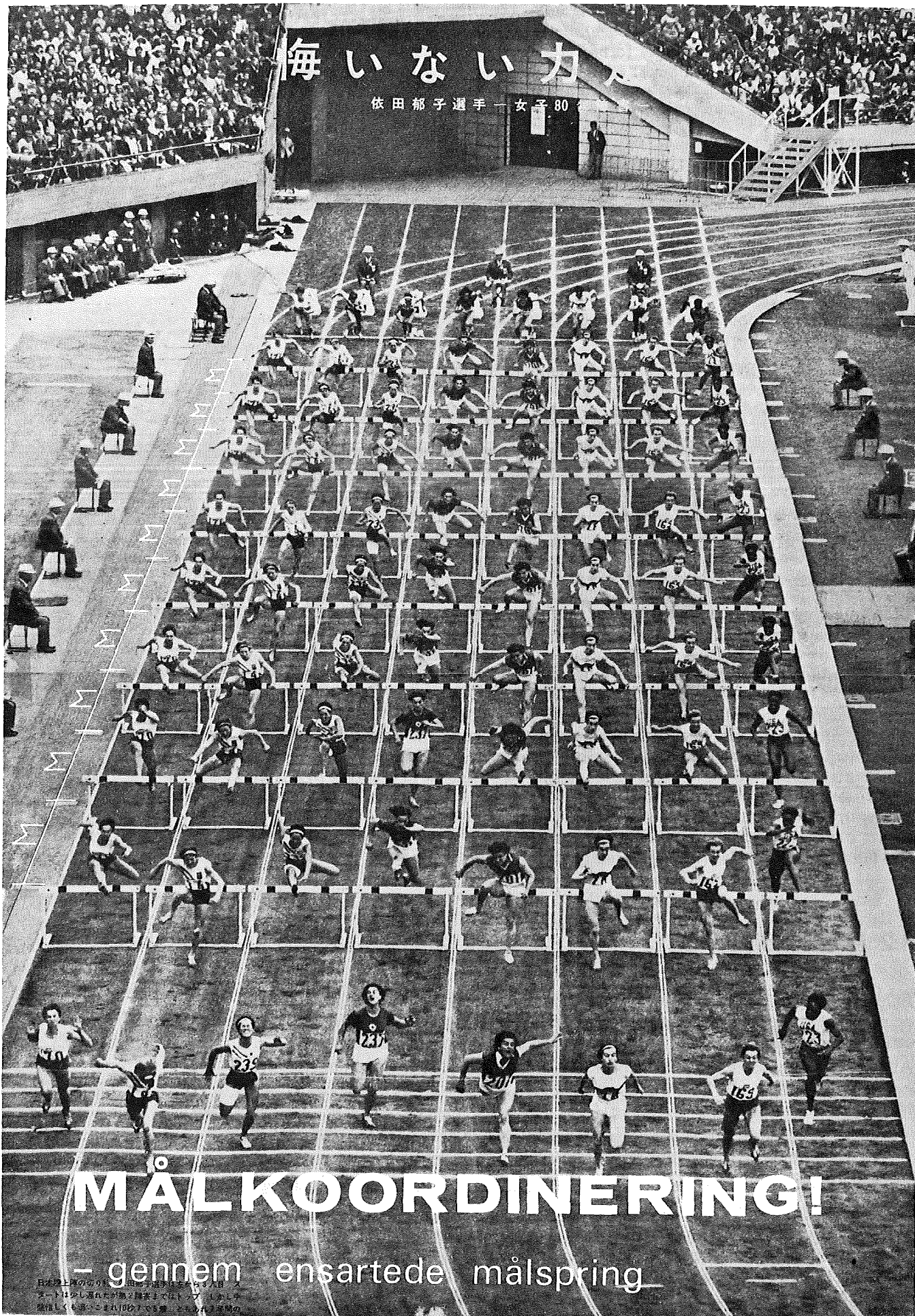
By- og bygningsfornyelse

Industrialiseringsprocessen

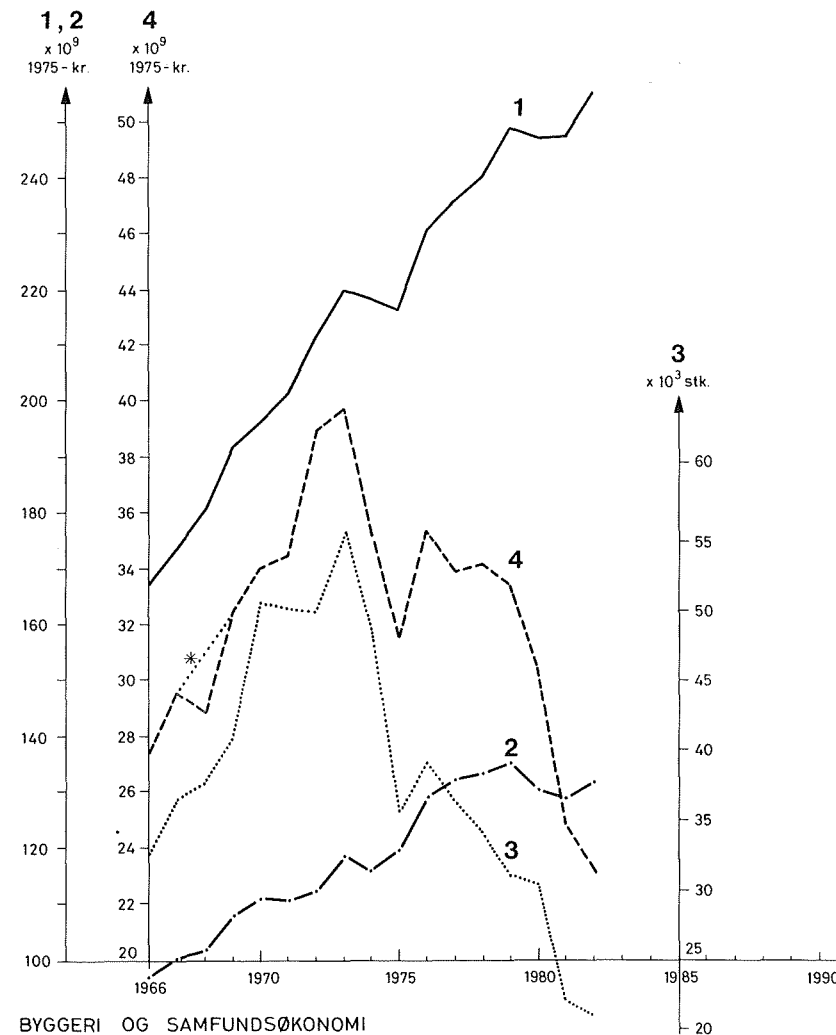
Industrialisering og rationalisering

Byggeriets afhængighed af samfundøkonomien

Gentagelse af ensartede mål forenkler byggeriet



Figur 1.02



og mange konstruktive led har ens funktion og får derfor samme dimensioner. Genta-gelsesprincippet kan således være begrundet både af brugskrav og af konstruktive for-hold. Men princippet har også andre motiver: En gentagelse medfører lettelser såvel for arbejdsudførelsen som for projekteringen. Størst gavn af serier af ensartede mål får naturligvis den byggemetode, der arbejder med præfabrikerede bygningsdele. Gentagelsen af ensartede størrelser åbner mulighed for en industrialisering af produktionen.



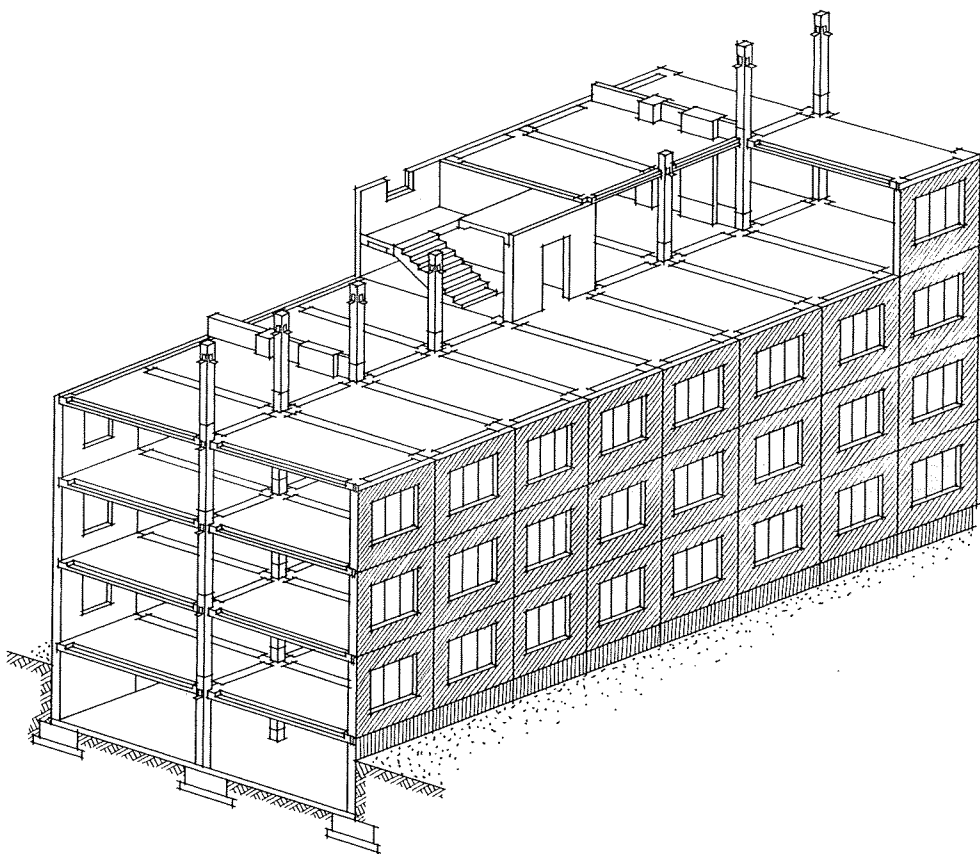
Figur 1.04
Hornbækhus i Ågade,
København.
Professor Kay Fisker.

Figur 1.03
Byggeri og samfunds-
økonomi.
På kurverne kan bl.a.
70'ernes oliekriser og en
stærkt svingende bolig-
politik aflæses.
1 Bruttonationalprodukt
2 Privat konsum
3 Fuldførte boliger
4 Investeringer i byggeri.

Gentagelsesprincippet og dets arkitektoniske konsekvenser

Anvendelsen af gentagelsesprincippet har tillige den allerstørste indflydelse på bygnings æstetiske kvaliteter. Det er således blevet fremført med stor styrke, at gentagelser medfører risiko for monoton og uniformering. Figur 1.04 viser et dansk eksempel på en umådeholden anvendelse af gentagelsesprincippet. Hvis huset ikke var tegnet af en estimeret arkitekturprofessor, ville man nok mene, at det var lidt kedeligt. Figur 1.05 viser et eksempel på et statstypiseret montagebyggeri fra Østeuropa. Her er vi ikke i tvivl om, at denne arkitektur er monoton.

Figur 1.05
Østeuropæisk montagebyggeri.



Rytme i arkitekturen

Men gentagelsesprincippet er selve kernen i det, vi kalder rytme i arkitekturen. I musikken betyder rytme gentagelse af toner i en fast periodisk takt, en simpel lovmæssighed, hvorover det musikalske stof er opbygget. Begrebet rytme har man lånt i arkitekturkritikken som betegnelse for gentagelse af ensartede måltørrelser, såsom vinduesfag, spændvidder, højder eller andre karakteristiske hovedmål i bygningens facade og plan.

I denne betydning af gentagelsesprincippet bliver det en positiv kvalitet i arkitekturen, og hvor det er anvendt med sikker hånd, møder vi nogle af vore største arkitekturoplevelser. De klassiske epokers bygningskunst kan således fremvise talrige eksempler på, hvorledes gentagelse af hovedmål og detaljer er udnyttet ved planlægning af hele husets rytme over et aksesystem eller et modulnet; se figur 1.06-11.

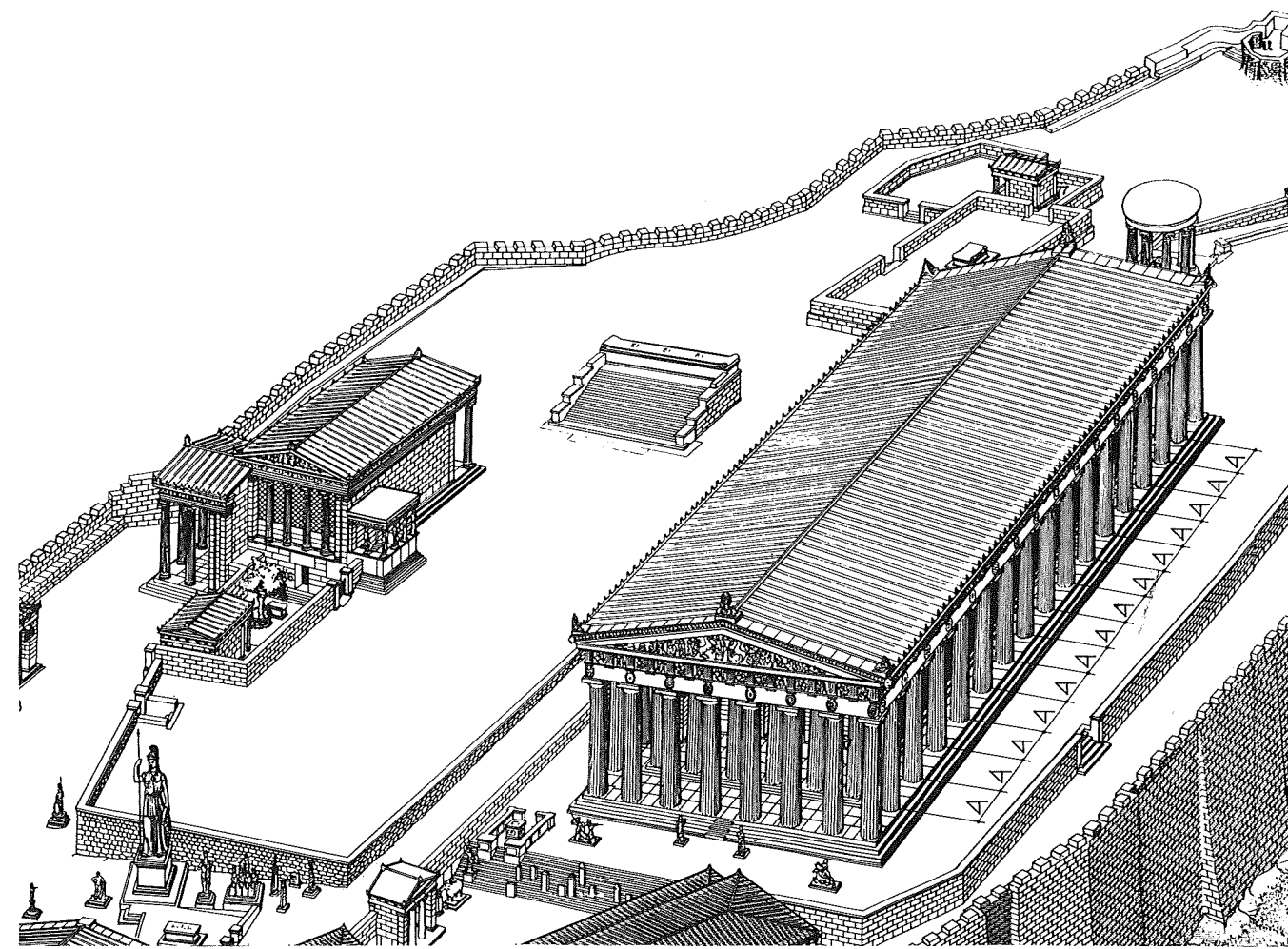
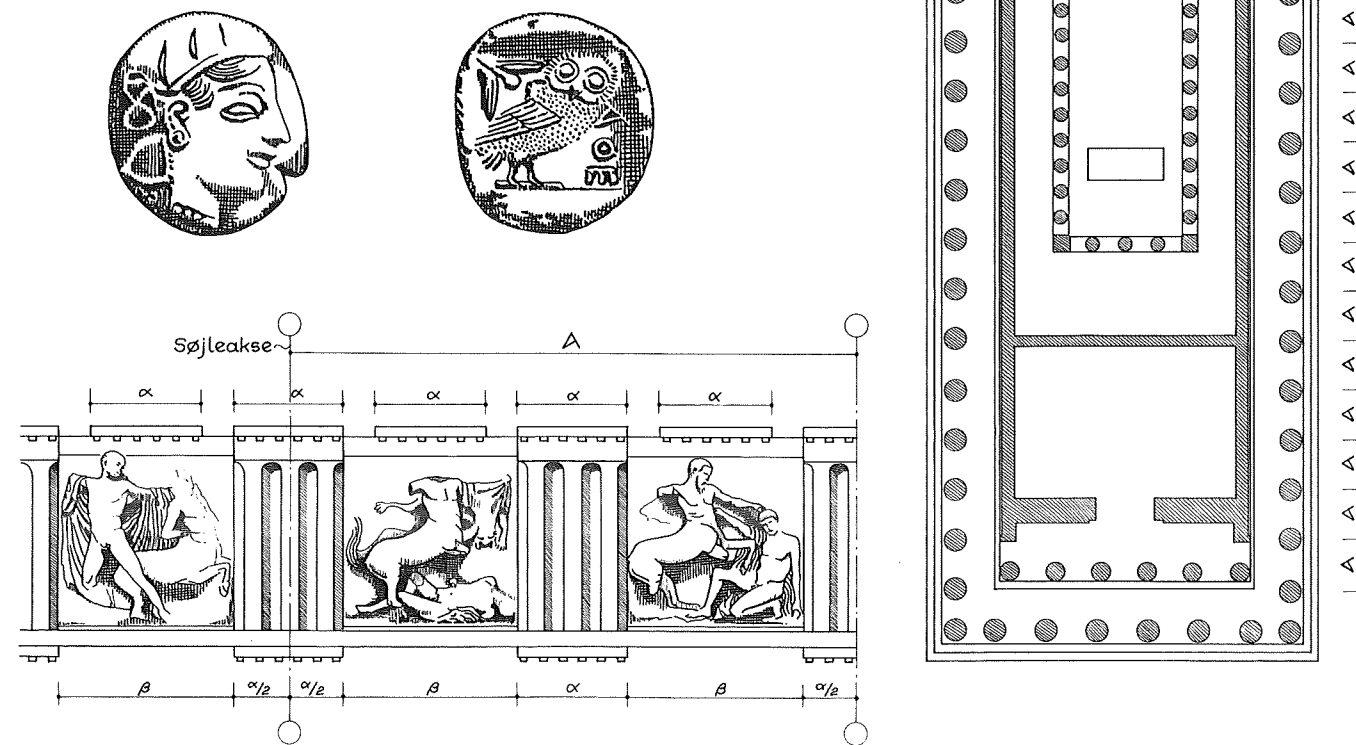
Gentagelsesprincippet er et yderst kraftigt virkemiddel i arkitekturen. Anvendes det med talent kan det føre til betagende virkninger, misbruges det, kan det medføre monoton og uniformering.

Figur 1.06
Græsk étplanshus fra 448 f. Kr. (Næste side)

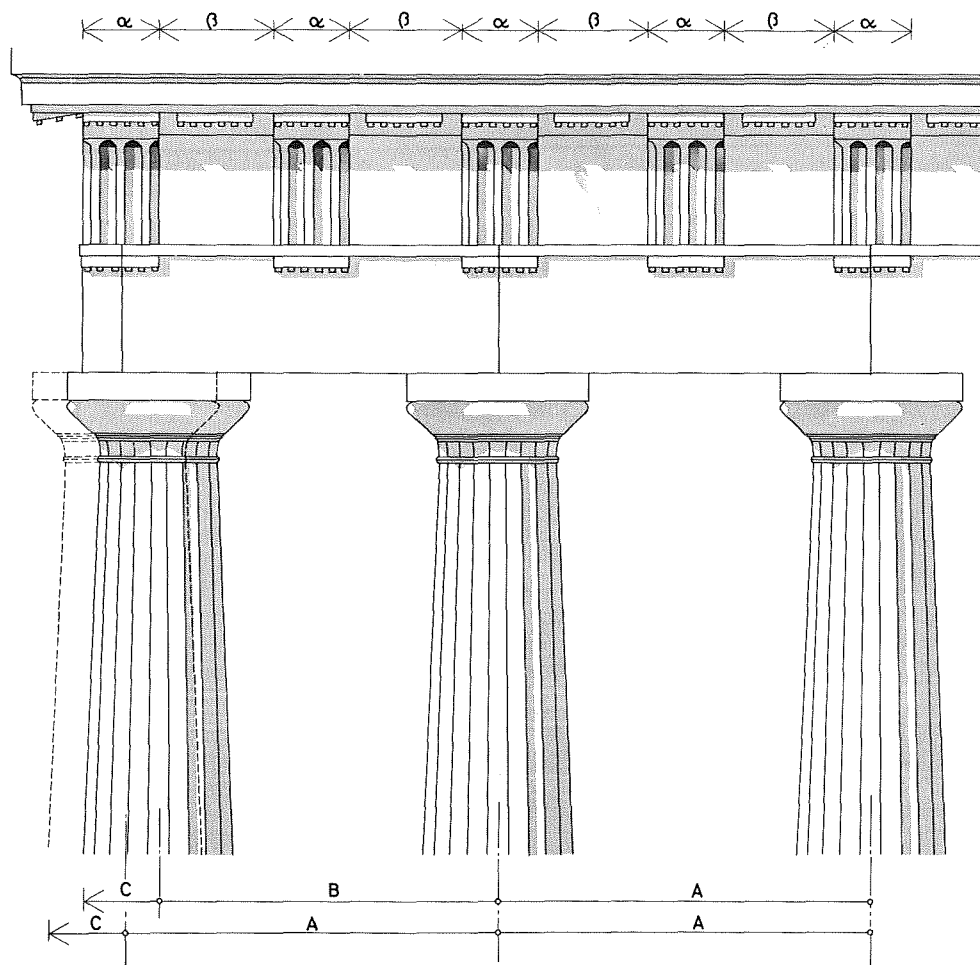
Bygherre: Bystaten Athen.
 Forretningsfører: Perikles.
 Arkitekt: Iktinos.
 Leverandør af facadeelementer: A/S Modulmarmor, Pentelikon
 Design: Fidias, assoc.

Facaderne er projekteret over en planlægningsmodul, $A = 4$ Athenefod. Hjørnefagene er kortere for at få samme opdeling af metope-triflyf-frisen: 2 metoper + 2 triglyffer = søjleafstanden A ; sammenlign figur 1.07. Se også litt. 1.1.

ΑΚΡΟΠΟΛΙΣ
ΤΩΝ ΑΘΗΝΩΝ



Figur 1.07
Hjørnefag B og normalfag A fra dorisk tempelfacade. Mens frisens elementer er ens i de to fag, er søjleafstanden kortere i hjørnefaget. Punkteret er vist søjlens placering, hvis fagene A og B var gjort lige store - Det går ikke!

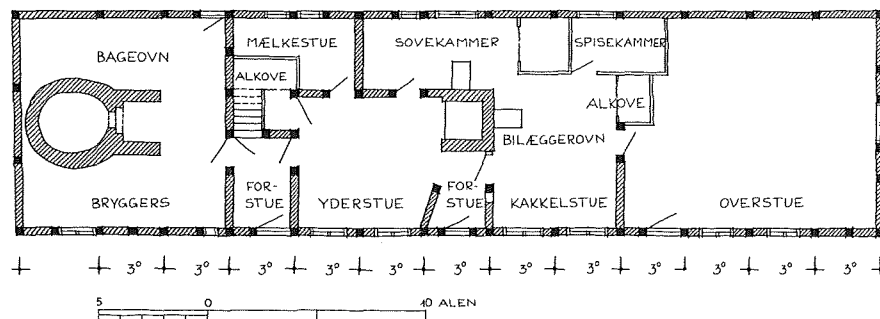
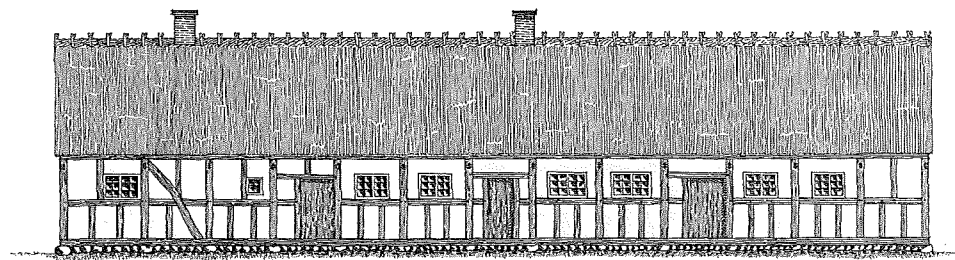


Det doriske hjørneproblem

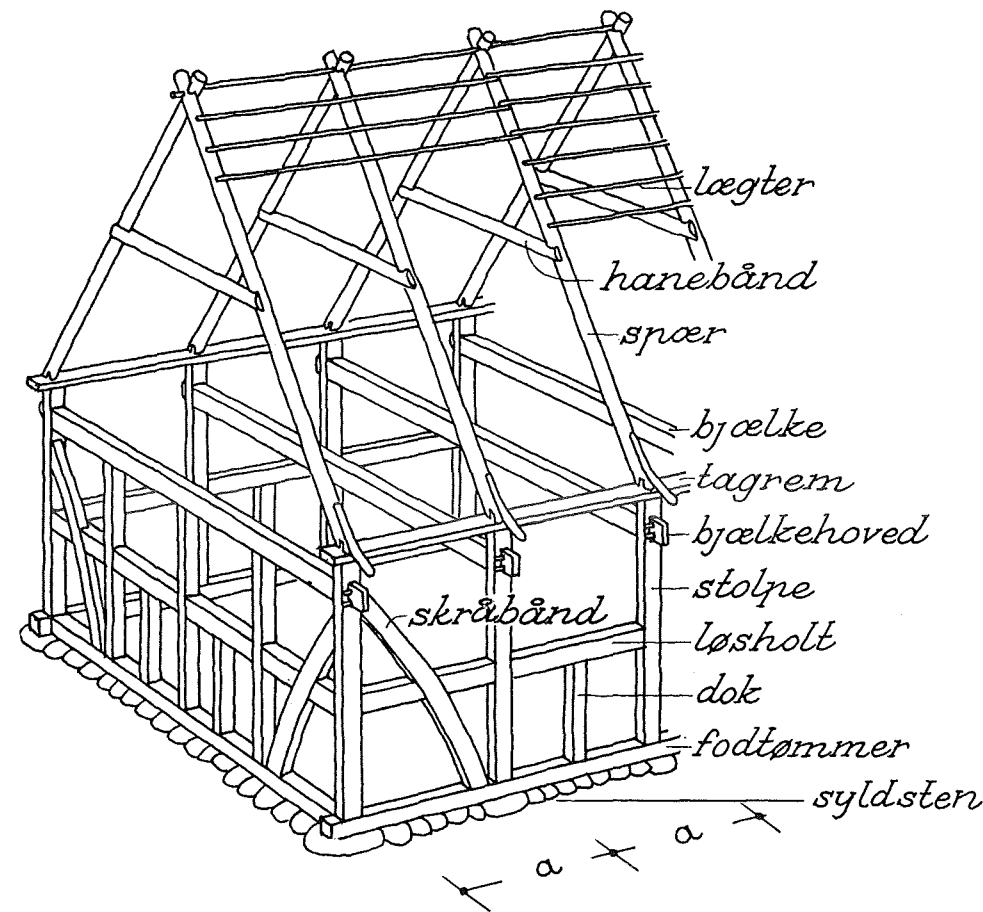
Det klassiske, doriske hjørneproblem er et godt eksempel på brydningen mellem arkitektonisk rytme og byggeteknik. Figur 1.07 viser, hvorledes man til frisens i templerne har fremstillet metoper og triglyffer (præfabrikeret!) med de samme mål, α og β , hele facaden igennem, også ved hjørnerne. Det samme gælder bjælkerne (epistylon), der spænder over åbningerne mellem søjlerne: de er overalt lige lange - også i hjørnefagene. Men for ikke at få et uskønt og byggeteknisk svagt vederlag på hjørnesøjlerne, er disse rykket ind til en kortere fagvidde, B, der tillige bibringer facaden en vis spænding ved at bryde den faste rytme i søjleafstandene A. Se også figur 1.06.

Figur 1.08
Dansk étplanshus fra 1690.

Den strenge modultakt i facaden brydes kun i yderfaget ved bageovnen, som er fra en senere tilbygning. Tømreren måtte strække sine mål, da mureren havde lavet ovnen for stor! Også de to modsatte yderfag, som er helt identiske med de oprindelige, er fra en tilbygning, og her har bygherren altså kunnet bestille sin ombygning hos bygmesteren således: »Jeg vil gerne have udvidet mod øst med to fag i standardudførelse«. Typehus med fleksibel plan, anno 1700!

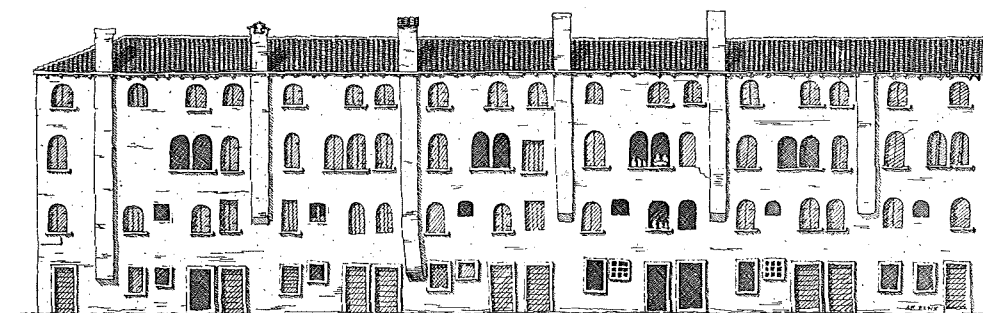


Figur 1.08 og 1.09 viser det simple, danske bindingsværkshus, som et hjemligt eksempel på fagdelt, modulært byggeri, hvor form, funktion og byggeteknik finder hinanden i et enkelt harmonisk udtryk.



Det danske bindingsværk

Figur 1.09
Bindingsværkets komponenter. Modulmålet a er oftest 2 eller 3 alen. Fra litt. 1.2.



Figur 1.10
Rækkehus fra det femtende århundrede i Calle dei Preti ved Via Garibaldi i Venedig.

Analogien mellem musikkens og arkitekturens rytme kan drives overordentligt vidt og har optaget kunstnere og forfattere stærkt i tidens løb. Goethe siger således i et af sine »Sprüche«, litt. 1.3., at arkitektur er stivnet musik; - men han har lånt ideen fra den græske digter Simonidis fra Chios. Steen Eiler Rasmussen skriver i sin bog, Om at opleve arkitektur, litt. 1.4, følgende om Quirinal-Paladset i Rom: »Afstanden mellem vinduer både vandret og lodret er nøje afvejet. Det er, som om man har arbejdet længe med dem, indtil de er kommet i fuldstændig ro og balance. Den stadige gentagelse virker ikke trættende, men opløftende. Det er intonationen til et stort værk, akkorderne, der i et *andante maestoso* danner grundlaget og indledningen til komplicerede oplevelser«.

Mere om rytmisk arkitektur; Goethes mening - og Steen Eiler Rasmussens

Steen Eiler Rasmussen skriver et andet sted i sin bog om venetianske rækkehuse: »Og fra det femtende århundrede eksisterer fire-etagers rækkehuse hvert til to familier og dannende en meget kompliceret rytme skiftende for hver etage, men med skorstenene som de lodrette taktstreger, der holder det hele sammen. - Man lader blikket gå hen over facaden fra venstre mod højre og oplever noget, der på en mærkelig måde minder om en kompliceret danserytme.« Se figur 1.10.

Disse linier fortæller os, hvordan en stor arkitektur-kender oplever rytmen i arkitekturen. Vil man analysere problemet helt nøgternt, matematisk eller geometrisk, erfarer man, at analogien er holdbar i forbavsende grad. Figur 1.11 viser en enkel, geometrisk rytme gennemført i de to medier: Musik og arkitektur, med nodebilledets geometri som det forbindende mellemlid. Litt. 1.5.

Fordyber man sig i Wienerklassicismens 4- og 8-taktslære, vil man opdage, at princippet om den konsekvente gentagelse af de fire og otte takter spænder hele denne periodes musik inde i et ubrydeligt taktsystem, et modulnet, om man vil, som - uden at kvæle den levende, umiddelbare musik - gennem streng rytmisk orden tværtimod tilføjer den en karakter, som næppe kunne være nået i en friere form. For arkitekter - og os andre - må det være tankevækkende, at musikken, vel nok den frieste og mest uhåndgribelige af alle kunstarter, i en af sine største epoker lod sig indordne i et stift, matematisk system af gentagelser og rytmiske taktstreger.

Figur 1.11 (næste side)

Gentagelse = rytme i musik og arkitektur. Analogien mellem Mozarts og Iktinos' formsprog kan eftervises helt fra den lille detalje til den store form. Bemærk at optakten »Kom - Maj...«, som falder udenfor systemet med 1/8 node, svarer nøjagtigt til, hvad der mangler i slutningen af sidste takt: node 3/8 + pause 1/4 = 5/8! Så nøjeregnende var Mozart og Wiener-klassikerne med deres nodegeometri. Modulerne skulle gå op! - Og alligevel blev deres musik let og ubesværet, åben for de kådeste indfald.

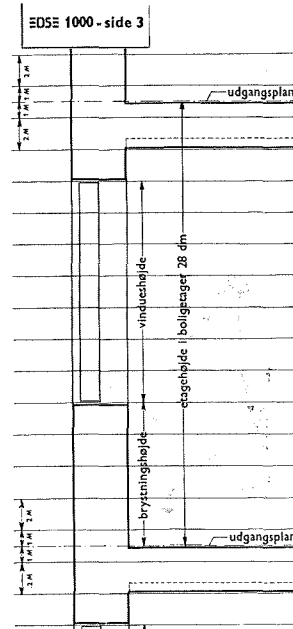
W.A. Mozart

Kom Maj du søde milde

Grundmodul, M
=Taktenhed, 1/8

Planlægningsmodul
=Takt, 6/8

Præferencemål
=Firetaktperiode



Figur 1.12
Højdemål fra 1. udgave af DS 1000 fra 1958.

Arbejdsdeling og specialisering forøger industriens produktivitet

1.3 Standardisering

I byggeriet optræder mange eksempler på bygningsdele med ens funktion, men alligevel med små variationer i målene. Fænomenet er også velkendt i industrien - skruer og bolte, fx - og har allerede for mange år siden ført til aftaler om standardisering af visse mål. Begrænsningerne skal fjerne de overflødige varianter, men naturligvis tage hensyn til motiverede brugs- og produktionskrav mv.

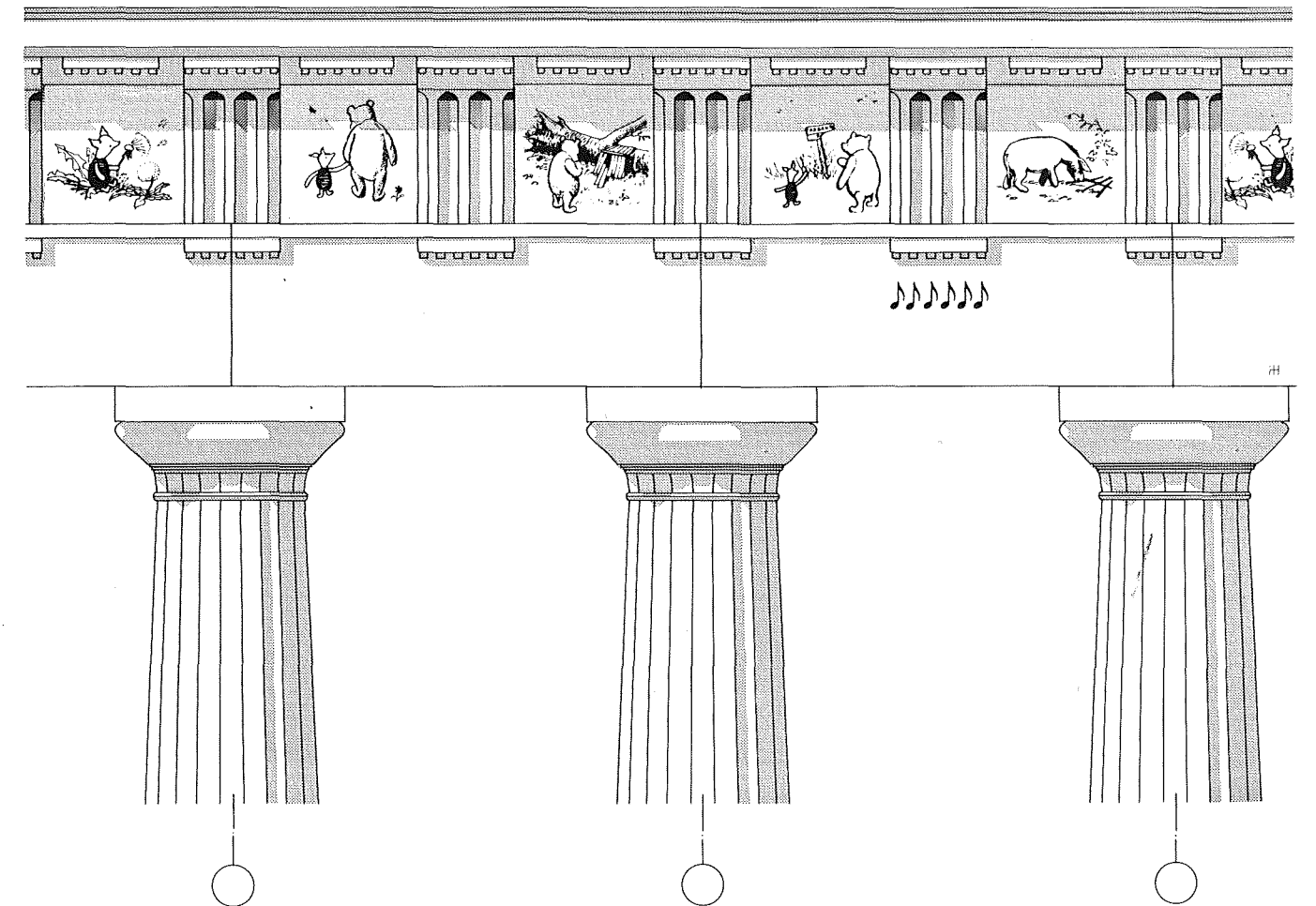
Et af de første eksempler inden for byggeriet er standardiseringen af »Faste etagehøjder i bygninger«, der kom som DS 1000 i 1958 og fastlagde bruttoetagehøjden til 2800 mm. Se figur 1.12. De forudgående undersøgelser viste, at der i dansk boligbyggeri forekom et meget stort antal variationer på dette mål, men at de alle lå meget nær ved værdien 2800 mm, og forskellene var oftest enten rent tilfældige eller begrundet i historiske forhold, der ikke længere var aktuelle.

I afsnit 2.3, præferencemål, vil andre eksempler på begrænsning af målvariationer for forskellige bygningsdele blive nærmere omtalt.

Variantbegrænsning fører som nævnt i forrige afsnit direkte over i standardisering, men standardiseringen har et videre sigte. Når man gennem et standardblad har fastlagt detaljerede mål og kvalitetskrav for en række produkter, kan disse fremstilles på flere forskellige virksomheder - og alligevel anvendes i samme konstruktion. Dette muliggør tre ting, som er vigtige og karakteristiske for al industriel produktion:

1. Nogle virksomheder (underleverandører) specialiserer sig i fremstilling af udvalgte komponenter,
2. som kan forhandles på et åbent, eventuelt internationalt marked, og
3. andre virksomheder udfører sammenbygning (montage) af de producerede halvfabrikata til det færdige produkt.

Gennem en sådan arbejdsdeling vokser produktiviteten i industrien og velstanden i samfundet. Standardiseringsarbejdet indenfor byggesektoren er nærmere omtalt i kapitel 3.

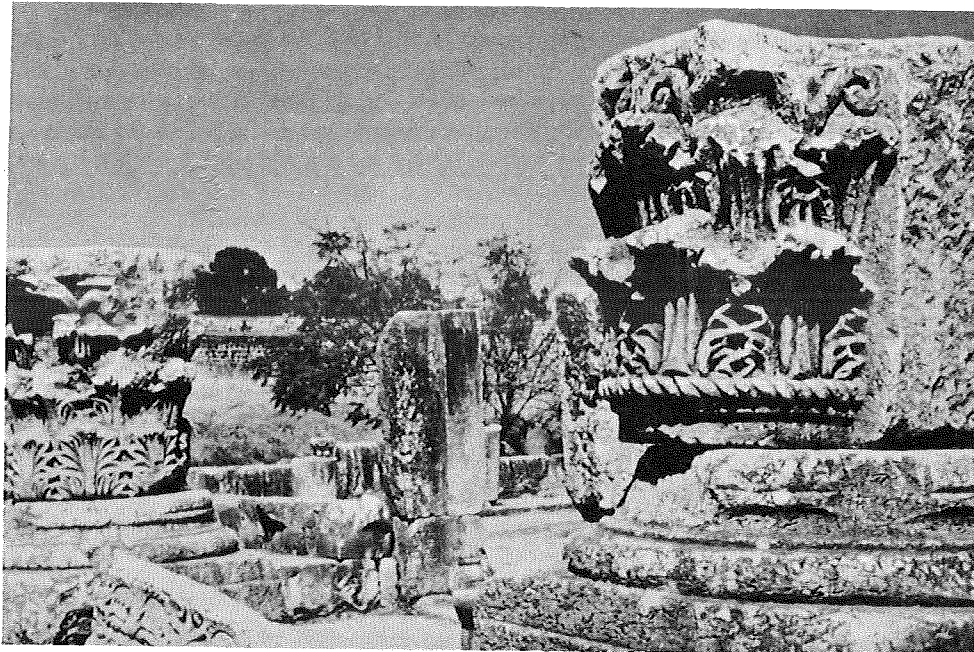


1.4 Præfabrikering

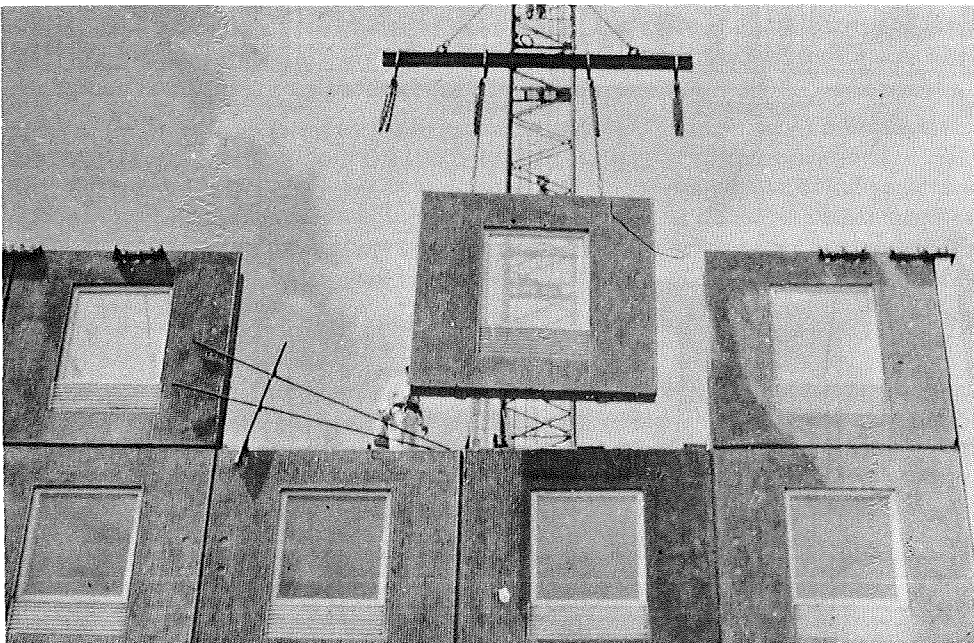
Fremstilling af bygningsdele til senere anvendelse i arbejdet på byggepladsen er ikke noget nyt i byggeriet. Med et moderne ord kalder vi det præfabrikering, men princippet kan genfindes i næsten alle tiders byggeri, se fx figur 1.13. Hvor det anvendes i større udstrækning, medfører det en række særlige vilkår både for projekteringen og for produktionen.

Anvendelse af præfabrikerede bygningsdele kræver, at byggeplads og værksted eller fabrik arbejder ud fra et fælles målgrundlag: Målsystemet skal være klart og entydigt, og målene skal overholdes med en for formålet passende nøjagtighed.

Figur 1.13
Præfabrikerede søjlekapitæler fra synagogen i Kapernaum.



Figur 1.14
I montagebyggeriet anvendes færdige komponenter, som ikke skal tildannes på byggepladsen.



En passende nøjagtighed har vi, når tingene ved sammenbygning passer sammen - når bygningsdelene kan glide på plads i bygværket uden yderligere forarbejdning; se figur 1.14.

Den nødvendige nøjagtighed er afhængig af byggeteknik, materialer og fugeløsninger. Det vil sige, at der i hvert tilfælde må fastlægges grænser, indenfor hvilke de uundgåelige målvariationer, som ledsager enhver proces, skal holde sig.

Dette er ideen med et tolerancesystem: at fastlægge grænser indenfor hvilke alle variationer på et opgivet mål kan tolereres. Se nærmere herom i afsnit 2.7.



Præfabrikering kræver aftale om produktionens nøjagtighed: Tolerancer

Figur 1.15
Omstillingen af byggeriet er ikke blot et teknisk, men i lige så høj grad et organisatorisk spørgsmål.

Når målgrundlaget er i orden, kan en præfabrikering af bygningsdele under gunstige betingelser på et værksted mekaniseres og rationaliseres og efterhånden føre frem til målet: En industrialiseret produktion af standardiserede bygningsdele på en fabrik

1.5 Produktivitet

Den moderne industriproduktion øges bestandig gennem rationalisering af enhver art, som fx mekanisering, standardisering, produktionsanalyser og produktionsstyring mv. Disse forhold har været erkendt i den egentlige industri i mange år, og debatten om at overføre industriens metoder og principper til byggeriet har vel nu stået på så længe, at der er almindelig enighed om nødvendigheden af denne udvikling. En stadig højere industrialiseringsgrad skal sikre samfundet den nødvendige produktion af bygninger af enhver art. Men vore ressourcer er begrænsede. Vi mangler kapital og undertiden arbejdskraft, og vi må derfor lære at udnytte vore midler bedre, det vil sige opnå større produktion gennem større produktivitet.

Ved produktivitet forstår vi resultatet af en indsats målt i forhold til denne. Kaldes indsatsen input og resultatet output, kan produktiviteten altså udtrykkes ved

$$p = \frac{\text{output}}{\text{input}}$$

Indsatsen består i materialer, produktionsmidler og arbejde - både fra mennesker og maskiner - samt den nødvendige kapital til at betale disse midler. Da det er vanskeligt at finde en fælles målenehed for sådanne størrelser, anvender man i produktivitetmålinger hyppigt det enklere begreb, arbejdsproduktivitet, som udtrykker produktionens størrelse eller værdi i forhold til indsatsen af menneskelig arbejdskraft, se litt. 1.6 og 1.7.

Denne produktivitetstørrelse kan for byggeriets vedkommende udtrykkes fx i m² etageareal pr mandtime eller i kr pr mandtime. En vækst i arbejdsproduktiviteten vil normalt være en virkning af rationalisering, mekanisering, bedre planlægning etc - og ikke et resultat af en større muskelindsats på byggepladsen.

Produktivitetsstudier og -målinger er nødvendige hjælpemidler i enhver industrialiseringsproces. Når en produktion omstilles fra håndværk til industri, stiger produktiviteten, - og samfundet kan øge sit forbrug af det pågældende produkt. Den egentlige industri kan fremvise talrige eksempler på produktivitetstigninger, hvor produktionen er mangedoblet i forhold til indsatsen.

I byggeriet, hvor håndværket stadig er en afgørende faktor, er produktiviteten mere konstant. Der er dog sket en mærkbar stigning i de senere år, hvilket følgende udregninger på basis af den officielle statistik vil vise; se litt. 1.8 og 1.9.

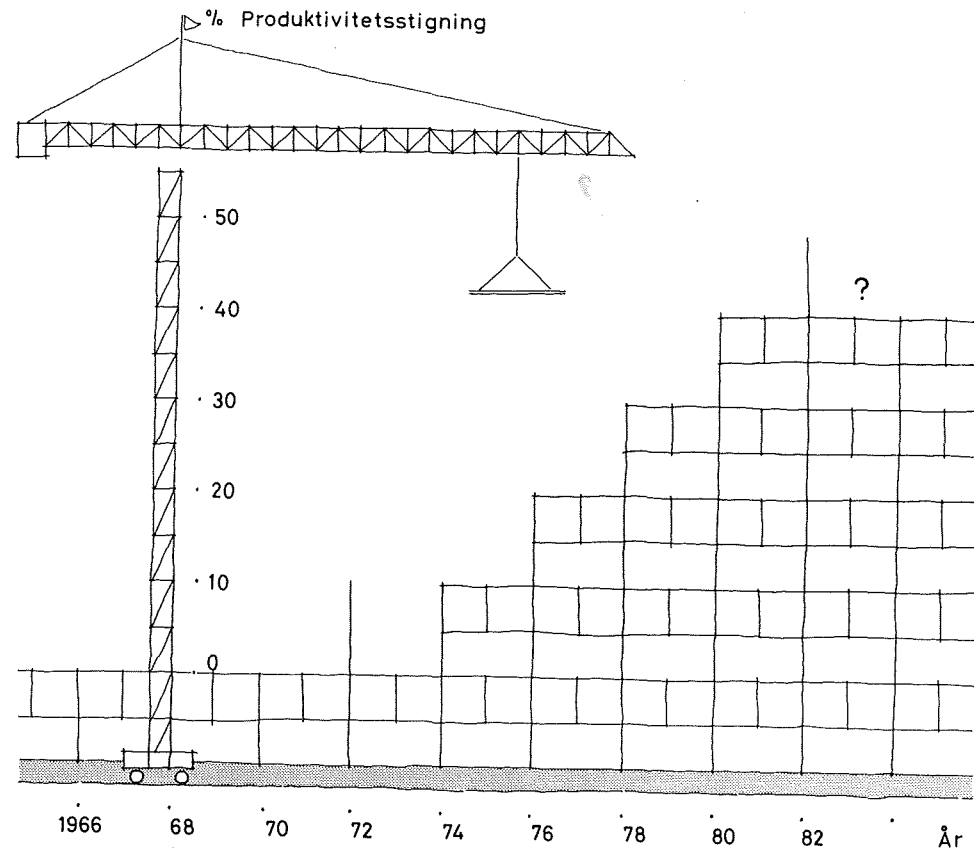
Industrielle metoder i byggeriet

Arbejdsproduktivitet

Højere produktivitet betyder flere huse med færre mandtimer

Produktivitetstigninger muliggør højere realløn

Figur 1.16
Mens boligproduktionen i 1950'erne lå på ca. 20-22.000 boliger om året, nåede man i begyndelsen af 70'erne op over 55.000. Rationaliseringsbestrebelse i dansk byggeri har således givet resultat.



PRODUKTIVITET

Tallene i tabellen figur 1.17 kan anvendes på den måde, at man ved hjælp af index udtrykker den relative stigning i produktion, index 2, 4, 6, 8, og arbejdsindsats, index 11, 13, 15 med året 1966 som basisår. Dividerer man herefter index for produktionsstigning med index for arbejdsindsats, fremkommer herved et relativt mål for produktivitetsstigningen gennem årene. Se fx index 16 og 17, der viser fremgangen i nybyggeriet.

Arbejdsproduktiviteten i nybygninger, beregnet efter prisen i 10-året 1970-1980 kan således aflæses af linie 17 til at være steget fra index 98 til 142 eller 44%. Tager man perioden fra 1960-1980, er stigningen over 100%, dvs. mere end fordoblet.

Med denne omfattende vækst i byggeriet og med en stagnerende befolkningstilvækst, som i Danmark nåede værdien 0 i foråret 1981, er der indtruffet en mætning i samfundets behov for nyt boligbyggeri; men det bør stadig huskes, at vi har 300.-400.000 boliger af en utidssvarende standard; - og her ligger således hovedopgaven for de kommende års danske byggeri, - tillige med erhvervsbyggeriet og byggeeksporten, se afsnit 1.7.

1.6 Byggeslovgivning

Byggeri er et samfundsanliggende. Meget store beløb er investeret i vore bygninger, og samfundet må derfor sikre sig, at disse investeringer udnyttes bedst muligt. Dette sker gennem byggeslovgivningen, der indeholder bestemmelser om byggeriets art, placering og udførelse mm.

På baggrund af det voksende behov for byggeri indførtes i landsbyggesloven af 10. juni 1960 for første gang i dansk byggeslovgivnings historie bestemmelser, der sigter direkte mod en forøgelse af byggeriet. Det hedder således i kapitel 1, paragraf 6, stk. 2: »For beboelsesbygninger, der opføres med udleje for øje, kan i reglementet optages målnormer, der kan fremme anvendelse af standardiserede bygningsdele, installationsdele og inventar«.

Landsbyggeslovens modulkrav -

| Nr | Betegnelse | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|----|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | Fuldført etageareal i 1000 m ² | 7613 | 8585 | 8100 | 9045 | 10034 | 10228 | 10610 | 11856 | 12244 | 9461 | 10529 | 10853 | 10306 | 9562 | 9923 |
| 2 | Index | 100 | 113 | 106 | 119 | 132 | 134 | 139 | 156 | 161 | 124 | 138 | 143 | 135 | 126 | 130 |
| | Bruttoinvesteringer i bygninger 1975-priser mia kr. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Nybygninger | 21,67 | 23,21 | 23,01 | 27,40 | 28,07 | 28,45 | 33,30 | 34,26 | 28,97 | 24,71 | 28,50 | 26,29 | 27,30 | 26,70 | 22,03 |
| 4 | Index | 100 | 107 | 106 | 126 | 130 | 131 | 154 | 158 | 134 | 114 | 132 | 121 | 126 | 123 | 102 |
| 5 | Reparation + vedligeholdelse | 6,6 | 6,4 | 5,8 | 5,0 | 6,0 | 5,9 | 5,7 | 5,4 | 6,0 | 6,8 | 6,8 | 7,1 | 7,3 | 7,0 | 7,6 |
| 6 | Index | 100 | 97 | 88 | 76 | 91 | 89 | 86 | 82 | 91 | 103 | 103 | 108 | 111 | 106 | 115 |
| 7 | Ialt nybygninger + reparationer + vedligeholdelse | 28,27 | 29,61 | 28,81 | 32,40 | 34,07 | 34,35 | 39,00 | 39,66 | 34,97 | 31,53 | 35,30 | 33,39 | 34,60 | 33,70 | 29,63 |
| 8 | Index | 100 | 105 | 102 | 115 | 121 | 122 | 138 | 140 | 124 | 112 | 125 | 118 | 122 | 119 | 105 |
| 9 | Beskæftigede ved byggeri og anlægsarbejde, ialt incl. medarbejdende mestre | 143800 | 151200 | 146506 | 168141 | 179265 | 176895 | 172005 | 171286 | 157803 | 146314 | 158606 | 157786 | 158647 | 154256 | 143710 |
| 10 | Beskæftigede ved nybyggeri + reparation + vedligeholdelse | 102300 | 107600 | 102460 | 119454 | 124726 | 122196 | 118941 | 119660 | 110009 | 99821 | 109317 | 107321 | 105953 | 98121 | 92953 |
| 11 | Index | 100 | 105 | 100 | 117 | 122 | 119 | 116 | 117 | 108 | 98 | 107 | 105 | 104 | 96 | 91 |
| 12 | Beskæftigede ved reparation og vedligeholdelse | 38900 | 39250 | 37387 | 37508 | 40453 | 41142 | 39251 | 37811 | 41295 | 43076 | 44337 | 46133 | 44915 | 43615 | 47150 |
| 13 | Index | 100 | 101 | 96 | 96 | 104 | 106 | 101 | 97 | 106 | 111 | 114 | 119 | 115 | 122 | 121 |
| 14 | Beskæftigede ved nybyggeri | 63400 | 68350 | 65073 | 81946 | 84273 | 81054 | 79690 | 81849 | 68714 | 56745 | 64980 | 61188 | 61038 | 54506 | 45803 |
| 15 | Index | 100 | 108 | 103 | 129 | 133 | 128 | 126 | 129 | 108 | 90 | 102 | 97 | 96 | 86 | 72 |
| 16 | Arbejdsproduktivitetsindex for nybygninger efter m ² , linie 2: linie 15 | 100 | 105 | 103 | 92 | 99 | 105 | 110 | 121 | 149 | 138 | 135 | 147 | 141 | 147 | 181 |
| 17 | Arbejdsproduktivitetsindex for nybygninger efter prisen, linie 4: linie 15 | 100 | 99 | 103 | 98 | 98 | 103 | 122 | 122 | 124 | 127 | 129 | 125 | 131 | 143 | 142 |
| 18 | Arbejdsproduktivitetsindex for reparationer efter prisen, linie 6: linie 13 | 100 | 96 | 92 | 79 | 88 | 84 | 85 | 85 | 86 | 93 | 90 | 91 | 97 | 94 | 95 |
| 19 | Arbejdsproduktivitetsindex for bruttoinvesteringer efter prisen, linie 8: linie 11 | 100 | 100 | 102 | 98 | 99 | 103 | 119 | 120 | 115 | 114 | 117 | 112 | 117 | 124 | 115 |

Figur 1.17
Byggestatistik og arbejdsproduktiviteten.

I den nuværende version (1982) hedder det i byggelov af 15. april 1982, paragraf 1, at lovens formål bl.a. er »at fremme foranstaltninger, der kan øge byggeriets produktivitet«. Se litt.1.10. I paragraf 6 stk. 1 e står, at der i det til byggeloven hørende bygningsreglement kan fastsættes regler om - »benyttelse af målnormer, der kan fremme anvendelsen af standardiserede bygningsdele, installationsdele og inventar«. Disse målnormer er den danske modulordning, som den er udformet i en række danske standarder, der herved får lovkraft, se litt. 1.11.

I bygningsreglementet fra december 1982 (BR 82), litt. 1.12, stilles der i kapitel 5.1 krav om modulprojektering efter DS 1010 og DS 1011.2 for følgende bygninger: Beboelsesbygninger med mindst 2 selvstændige beboelseslag og mindst 4 boligenheder, samt plejehjem, kollegier, kontor- og administrationsbygninger og skoler.

Undtaget fra kravene er således hovedsageligt kun enfamiliehuse og værksteds- og fabriksbygninger, men der findes talrige eksempler på, at også disse bygningstyper er modulprojekteret, - fordi det har vist sig fordelagtigt; se kapitel 15-16 og 21.

Gennem denne lovgivning har samfundet anerkendt modulordningen som et nødvendigt hjælpemiddel til en øget produktion. Og af den formulering, kravet om modulprojektering har fået, kan vi udlede følgende vigtige definition på et modulprojekt:

Et modulprojekt i landsbyggelovens forstand er et projekt, i hvilket der kan anvendes flest mulige præfabrikerede, standardiserede bygningsdele, som styres målmæssigt af modulordningens koordinatsystemer.

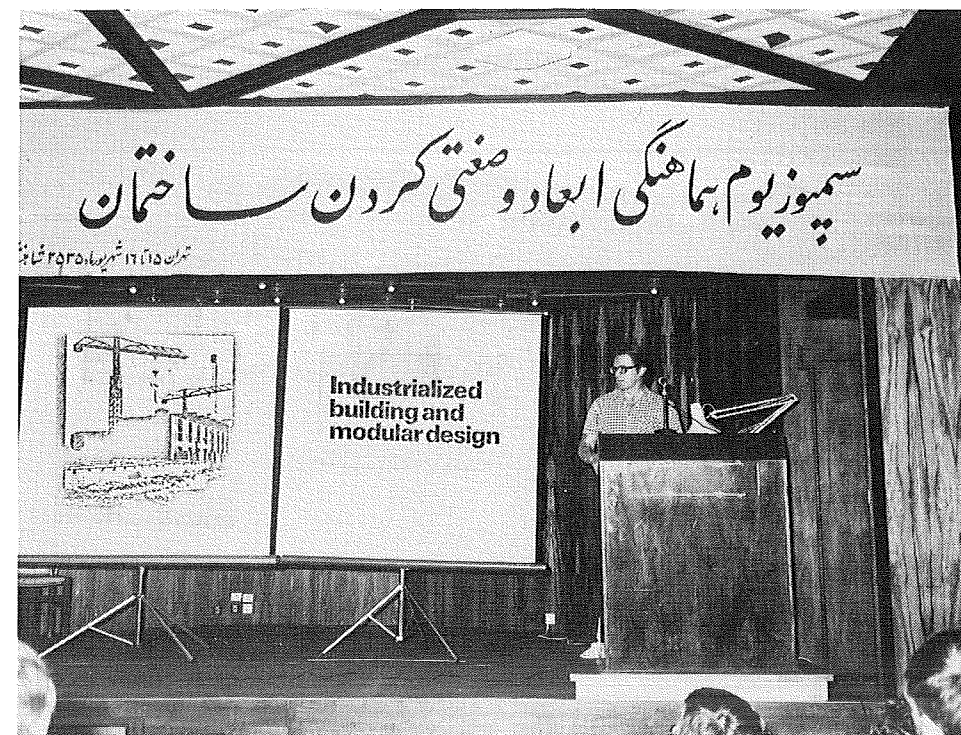
Dette er også modulordningens formål. Husker man denne definition, der vil gå som en rød tråd gennem hele bogen, bliver man aldrig i tvivl om, hvorvidt et byggeri er modulprojekteret eller ej.

1.7 Byggeeksport

Dansk industrialiseret byggeri udvikledes i løbet af 1960'erne til et moderne produktionsapparat med stor kapacitet. Og i 1973 nåede produktionen af boliger op på sit hidtidige maximum, 55.000 enheder.

Denne anstrengelse lagde beslag på størstedelen af byggesektorens kræfter, og der var derfor kun få virksomheder, der beskæftigede sig med byggeeksport. På den anden side har enkelte større danske entreprenørfirmaer, som fx Kampsax og Christiani & Nielsen m.fl., allerede før 2. verdenskrig haft store byggeopgaver i udlandet. Interessen for byggeeksport voksede stærkt i begyndelsen af 1970'erne, dels fordi udlandet viste interesse for dansk byggeri med den høje kvalitet, der var opnået i 1960'erne, dels fordi det danske byggemarked var ved at nå en mætningsgrad, som gjorde det forudsigeligt, at der ville indtræffe et fald i behovet for byggeri.

Med oliekrisen i 1973 blev ovennævnte tendens forstærket kraftigt. Det danske samfund kom i økonomiske vanskeligheder, bl.a. med en voksende gæld til udlandet, og i løbet af få år viste det sig, at der var for lidt at lave herhjemme for den danske byggeindustri. Også herved voksede interessen for byggeeksport, og mange firmaer øgede deres anstrengelser for at vinde indpas på fremmede markeder. Denne tendens blev understøttet af det offentlige gennem en række forskellige foranstaltninger. 1. oktober 1973 etableredes således Byggeeksportrådet i et samarbejde mellem Boligministeriet og byggeriets egne organisationer. Staten ydede tillige støtte til byggeeksporten gennem bl.a. Danmarks Erhvervsfond, Eksportfremmerådet og Eksportkreditrådet, som modtager penge til deres arbejde over de årlige finanslovbevillinger.



Figur 1.18
Forfatteren holder foredrag om dansk, industrialiseret byggeri i Teheran.

Staten støtter også byggeeksporten gennem to-sidede aftaler med andre lande i form af fx aftaler om teknologisk samarbejde, arrangementer af byggesymposier mv. Byggesymposier har været afholdt med lande i Østeuropa, Mellemøsten og Det fjerne Østen, og flere af disse arrangementer er senere blevet fulgt op med kommercielt arrangerede messer, udstillinger og andre salgsmæssige, ofte i samarbejde med Byggeeksportrådet.

Den danske byggeeksport omfatter idag følgende ydelser:

1. Byggekomponenter og byggevarer
2. Byggeprojekter og styring
3. Elementfabrikker og byggesystemer
4. Projektering og know-how.

Stigningerne i eksporten af disse ydelser fremgår af figur 1.19.

| Mio kr. | Byggevarer | Byggeri og anlæg | Rådgivning | Samlet værdi |
|---------|------------|------------------|------------|--------------|
| År | | | | |
| 1975 | 2.862 | 617 | 210 | 3.689 |
| 1976 | 3.317 | 1.033 | 292 | 4.642 |
| 1977 | 3.838 | 1.022 | 338 | 5.198 |
| 1978 | 4.383 | 1.026 | 424 | 5.833 |
| 1979 | 5.124 | 1.252 | 737 | 7.114 |
| 1980 | 6.772 | 1.595 | 929 | 9.296 |

Figur 1.19
Byggeeksportens udvikling 1975-1980 ifølge Byggeeksportrådets opgørelse.

Anstrengelserne for at etablere en dansk byggeeksport har på forbausende få år ført til relativt gode resultater. Byggeeksporten regnes at være steget fra ca. 1 mia kr i 1970 til ca. 13 mia kr i 1981. Eksporten kan ikke opgøres præcist på grund af vanskeligheder med områdets afgrænsning.

Særlig stor har den relative stigning været hos de rådgivende ingeniører, hvor den andel af deres samlede omsætning, der vedrører byggeeksport, er steget fra ca. 10% i 1970 til ca. 30% i 1980.

De forringede forhold på hjemmemarkedet giver således den danske byggeeksport voksende betydning. Det er næppe for meget sagt, at de relativt gode beskæftigelsesvilkår for ingeniører i dagens Danmark i høj grad skyldes de store opgaver, som danske ingeniørfirmaer har indenfor byggeeksporten.

Rådgivende ingeniører

- og bygningsreglementets

Modul - sådan!

Danske ingeniørfirmaer i udlandet

Oliekrise og økonomiske vanskeligheder

Byggeeksportrådet

Figur 1.20
 Byggeeksport og byggeriets internationalisering.
 Det rådgivende ingeniørfirma A + G Consult har projekteret og opført 120.000 m² fabriksbygninger i Polen. Betonelementerne kom fra Norge og Sverige, montageentreprenøren fra USA, tilsynet fra Danmark. Billedet viser togtransporten gennem Sverige.



Mange former i naturen er sammensat af ensartede elementer - uden at helheden bliver monoton.



1.8 Litteratur

- | | | |
|------|-------------------------------|---|
| 1.1 | Lorentsen, Eivind | Along the line where columns are set, Kbh. 1970 |
| 1.2 | Frilandsmuseet | Vejleder. Kbh. 1965 |
| 1.3 | Goethe, Johannes Wolfgang von | Sprüche, Wegener, Hamburg 1963-1966 |
| 1.4 | Rasmussen, Steen Eiler | Om at opleve arkitektur. Kbh. 1966 |
| 1.5 | Mozart, Wolfgang Amadeus | Komm lieber Mai, Wien 1791. K.V. 596 |
| 1.6 | Rostas, Laszlo | Comparative Productivity in British and American Industry. Cambridge 1948 |
| 1.7 | O.E.E.C. | Terminology of Productivity. Paris 1950 |
| 1.8 | Danmarks Statistik | Statistisk Årbog. Kbh. 1982 |
| 1.9 | Danmarks Statistik | Statistiske efterretninger nr 22, Kbh. 1979 |
| 1.10 | Boligministeriet | Byggelov af 15. april 1982 |
| 1.11 | Dansk Standardiseringsråd | DS-Hæfte 900. Modulhæfte. 1977 |
| 1.12 | Boligministeriet | Bygningsreglement Kbh. 1982 |
| 1.13 | Byggeeksportrådet | Tidsskriftet, Byggeeksport |
| 1.14 | Danmarks Statistik | 10-årsoversigter |

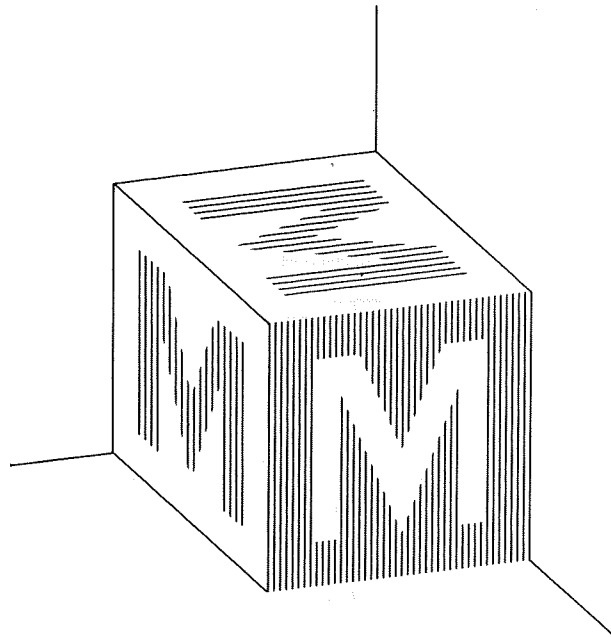
2

2. Modulordningens grundlag

Basismodulen $M = 100 \text{ mm}$

Modulordningens vigtigste træk er den fælles længdeenhed, *modulen**), som anvendes til at koordinere byggeriets dimensioner. I forrige kapitel har vi set eksempler på forskellige længdeenheder, valgt i forskellige perioder af bygningskunstens historie. Idag er en byggemodul på 100 mm standardiseret i Danmark og i en lang række lande, der anvender det metriske målsystem.

Figur 2.01
Basismodulen M er den grundlæggende længdeenhed, der anvendes til koordinering af byggeriets mål i alle tre dimensioner.



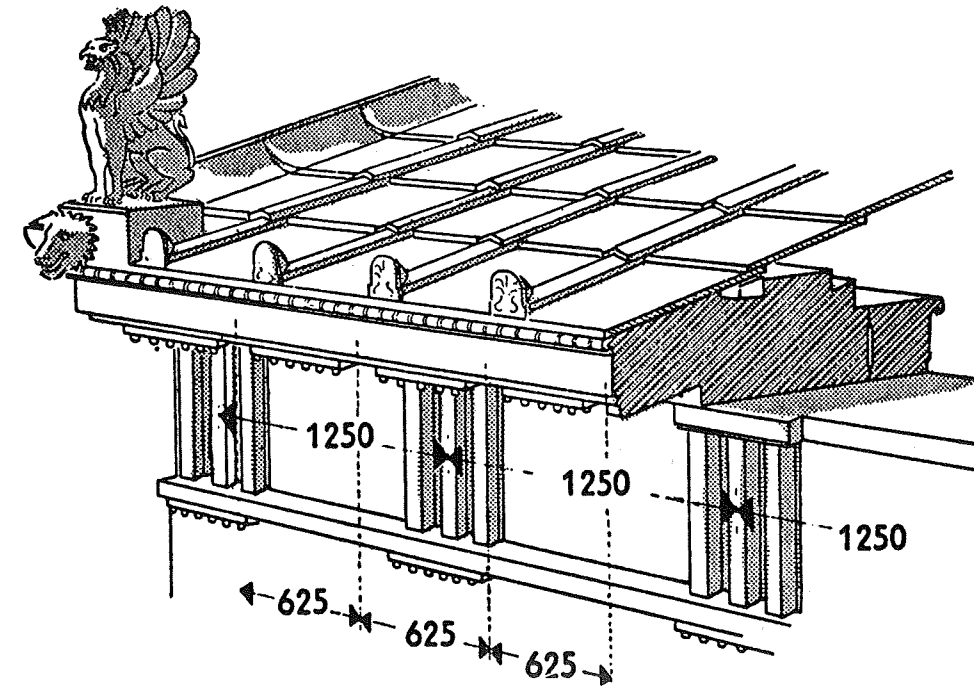
»Basic module« 4" = 101,6 mm

I Amerika benyttes en byggemodul på 4" = 101,6 mm, og selvom dette mål således ikke stemmer overens med den metriske modul, foregår der et betydeligt internationalt samarbejde om modulordningen, hvilket har ført til en række ensartede principper og anvendelsesregler samt fælles terminologi for de forskellige landes modulordninger. I England, der indførte det metriske system, SI systemet, i 1972, er der udsendt en række engelske standarder, baseret på basismodulen $M = 100 \text{ mm}$ og planlægningsmodulen $3M = 300 \text{ mm}$. Det internationale modulsamarbejde, der bl.a. er organiseret i ISO regie, er omtalt i afsnit 3.6.

Den tyske »Oktameter« = $1/8 \text{ m} = 125 \text{ mm}$

Et bemærkelsesværdigt træk i det internationale modulararbejde er den tidligere tyske modulordning, baseret på byggemodulen $OM = 125 \text{ mm} = 1/8 \text{ m}$. Denne enhed, kaldet oktameteren (sml. decimeteren), anvendtes tidligere som basismodul i en standardiseret tysk modulordning. Denne tyske modulordning, som var gældende fra 1940'erne, blev udformet og motiveret med stor dygtighed af professor Ernst Neufert og beskrevet i hans bøger »Bauentwurfslehre«, litt. 2.4 og »Bauordnungslehre«, litt. 2.5. I løbet af 1970'erne har Tyskland imidlertid tilsluttet sig den internationale modulordning baseret på $M = 100 \text{ mm}$, og Tyskland deltager nu ivrigt i det internationale modulararbejde i ISO.

*) Modul, basismodul og de følgende med kursiv anførte termer er standardiserede i DS 1010.1. Modulkoordinering for byggeriet Terminologi, litt. 2.1.



Figur 2.02
Illustration fra Ernst Neufert: Bauordnungslehre. Figuren viser to af Neuferts planlægningsmoduler $WOBA$ (Wohnbaumass) = 625 mm og IBA (Industriebaumass) = $\frac{1}{2} \cdot 1250 \text{ mm}$. Disse mål er anvendt som planlægningsmoduler, se afsnit 2.3.

2.1 Byggemodul, basismodul

Diskussionen om modulens størrelse hører nu historien til. Det var naturligt, da man i Danmark stod overfor at skulle vælge en modulstørrelse at undersøge muligheden for at bruge murværkets byggemål på 120 mm, som siden fremkomsten af den danske normalmursten i 1896 har fungeret som *modulmål* i det murede byggeri. Men modulordningen skulle gerne være international for at muliggøre handel med byggevarer tværs over landegrænserne, og da hvert land har sit eget murstensformat, blev man enige om at vælge decimeteren som basismodul. Til held for det danske byggeri lader murværkets byggemål sig let indpasse i et modulsystem med $2M$ og $3M$ som *planlægningsmoduler*.

Byggemodulen $M = 100 \text{ mm}$ er standardiseret i DS 1010.1 og -.2. Enheden er passende lille til at kunne tilfredsstille de fleste krav til målspring på gængse bygningsdele. Kun for tykkelser af dæk, vægge, søjler mv kan enheden være for stor, det vil i reglen sige uøkonomisk, og disse mål vælges derfor normalt ud fra en dimensionering, baseret på de byggetekniske krav til konstruktionen. Herved bliver målene i reglen umodulære. For vægtykkelser er de umodulære mål 150 mm og 180 mm således standardiserede, se DS 1038 og DS 1039. Under detailprojekteringen af et modulprojekt bliver det derfor en opgave at indpasse disse umodulære mål på en rationel måde i projektet.

Det har været overvejet at basere disse umodulære mål, samt mål mindre end 100 mm, på de såkaldte *submoduler*, $\frac{M}{2}$, $\frac{M}{4}$ og $\frac{M}{5}$. Disse mål er standardiserede i de østeuropæiske modulordninger, og der arbejdes på at indføre dem i ISO-standarderne. I Danmark har man ikke hidtil følt noget væsentligt behov for at standardisere submoduler, selvom disse kan forekomme i enkelte projekter.

Byggemodulen kan også være for lille en enhed til at opnå den tilsigtede forenkling og variantbegrænsning. Dette gælder især for de større bygningsdele, bjælker, dæk- og vægelementer mv, der indgår i råbygningen, og derfor har man indført multipla af basismodulen, der anvendes som enhedsmål ved planlægning af bygningens hovedmål: fagvidder, etagehøjder mv. Disse multipla af basismodulen, der benævnes *multimoduler*, *planlægningsmoduler* og *præferencemål*, alt efter deres funktion, er omtalt i afsnit 2.3.

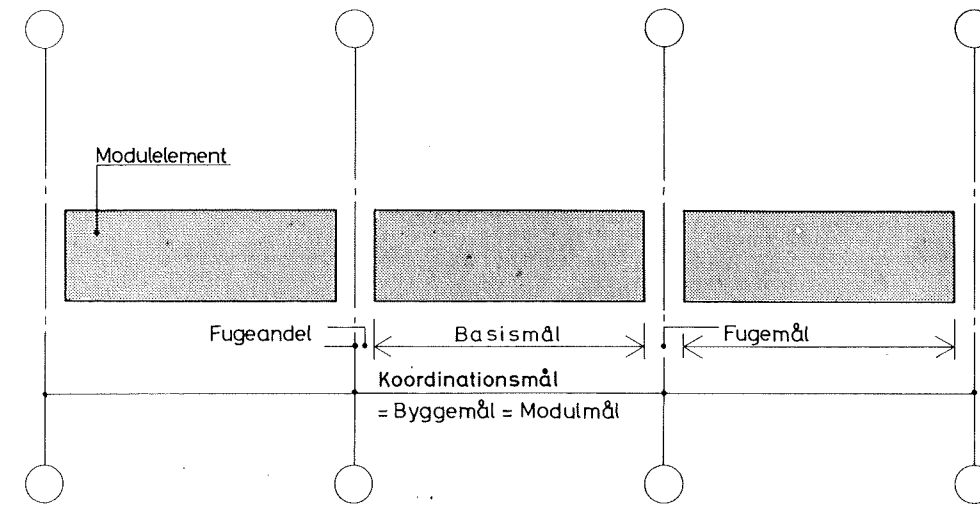
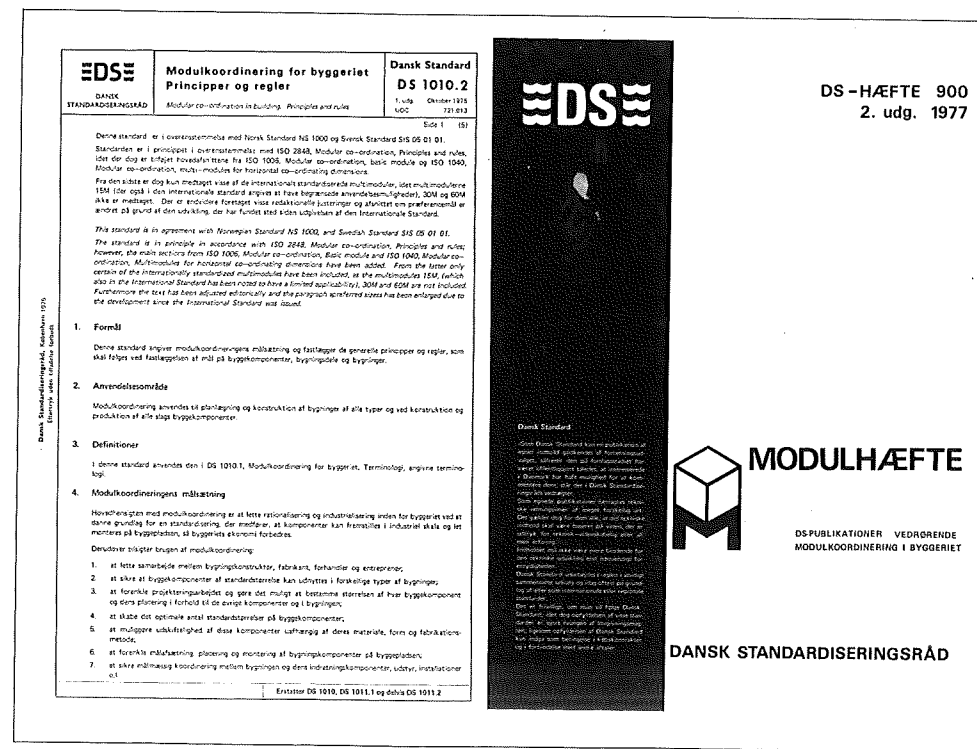
Byggemodulen $M = 100 \text{ mm}$ eller 120 mm ?

Teknisk bestemte mål på fx dæk- og vægtykkelser m.fl. er i reglen umodulære

Submoduler $\frac{M}{2}$, $\frac{M}{4}$ og $\frac{M}{5}$

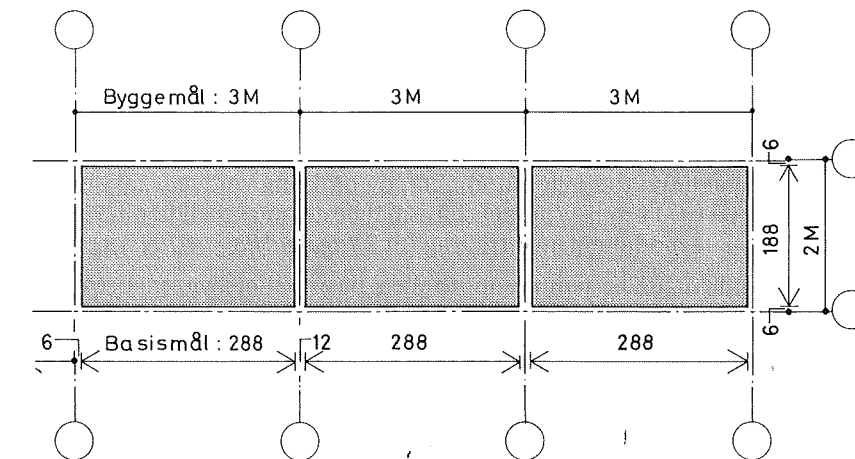
Multimoduler, planlægningsmoduler og præferencemål

Figur 2.03
Danske modulstandarder;
DS 1010.2 og DS-Hæfte
900.



Figur 2.04
Basismål + fugemål =
byggemål, som skal være
deleligt med M.

MODULKOMPONENTER



Figur 2.05
Modulære byggeblokke.

BYGGEBLOKKE 1:10

Eksempel A

En væg af byggeblokke, der opmures med almindelig mørtelfuge, kan have følgende mål, se figur 2.05.

| | |
|--------------------------------|-------------|
| Vandret byggemål | 3M = 300 mm |
| Fugemål | 12 mm |
| Vandret basismål for byggeblok | 288 mm |

| | |
|-------------------------------|-------------|
| Lodret byggemål | 2M = 200 mm |
| Fugemål | 12 mm |
| Lodret basismål for byggeblok | 188 mm |

Basismål på blokkene og fugerne er bestemt af materialerne og den anvendte byggeteknik, her opmuring med mørtelfuge. I fugerne kan der foretages måludligning, indenfor visse grænser, af målafvigelse på blokkene og på deres placering. Se herom i afsnit 2.7 Tolerancer.

Eksempel B

En etageadskillelse udføres af dækelementer, og fugerne mellem dem udstøbes fra oven uden anvendelse af forskalling, og uden at fugerne skal efterbehandles på dækets underside; se figur 2.06. Fugemålet 2 mm er bestemt af, at fugen skal være selvforskallende.

Eksempel A
Blokstensvæg

Eksempel B
Elementdæk

2.2 Modulmål, byggemål og basismål

De hele multipla af basismodulen, M, danner en målrække af såkaldte *modulmål*: M, 2M, 3M, Disse mål er grundlaget for modulordningens dimensionskoordinering, idet de anvendes som

- koordinationsmål (= modulære byggemål)
- planlægningsmoduler
- præferencemål

- se de følgende afsnit og DS 1010 mfl. Desuden bruges modulmålene som enheder på akserne i det tredimensionale, retvinklede koordinatsystem, der anvendes under modulprojektering til at lokalisere samtlige bygningsdele i projektet, se figur 2.13.

Koordinationsmål er betegnelsen for de mål, der bestemmer en bygningsdels sammenbygning med andre bygningsdele. I reglen vil hovedmålene, længde, bredde og højde være bestemt af sådanne koordinationsmål. Ved sammenbygning opstår der fuger, hvis størrelse og art er afhængig af materialer og byggeteknik, og disse fuger bestemmer så elementets eget mål, dets *tilvirkningsmål* eller *basismål*. Det hyppigst forekommende sammenbygningstilfælde er det velkendte, hvor ens elementer stilles sammen i række, fx med en mørtelfuge eller andet imellem.

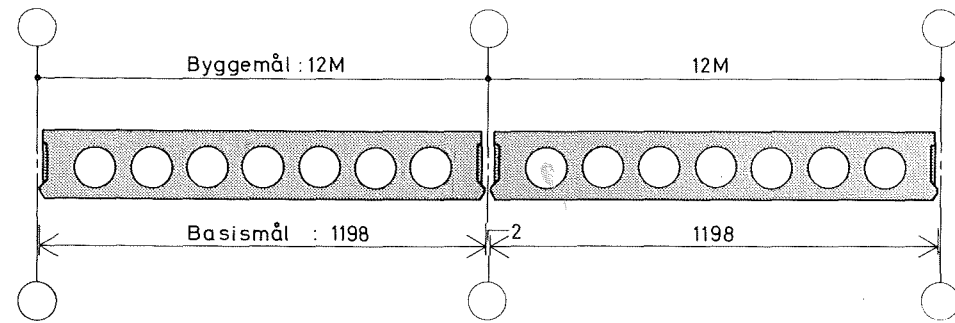
Hvert element inklusive en fuge udfylder en vis del af rækkens længde, se figur 2.04, og denne længde kaldes elementets *byggemål* eller *koordinationsmål*, som skal være deleligt med 100 mm. I DS 1011.3 Dimensionering af modulelementer er denne fremgangsmåde for bestemmelse af fuge- og basismål standardiseret. Bestemmelse af disse mål vises bedst gennem nogle eksempler fra praksis. Se de følgende eksempler A, B og C.

Modulmål

Modulære koordinationsmål

DS 1011.3

Figur 2.06
Modulære dækelementer.



DÆKELEMENTER 1:20

| | |
|-----------------------------------|----------------|
| Vandret byggemål | 12 M = 1200 mm |
| Fugemål | 2 mm |
| Vandret basismål for dækelementer | 1198 mm |

Fælles for de to eksempler A og B er, at basismålet på de enkelte elementer er mindre end det tilsvarende byggemål. Det samme vil være tilfældet for en gruppe af sådanne elementer, og dette forhold betinger, at der kan udføres udligning af målafvigelser i fugerne, således at elementrækken kan udføres uden fejlphobning.

Eksempel C
Vindue i murhul

Eksempel C

Et vindue skal indsættes i en muråbning, og omkring vinduet skal der lukkes med en mørtelfuge på ca. 12 mm. Vinduets basismål bestemmes da ligesom i eksempel A og B ud fra det valgte modulmål med fradrag for 2 fugeandele = 1 fuge, se figur 2.07.

Murhullets basismål

På tilsvarende måde bestemmes murhullets basismål af byggemålet med tillæg for 2 fugeandele. Herved bliver vinduets modullinier placeret midt i fugen ligesom i eksemplerne A og B. Vi siger, at vindue og murhul har samme modulmål eller nominelle mål, $B \times H = 15M \times 12M$, men de har forskellige basismål:

| | |
|-------------------|-------------|
| 15M x 12M vindue: | b = 1488 mm |
| | h = 1188 mm |
| 15M x 12M åbning: | b = 1510 mm |
| | h = 1210 mm |

DS 1003, standardvinduer

Modulmål og basismål for en række vinduestyper er standardiseret i DS 1003. Denne standard danner basis for en omfattende produktion af industrielt fremstillede vinduer, der fås som lager- eller katalogvarer fra forskellige vinduesfabrikker.

2.3 Planlægningsmoduler og præferencemål

DS 1011.2
»råhus« og »færdighus«

Planlægningsmodulerne er standardiseret i DS 1010.2 og DS 1011.2. Disse moduler, som i international terminologi undertiden kaldes *multimoduler*, er multipla af basismodulen. De anvendes fortrinsvis ved projektering af »råhuset«, dvs at alle bærende og afskærmende dele i bygningen planlægges ved hjælp af disse mål; mens basismodulen fortrinsvis anvendes ved projektering af indbygningsdelene, det såkaldte »færdighus«.

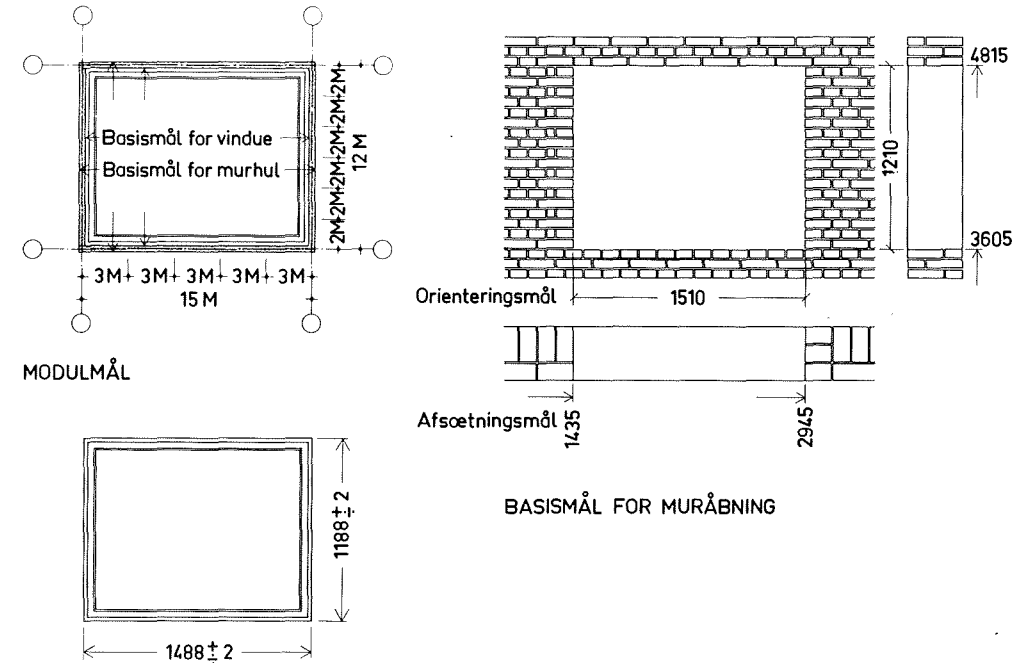
Planlægningsmodulerne
3M og 2M for boligbyggeriet

For boligbyggeriet foreskriver DS 1011.2 planlægningsmodulen 3M eller multipla heraf til horisontale mål, og 2M til vertikale mål. Disse mål passer med byggemålene for murværk af danske normalsten og har desuden været bestemmende for målene på en lang række af råbygningens komponenter, som fx dæk, vægge, trapper, vinduer mv.

Planlægningsmodulerne
3M, 6M og 12M fra DS 1010.2.

I bogens eksempler kapitel 8, 9, 10 m.fl. er beskrevet byggerier, der er projekteret over andre planlægningsmoduler; fx 3M x 12M vandret eller 6M x 6M vandret. For andre byggerier end boligbyggeriet kan anvendes andre planlægningsmoduler, se fx kapitel 17-21. De anvendte horisontale planlægningsmoduler er alle multipla af 3 M, og det vil således ofte være muligt at udnytte fælles elementtyper i boligbyggeriet og i den øvrige byggesektor. Herved øges markedet for de præfabrikerede komponenter. I DS 1010.2 er planlægningsmodulerne 3M, 6M og 12M standardiseret.

Figur 2.07
Modulært vindue i
modulær muråbning.



MODULMÅL & BASISMÅL FOR VINDUE 1:50

Ubenevnte mål i mm

Planlægningsmodulen 3M og multipla heraf er standardiseret internationalt i ISO-standarderne 1006, 1040 og 2848, og der er bred international enighed om disse horisontale mål. For de vertikale måls vedkommende er nogle lande enige med Danmark i anvendelsen af 2M som lodret planlægningsmodul, mens et flertal af ISO-landene foretrækker 3M. Argumenterne for 3M går hovedsageligt på, at det kan være praktisk med samme vandrette og lodrette multimodul; mens det danske synspunkt dels er betinget af hensynet til dansk normalmurværk og blokmurværk, hvis skiftegang passer med 2M, dels af fordelene ved at have modulære vertikalmål, der kan halveres og stadigvæk være modulære. Dette har fx betydning for trapper og andre bygningsdele, der projekteres på basis af den halve etagehøjde.

Murværkets byggemål er fastsat i DS 1048 Normalmurværk og modulprojektering, se også figur 2.08 og 2.09.

| | |
|----------------|-------------------------------------|
| Vandrette mål: | 5 x ¼ stens spring = 5 x 60 mm = 3M |
| Lodrette mål: | 3 skifter = 3 x 66 2/3 mm = 2M |

Basismålene for sten og murværk er i figur 2.08 opgivet med de i praksis anvendte, afrundede værdier i cm. Arbejdstegninger for murværk udføres dog som øvrige bygningstegninger med mål i mm, se kapitel 9 og 10. De nøjagtige værdier af stenenes basismål er efter DS 1048.

| | |
|-------------|-------------------------------|
| Normalsten: | 1 x b x h = 228 x 108 x 55 mm |
| Bredsten: | 1 x b x h = 228 x 168 x 55 mm |

Den hidtil anvendte »skillerumssten« eller 6"-sten, se figur 2.08, med målene 230 x 150 x 55 mm, afløses i disse år på en del teglværker af ovennævnte »bredsten« med målene 228 x 168 x 55 mm, som passer med murværkets egne byggemål, n x 60 mm, idet

$$\begin{aligned} \text{stenmål} + \text{fuge} &= 168 + 12 = 3/4 \times 240 \text{ mm} \\ &= 3/4 \text{ sten nominelt} \end{aligned}$$

Med disse stenmål, der har været gældende i Danmark siden 1896, får murværket byggemål, der passer med modulmålene 3M vandret og 2M lodret. Denne heldige situation, der ikke findes i ret mange andre lande, har bevirket en problemfri overgang fra traditionel projektering, baseret på murværksmålene, til moderne modulprojektering. Kapitlerne 9 og 10 mfl. viser praktiske eksempler på modulmurværk, kombineret med præfabrikerede modulære komponenter.

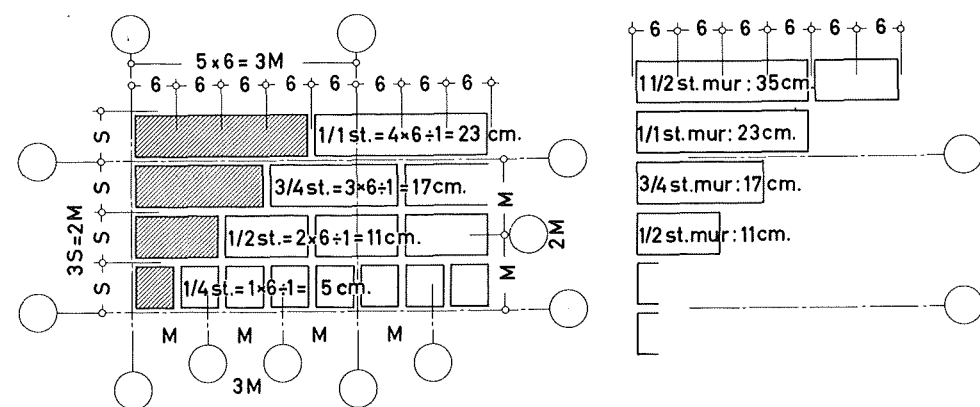
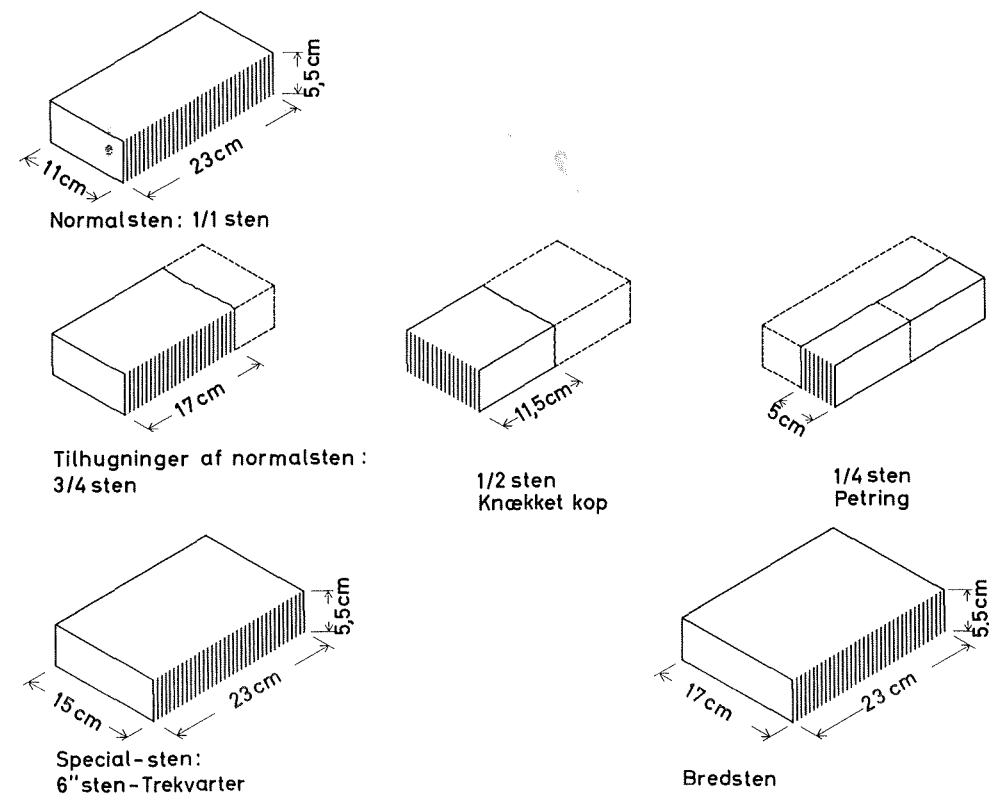
Horisontale og vertikale
modulmål i ISO-arbejdet

Murværkets 60 mm
byggemål

6"-sten og bredsten

Normalmurværk og
modulprojektering

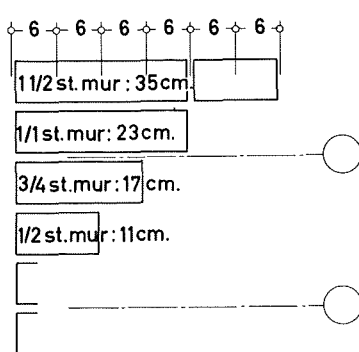
Figur 2.08
Mursten og murværksmål
med danske normalsten
efter DS 1048.



FORBANDTMÅL

NORMALMURSTEN 1:10
Afrundede mål i cm. efter DS 1048.

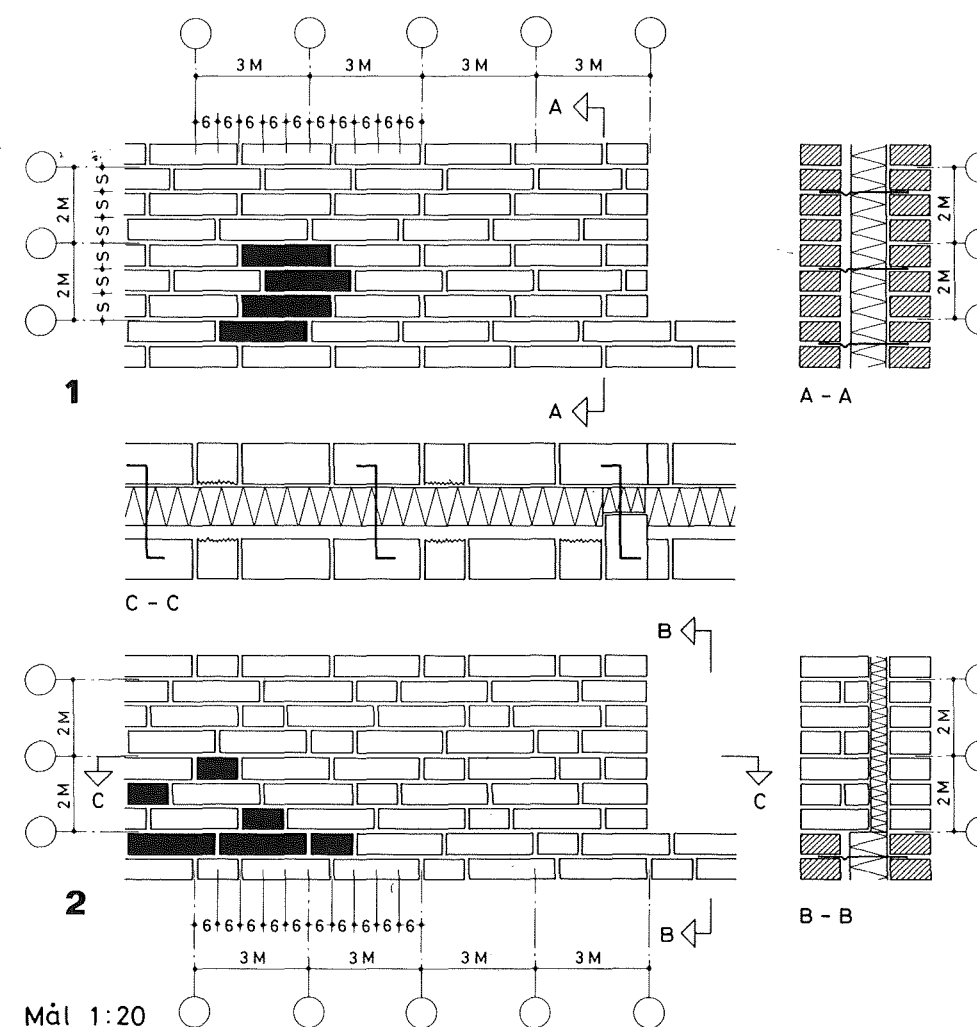
MURTYKKELSER



Præferencemål
baseret på fordoblings-
rækker

Målene 3M, 6M, 12M, ... udgør en såkaldt fordoblingsrække. Anvendelse af sådanne målrækker i praktisk projektering viser sig at medføre betydelige fordele i retning af forenkling og fleksibilitet. Emnet er behandlet i SBI rapport 56 Måltypisering, se litt. 2.6. Rapporten analyserer mulighederne for målforenkling ved udvælgelse af talrækker med gode aritmetiske egenskaber, dvs rækker, der medfører simple sammenhænge mellem de udvalgte mål.

Figur 2.09
Hule ydermure, forbandt-
mål.
1. Løberforbandt,
2. Munkeforbandt.



Mål 1:20

De udvalgte mål, kaldet *præferencemål*, skal tilfredsstillende de funktionskrav, der er knyttet til bygningen og dens komponenter gennem byggeprogrammet. Målenes talværdier skal have følgende egenskaber:

- Udvalget af forskellige mål skal være tilstrækkeligt stort.
- Fordelingen af mål skal være regelmæssig, og således at målspringene vokser med målenes absolutte størrelse.
- Talværdierne for de forskellige mål skal være baseret på enkle indbyrdes forhold.

Disse betingelser opfyldes bedst gennem talrækker udregnet som fordoblingsrækker, dvs $p = n \times a \times 2^x$, hvor a er en grundenhed = 3M, og n og x kan antage værdierne 0, 1, 2, 3, ..., dvs alle hele positive tal. Vi får herved fordoblingsrækken:

3M, 6M, 12M, 24M, 48M, 96M, ...

Det ses, hvorledes målspringene vokser med målenes størrelse, og dette fører efterhånden til så store spring, at det bliver nødvendigt at supplere rækken med mellemliggende værdier. Dette gøres ved at danne en ny fordoblingsrække

9M, 18M, 36M, 72M, 144M, ...

Denne fordoblingsrække har de samme talmæssige egenskaber som udgangsrækken, dvs simple forhold mellem tallene, og disse egenskaber bevares derfor, hvis man kombinerer de to rækker således:

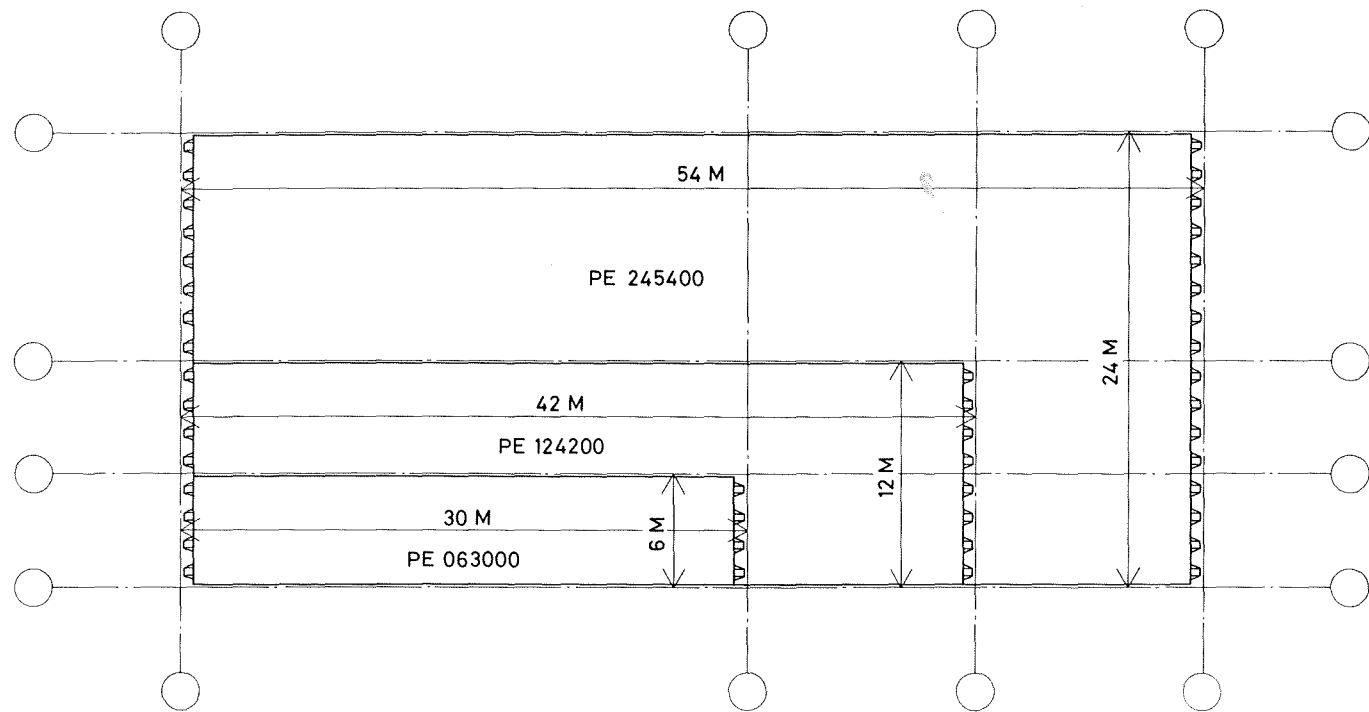
3M, 6M, 9M, 12M, 18M, 24M, 36M, 48M, 72M, ...

Ved denne kombination nedsættes målspringene mellem de enkelte værdier. Hvor tæt disse mål skal ligge afhænger først og fremmest af brugskravene til bygningerne.

Figur 2.10 viser en serie af fordoblingsrækker fra SBI rapport 56.

Fordoblingsrækker
 $p = n \times 3M \times 2^x$

Kombinerede rækker



Dækelementprogrammet

| | | | 1800 | 2100 | 2400 | 2700 | 3000 | 3300 | 3600 | 3900 | 4200 | 4500 | 4800 | 5100 | 5400 | 5700 | 6000 | 6300 |
|----------------------------|-----------------|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Serie | M-bredde | Længde mm | 1780 | 2080 | 2380 | 2680 | 2980 | 3280 | 3580 | 3880 | 4180 | 4480 | 4780 | 5080 | 5380 | 5680 | 5980 | 6280 |
| PE (Tykkelse 185 mm) | 06 (597 mm) | Vægt kg Hovedjern KS42S | 315 4 K 8 | 370 4 K 8 | 425 4 K 8 | 480 4 K 8 | 535 4 K 8 | 590 4 K 8 | 645 4 K 8 | 700 4 K 8 | 760 4 K 10 | 815 4 K 10 | 870 4 K 10 | 925 4 K 12 | 980 4 K 12 | | | |
| | 12 (1197 mm) | Vægt kg Hovedjern KS42S | 615 8 K 8 | 725 8 K 8 | 830 8 K 8 | 940 8 K 8 | 1050 8 K 8 | 1155 8 K 8 | 1265 8 K 8 | 1370 8 K 8 | 1480 8 K 10 | 1590 8 K 10 | 1695 8 K 10 | 1805 8 K 12 | 1910 8 K 12 | | | |
| | 24 (2397 mm) | Vægt kg Hovedjern KS42S | 1215 16 K 8 | 1430 16 K 8 | 1640 16 K 8 | 1855 16 K 8 | 2065 16 K 8 | 2280 16 K 8 | 2495 16 K 8 | 2705 16 K 10 | 2920 16 K 10 | 3135 16 K 10 | 3345 16 K 12 | 3560 16 K 12 | 3770 16 K 12 | | | |
| RE (Tykkelse 215 mm) | 06 (597 mm) | Vægt kg Hovedjern KS42S | 345 4 K 8 | 405 4 K 8 | 465 4 K 8 | 525 4 K 8 | 590 4 K 8 | 650 4 K 8 | 710 4 K 8 | 770 4 K 8 | 830 4 K 10 | 890 4 K 10 | 950 4 K 10 | 1010 4 K 12 | 1075 4 K 12 | 1135 4 K 12 | 1195 4 K 12 | 1255 4 K 16 |
| | 12 (1197 mm) | Vægt kg Hovedjern KS42S | 665 8 K 8 | 780 8 K 8 | 900 8 K 8 | 1015 8 K 8 | 1130 8 K 8 | 1250 8 K 8 | 1365 8 K 8 | 1480 8 K 8 | 1600 8 K 10 | 1715 8 K 10 | 1830 8 K 10 | 1950 8 K 12 | 2065 8 K 12 | 2180 8 K 12 | 2300 8 K 12 | 2415 8 K 16 |
| | 24 (2397 mm) | Vægt kg Hovedjern KS42S | 1305 16 K 8 | 1530 16 K 8 | 1760 16 K 8 | 1990 16 K 8 | 2220 16 K 8 | 2445 16 K 8 | 2675 16 K 8 | 2905 16 K 8 | 3135 16 K 10 | 3360 16 K 10 | 3590 16 K 10 | 3820 16 K 12 | 4045 16 K 12 | 4275 16 K 12 | 4505 16 K 12 | 4735 16 K 16 |

Figur 2.12
Præferencemål på dækelementer.

ningsmodulen 3M, ville man få en serie på 56 forskellige dækelementer. En sådan serie kan ikke danne grundlag for en rational industrialiseret produktion. Derimod kan en produktion baseret på de nævnte præfererede breddemål, hvor hver serie har længdemålspring på 3M, tilrettelægges rationelt og økonomisk.

Valget af præferencemål er selvfølgelig ikke kun et spørgsmål om produktionsteknik og økonomi. Præferencemålene virker direkte ind på rumstørrelser, fagvidder mv, og de må derfor bestemmes udfra de brugsmæssige krav til projektet. Dette emne, dimensionering af rumstørrelser udfra brugskrav, er et hovedtema i spørgsmålet om bygningers planlægning og indretning, og der findes en omfattende litteratur om emnet. For danske forhold kan fx henvises til ovennævnte SBI rapport 56 samt flere af instituttets øvrige publikationer om planløsninger og indretning af boliger, skoler, landbrugsbygninger osv.

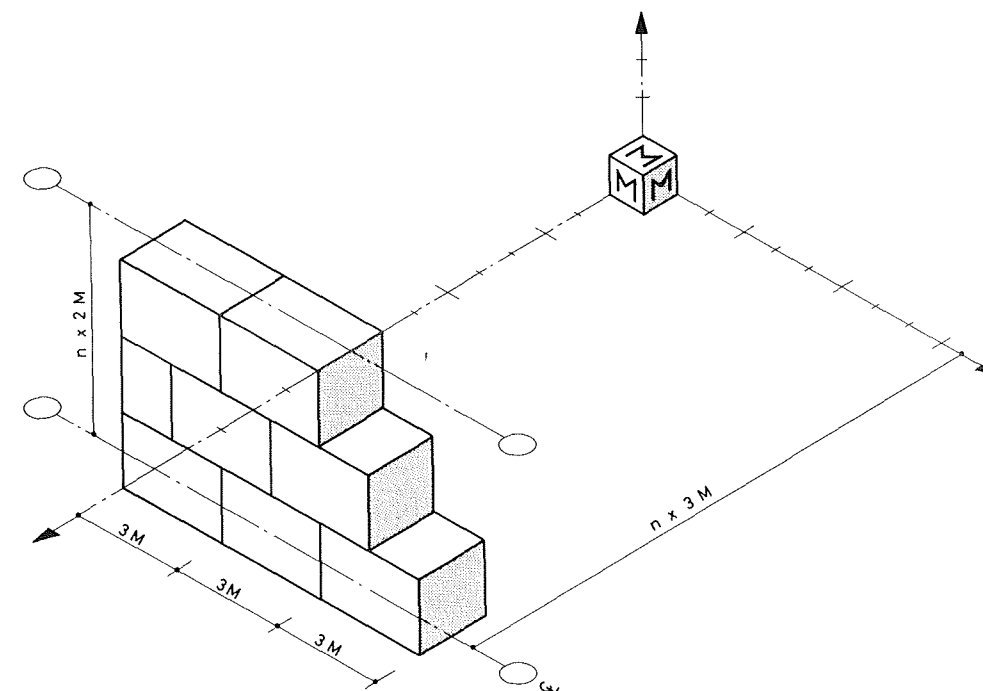
Som eksempel på andre præferencemål fra praksis kan henvises til standardblade og tilsvarende producentkataloger for fx vinduer, døre, køkkener, trapper osv.

Præferencemål og brugskrav

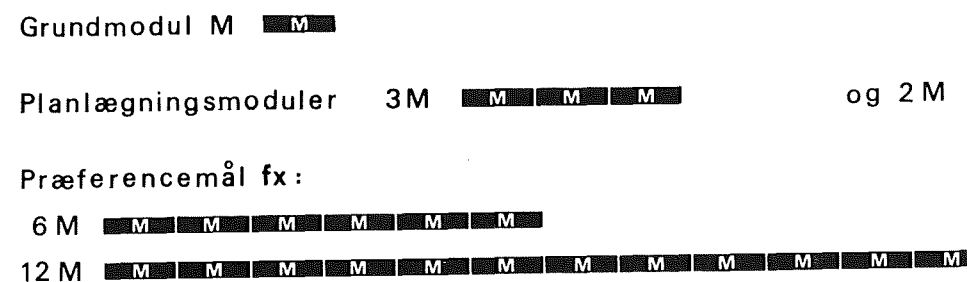
2.4 Modulnet og koordinatsystemer

De standardiserede måleenheder, basismodul, planlægningsmoduler og præferencemål, benyttes som enheder i det retvinklede tredimensionale koordinatsystem, der anvendes i modulprojekter til lokalisering af bygningsdele og komponenter. Grundenheden M vil optræde på alle koordinatsystemets 3 akser, mens der undertiden vælges forskellige multimoduler på de forskellige akser. Se figur 2.13 og 2.14.

Modulnettets enheder



Figur 2.13
Modulmålene bruges som enheder i et retvinklet, rumligt koordinatsystem.



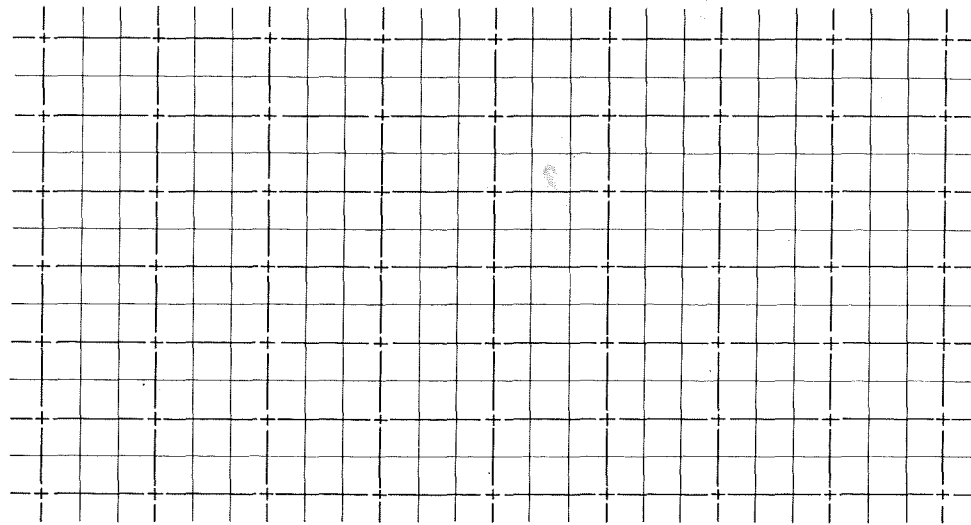
Figur 2.14
Byggemodul, planlægningsmodul og præferencemål for boligbyggeri.

Under arbejdet med skitsering af modulprojekter vil det i reglen være hensigtsmæssigt at tegne på modulpapir, hvor modulnettets masker er afpasset til de hyppigst anvendte modulære mål og det anvendte målestoksforhold. Der findes i handelen forskellige typer af modulpapir, trykt enten på transparent eller tæt hvidt papir. Figur 2.15 viser et eksempel, hvor maskevidden mellem de tynde linier er 5 x 5 mm svarende til basismodulen M i mål 1:20; mens maskevidden mellem de kraftigere linier er 15 x 10 mm svarende til planlægningsmodulerne 3M vandret og 2M lodret, ligeledes i mål 1:20.

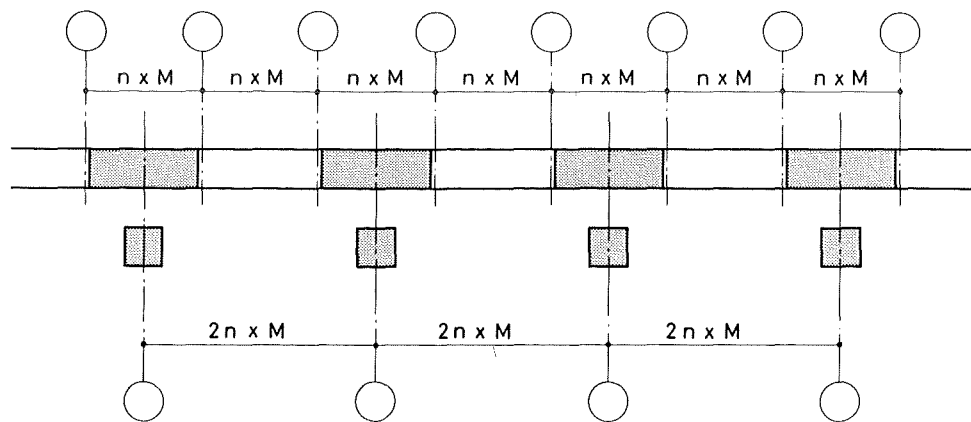
Skitsering på modulpapir

I det konkrete projekt vil man afpasse valget af multimoduler til de vigtigste hovedmål for komponenter, fagvidder, etagehøjder osv. Figur 2.16 viser et eksempel på sådanne modulnet, hentet fra ISO 2848 Modular coordination, Principles and rules.

Figur 2.15
Modulnet til skitsering af lodrette snit i mål 1:20.



Figur 2.16
Planlægningsmodulnet fra ISO 2848.



2.5 Placering af komponenter

Det modulære koordinat-system

Centrisk placering og sideplacering

Modulområder

ISO- og DS-forskrifter

DS 1049

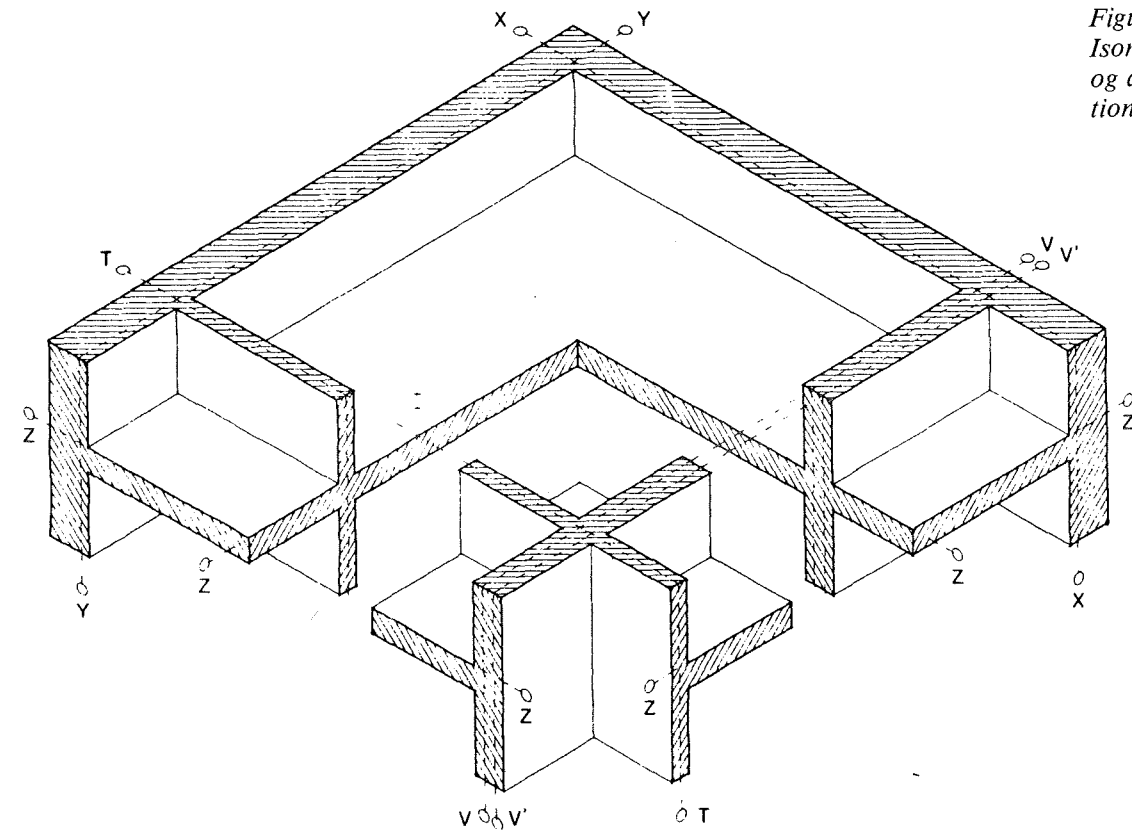
Under projekteringen placeres bygningsdelene i forhold til hinanden med modulnetten som koordineringsmiddel; dvs at beliggenheden af hver enkelt bygningsdel angives i forhold til det rumlige koordinatsystem, som er opbygget af modulerne, se figur 2.13. Ved placering af de enkelte bygningsdele er der en række traditionelle og selvfølgelig positioner, der bliver aktuelle. Fx vil det være naturligt at placere et system af søjler eller bærende vægge, således at deres centerlinier falder sammen med linier i det horisontale modulnet. Se figur 1.05, 1.10 og 2.13. Denne placering kaldes centrisk. Ligeså naturligt vil det være at placere en række af komponenter, således at deres sider lægges $\frac{1}{2}$ fuge fra nærmeste modullinie. Se fx figur 2.04, 2.05 og 2.06. Denne placering kaldes sideplacering.

Ved sidstnævnte placering opnås, som tidligere omtalt, at komponenterne i rækken får nominelle modulmål og indplaceres i hvert sit modulområde. Princippet forudsætter, at elementmål og fugemål kan styres, således at hvert element holder sig indenfor sit modulområde uden at give anledning til fejlophobning, og at fugerne opnår tykkelser, der giver teknisk forsvarlige løsninger med de anvendte fugematerialer. Disse forudsætninger medfører, at elementmål og fugemål må styres af tolerancer. Se afsnit 2.7.

Ovennævnte placeringsregler er nedfældet i internationale og danske modulstandarder. Se således ISO 2848 og den tilsvarende danske standard DS 1010.2 Modulkoordinering for byggeriet. Principper og regler.

En detaljeret anvisning om placeringsreglernes anvendelse er givet i standardbladet DS 1049.

I standardbladet, der er udarbejdet på basis af ovennævnte ISO 2848, er vist, hvorledes de grundlæggende principper om centrisk placering og sideplacering anvendes ved modulprojektering i praksis. Da placeringsreglerne ikke blot skal føre til simple modulære løsninger men også til byggeteknisk rigtige løsninger, er det i standardbladet vist, hvorledes man undertiden må gøre undtagelser fra de elementære regler. De to vigtigste undtagelser omfatter *excentrisk placering* og *neutral zone*. Disse løsninger er nærmere beskrevet i det følgende.



Figur 2.17
Isometri af en bærende og afstivende konstruktion fra DS 1049.

Figur 2.17 viser et udsnit af en bærende og afstivende konstruktion fra en normal- etage i en fleretages bygning, med dæk og vægge placeret efter de standardiserede regler. Indervæggen i modulplan T er centrisk placeret. Dækoversiden ved modulplan Z er sideplaceret i lodret retning. YDervæggene i modulplanerne Y og X er excentrisk placeret. Ingervæggen med modulplanerne V og V' indeholder en neutral zone. Figuren illustrerer således alle de fire nævnte muligheder for bygningsdelsplacering, uden at man har lagt sig fast på et bestemt byggesystem eller en bestemt komponentopdeling.

Ved detailprojekteringen, hvor der vælges byggesystem, og bygningens opdeling i komponenter undersøges, fastlægges komponenters og samlingers beliggenhed i forhold til modulnettet. Figur 2.18 og 2.19 viser et par typiske samlinger fra standardbladet.

Afsnit 5 i DS 1049 viser, hvorledes den nøjagtige placering af komponenterne i forhold til modullinierne vælges i afhængighed af kravene til samlingernes byggeteknik, og de brugsbetingede krav til rummål mv. Der henvises til DS 1049, som også indeholder et appendix med helt konkrete eksempler fra aktuel dansk byggeskik, og til denne bogs projekteringsseksempler i kapitel 8, 9 og følgende.

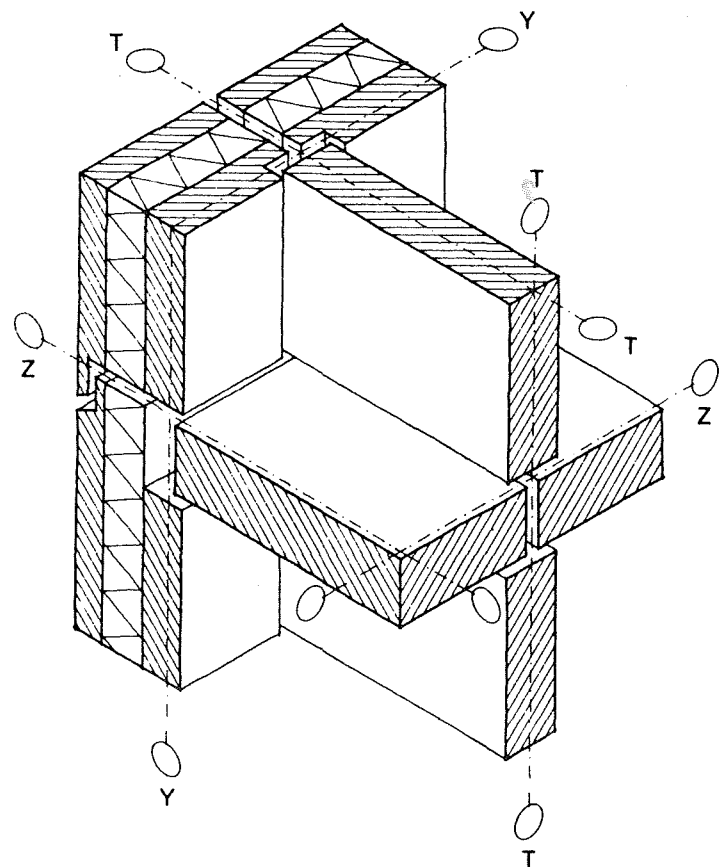
De lodrette mål styres i Danmark af den vertikale planlægningsmodul 2M og for boligbyggeriets vedkommende af bruttoetagehøjden 28M, som er standardiseret i DS 1000 Højdemål i normaliteter. Internationalt har man ikke kunnet blive enige om at anvende 2M som lodret planlægningsmodul, idet mange lande har foretrukket at anvende 3M vertikalt såvel som horisontalt. Denne situation har medført, at man er endes om at standardisere lodrette mål op til 36M ved anvendelse af basismodulen M. For mål over 36M foreskriver ISO anvendelsen af 3M og 6M målspring, mens man i Danmark baserer højdemålene i dette område på multipla af henholdsvis 2M og 6M.

Placering af komponenter og samlinger

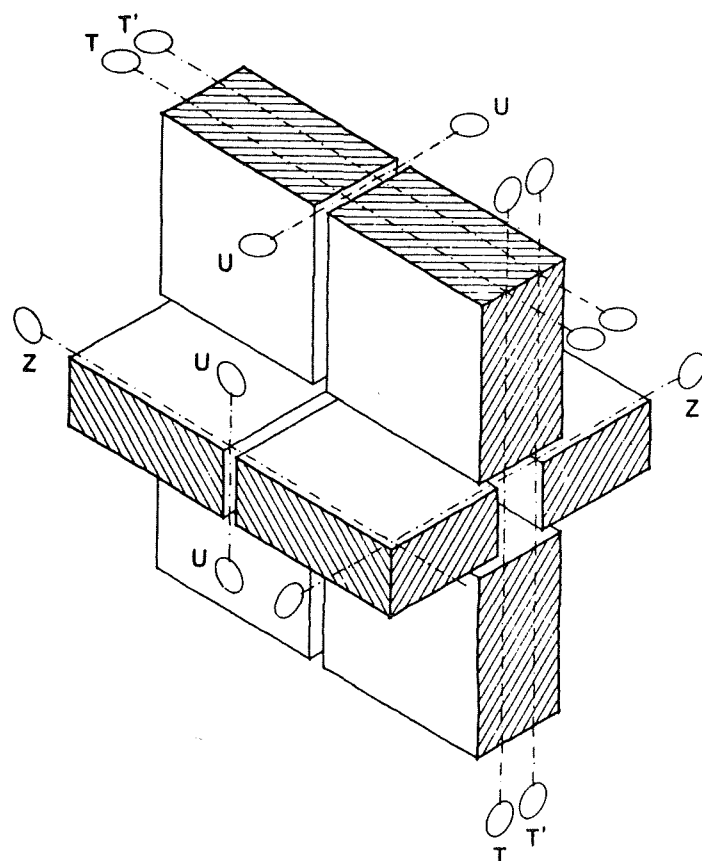
Dimensionering af samlinger og fugeardele

Lodrette mål

Figur 2.18
Isometri af ydervæg, indervæg og dæk med centrisk placering, sideplacering i lodret retning og excentrisk placering. Fra DS 1049.



Figur 2.19
Isometri af bærende indervæg og dæk med neutral zone og sideplacering af dækkomponenter i lodret og vandret retning.



Dette medfører, at der findes et område fra 36M til 48M, hvor der ikke er fuldt sammenfald mellem de danske og de internationale standardiserede højdemål. Erfaringen viser, at dette forhold ikke har nogen større praktisk betydning.

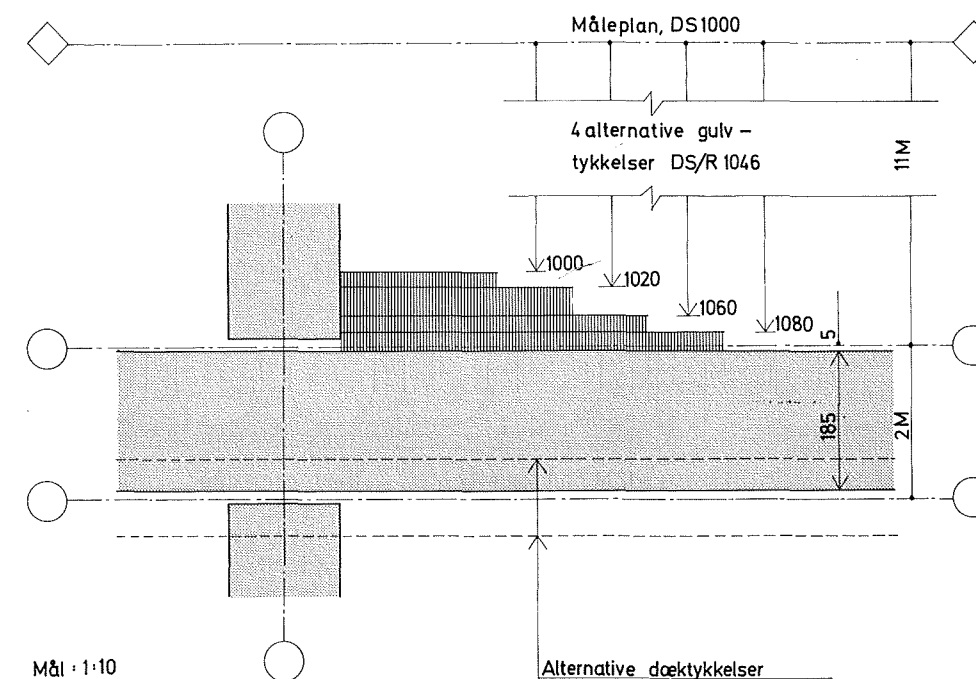
Ifølge DS 1049 udgår man ved placeringen af komponenter i lodret retning fra en position, hvor etageadskillelsens bærende del, rådækket, placeres 5 mm under et modulplan. Dette kaldes »5 mm reglen«, og fra dette modulplan udgår de øvrige lodrette mål. Målet er valgt, således at man kan indpasse rådækkets overside i byggesystemer, fx med murværk og blokmurværk med fugeandele på 5-6 mm; dvs med normale mørtelfuger på 10-12 mm. Se figurerne i afsnit 4.7 m.fl.

I nogle byggesystemer, specielt hvor der anvendes dækkomponenter med stor spændvidde, bliver en fugeandel på 5 mm for lille. Disse såkaldte »langdæk« vil på grund af målafvigelser, bl.a. nedbøjninger, ikke kunne holde sig indenfor deres modulområde, hvis 5 mm reglen anvendes. DS 1049 anbefaler i disse tilfælde en fugeandel på 10 mm, og appendixet viser eksempler på byggesystemer, hvor 10 mm reglen er fulgt. Endelig nævnes i DS 1049 muligheden for at vælge fugeandelen frit, såfremt det aktuelle byggesystem betinger dette. Det er vigtigt for detailprojektet at lægge sig fast på en rationelt bestemt fugeandel, som passer til det aktuelle byggesystem, idet valget af dette mål indvirker direkte på alle projektets øvrige højdemål såsom rummål, placering af inventar og installationer mv.

5 og 10 mm reglerne er i fuld overensstemmelse med de internationale principper for modulprojektering, selvom der ikke endnu (1983) er truffet international aftale om disse fugeandales størrelse.

»5 mm reglen«

»10 mm reglen«



Figur 2.20
Etageadskillelse med varierende gulv- og dæktykkelser.

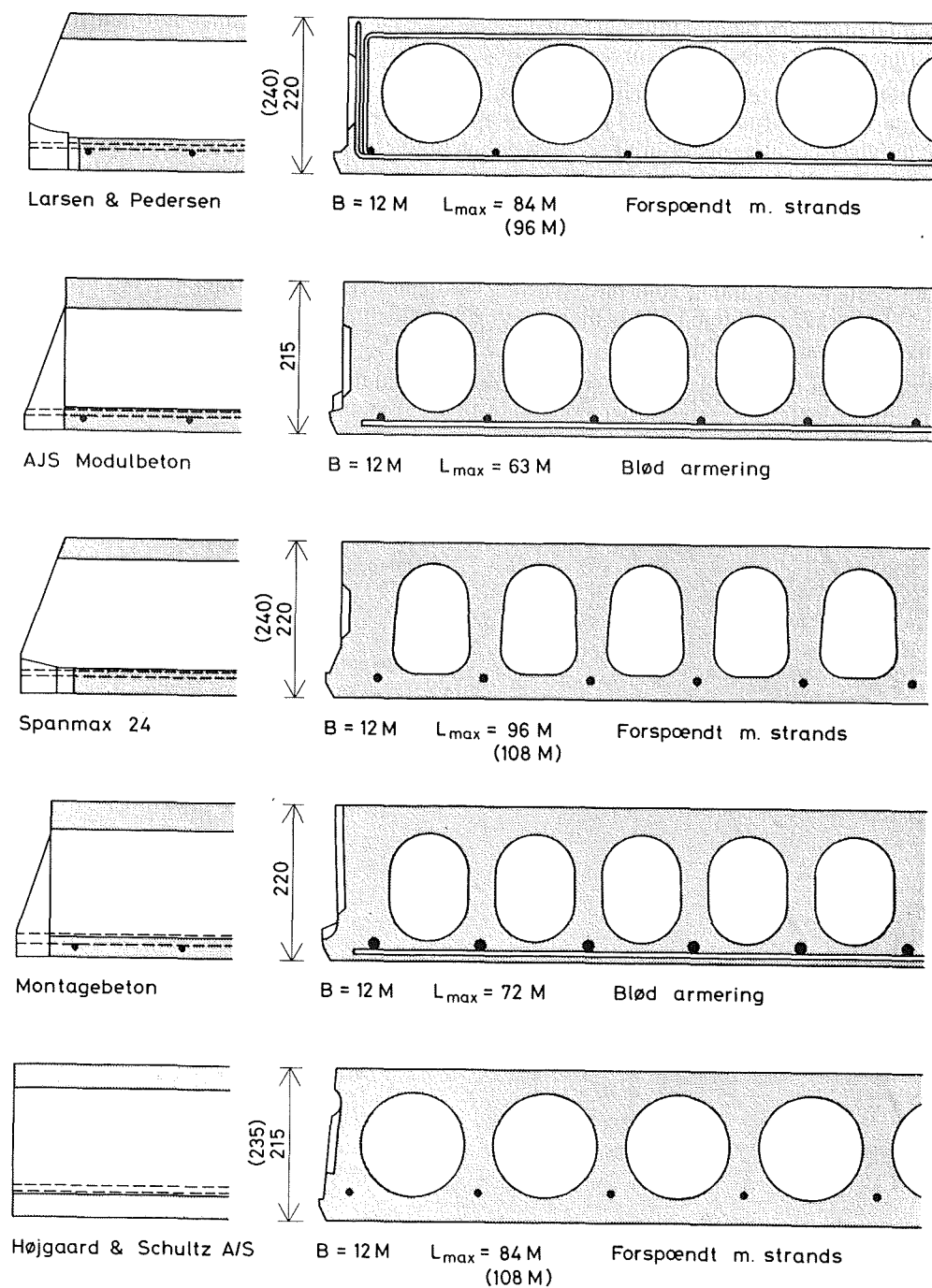
Figur 2.20 viser forskellige aktuelle tykkelser på den samlede etageadskillelse, sammensat af rådæk og overgulv. De fire gulvtykkelser er fra DS/R 1046 Gulvoverfladers højdeplacering, der rekommanderer overgulve fra 25 mm, eksempelvis vinylgulve eller tekstilbelægninger på afretningslag, til 105 mm, eksempelvis trægulv på strøer. Blandt rådækttykkelserne indeholder DS 1038 målene 185 mm, 220 mm og 285 mm. Flere elementfabrikker har langdæk på programmet med tykkelser svarende til disse mål og spændvidder op til 10-15 m. Se figur 2.21. Disse dækttykkelser, kombineret med 100 mm overgulve som fx trægulv på strøer giver med fast etagehøjde på 28M en rumhøjde, der er mindre end 2,5 m. BR 82 tillader dette i modulprojekteret etageboligbyggeri; se BR 82, afsnit 4.3.

DS 1046
Gulvoverfladers højdeplacering

Figur 2.22 viser en oversigt over samtlige danske standardiserede højdemål pr. 1983. Figuren er fra DS 1000.

Figur 2.21
Langspænddæk.

Figur 2.22 (næste side)
Oversigt over standardiserede højdemål efter DS 1000. Måleplanet beliggende 1100 mm over rådækmodulplanet anvendes som målafsætningsplan. På detailtegninger af etageadskillelser anvendes her i bogen det viste rådækmodulplan som målafsætningslinie. Hvor rådækkets tykkelse overskrider 2M, må de bærende vægges højde, (4), afpasses herefter, således at etagehøjden 28M, (11), kan opretholdes.



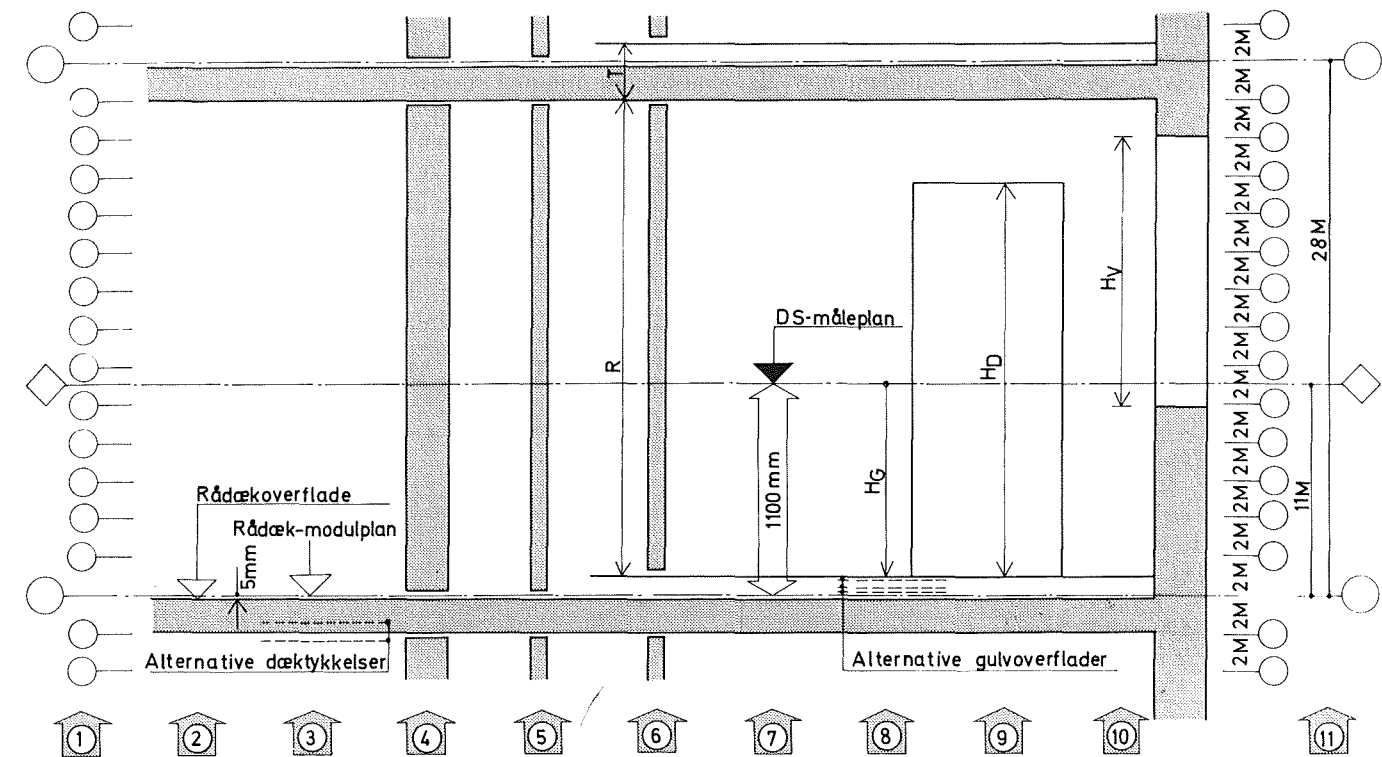
LANGSPÆND DÆK 1:10

Specielle samlinger

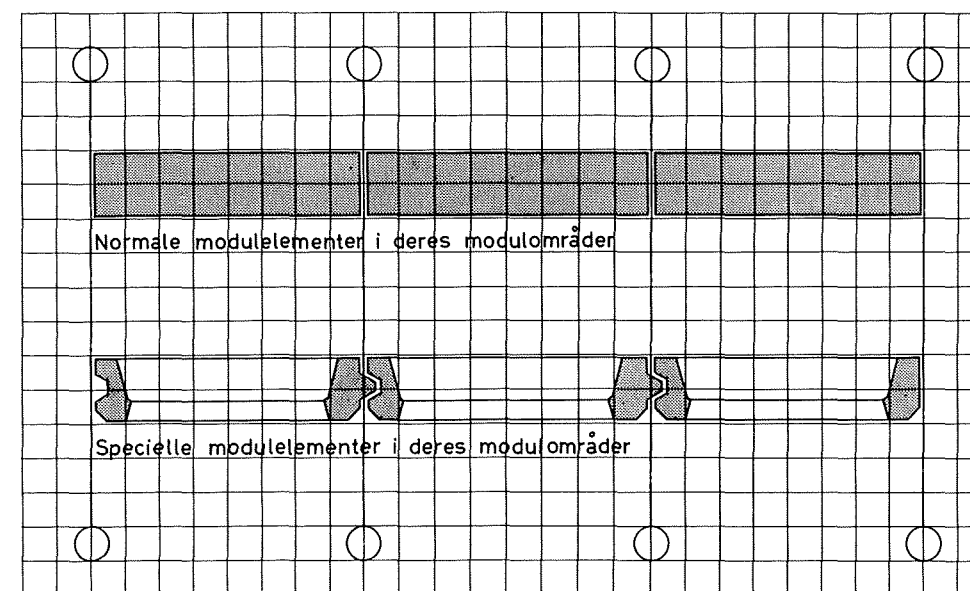
Under detailprojekteringen hvor komponenter og samlinger udformes, således at de opfylder relevante byggetekniske krav, vil det forekomme, at man i større eller mindre omfang må afvige fra de forannævnte elementære regler.

Fer og notsamlinger

Figur 2.23 viser således to rækker modulelementer placeret i deres respektive modulområder. I nederste række er elementerne samlet med fer og not, hvorved alle tre elementer partielt overskrider deres modulområder. Det samme kan ske med bolteforbindelser, beslag og lignende. Trods denne afvigelse fra de generelle regler vil man stadig betegne elementerne i figur 2.23 som modulære.



| | | | |
|--|---------|---|---------|
| ① Lodret planlægningsmodul 2M | DS 1012 | ⑦ Højdemål på installationer og indbygningskomponenter afsættes fra måleplanet | DS 1000 |
| ② Bærende rådæk-overside, 5mm under modulplan | DS 1049 | ⑧ Gulvoverflader afsættes fra måleplanet | DS 1046 |
| ③ Rådæk-modulplan. Hule dækkomponenter Alternative dæktykkelser afsættes nedad | DS 1038 | ⑨ Hulmål til døre, HD Døroverliggerens højdeplacering afhænger af gulvoverfladens højdeplacering | DS 1028 |
| ④ Bærende indvendige vægge Højden afhænger af rådækkets tykkelse | DS 1039 | ⑩ Hulmål til vinduer, HV Vindueshullet skal være modulært men dets højdeplacering behøver ikke nødvendigvis at følge planlægningsmodulernes takt. | DS 1003 |
| ⑤ Ikke-bærende indvendige vægge Højden afhænger af rådækkets tykkelse | DS 1038 | ⑪ Etagehøjden er 28M (=R+T) byggekrav | DS 1000 |
| ⑥ Flytbare vægge Højden bestemmes af rumhøjden, R | DS 1000 | | |

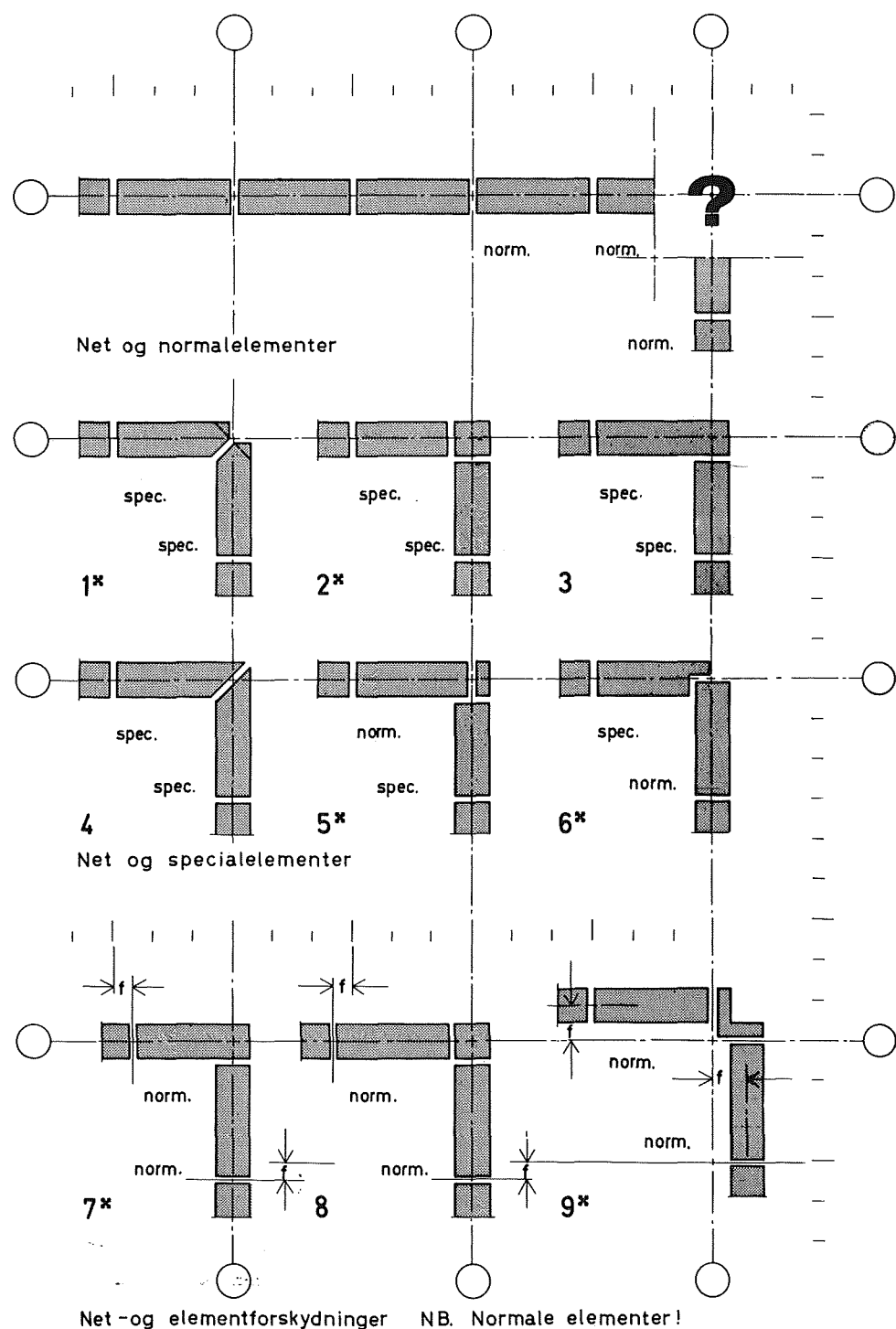


MODULOMRÅDER OG -ELEMENTER

Figur 2.23
Modulelementer og
modulområder.

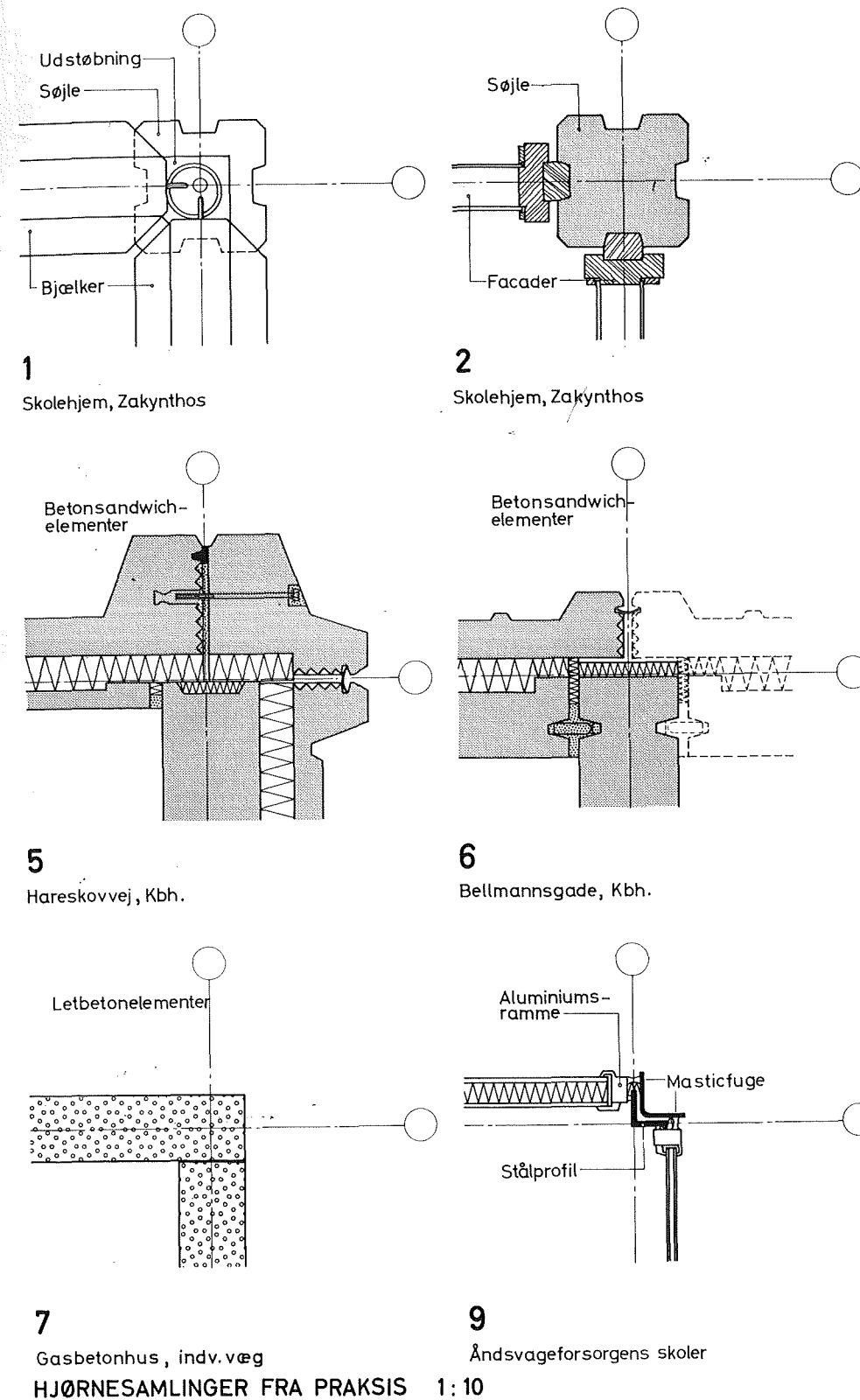
Et andet hyppigt forekommende tilfælde, hvor der kan optræde specialelementer, har vi i forbindelse med hjørne- og T-samlinger. Figur 2.24 viser øverst to rækker (vægge) af modulelementer, der skal bygges sammen i et hjørne, og nedenunder er vist et udvalg af de mange forskellige muligheder, der rent *geometrisk* findes for denne sammenbygning. Når man i praksis skal vælge mellem disse og eventuelle andre mulige løsninger, må valget træffes ud fra de byggetekniske hensyn. Dvs at man afhængigt af materialer, fuger, produktionsteknik, montagemuligheder, arkitektur og andet må finde frem til den bedste løsning. Ved den detaljerede udformning af disse hjørnesamlinger vil man så i en række tilfælde opdage, at nogle af løsningerne kan udføres med normalelementer (fx nr. 7-9), mens andre løsninger kræver specialelementer (fx nr. 1-3). Desuden vil man registrere, at i nogle samlinger overskrider elementerne deres modulområde (nr. 4).

Figur 2.24
Hjørnesamlinger, geometriske løsninger. Samlingerne med x er vist på figur 2.25 i en række løsninger fra praksis.



Net- og elementforskydninger NB. Normale elementer!

HJØRNESAMLINGER, TEORETISK



HJØRNESAMLINGER FRA PRAKSIS 1:10

I figur 2.24 viser samlingerne nr. 1-6 løsninger, hvor elementerne, som hovedsagelig er specialelementer, ligger korrekt i forhold til modulnettet, dvs centrisk placeret i den ene retning og sideplaceret i den anden retning. Samlingerne nr. 7-9 viser løsninger, hvor man har forskudt elementerne i forhold til nettet og derved opnået at kunne udføre samlingerne med normale elementer. Det må fremhæves, at begge disse fremgangsmåder er fuldt modulære. Valget mellem dem er et spørgsmål om en fornuftig byggeteknisk løsning ud fra en vurdering af samlingernes økonomi og ydeevne.

Figur 2.25 viser som eksempler hjørnesamlingerne nr. 1, 2, 5, 6, 7 og 9, som de er udført i en række aktuelle projekter. Går vi fra planen til rummet, forstærkes disse sam-

Figur 2.25
Hjørnesamlingerne i figur 2.24 nr. 1, 2, 5, 6, 7 og 9 i udgaver fra praksis.

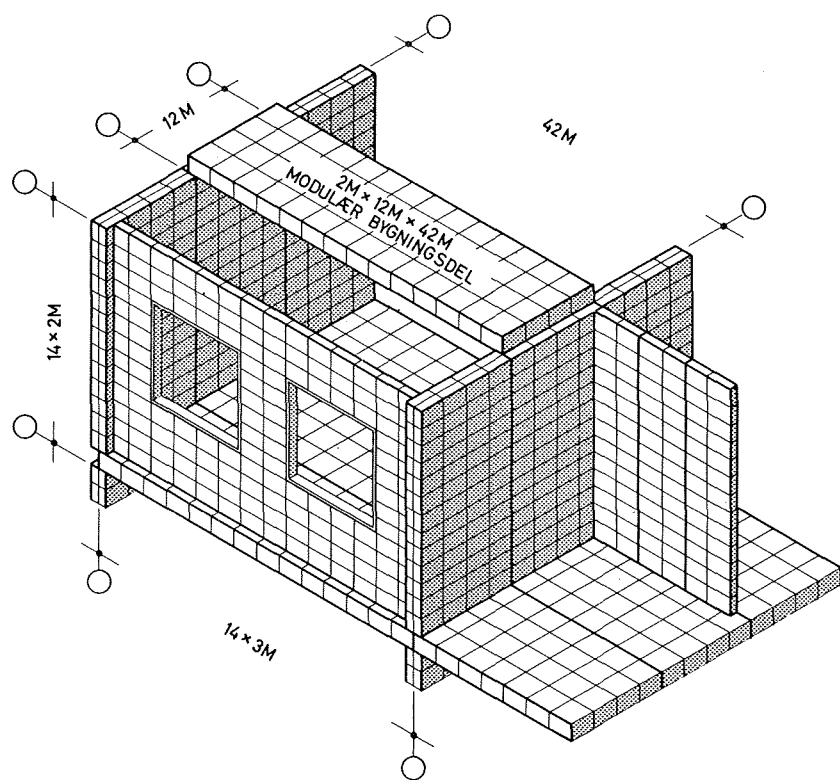
Forskydninger af komponenter

Hjørnesamlinger i praksis

lingsproblemer naturligvis betydeligt, og med de mange tekniske og økonomiske krav, der stilles til dagens byggeteknik, kan det ikke undre, at hjørne- og T-samlinger hyppigt vil føre til specialelementer, hvor det undertiden kan være svært at genfinde de simple modulkoordineringsprincipper. Emnet vil blive behandlet mere udførligt i bogens mange projekteringsseksempler.

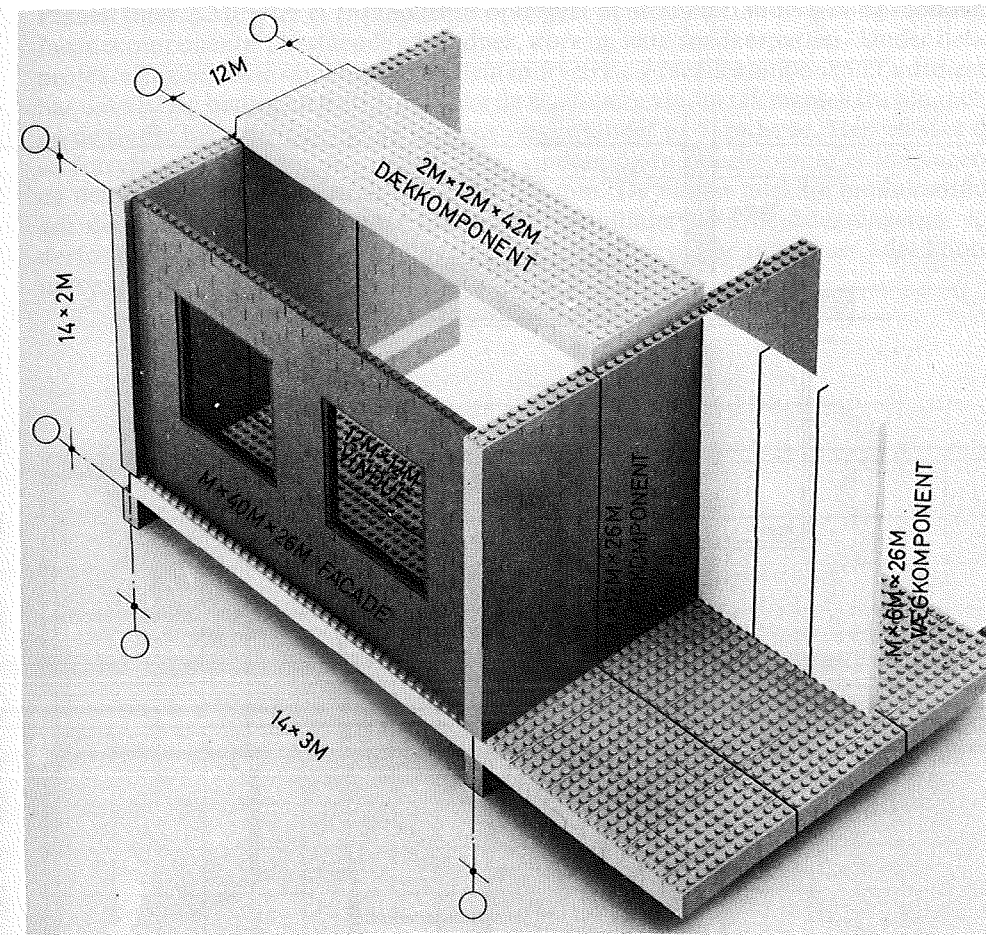
Figur 2.26 viser en model af et bygningsudsnit udført med Modulex-klodser, et søsterprodukt til de berømte Lego-klodser. Hver knop på Modulex-klodserne svarer til en terning på 5 x 5 x 5 mm og afbilder således basismodulen M i målforholdet 1:20. Som det ses af figurerne, ligger samtlige bygningsdele korrekt i deres modulområder. De bærende vægge er opstillet centrisk, mens dæk, lette vægge, facader og vinduer er sideplaceret. Alle rummål er modulære, og modellen er et rendyrket eksempel på anvendelse af de elementære modulregler. Produktet Modulex blev i sin tid udviklet for at give de projekterende et modelværktøj i hænde til illustration af modulprojekter. Det viste sig imidlertid ret hurtigt, at Modulex ikke fik den forventede udbredelse til dette formål. Grunden hertil er den, at Modulex kun egner sig til at illustrere de rene løsninger, hvor der ikke sker noget brud på de elementære regler. Mens vanskelighederne i praktisk projekteringsarbejde netop viser sig der, hvor man på grund af byggetekniske krav er nødt til at afvige fra de elementære regler. Disse problemer kan Modulex med sine ideelle egenskaber ikke bidrage til at løse.

Figur 2.26
Alle bygningsdelene i denne model ligger korrekt i det rumlige modulnet efter de elementære placeringsregler. Men modellen kan ikke illustrere de byggetekniske problemer, der opstår, når samlingerne skal detailprojekteres i praksis.

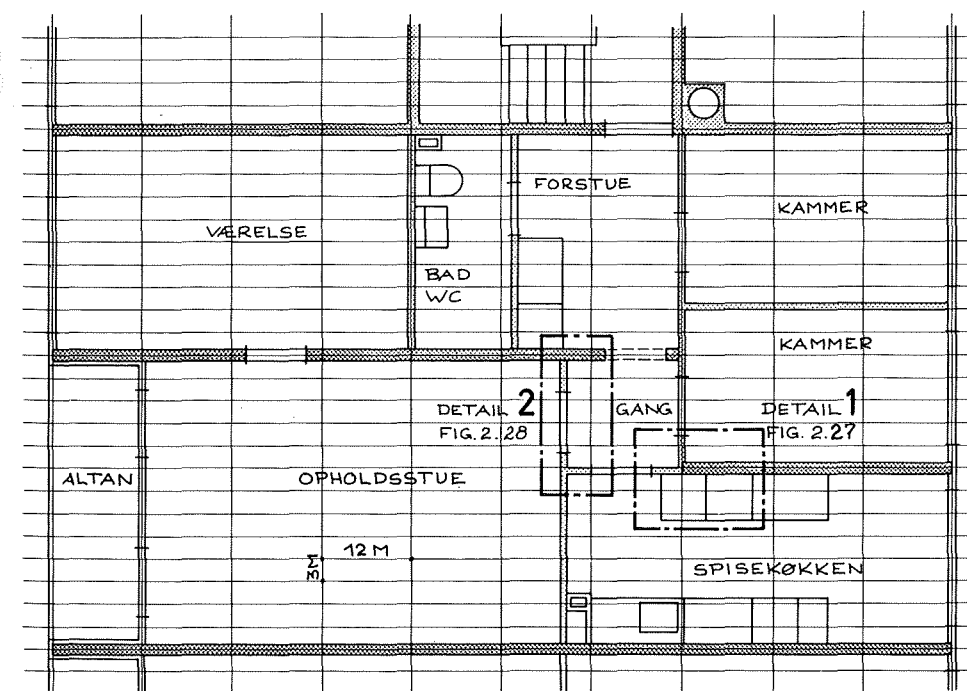


Forskydning af modulkomponenter i planen

I planen figur 2.28 er de bærende komponenter placeret efter de generelle regler i et planlægningsmodulnet på 3M x 12M. Men da tykkelserne på de bærende vægge er 150 mm, som er bestemt ud fra de statiske og akustiske funktionskrav i projektet, kan indbygningsdelene, lette vægge og køkkeninventar ikke placeres med deres fuger i modullinjerne, se detaljerne i figur 2.29 og 2.30. Både de lette vægge og køkkeninventaret har i sig selv modulmål, dvs at deres fuger danner en ny modultakt, eller et forskudt modulnet. Man har i det internationale modulararbejde overvejet at standardisere disse netforskydninger, men i Danmark er vi nået til det resultat, at dette ville være modulformalisme. Køkkenkomponenterne og de lette vægge skal stå, hvor der er brug for dem og plads til dem, og hertil behøves ikke nye modulnet, men kun elementær byggeteknisk viden om samlingernes udførelse. Når køkkenkomponenter og lette vægge har modulmål, er det for at produkterne skal kunne standardiseres og produceres industrielt, og ikke fordi man ønsker at indføre nye modulnet i projekterne.

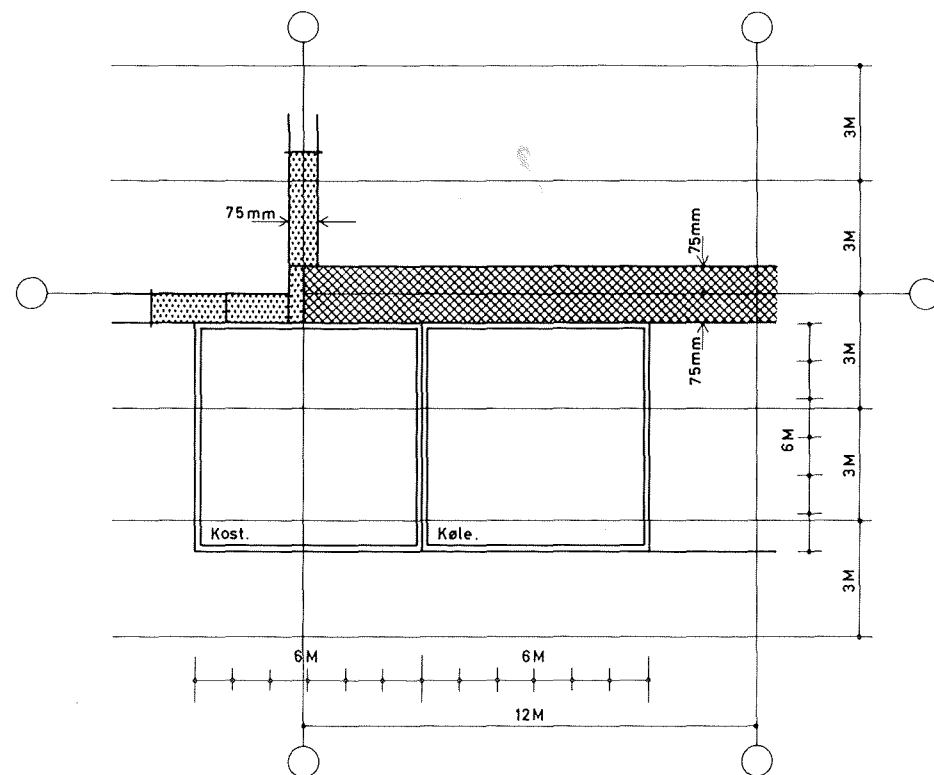


Figur 2.27
Modellen fra figur 2.26 opført af Modulex byggeklodser.



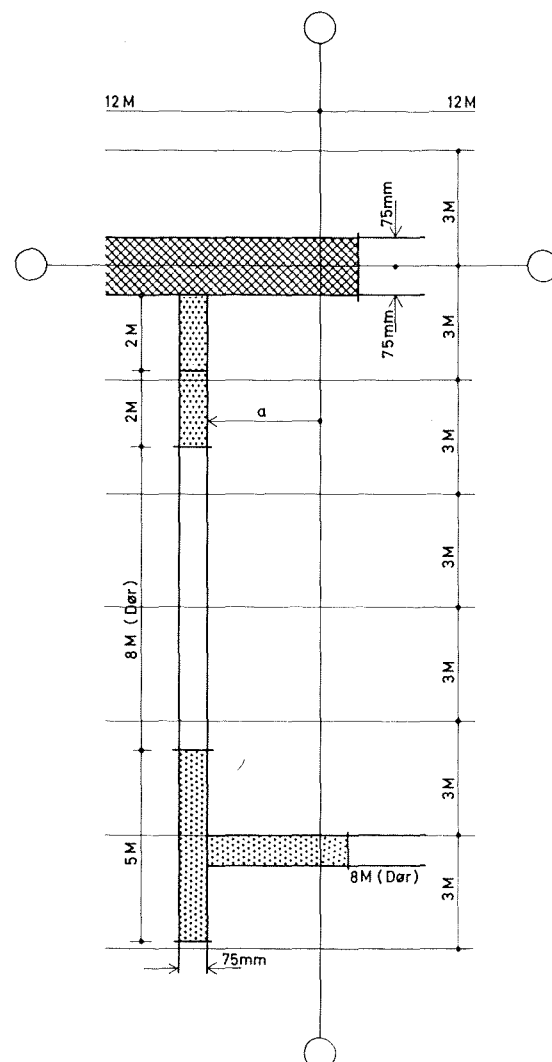
Figur 2.28
Lejlighedsplan optegnet over et 3M x 12M planlægningsmodulnet.

Figur 2.29
Planudsnit, detail 1 af køkkeninventaret stillet op langs den bærende 150 mm betonvæg. Køkkeninventarets modulmål er forskudt i forhold til råbygningens 3M x 12M planlægningsmodulnet.



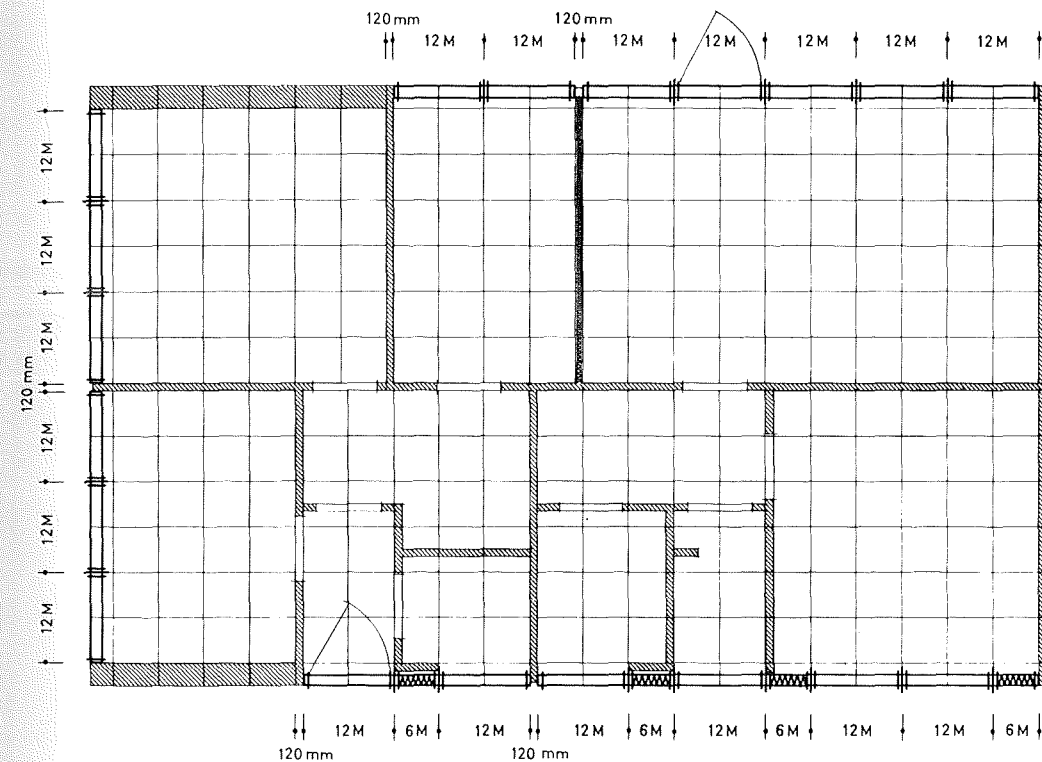
DETAIL 1, 1:20

Figur 2.30
Planudsnit, detail 2 af opstilling af lette vægkomponenter. De lette vægge fremstilles i modulmålene B = 5M, 3M og 2M og udgør således en modultakt, der er forskudt i forhold til råbygningens planlægningsmodulnet. Målet a, der bestemmer forskydningen, vælges ud fra brugskravene.



DETAIL 2, 1:20

Planen figur 2.31, viser et enfamiliehus opbygget af modulært murværk og modulære facadekomponenter, bestående af vinduer, døre og lette snedkerpartier. Under detailprojekteringen, hvor samlingerne mellem murværk og facadekomponenter udformes, har det vist sig hensigtsmæssigt at rykke de modulære vindueselementer fra hinanden, på de steder hvor de indvendige 1/2 stens vægge lander på facaderne. Herved sker der en frarykning af de modulområder, hvori vinduer og facadeelementer er indplaceret, og der opstår de viste neutrale zoner på 120 mm. De mange adskilte modulområder gør det upraktisk at benytte de tilhørende modullinier på arbejdstegningerne, som derfor bør udføres med enkelte udvalgte målafsetningslinier som akser i det koordinatsystem, der styrer målene.



TYPEHUS 1:100

Adskilte modulnet og neutrale zoner

Figur 2.31
Plan af enfamiliehus opbygget af modulære facadekomponenter og modulært murværk. Modulnettet er på grund af frarykninger mellem komponenterne opdelt i 6 områder adskilt med 120 mm neutrale zoner. Nettet er derfor uegnet som koordinatsystem til arbejdstegningerne, og der må vælges nye målafsetningslinier til styring af disse mål. Se kapitel 7.

Som konklusion af det foregående kan vi nu fastslå, at man ved modulprojektering i praksis kan gå frem på følgende to måder:

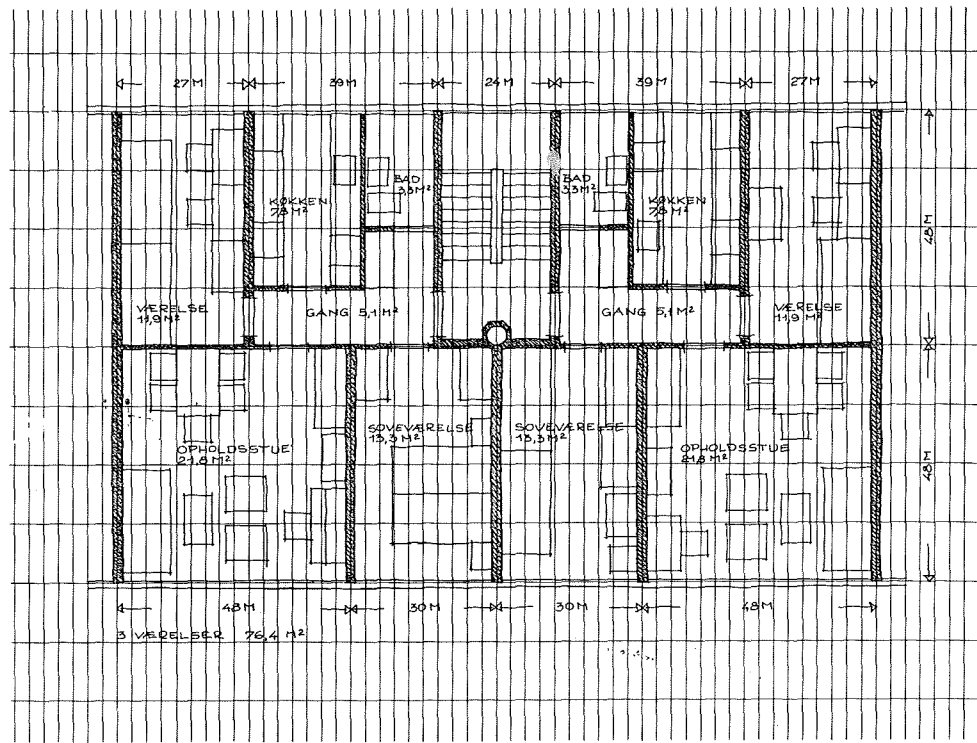
- A: NETHUS. Hele bygningen optegnes over et sammenhængende planlægningsmodulnet, hvis maskevidde vælges, så det passer bedst muligt til det aktuelle byggesystem og til projektets brugskrav. Byggekomponenterne placeres efter de elementære placeringsregler, og der udformes de nødvendige specialelementer ved hjørne-, kryds- og T-samlinger mv. Færdighusets komponenter indplaceres i projektet ud fra simple brugsmæssige og byggetekniske hensyn.
- B: KOMPONENTHUS. Der udvælges flest mulige præfabrikerede, modulære, standardkomponenter til et for projektet velegnet byggesystem, og disse komponenter »sammenstilles« ud fra de byggetekniske og brugsmæssige krav, eventuelt helt uden anvendelse af modulnet. Se figur 2.32.

Det må understreges, at der vil forekomme overgange mellem disse to fremgangsmåder, som næppe eksisterer i rendyrket form i praksis. Fremgangsmåden ved projektering efter disse retningslinier vil fremgå af bogens eksempler, hvor planlægningsmodulnet altid er anvendt som grundlag for den første skitsering, medens det spiller en varierende rolle i det videre projekteringsarbejde og i de færdige arbejdstegninger. Når man har valgt sine komponenter, kan det, som omtalt i det foregående, ske, at man ved detailprojekteringen må frigøre sig fra det sammenhængende modulnet og udforme sine samlingsdetaljer alene ud fra de byggetekniske krav. Hvor langt man i hvert enkelt tilfælde kan anvende nettet, afhænger af det valgte byggesystem og materialerne.

»Nethus« og »komponenthus«

Mellemløsninger i praksis

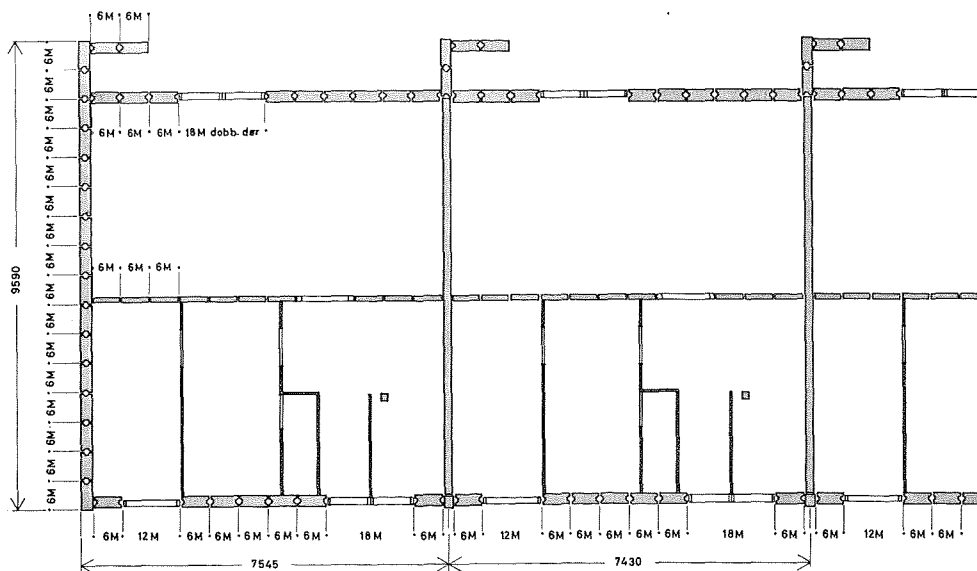
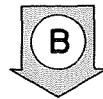
Figur 2.32
 Eksempler på modulprojekter udformet som
 A: Nethus og
 B: Komponenthus.



NETHUS
 Ballerupplanen



PRAKTISK MODULPROJETERING
 Modul → Planlægningsmodul → Præferencemål



KOMPONENTHUS
 Engstrands Alle

2.6 Modulære rummål

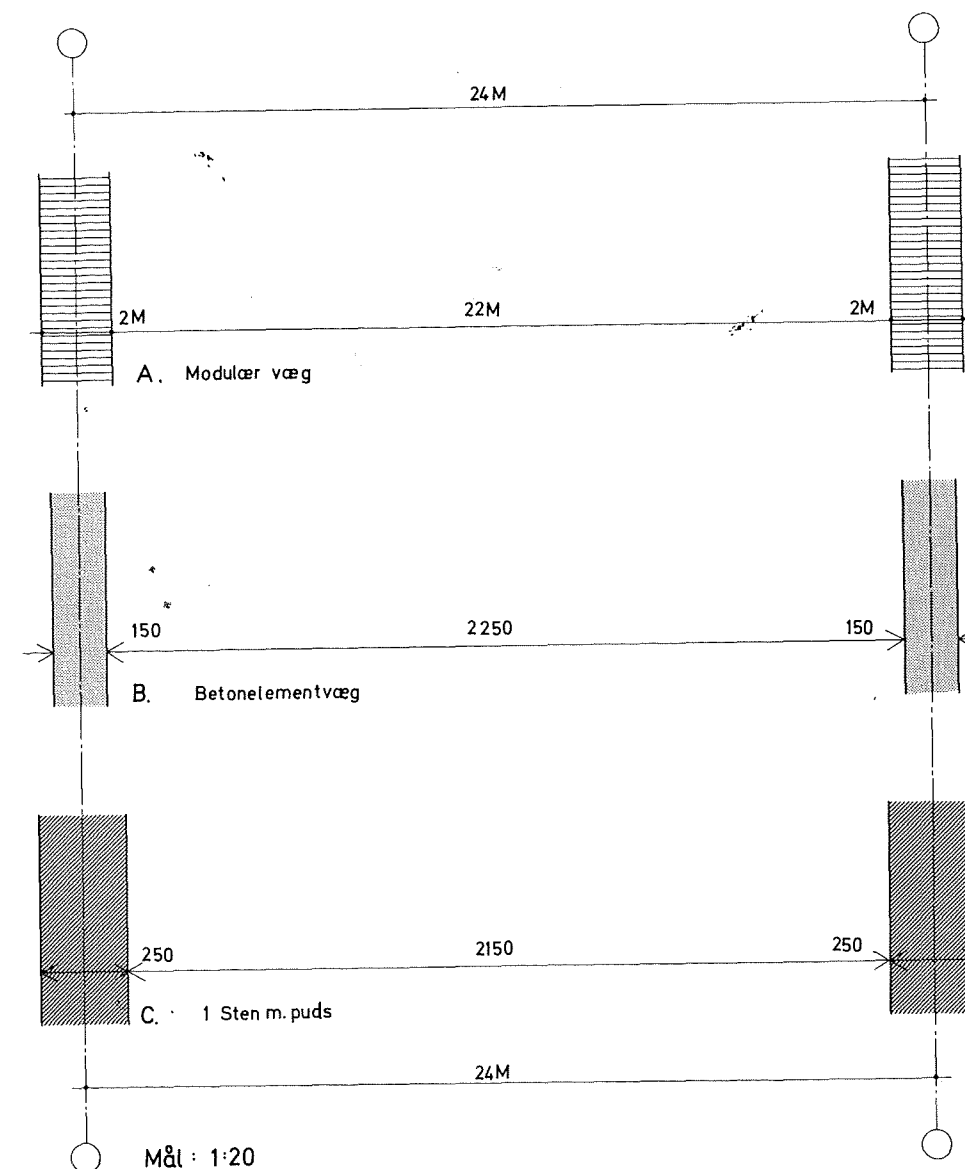
I den ideelle modulmodel, figur 2.26, er alle rummål modulære. Dette medfører, at modulære indbygningsdele, lette vægge og inventar mm kan placeres i rummene uden tilpasning. I det praktiske modulararbejde har man overvejet, om disse muligheder kunne virkeliggøres: at projektore med modulære rummål, og at indbygge modulære komponenter heri uden tildannelse på stedet.

Placeres råbygningens komponenter centrisk, kan modulære rummål kun opnås, hvis også vægtykkelserne er modulære, se figur 2.33A. Men for betonvægge er tykkelsen 2M uøkonomisk, ihvertfald i det lavere byggeri, hvor man normalt bruger den standardiserede tykkelse 150 mm, og i det murede byggeri giver stenformaterne ligeledes umodulære vægtykkelser. Byggeblokke produceres undertiden i modulære tykkelser; men anvendelsen af sådanne blokke afhænger af deres ydeevner, herunder især de statiske og akustiske krav.

Fraviger man den centriske placering, kan man i vægge, der er tykkere end 2M, tilsyneladende opnå modulære rummål ved at indskyde en neutral zone i væggen, se figur 2.34.

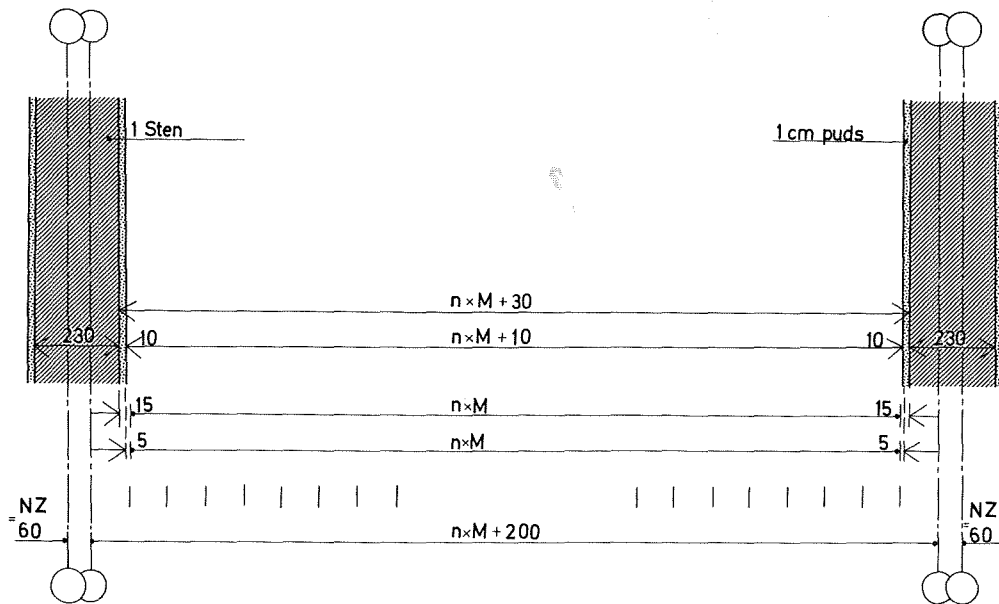
Centrisk placering og modulære rummål

Neutral zone



Figur 2.33
 Vægtykkelser og rummål med væggene placeret centrisk.

Figur 2.34
1 stens vægge der indeholder neutrale zoner på 60 mm. Er rummålet modulært?



Modulære rummål? - Spørgsmålet afhænger bl.a. af fugemålene

Det modulære rummål i figur 2.34 bliver med puds $n \times M + 10$ mm og uden puds $n \times M + 30$ mm. Man kan således hævde, at rummålet er dimensioneret efter reglerne for modulære åbninger, idet basismålet er lig med modulmålet + en fuger. Forudsætningen for rigtigheden af dette ræsonnement er imidlertid, dels at vægoverfladerne holder sig indenfor deres respektive modulområder - og dette kan være vanskeligt at opnå med de i praksis mulige nøjagtigheder i murværket, dels at fugeandelen fra vægoverflade til modullinie har en størrelse, der passer til den fuger, der skal udføres mellem væg og indbygningsdel. Her kommer den afgørende vanskelighed, for hvor stor er denne fuger? Skal den regnes til den upudsede, den pudsede eller til en eventuelt (delvist) flisebeklædt overflade? Og skal den på den anden side regnes mod et skabs-element, en let væg, der sættes op før pudsningen, efter pudsningen, med limfuge eller med mørtelfuger? Alle disse - og flere - muligheder kan forekomme i praksis, og da de ikke fører til samme fugemål, kan dette ikke bestemmes generelt, og det modulære rummål kan derfor normalt ikke udnyttes. Dette betyder i praksis, at indbygningskomponenterne må opstilles ved hjælp af passtykker.

Modulære rummål i første udgave af DS 1011.1 fra 1958

Betydningen af at have modulære rummål har været vurderet noget forskelligt i tidens løb. I 1958, hvor første udgave af de primære modulstandards, DS 1011.1 og DS 1011.2 udkom, lagde man stor vægt på at få modulære rummål, svarende til forholdene i figur 2.26. Der stod således i DS 1011.1:

»Væg-, loft- og gulvflader - rummets begrænsningsflader - skal principielt falde sammen med linier i byggemodulnettet«.

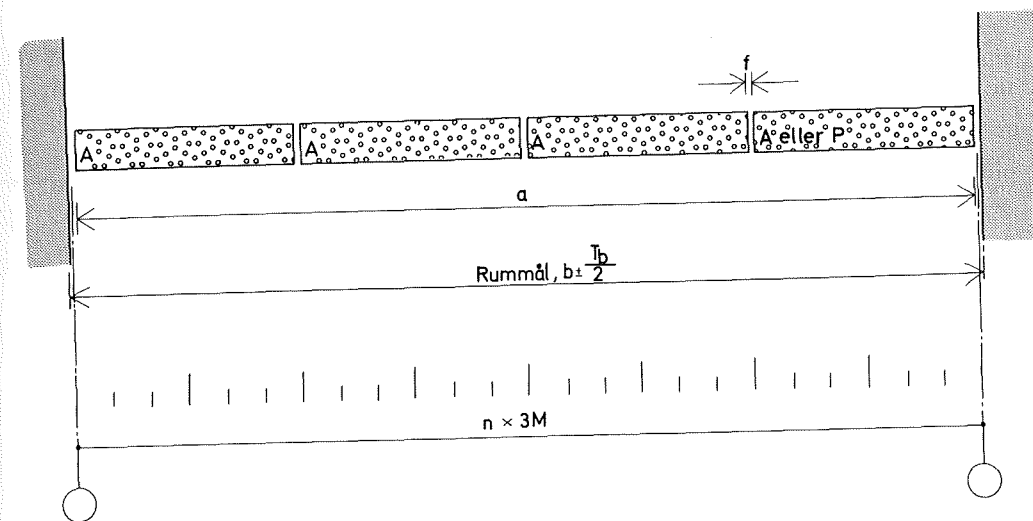
Ballerupplanens rummål

På Ballerupplanen (se kapitel 11) søgte man ved projekterings begyndelse at leve op til dette krav. Man regnede således med at projektore med 180 mm tykke vægge, hvorved rummålene blev modulære: $n \times M + 20$ mm, og heri kunne man så indbygge færdighusets modulære komponenter. Under projekteringen blev det imidlertid klart, at der ikke var behov for modulære rummål til det modulære inventar, idet dette i intet tilfælde spændte fra væg til væg, og for de lette vægges vedkommende - disse udførtes af 75 mm gasbeton med ca. 2 mm limede fuger - var der ingen mulighed for måludligning i disse fuger. Tilpasningen af en let væg, der spændte fra tværvæg til tværvæg, måtte derfor foregå enten ved en bred mørtelfuger eller ved afkortning af et element med overmål, dvs et passtykke.

2M tykke vægge bliver til 150 mm vægge

Man valgte den sidste løsning, da en arbejdsproces med brede mørtelfuger ikke passede ind i den øvrige arbejdsproces; og herefter var det modulære rummål jo helt uden betydning. Derved forsvandt også en begrundelse for at benytte 180 mm tykke vægge, og da disse ud fra en ydeevnevurdering var unødvendigt tykke og tunge, valgte man at udføre de bærende tværvægge 150 mm tykke. Med dette eksempel kan vi formulere konklusionen på overvejelserne om de modulære rummål således:

Modulære rummål i råbygningen kan normalt ikke opnås med økonomiske vægtykkelser. Der er i reglen heller intet behov for dem, og de ville endelig med den nuværende byggeteknik ikke kunne udnyttes, fordi råhusets unøjagtigheder er betydeligt større end færdighusets; smlgn. figur 2.35.

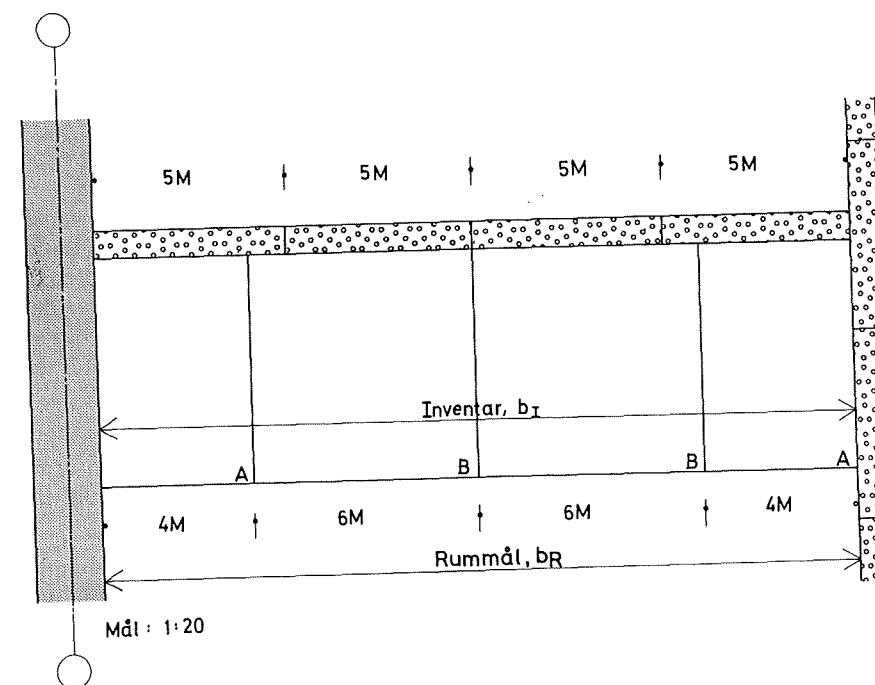


Figur 2.35.
Muligheden for at indbygge de modulære komponenter A i den modulære åbning b afhænger af fugernes evne til at udligne målafvigelser. Antager vi, at rummålet b kan udføres med målafvigelser på ca. ± 10 mm, en realistisk værdi for vægge af stenmaterialer, og at fugemålet mellem indbygningskomponenterne er = ca. 2 mm, svarende til snedkerarbejde eller limede letbetonkomponenter, risikerer vi at få et rummål = $b - 10$ mm, der er mindre end målet $a = 3A + 3f + P$. Så kan rækken ikke komme på plads uden en afkortning. Da målafvigelsen på rummålet næppe kan bringes ned under ± 5 a 10 mm, selv med en forøget nøjagtighed i byggeriet, må komponentrækken kunne udligne dette mål, både med positive og negative afvigelser, hvis indbygningen skal kunne realiseres. Udligningen kan foregå ved anvendelse af et passtykke P med en tilhørende speciel (bredere) fuger. Opgaven er da at finde en rationel byggeteknisk løsning på denne tilpasning.

Figur 2.36 viser et andet sammenbygningstilfælde, der ofte forekommer i praksis: Modulært inventar skal indbygges i et rum begrænset af en tung og en let væg. Benyttes til den viste opstilling standardelementer, fås følgende mål:

- Basismål for letbetonelement, $b_L = 498 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$
- Basismål for inventar A, $b_A = 398 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$
- Basismål for inventar B, $b_B = 598 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$
- Basismål for fugemål, $f = 2 \text{ mm}$

Modulære rummål, opbygget med lette, modulære vægelementer



Figur 2.36
Modulært inventar i modulært rum opbygget af modulære lette vægge. NB! Løsningen er urealistisk uden passtykker!

Beregning af fugemål og indbygningsmål

De anvendte mål svarer til fx køkkenelementer af træ og lette vægge af letbeton. Med en forenklet beregning, hvor de samlede målafvigelser bestemmes ved simpel addition, får man breddemålet:

$$b_I = 2 \times 398 + 2 \times 598 \pm 4 \times 2 = 1992 \pm 8 \text{ mm}$$

medens rummålet bliver

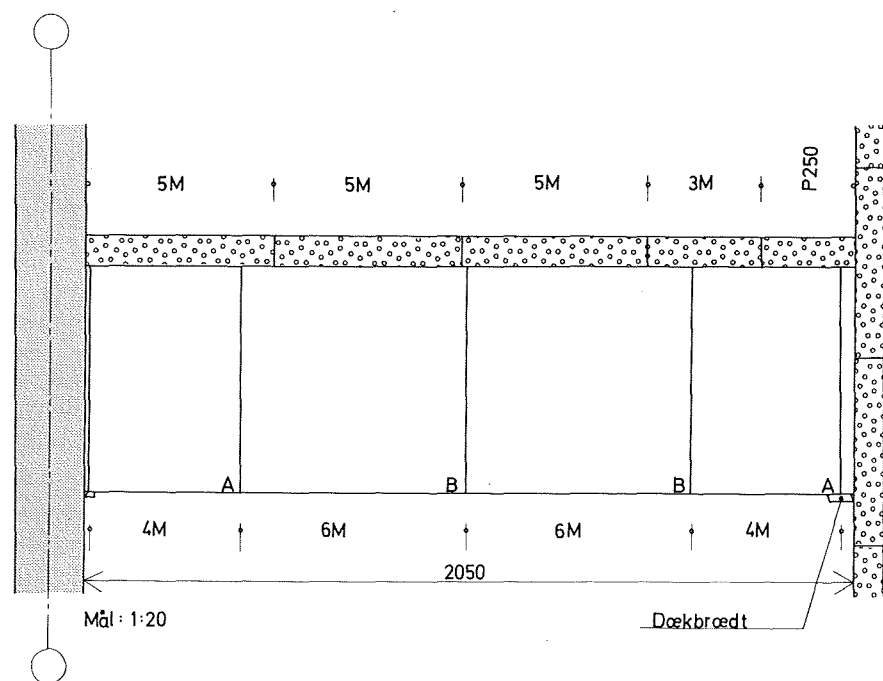
$$b_R = 5 \times f + 4 \times b_L = 10 + 1992 \pm 8 \text{ mm} = 2002 \pm 8 \text{ mm}$$

Det ses heraf, at man i uheldige tilfælde kunne risikere at skulle bringe en inventarrække med $b_I = 1992 + 8 = 2000 \text{ mm}$ på plads i en åbning med $b_R = 2002 - 8 = 1994 \text{ mm}$. Dette er umuligt, og den tegnede løsning er derfor urealistisk.

Den viste løsning kan ændres ved at erstatte et 5M vægelement med 2 stk 3M elementer, hvoraf det ene eventuelt kan kortes ned til fx $b = 250 \text{ mm}$ eller et andet til planen passende mål, større end 200 mm. Herved vil der normalt fremkomme en åbning mellem væg og inventarrække, som så kan lukkes med et pasestykke i form af et dækbret eller lignende, se figur 2.37. Herved er sammenbygningen gjort praktisk gennemførlig; men det modulære rummål er væk. Eksemplet er, som nævnt beregnet i en forenklet form, dvs som et 1-dimensionalt problem, medens det i praksis er et rumligt, dvs 3-dimensionalt problem.

Indbygning med pasestykke og umodulære rummål

Figur 2.37
Rummålet er øget ved hjælp af pasestykke, P250, og inventarrækken er afsluttet med et dækbret.



2.7 Tolerancer

Tolerancer skal sikre komponenternes sammenbygghed

Betingelsen for at kunne gennemføre montagebyggeriets idé om præfabrikerede komponenter, der samles på byggepladsen uden tildannelse, er, at disse komponenter er fremstillet med en passende nøjagtighed. Komponenterne skal kunne finde plads i deres modulområder uden fejlphobning, og samlingerne skal kunne udføres, således at deres rette funktion er sikret. Derfor må de mål, der er afgørende for komponenternes sammenbygning, være udført med tilstrækkelig stor nøjagtighed.

Små variationer i målene er uundgåelige og kan også tolereres; men de må holdes indenfor visse grænser, for at sammenbygningen kan foregå som planlagt. Grænserne for de tilladelige afvigelser bestemmer tolerancerne, idet en tolerance betyder en tilladt afvigelse.

Tolerancer skal minimere de samlede byggeomkostninger

Tolerancebegrebet er relativt nyt indenfor byggeriet, hvor man, så længe de håndværksmæssige metoder var enerådende, næsten altid kunne klare sig med en tildannelse eller efterjustering på stedet. Ved anvendelse af præfabrikerede bygningsdele, der ikke skal eller kan tildannes på stedet, bliver det nødvendigt at kræve en passende nøjagtighed overholdt både for fremstilling og placering (tilvirkning og montage).

Når nøjagtighedskravet skal være *passende*, hænger det sammen med, at krav om stor nøjagtighed koster penge. Valget af tolerancestørrelser bliver således en optimeringsproces.

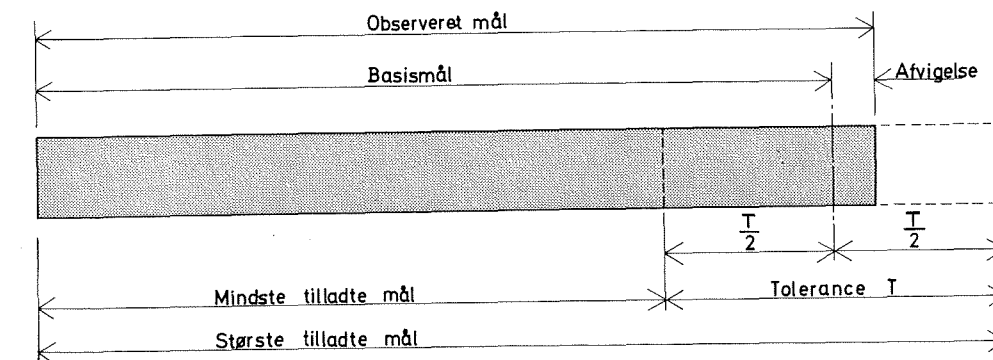
I maskinindustrien har man i mange år arbejdet med tolerancer, der her er blevet en uundværlig del af målspecifikationer og kvalitetskrav. Tilsvarende vil det for byggeriets producenter blive et vigtigt krav fremover, at de for deres komponenter altid opgiver de tre mål:

Byggemål,
basismål og
tolerancer.

For at få tolerancebegrebet gjort almindelig kendt og anvendt i byggeriet har Dansk Standardiseringsråd i 1966 udsendt en rekommandation, DS/R 1050, Anvendelse af tolerancer i byggeriet. 4. udgave er udsendt som DS 1050 i 1982.

Det er væsentligt for den rette forståelse af tolerancebegrebet at fastholde den afgørende forskel, der er mellem begreberne: afvigelser og tolerancer. Afvigelser forekommer ved alle arbejdsprocesser, fremstilling og montering mv. Ingen målforskrifter kan overholdes helt præcist. For at sikre sammenbyggelighed og korrekt funktion må disse afvigelser begrænses, og dette gøres ved at vælge grænser for de *tilladelige afvigelser*, dvs *tolerancer*.

I byggeindustrien angives tolerancer med \pm afvigelser fra det foreskrevne mål (tegningsmålet), som kaldes *basismålet*. Tolerancen defineres da som hele forskellen mellem største tilladte og mindste tilladte mål. Se figur 2.38. Basismålet er middeltallet mellem største og mindste tilladte mål, eller mellem *øvre og nedre grænsemål*. Denne toleranceangivelse betegnes som *symmetrisk toleranceangivelse*.



DS 1050

Afvigelser og tolerancer

Definitioner

Figur 2.38
Tolerance, basismål, øvre og nedre grænsemål. Observeret mål og afvigelse.

Eksempel: En længde er opgivet med basismålet 1190 mm. Det kan tillades, at den varierer mellem grænserne 1185 mm = mindste tilladte mål og 1195 mm = største tilladte mål, og tolerancen bliver derfor 1195 - 1185 = 10 mm; mens største tilladte afvigelse bliver 5 mm. Basismålet med tolerance skrives da som 1190 \pm 5 mm*).

Størrelsen af tolerancerne afhænger af de byggetekniske forhold, specielt fugeteknikken, og tolerancerne må derfor vælges i hvert enkelt tilfælde. DS 1050 indeholder i modsætning til fx de østeuropæiske toleranceblade ingen talværdier for tolerancernes størrelse. Det gælder normalt om at vælge sine tolerancer så store, som forholdene tillader, da nøjagtighed lige som andre kvalitetskrav koster penge.

Det længdemål, man finder ved måling af en komponent, kaldes det *observerede mål*, og forskellen mellem dette mål og basismålet kaldes *afvigelsen*, se figur 2.38. Afvigelsen regnes ligesom tolerancen med fortegn.

Valg af tolerancer

*) Indenfor andre industrigræner anvendes forskellige angivelsesmåder; derfor kan man på tegninger fra disse eksempelvis se følgende toleranceangivelser:

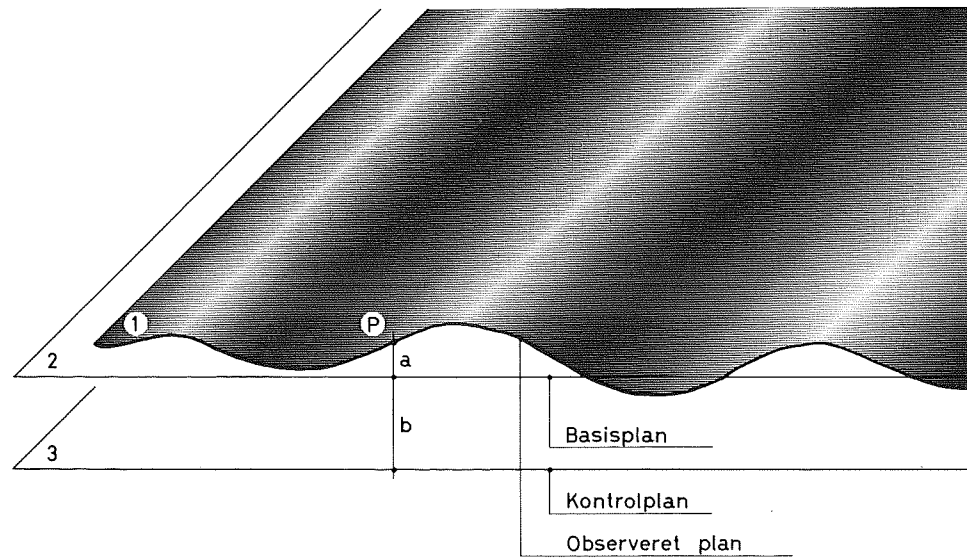
$$1180 \begin{matrix} + \\ - \end{matrix} \frac{15}{5} \quad 1185 \begin{matrix} + \\ - \end{matrix} \frac{10}{0} \quad 1188 \begin{matrix} + \\ - \end{matrix} \frac{7}{3} \quad 1195 \begin{matrix} + \\ - \end{matrix} \frac{0}{10} \quad 1200 \begin{matrix} - \\ - \end{matrix} \frac{5}{15}$$

Disse fem målangivelser svarer til samme mål og samme grænser for afvigelse; men tolerancerne er ikke symmetriske.

I praksis kan man sjældent klare sig med endimensionale tolerancer men må indføre begrænsninger på de *formafvigelser*, der optræder ved alle tredimensionale bygningsdele. Analogt med de endimensionale tilfælde betegnes den foreskrevne form som *basisform*, og forskellen mellem *observeret form* og basisform benævnes *formafvigelse*. Formafvigelser, der kan bestå længdeafvigelser, vinkelafvigelser og afvigelser fra rethed og planhed mv, kan på forskellig måde udtrykkes alene ved længdeafvigelser.

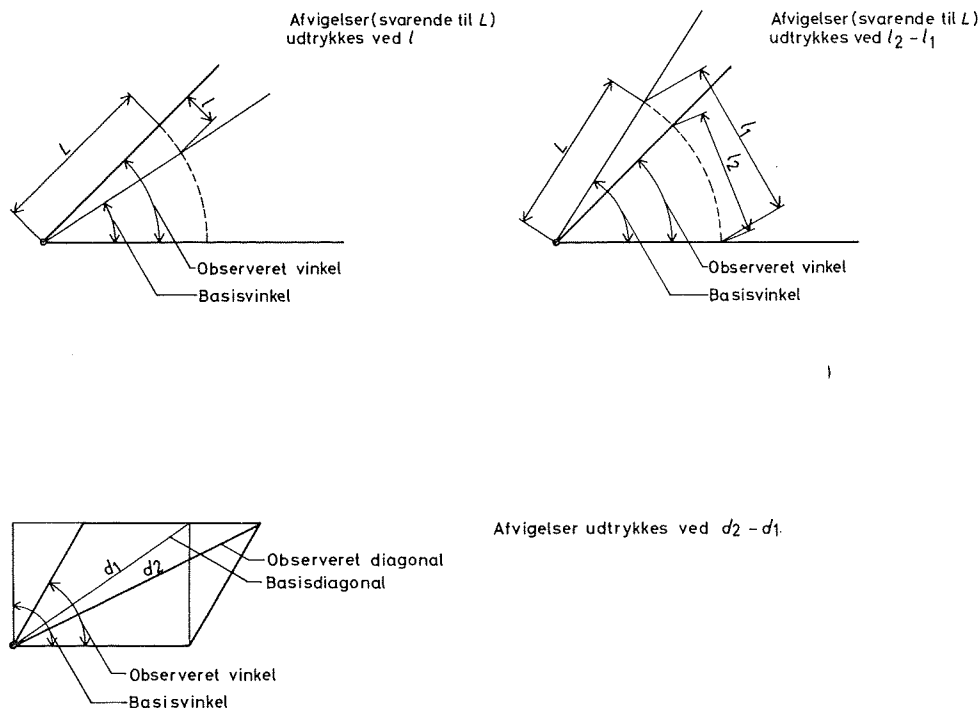
Som eksempel vises i figur 2.39, hvorledes afvigelser fra et plan (eller en ret linie) udtrykkes ved afstanden fra punkter på det observerede plan, 1 til basisplanet, 2. Måling af afvigelsen a af et vilkårligt punkt P vil i praksis som regel foregå lettest fra et kontrolplan, 3, der etableres i en kendt afstand, b fra basisplanet.

Figur 2.39
Formafvigelser udtrykt som længdeafvigelser a.



AFVIGELSER FRA PLAN

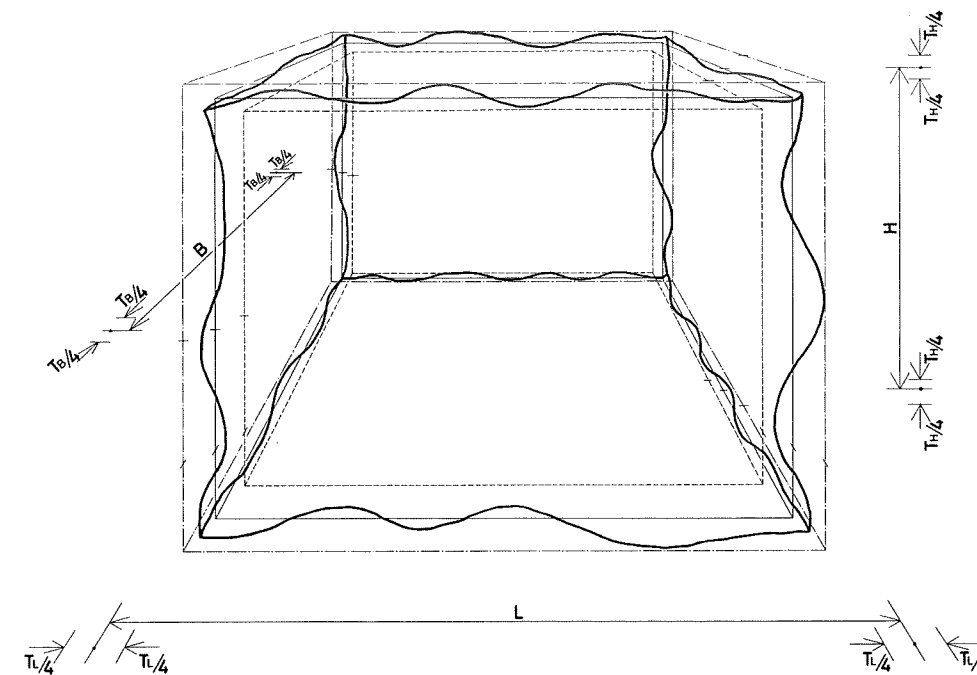
Figur 2.40
Vinkelafvigelser udtrykt som længdeafvigelser.



Vinkelafvigelser kan tilsvarende på flere måder udtrykkes som længdeafvigelser. Figur 2.40 viser, hvorledes forskellen mellem observeret vinkel og basisvinkel udtrykkes ved længderne l.

Formtolerancer, der skal begrænse en komponents afvigelser vedrørende længder, vinkler, rethed og planhed, bliver let særdeles uoverskuelige og vanskelige at anvende i praksis. Eksempelvis kan en stor vinkelafvigelse måske tolereres, hvor den kun indvirker på en kort længde, mens omvendt større længder (på samme komponent) normalt vil kræve små vinkeltolerancer. En komponents formtolerancer sammenfattes derfor ofte ved anvendelse af det såkaldte indhyllingsprincip, tidligere kaldt kasseprincippet, se figur 2.41, der viser en (vilkårlig) basisfigur beliggende mellem en indre og ydre figur, hvis overflader ligger symmetrisk om basisfigurens overflade. Den ene overflade ligger $\frac{T}{4}$ indenfor, den anden $\frac{T}{4}$ udenfor basisfigurens overflade.

Ved indhyllingsprincippet begrænses en komponents afvigelser på såvel størrelse som form på en overskuelig måde, - i reglen ved hjælp af tre længdetolerancer, som ikke behøver at være ens; men princippet er normalt ikke direkte egnet for kontrol af de valgte tolerancer, da man ikke kan etablere den indre kontrolfigur. Kontrolmålingerne kan i reglen udføres fra en ydre kontrolfigur - eller ved en tilsvarende måleteknik - analogt til fremgangsmåden i figur 2.39.



Figur 2.41
Indhyllingsprincippet fra DS 1050.

KASSEPRINCIPPET

Ved sammenbygning af flere komponenter vil de anvendte komponenters delmål og fuger oftest addere sig til en målrække med et summål. Tolerancer på delmål og summål vil da være indbyrdes afhængige.

Denne afhængighed kan fastlægges ved *det additive princip*. Har man således en række deltolerancer: $T_1 T_2 \dots T_n$ kan den største afvigelse på summålet, A_s , beregnes til

$$A_s = \pm 1/2 \times (T_1 + T_2 + \dots + T_n)$$

Hvis sumtolerancen, T_s , vælges som $T_s = 2A_s$, vil denne tolerance altid være overholdt. Hvis opgaven er at vælge deltolerancerne på grundlag af en given sumtolerance, T_s , skal følgende være opfyldt:

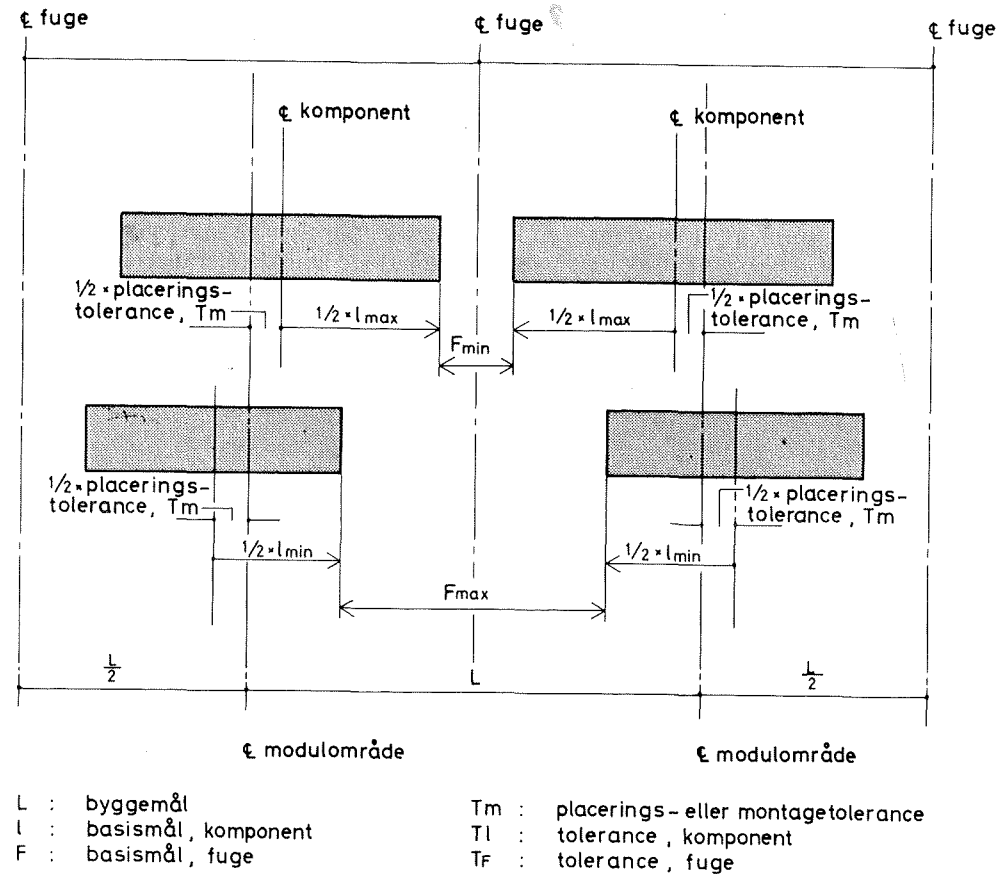
$$T_1 + T_2 + \dots + T_n \leq T_s$$

Denne sammenhæng mellem deltolerancer og sumtolerancer benævnes *det additive princip*.

Valg af tolerancer udfra statistiske principper

Figur 2.42
Eksempel A. Sammenhæng mellem byggemål, basismål, fugemål og tolerancer.

Anvendelse af det additive princip fører ofte til urimeligt små deltolerancer respektive store sumtolerancer. I sådanne tilfælde kan anvendes beregningsmetoder fra sandsynlighedslæren til bestemmelse af måleafvigelsesernes ophobning. Se herom senere i dette afsnit.



TOLERANCER EKSEMPEL A

Valg af tolerancers størrelse

Tolerancers størrelse vælges udfra hensyn til produktionsteknik, fugeteknik, æstetik og økonomi. Det afhænger af samlingerne mellem komponenterne, hvorledes de fire mål: byggemål, basismål, fugemål og tolerancer er forbundne. I det almindelige tilfælde, hvor tolerancerne på en komponents basismål optages og udlignes i fugerne, har vi den i eksempel A, figur 2.42 viste sammenhæng. Af tegningen fås:

$$F_{\max} = L - 2 \left(\frac{1}{2} l_{\min} - \frac{1}{2} T_m \right) = L - l_{\min} + T_m \quad (a)$$

$$F_{\min} = L - 2 \cdot \frac{1}{2} T_m - 2 \cdot \frac{1}{2} l_{\max} = L - T_m - l_{\max} \quad (b)$$

(a) - (b) giver

$$F_{\max} - F_{\min} = T_F = L - l_{\min} + T_m - L + T_m + l_{\max} = l_{\max} - l_{\min} + 2T_m, \text{ altså}$$

$$T_F = 2T_m + T_l$$

Eksempel A, tolerance på fugemål

Eksemplet er baseret på det additive princip.

Fastlæggelse af tolerancernes talmæssige størrelse udfra de byggetekniske hensyn er vist i eksemplerne B og C:

Ved sammenbygning af de i afsnit 2.2, figur 2.06 omtalte dækelementer forudsattes det, at fugen skulle være selvforskallende. Det vil sige, at den skal kunne udstøbes med fugestørrelser fra 0 til ca. 4 mm. Vi må endvidere forlange, at dækelementerne skal overholde deres byggemål $12M = 1200$ mm, hvilket vil sige, at øvre grænsemål er $= 1200$ mm. Basismålet for bredden skrives da som 1198 ± 2 mm, der udtrykker, at elementets

| | |
|-------------------------|---------|
| mindste tilladte mål er | 1196 mm |
| største tilladte mål er | 1200 mm |
| basismålet er | 1198 mm |
| tolerancen er | 4 mm |

Det additive princip er en logisk konsekvens af tolerancebegrebet og dets anvendelse som juridisk aftalegrundlag i byggeriet. Når der i en byggeproces indgår en række delmål, som tilsammen opbygger et summål, og når hver af delmålene er tildelt en tilladt afvigelse dvs en deltolerance, er det naturligt, at også den samlede, ugunstigste virkning af disse deltolerancer må være tilladt. Ræsonnementet forstærkes af, at deltolerancerne kan være aftalt med en række forskellige underleverandører, mens en montageentreprenør skal være ansvarlig for sumtoletancen.

Trods ovennævnte ræsonnement ser man ofte statistiske metoder anvendt til bestemmelse af tolerancestørrelser. Eksempelvis beregnes en sumtolerance som kvadratroden af kvadratsummen af deltolerancerne. Bag denne beregningsmodel ligger følgende: Hvis fejlfordelingslovene for de enkelte delmål er kendte, så kan fejlfordelingen af summålet beregnes. Og dette betyder, at sumtolerancen kan overholdes med en (pasende stor) *kendt* sandsynlighed. I aftalerne om sumtolerancen mangler nu blot en bestemmelse om, hvad man gør i de relativt få tilfælde, hvor sumtolerancen overskrides. Principielt er sådanne mål kasseret; men der kan blive tale om betinget godkendelse, hvis målet eventuelt gennem ændrede byggetekniske foranstaltninger - og heraf følgende merudgifter - kan anvendes. Aftaler om dette skal være indarbejdet i kontraktgrundlaget på forhånd.

Ovenstående meget summariske fremstilling af et omfattende og kompliceret emne er indgående behandlet i DS 1050 og litt. 2.13, til hvilke der henvises. Det følgende eksempel C belyser spørgsmålet med et tilfælde fra praksis.

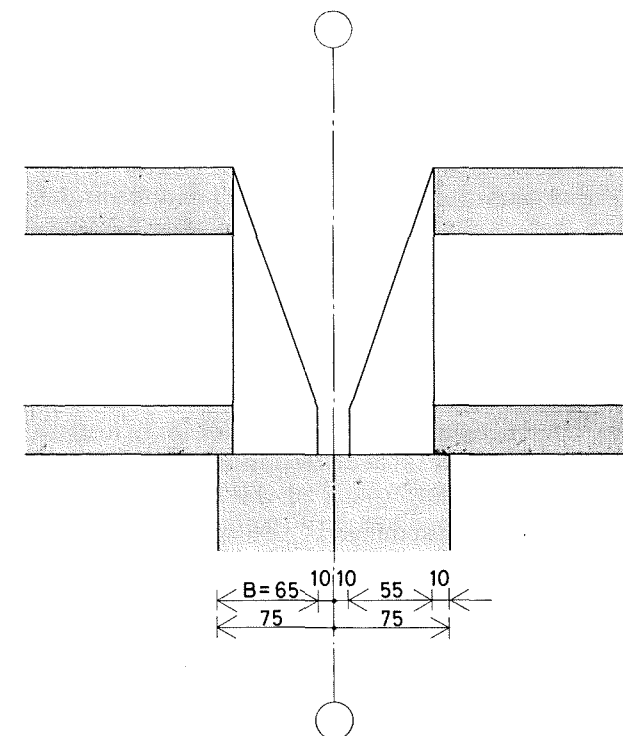
Eksempel B, tolerance på dækelementer

Tolerancer som aftalegrundlag

Tolerancer og sandsynlighedsregning

DS 1050 og »Byggeriets kvalitetskontrol«

Figur 2.43
Bærende etagekryds i betonelementbyggeri.



ETAGEKRYD 1:5
Vederlagets geometri

I et montagebyggeri med præfabrikerede dæk- og vægelementer har det bærende etagekryds den på figur 2.43 viste geometri, som er samlingens basisform.

Med de anførte mål ses det, at den maksimale, tilladelige forskydning af dæk i forhold til væg er ± 10 mm, idet kravene er, at dækvederlaget skal have et basismål B på mindst 55 mm, svarende til knastlængden, og højst 75 mm svarende til, at dækelementet går helt ind til væggen midtlinie. Dette svarer til, at tolerancen på vederlaget er $T_B = 20$ mm.

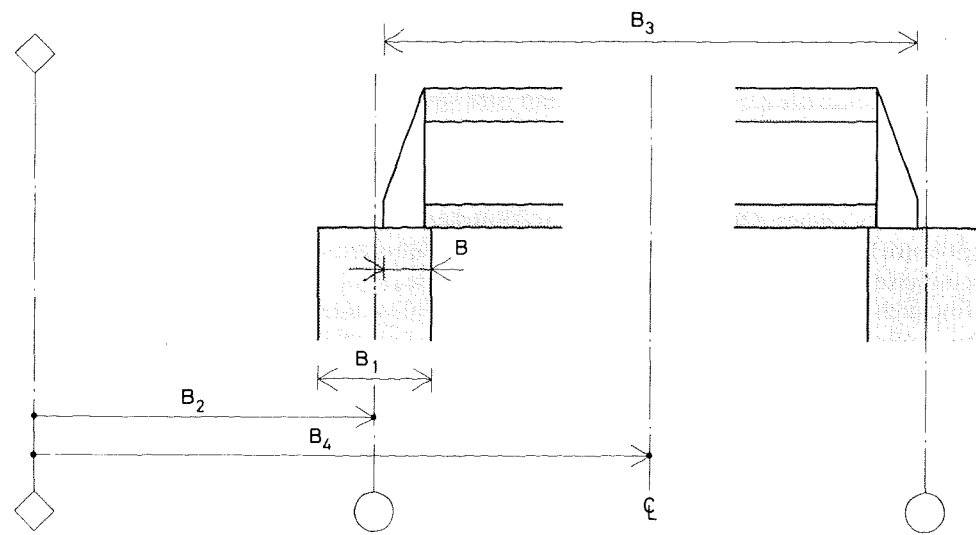
Vederlaget B er afhængigt af størrelsen af følgende fire basismål, se figur 2.44,

- B_1 = tykkelsen af vægelementet
- B_2 = placeringen af vægelementet
- B_3 = længden af dækelementet
- B_4 = placeringen af dækelementet

Til hvert af disse mål vælges en længdetolerance $T_1 \dots T_4$.

T_1 og T_3 er produktionstolerancer for elementerne, aftalt med eller opgivet af de pågældende fabrikker; mens T_2 og T_4 skal aftales med montageentreprenøren på byggepladsen.

Figur 2.44
Dækvederlagets afhængighed af sammenbygningens basismål.



DÆKVEDERLAG 1:10

Af figur 2.44 ses umiddelbart

$$B_2 + \frac{1}{2} B_1 - B + \frac{1}{2} B_3 = B_4$$

hvoraf

$$B = \frac{1}{2} B_1 + B_2 + \frac{1}{2} B_3 - B_4 \quad (a)$$

Anvendes det additive princip på dette summål, fås

$$T_B = \frac{1}{2} T_1 + T_2 + \frac{1}{2} T_3 + T_4 \quad (b)$$

Anvendes kvadratrodsformlen, fås

$$T_B^2 = (\frac{1}{2} T_1)^2 + T_2^2 + (\frac{1}{2} T_3)^2 + T_4^2 \quad (c)$$

Ligningen (b) vil altid være opfyldt; men den fører til, at deltolancerne bliver urealistisk små, når kravet $T_B = 20$ mm skal overholdes.

Ligningen (c) er kun opfyldt under følgende forudsætninger:

1. Målafvigelse for de fire basismål skal kunne betragtes som stokastiske variable med normalfordeling.
2. De fire fordelinger har alle middelværdien 0, dvs der er ingen systematiske afvigelser.
3. Hvis de fire fordelinger har samme fejlsandsynlighed, vil denne også gælde for summålets fejlfordeling.

Det ses, at det vil stille betydelige krav at sikre, at alle disse forudsætninger er opfyldt, bl.a. må en systematisk målkontrol af de fire arbejdsprocesser gennemføres.

Det additive princip og kvadratrodsformlen

I det følgende beregnes deltolancerne ud fra de to ligninger (b) og (c).

Vælges produktionstolerancerne $T_1 = 6$ mm og $T_3 = 10$ mm i overensstemmelse med mange elementfabrikkers specifikationer, og vælges montagetolerancen for væggene, $T_2 = 10$ mm, fås af ligning (b)

$$20 = \frac{1}{2} \cdot 6 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 10 + T_4$$

hvoraf

$$T_4 = 2 \text{ mm eller } \pm 1 \text{ mm}$$

Dette er en urealistisk lille værdi, som det ikke ville være forsvarligt at kræve i et kontraktmateriale. Ved en mere ligelig fordeling kan ligning (b) fx opfyldes af værdierne

$$T_1 = 4 \text{ mm, } T_2 = 8 \text{ mm, } T_3 = 8 \text{ mm, } T_4 = 6 \text{ mm,}$$

hvor det mindste basismål, vægtykkelsen, er givet den mindste deltolerance. Også disse værdier vil det være vanskeligt - og dyrt - at kræve overholdt.

Med ligning (c) og $T_1 = 6$ mm, $T_2 = 10$ mm og $T_3 = 10$ mm fås

$$20^2 = 3^2 + 10^2 + 5^2 + T_4^2$$

hvoraf

$$T_4^2 = 266 \text{ eller } T_4 = 16,3 \text{ mm}$$

Med en mere ligelig fordeling af deltolancerne kan ligning (c) fx opfyldes således:

$$T_1 = 14 \text{ mm, } T_2 = 12 \text{ mm, } T_3 = 16 \text{ og } T_4 = 12 \text{ mm}$$

som giver

$$T_B^2 = 20^2 \cong 7^2 + 12^2 + 8^2 + 12^2 = 401$$

Disse tolerancer skulle det ikke være vanskeligt at opfylde i praksis, men det kræver til gengæld, at de tidligere nævnte forudsætninger er tilstede og sikret gennem en systematisk målkontrol.

Desuden skal der i kontraktmaterialet træffes aftale om, hvad der skal ske i de relativt få tilfælde, hvor T_B ikke er overholdt. For den aktuelle samling kan der være tale om justeringer på montagemålene og undtagelsesvis ombytning af enkelte elementer.

Spørgsmålet, om tolerancekrav er overholdt eller ej, må afgøres gennem éntydige kontrolmålinger, som derfor må være nøje fastlagt i kontraktdokumenterne. Bestemmelserne om kontrolmåling må indeholde oplysninger om

- a. Identifikation af produkt
- b. De fysiske forhold ved målingen
- c. Måleteknikken
- d. Dato og signatur

Det må her erindres, at mange mål i byggeriets forskellige produktioner undergår stadige ændringer som følge af svingninger i temperatur og fugtindhold, svind og andre deformationer. Disse forhold må præciseres i betingelserne.

Kontrollen skal udføres på et så tidligt tidspunkt, at en eventuel kassation ikke medfører forsinkelser i byggeriet. Kontrolmålinger skal udføres med en sådan nøjagtighed, at bidrag til de observerede afvigelser hidrørende fra måleinstrumenter og måleteknik er uvæsentlige. Det må i denne forbindelse erindres, at der er grænser for, hvor nøjagtige måleværktøjer, specielt målebånd, man kan fremskaffe, selv ved henvendelse til det autoriserede justervæsen.

Kontrol af tolerancekravs overholdelse kan udføres enten ved en 100% inspektion eller ved en partiinspektion. I sidste tilfælde bør bestemmelserne indeholde aftaler, der gør det muligt at skærpe kontrollen, fx ved at øge antallet af stikprøver, såfremt det viser sig, at de gjorte forudsætninger ikke kan overholdes. Der henvises til DS 1050 herom.

Mål, der falder indenfor toleranceområdet, er ubetinget godkendt. Mål, der falder udenfor, er afvist. I sidste tilfælde kan der blive tale om betinget godkendelse, idet der anlægges et anvendelighedskriterium. Dersom målet (produktet) kan anvendes, eventuelt med meromkostninger til følge, er der tale om betinget godkendelse. Meromkostningerne fordeles mellem parterne ifølge en på forhånd indgået aftale.

Hvis målet er uanvendeligt, kasseres det pågældende produkt. Leveringsaftalerne bør indeholde klare aftaler om de konsekvenser, fx vedr. forsinkelser, en eventuel kassation medfører.

Ligning (b)

Ligning (c)

Kontrolmålinger

Svind og krybning mv

Totalkontrol og stikprøvekontrol

Godkendelse, betinget godkendelse og kassation

2.8 Litteratur

- 2.1 Dansk Standardiseringsråd DS 1010.1 Modulkoordinering for byggeriet. Terminologi. Kbh. 1975.
- 2.2 Dansk Standardiseringsråd DS 1010.2 Modulkoordinering for byggeriet. Principper og regler. Kbh. 1975.
- 2.3 Dansk Standardiseringsråd DS-Hæfte 900. Modulhæfte. Kbh. 1977.
- 2.4 Neufert, Ernst Bauentwurfslehre. 21. oplag. Berlin 1960.
- 2.5 Neufert, Ernst Bauordnungslehre. Berlin 1965.
- 2.6 SBI rapport 56 Måltypisering. Kbh. 1966.
- 2.7 Hald, A. Statistiske Metoder. Kbh. 1948. New York 1952.
- 2.8 Rasmussen, R.E.H. Elementær måleteori. Kbh. 1956.
- 2.9 Winstrøm-Olsen, E. Elementær usikkerhedsberegning. Kbh. 1967.
- 2.10 Brøndum, L. og Monrad, J.D. Statistik 1 og 2. Kbh. 1980 og 1982.
- 2.11 Brøndum, L. og Monrad, J.D. Statistisk forsøgsplanlægning I og II. Kbh. 1979 og 1972, ny udg. under forberedelse.
- 2.12 Ditlevsen, O. Uncertainty Modeling, McGraw Hill 1981.
- 2.13 Mohr, G. og Poulsen, E. Byggeriets Kvalitetskontrol, Kbh. 1980.
- 2.14 Dansk Standardiseringsråd DS 1050 Tolerancer i byggeriet. 4. udg. 1982.
- 2.15 Hallert, Bertil Elementär felteori för mätningar, Stockholm 1967.

Fremgang i byggeriet beror blandt andet på en hensigtsmæssig anvendelse af standardisering.



3

3. Modul og standardisering



Begrebet standard kommer af ordet standart, som betyder samlingsmærke, og en standard kan da opfattes som noget en kreds af personer har kunnet samles om. En standard er en aftale, indgået frivilligt mellem parter, der er interesserede i det pågældende område. I Dansk Standardiseringsråd plejer man i den forbindelse at henvise til de fem »F'er«:

- Fabrikanter
- Forhandlere
- Forbrugere
- Forskere, og
- Forvaltningen.

Med »forvaltningen« skal i denne forbindelse forstås myndighederne, som i de senere år har fået en særlig interesse i at udnytte standardiseringsarbejdet; mere herom i et senere afsnit.

Det er væsentligt at fastholde, at en standard, og det gælder både danske og internationale standarder, er en *frivillig aftale*, uden nogen officiel status og i princippet indgået mellem private personer. Når en standard undertiden kan få lovkraft, skyldes det, at myndighederne i en række tilfælde henviser til eksisterende standarder i deres lovgivningsarbejde og forskrifter. Først herved får en standard status som et officielt dokument.

Standardisering spiller en afgørende rolle i det moderne industrisamfund; dens vigtigste formål er følgende:

Præcisering af produkter og ydelser, således at disse er klart defineret og beskrevet ud fra den bedste tekniske viden på området.

Variantbegrænsning, som bringer system i serier af forskellige størrelser, produkter, kvalitetsniveauer mv, således at man opnår forenkling og orden, samtidig med at spild undgås.

Udskiftelighed mellem produkter, fremstillet af forskellige virksomheder til forskellige tidspunkter. Herved spares tid og ulempe ved vedligeholdelse af maskiner, bygninger osv.

Egnethed. Et produkt beskrevet i en standard, kan antages at være udformet efter de bedste eksisterende, tekniske anvisninger på det aktuelle område.

Masseproduktion. Gennem variantbegrænsning og forenkling bliver det muligt og økonomisk fordelagtigt at massefremstille standardprodukter.

Prøvningsmetoder. Gennem standardisering af ensartede prøvninger opnås en større sikkerhed for en tilsigtet kvalitet, hvilket har stor betydning for aftaler om leverancer mv.

Kvalitets- og sikkerhedsniveauer. Standarder kan også anvendes til at fastlægge ønskede niveauer for egenskaber såsom fx sikkerhed og kvalitet.

Produktudvikling. Da standarder revideres i takt med den tekniske udvikling, bliver de et nyttigt værktøj til fastlæggelse af det til enhver tid ønskede kvalitetsniveau for produktioner og ydelser.

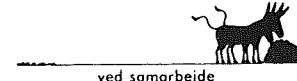
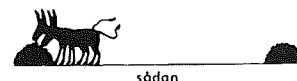
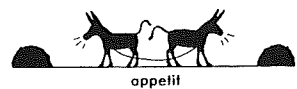
Fjernelse af handelshindringer. Denne funktion er især vigtig og karakteristisk for de internationale standarder, som gør det muligt at skaffe entydige grundlag for aftaler i den internationale handel. I dette arbejde udnyttes alle de ovenfor beskrevne egenskaber og muligheder i standardiseringsarbejdet.

Standardisering griber efterhånden ind i alle tilværelsens materielle sider. Fra at være en norm for skrue og bolte er standarder blevet det nødvendige grundlag for al industriel produktion. Hvor industrialiseringen har nået automationens fase med de enorme krav til anlæggene og deres kapacitetsudnyttelse, bliver standardisering helt uomgængelig.

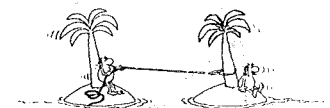
I det industrielle samfund med et stort antal uafhængige producenter er det almindeligt, at et bestemt produkt udvikles og forhandles i et stort antal varianter, ofte med helt uvæsentlige forskelle. Men et sådant produktionsmønster er uøkonomisk og kan - særlig på det internationale marked - medføre, at den pågældende branche ikke er konkurrencedygtig.

Dansk standardisering er baseret på frivillige aftaler

De gode resultater opnås ved samarbejde



standardisering er samarbejde



Professor Rambøll skriver herom i sin bog, Rationelt Byggeri, litt.3.1: »Den engelske bilindustri har fornylig vedtaget at reducere et fuldkomment urimeligt og nytteløst antal af variationer indenfor biludstyr. Foreløbig er dynamoer reduceret fra 48 typer til 3, startere fra 38 til 5, strømfordelere fra 68 til 3, forlygter fra 133 til 2 og batterier fra 18 til 3.« Ved denne variantbegrænsning, som er en typisk standardiseringsopgave, er der skabt grundlag for en masseproduktion af udstyr i den engelske bilindustri. Og Rambøll fortsætter: »Det er sandsynligt, at ingen kunde har følt noget savn ved fx at have én af 5 startere i sin vogn i stedet for én af 38, især ikke da starteren sandsynligvis er blevet billigere.«

Her har vi standardiseringens midler og mål i en klar formulering: billiggørelse gennem forenkling og variantbegrænsning; industrialisering.

Fællesmarkedet og den internationale standardiseringsorganisation ISO er enedes om følgende definition på en standard:

»A technical specification or other document available to the public, drawn up with the co-operation and consensus or general approval of all interests affected by it based on the consolidated results of science, technology and experience, aimed at the promotion of optimum community benefits and approved by a body recognized on the national, regional or international level.«

Et eksempel fra bilindustrien

En international definition af en standard

3.1 International standardisering

Den internationale standardisering begyndte indenfor det elektroniske område: Den internationale elektrotekniske komité (IEC) blev oprettet allerede i 1906. Denne komité, som stadig eksisterer, har bevaret sin særstilling, idet den udfører alt standardiseringsarbejde indenfor det elektrotekniske område. Mens den internationale standardiseringsorganisation (ISO) tager sig af standardiseringen på alle andre områder i det moderne samfund. Fx maskinindustrien, byggeriet, sygehusvæsenet, måleenheder, sikkerhed, miljøbeskyttelse, sundhed osv.

Den første nationale standardiseringsorganisation, *British Standards Institution*, (BSI), oprettedes i England i 1901 på initiativ af den engelske stålindustri, som igennem nogle år havde samarbejdet om ensartede stålprofiler mv. I 1917 etableredes *Deutscher Normenausschuss*; (DNA) og i 1920'erne kom de skandinaviske lande til.

I 1926 oprettedes den første internationale standardiseringsorganisation, *International Federation of the National Standardizing Associations*, (ISA), som i tiden indtil 2. verdenskrig udførte et omfattende standardiseringsarbejde, af hvilket ISA-tolerancerne nok er den bedst kendte del. ISA-organisationen, der til dels var domineret af tysk standardisering, brød sammen med 2. verdenskrig, men senere lykkedes det gennem FN at organisere den nuværende sammenslutning, ISO. ISO dannedes ved et møde i London i oktober 1946 mellem delegerede fra 25 lande. Idag (januar 1983) tæller ISO 72 medlemslande.

ISO fungerer gennem sine tekniske komiteer, ISO/TC, der er arbejdsgrupper nedsat for afgrænsede områder i standardiseringsarbejdet. De tekniske komiteers arbejde resulterer normalt i forslag, Draft Proposals, som derefter udsendes til kritik i medlemslandene. Når mindst 50 pct af disse har godkendt forslaget går det til generalsekretariatet i Geneve, der udsender det som en Draft International Standard (DIS) til endelig afstemning blandt samtlige medlemslande. Hvis forslaget opnår mindst 75 pct af stemmerne, godkendes det af ISO's Council og er nu en ISO Standard, der sælges offentligt af generalsekretariatet.

IEC

ISO

BSI

DNA

ISA

ISO

ISO's arbejdsform



INTERNATIONAL
ORGANISATION FOR
STANDARDIZATION

Ca. 5000 ISO-standarder

ISO's status

ISO's organer

Når en ISO-standard bliver til

CEN

COMITÉ EUROPÉEN
DE NORMALISATION

CEN's sekretariat i
Bruxelles



ISO har (pr. 1. januar 1983) standardiseringsorganisationerne i 72 lande som almindelige medlemmer og 17 såkaldt korresponderende medlemmer, der repræsenterer en løse tilknytning uden stemmeret. Dansk Standardiseringsråd er organisationens danske medlem.

Organisationen har et administrativt sekretariat i Geneve med ca. 100 ansatte. Det tekniske arbejde varetages af komiteer, hvor organisationens medlemmer stiller sekretariater til rådighed. Man mener for øjeblikket, der investeres ca. 400 mandår af ca. 30 af medlemslandene til dette formål.

ISO har pr. 1. januar 1983 163 tekniske komiteer, 612 underkomiteer og 1331 arbejdsgruppe. Det egentligt tekniske arbejde bliver fortrinsvis udført i arbejdsgrupperne.

ISO har ult. 1982 udsendt 4917 internationale standarder, og der kommer ca. 300 nye til om året. Disse standarder er det frivilligt, om man vil følge. Det er også frivilligt for medlemmerne, om de vil anerkende de internationale standarder som nationale standarder. De internationale standarder har formelt set ikke nogen status i sig selv, men har selvfølgelig i praksis stor indflydelse.

Organisationen er ikke en regeringsorganisation, skønt næsten tre fjerdedele af dens medlemmer er statsorganer, men den har højeste forbindelsesstatus i FN's økonomiske og sociale komité (ECOSOC) og i UNCTAD, (United Nations Conference for Trade and Development).

Udarbejdelsen af en international standard sker i tekniske komiteer, for hvilke et af medlemmerne påtager sig sekretariatet. De øvrige medlemmer kan melde sig som aktive medlemmer (P-members) eller observerende (O-members) eller helt undlade at deltage. Komiteerne nedsætter i reglen subkomiteer og disse igen arbejdsgrupper, der har personlige medlemmer.

Når et forslag til international standard er udarbejdet og vedtaget af en majoritet af de aktive (P-) medlemmer af en teknisk komité eller 75% af de medlemmer, der har stemt, sendes det til centralsekretariatet, der offentliggør det i seks måneder til bedømmelse blandt alle ISO-medlemmerne. Hvis der opnås tilstrækkelig enighed, udsendes forslaget efter at være blevet ændret under hensyn til de modtagne kommentarer som International Standard. Medlemmerne er ikke forpligtet til at overtage disse standarder, men det sker efterhånden mere og mere sjældent, at medlemmerne udsender eller bibeholder afvigende nationale standarder.

Det europæiske fællesmarked og EFTA har etableret et regionalt samarbejde om standardiseringen i *Comité Européen de Normalisation (CEN)*. Dette samarbejde, hvori også Finland og Spanien deltager, er en direkte følge af de nævnte handelsorganisationers oprettelse. CEN's vigtigste funktion idag er at levere europæiske standarder til fællesmarkedet. Da alle CEN's medlemmer også er medlemmer af ISO, foregår der et nært samarbejde mellem de to organisationer. Hvor det er muligt, benytter fællesmarkedet ISO's standarder; men undertiden kan det jo være lettere at opnå enighed om en europæisk standard, idet de vesteuropæiske industrilande udgør en mere ensartet interessekreds.

Der findes idag (1983) ca. 70 CEN standarder, og CEN har ca. 60 tekniske komiteer. Organisationen har et administrativt sekretariat i Bruxelles med ca. 10 ansatte, og de tekniske sekretariater varetages på samme måde som i ISO af de enkelte medlemslande.

Et andet eksempel på et regionalt standardiseringsarbejde er de skandinaviske landes samarbejdsaftale INSTA. INSTA er ikke en organisation som ISO og CEN, og den har ikke noget sekretariat. INSTA-arbejdet foregår i henhold til en samarbejdsaftale truffet mellem de nationale organisationer med Nordisk Råds bistand.

Samarbejdet sigter mod at udnytte de nordiske ressourcer bedst muligt gennem en arbejdsfordeling og at opnå større indflydelse i det internationale arbejde gennem en fælles optræden og politik. Det tilstræbes også at harmonisere de nationale standarder - der er eksempelvis god overensstemmelse mellem landenes modulstandarder - men der er endnu ikke udarbejdet egentlige nordiske standarder; sådanne INSTA standarder forventes at udkomme fra 1984.

Udover det samarbejde om modulordningen, der foregår i ISO-regi, foregår der et internationalt udviklingsarbejde i organisationen *The International Modular Group (IMG)*. Organisationen, der oprettedes i forbindelse med det europæiske produktivitetssamarbejde under OEEC i 1950'erne, er idag organiseret som en arbejdsgruppe, CIB W24, under de nationale byggeforskningsinstitutter's samarbejdsorganisation, CIB (*Conseil International du Batiment pour la Recherche, l'Etude et la Documentation*).

IMG og OEEC

CIB

3.2 Dansk standardisering

Standardiseringsarbejdet i Danmark tog sin begyndelse i 1920'erne ved et samarbejde mellem Dansk Ingeniørforening og jernindustrien. I 1926 godkendte Handelsministeriet oprettelsen af Den Danske Standardiseringskommission, der i 1930 omdannedes til Dansk Standardiseringsråd. Rådets repræsentantskab udpeges for en 3-årig periode af myndigheder, institutioner og organisationer med væsentlig interesse i standardisering, og det har for tiden 51 medlemmer. Disse medlemmer fordeler sig i en række fagudvalg, herunder et for byggeriet.

Dansk Standardiseringsråds oprettelse og organisation

Standardiseringsrådets daglige arbejde forestås af sekretariatet, med direkte rapport til rådets forretningsudvalg. Kernen i hele standardiseringsarbejdet er standardiseringsudvalgene, der svarer til ISO's TC. Disse udvalg består af sagkyngige, udpeget af forskellige institutioner, og de arbejder vederlagsfrit med de specialer, der er omfattet af deres kommissorium. Der er for tiden (1983) over 1500 medlemmer fordelt i ca. 110 standardiserings- og rekommandationsudvalg.

Standardiseringsrådets arbejde finansieres gennem lige dele private bidrag - overvejende fra industrien - og statsbidrag, idet staten har forpligtet sig til at yde bidrag af samme størrelse som det, der indkommer fra erhvervslivet. Desuden har standardiseringsrådet indtægter fra salget af danske og udenlandske standardblade. De årlige driftsudgifter har passeret 15 mill. kroner (1982).

Finansiering

Standardiseringsrådet er et udpræget samarbejds- og koordineringsorgan. Således er alle de opgaver, det påtager sig, opgaver der kommer ude fra, og som rådet er blevet opfordret til at løse. Med Dansk Ingeniørforening har rådet et særligt nært samarbejde, der blandt andet ytrer sig ved, at de fleste af Ingeniørforeningens normer bliver godkendt og udsendt som Dansk Standard. For tiden er ca. 3000 DS-publikationer i kraft, sammenlign figur 3.01 og litt. 3.5.

DS og DIF

Dansk Standardiseringsråd deltager aktivt i de tidligere omtalte internationale og regionale samarbejder. Med Danmarks medlemskab af EF og vor store afhængighed af international handel får internationale standarder en særlig betydning for dansk økonomi. DS har derfor i de senere år opprioriteret ISO-arbejdet betydeligt, og i mange tilfælde udsendes ISO standarder som danske standarder, enten uændret i den engelske version, såfremt standarden i det væsentlige kun har interesse for en begrænset kreds af teknikere, eller i oversat form.

DS og ISO

Nationale danske standarder forekommer dog stadig, men ved de løbende revisioner tilstræber man en stigende overensstemmelse med tilsvarende ISO-arbejde, hvor dette er muligt. På byggestandardiseringsområdet, specielt vedrørende modulordningen, er systemet af danske standarder væsentlig mere udviklet end det tilsvarende ISO-arbejde.

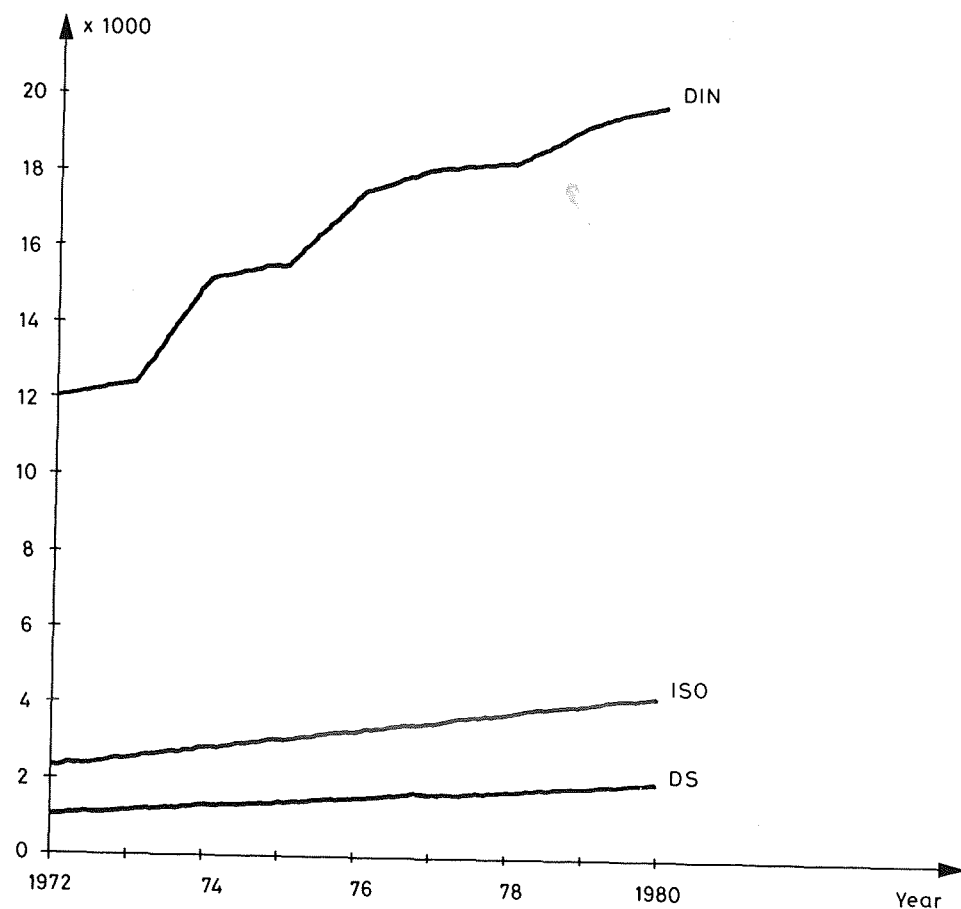
Arbejdet i standardiseringsudvalgene udføres ud fra hensyn til alle relevante interesser, og derfor sikrer man sig i udvalgene så bred en repræsentation som muligt. Herved kan udvalgene undertiden blive så store, at det går ud over arbejdstempoet, og man har derfor i mange tilfælde anvendt den hurtigere fremgangsmåde at lade forslag udarbejdes af rekommandationsudvalg. Disse består af ca. 4-8 personlige medlemmer, der som særligt sagkyndige er udpeget af rådets forretningsudvalg efter indstilling fra det pågældende fagudvalg. Proceduren ved udsendelse af DS-rekommandationer er mindre tidskrævende, og dette har ikke mindst på det byggetekniske område muliggjort udsendelse af et betydeligt antal rekommandationer i de sidste år.

DS-rekommandationer

Når forslag fra standardiserings- og rekommandationsudvalg er færdige, offentliggøres de til kritik. Efter en kritikperiode på 2 måneder behandles den indkomne kritik i udvalget, alle kritikere får skriftligt svar, og efter en eventuel revision og en fornyet behandling i forretningsudvalget kan bladet udsendes som Dansk Standard. Figur 3.01 viser antallet af udsendte danske standardblade.

Godkendelsesproceduren

Figur 3.01
Stigningen i antallet af danske, tyske og ISO-standarder.



3.3 Henvisning til standard

Både standarder og rekommandationer skal opfattes som gode råd, udarbejdet af interesserede specialister på området. I Danmark har man ingen pligt til at rette sig efter et standardblad, med mindre det er forlangt direkte i myndighedernes love og cirkulærer mv. Sammenlign fx bygningsreglementets krav om projektering af bærende konstruktioner efter ingeniørforeningens last- og konstruktionsnormer.

For ISO-standarderne gælder tilsvarende, at de har ingen lovmæssig status, heller ikke blandt de medlemslande der har stemt for dem; men de enkelte lande kan internt eller i deres indbyrdes aftaler give standarderne lovkræft ved at henvise til dem. Det skal bemærkes, at i mange lande er standardiseringsorganisationerne statsorganisationer, og deres standarder har umiddelbar lovkræft. Dette gælder bl.a. i hele Østeuropa.

Princippet om henvisning til standard er både i Danmark og i de fleste industrialiserede lande blevet accepteret i de senere år som en egnet metode til opbygning af lovgivning. Grunden til dette er, at samfundet og myndighederne opnår en række fordele ved at anvende dette princip. Blandt disse fordele kan nævnes følgende, sammenlign indledningen til dette kapitel:

Teknisk ekspertise. Flere og flere love omhandler tekniske forhold, som derfor må afspejle sig i lovtteksterne. Det er en fordel for lovfatterne, der i reglen er jurister, polit'ere eller tilsvarende, at de kan basere sig på den tekniske ekspertise, som er nedlagt i standarderne. Det er også en fordel for de teknikere, som bistår lovgiverne, at de kan henvise til eksisterende standarder.

Sikkerhed, sundhed, miljøbeskyttelse. Disse emner, der er centrale i meget moderne lovgivningsarbejde, findes allerede behandlet i mange standarder, udarbejdet af eksperter på områderne.

Funktionskrav og ydeevne. Både lovgivning og standardisering baseres i disse år i stigende grad på princippet om beskrivelse af tilstræbte egenskaber, sikkerheder og kvalitetsniveauer mv ved hjælp af ydeevnetankegangen, hvor man stiller krav til et produkt og dets funktion ved hjælp af målelige egenskaber. Se litt. 3.2.

Certificering. Danmark og de fleste industrialiserede lande har oprettet frivillige certificeringssystemer, der indebærer, at producenter og importører får tilladelse til gennem en mærkning af deres produkt at vise, at det er i overensstemmelse med standard. Denne ordning er også i myndighedernes interesse, idet mange administrative og kontrollerende foranstaltninger forenkles herved.

Myndighederne kan normalt vælge mellem to arter af henvisninger til standarder:

1. *Den eksklusive henvisning*, som angiver standardløsningen som den eneste acceptable,
2. *Den indicerende henvisning*, ved hvilken standardløsningen angives som en på forhånd godkendt løsning, men ikke den eneste mulige.

Danske myndigheder vælger fortrinsvis den 2. løsning, som også ligger på linie med et vigtigt princip i udarbejdelsen af Ingeniørforeningens normer, hvor det generelt fastslås, at man kan afvige fra den foreskrevne norm, når det kan begrundes, at andre løsninger er ligeså gode.

Standarder kan også få »lovkræft« på en helt anden måde end ved lovgivningens henvisning.

Hvis en ydelse er mangelfuld - hvilket i juridisk sprogbrug betyder, at modtageren af ydelsen, fx bygherren, får en ydelse, der afviger fra det aftalte, eller hvad han med rette kunne forvente at få -, vil sagen ofte blive afgjort i retten på basis af en skønserklæring, som i videst muligt omfang baserer sig på standard.

En lang række sager ved voldgiftsret og de ordinære domstole illustrerer dette. Som eksempel kan nævnes en højesteretsdom, refereret i Ugeskrift for Retsvæsen 1935 side 663 om en skorsten, som væltede engang omkring 1930. Den var bygget i 1907 og var ikke i overensstemmelse med DIF's normer, hvilket der måske ikke var noget at sige til, for den citerede norm var fra 1916. Alligevel blev ejeren dømt til at erstatte den forvoldte skade. Normen var et bevismiddel for, at skorstenen var uforsvarligt bygget.

3.4 Danske modulstandarder

Den første danske modulstandard, DS 1000 udkom i 1958, se figur 1.12. Standarden fastlagde den modulære etagehøjde 28M i boligbyggeriet. Omtrent samtidigt udkom DS 1010, Modulordning for byggeindustrien samt DS 1011.1 og DS 1011.2, hvori basismodulen M og planlægningsmodulerne 2M og 3M blev fastlagt.

Da Boligministeriet med landsbyggeloven af 1960 indførte lovkrav om modulprojektering i Danmark, blev der givet en særlig bevilling til Dansk Standardiseringsråd til udarbejdelse af modulstandarder, som kunne være grundlag for den praktiske gennemførelse af lovkravet.

Op til 1964, hvor byggelovens bestemmelser om modulprojektering trådte i kraft, blev der i Dansk Standardiseringsråd udarbejdet en hel serie af danske modulstandarder, og idag råder vi over et omfattende og konsistent system af standarder for såvel projektering og produktion som administration og lovgivning, se litt. 3.3.

Systemet af danske modulstandarder kan i overensstemmelse med et niveauskema, udarbejdet af ISO, opdeles i følgende tre grupper:

Niveau 1. Grundlæggende standarder

Denne gruppe indeholder standarderne for basismodul, planlægningsmoduler, modulnet og komponenternes placering heri samt regler for tolerancer og fuger mv.

Niveau 2. Generelle standarder

Standarder for grupper af komponenter som fx dæk, vægge, vinduer og døre mv, uanset valget af materialer til de enkelte komponenter. Disse standarder omhandler således hovedsagelig komponenternes byggemål.

DS 1000, 1010 og 1011

Lovkrav om modulprojektering i Danmark

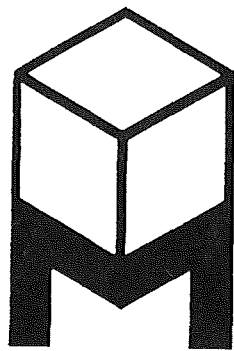
Systemet af danske modulstandarder - DS-Hæfte 900

ISO's niveauskema

En DS's status

Lovgivning ved hjælp af standarder

Fordelene ved henvisning til standard



Niveau 3. Specifikke standarder

I denne gruppe beskrives de enkelte materialer og komponenter, og der gives detaljerede anvisninger for deres egenskaber, for prøvemetoder, kvalitetskrav osv.

Figur 3.02
Logotype fra DS-hæfte 900.

Modulstandarderne som grundlag for den danske byggekomponentindustri

I DS-hæfte 900 er de vigtigste af de danske modulstandarder samlet. Hæftet giver desuden en kort indføring i den danske modulordnings administration og Dansk Standardiseringsråds deltagelse i det internationale modulararbejde.

Med ovennævnte system af danske modulstandarder er det fuldt ud lykkedes at etablere det tilsigtede grundlag for en industrialisering af dansk byggeri. Standarderne anvendes hos de projekterende teknikere, for hvem modulprojektering er blevet en selvfølgelig ting, og udbuddet af modulære, præfabrikerede komponenter, fremstillet efter anvisningerne i de respektive danske standarder er stort på det danske byggemarked. I denne bogs projekteringseksempler, kap. 8, 9, m.fl., er angivet, hvilke standardkomponenter, der indgår i projekterne.

Den praktiske anvendelse af modulordningen viser sig også indenfor de typebygninger og typiserede byggesystemer, som markedsføres. Langt de fleste af disse projekter er baseret på modulordningen, også fx for kategorien typehaller til industrien, hvor der ikke er noget lovkrav om modulprojektering; men hvor der findes en dansk standard, som følges af en række firmaer.

Succesen med at indføre modulordningen i den danske byggeindustri har yderligere medført, at vor viden om dette emne er blevet en vare, som kan eksporteres. Og mange danske arkitekt- og ingeniørfirmaer arbejder i udlandet med projekter, baseret på den danske modulordning og principperne om præfabrikeret, industrialiseret byggeri.

3.5 Internationale modulstandarder

Modulordningen som grundlag for projektering af moderne byggeri er almindeligt accepteret over det meste af jorden. Men den praktiske gennemførelse af ordningen er meget forskellig, selv i de industrialiserede lande. Også i spørgsmålet om hvorvidt modulordningen skal være obligatorisk eller frivillig, findes der meget forskellige synspunkter. I de statsdirigerede østeuropæiske lande er modulordningen naturligvis gennemført ved lov, og et meget detaljeret system af standarder og anvisninger styrer det statsdirigerede byggeri. Sammenlign figur 1.04. En sådan konsekvent og uflexibel anvendelse af modulstandardisering, med dens risiko for uniformering af byggeriet, vækker naturligvis modstand i mange lande i den vestlige verden, hvor modulordningen derfor administreres mere frit, i mange tilfælde helt uden lovkrav.

Denne situation afspejler sig også i det internationale modulararbejde under ISO. Der er stor interesse for modulordningens ideer og principper, og der er stort set enighed om de generelle regler samt om modulernes størrelse og anvendelse. Denne enighed manifesterer sig i en række internationale standarder på Niveau 1 og 2; men der er alligevel langt igen, inden man har et altomfattende konsistent ISO-system af standarder.

Et godt overblik over modulordningens internationale situation kan fås fra publikation nr. 595 fra det amerikanske standardiseringsorgan, NBS (*National Bureau of Standards*). Se litt. 3.4, hvorfra oversigten i figur 3.03 er taget. Oversigten viser de vigtigste ISO-standarder og rekommandationer, samt den stilling ISO's medlemslande har taget til disse standarder under afstemningerne. En nærmere gennemgang af de anførte ISO-standarder og deres indhold vil vise, at der er langt igen, før man ligesom i Danmark kan basere den nationale og/eller internationale byggeindustri på et komplet system af ISO-standarder.

Øst og Vest

ISO's modulararbejde

NBS's publikation nr. 595

| | ISO STANDARDS AND RECOMMENDATIONS | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------------------------------|-------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|------|------|------|------|
| | 1006 | 1040 ¹ | 1789 | R 1790 | 1791 | 2776 | 2777 | 2848 | 3055 | 3571/1 | 3881 | 5731 | 5732 | 1803 | 2444 |
| Albania [BSA] | | | | | | | | | | | | | | | |
| Algeria [INAPI] | | | | | | | | | | | | | | | |
| Australia [SAA] | D | a D | D | a D | D | a D | a D | a D | BR | | | a D | a | a | |
| Austria [ÖN] | a R | aa R | a D | a D | BR | a D | a D | a D | a BR | a D | a | d D | a | a BR | a |
| Bangladesh [BDSI] | | | | | | | | | | | | | | | |
| Belgium [IBN] | a | aa | a | a | a | a | a | d | d | a | a | d | d | a | d |
| Brazil [ABNT] | | a | a | a | a | | | | | a | | a | a | a | a |
| Bulgaria [DKC] | | | | | | | | | | a | | a | | | |
| Canada [SCC] | a D | a | | | | a | a | a BR | d | d | a | a | a | BR | a |
| Chile [INN] | a | a | | | | | a | | | | | | | | |
| China, P.R. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Colombia [ICONTEC] | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cuba [NC] | a | a | | | | | | | | | a | | | | |
| Cyprus [CYS] | A R | | | | | | | A R | | | | | | | |
| Czechoslovakia [CSN] | A R | A R | C R | C R | C R | a | B | C R | B | | B | a | | B | |
| Denmark [DS] | a B | aa C | a C | a C | a C | a C | a | a C | a C | a A | a D | d | a A | a C | a |
| Egypt [EOS] | | a | a | a | a | a | a | a | a | | a | | | a | a |
| Ethiopia [ESI] | | | | | | | | | | | | | | | |
| Finland [SFS] | a | da | a | d | d | a | a | a | d | d | a | | a | a | a |
| France [AFNOR] | a | aa | a | a | a | d | d | a | a | a | a | a | a | a | d |
| Germany, F.R. [DIN] | a | dd | d | d | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a |
| Ghana [GSB] | | | | | | | | | | | | | | | |
| Greece [ELOT] | a | a | | | | | | | | | | | | a | |
| Hungary [MSZH] | a A | aa A | a B | a A | a A | a B | a D | a A | a D | D | a D | a D | a D | a A | a A |
| India [ISI] | a | aa | a | a | a | a | a | a | a | a | | | | a | a |
| Indonesia [YDNI] | | | | | | | | | | | | | | | |
| Iran [ISIRI] | a | aa | a | a | a | | | | | | a | a | a | a | |
| Iraq [IOS] | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ireland [IIRS] | | | | | | a | a | a | a | d | | | | | a |
| Israel [SII] | a A | aa B | a C | a D | a | D | a C | a B | a | a E | a D | a | a | a | a |
| Italy [UNI] | a BR | aa B | a D | a B | a B | a - | - | a C | a B | a * | - | a A | a A | a B | a - |
| Ivory Coast [BIN] | | | | | | | | | | | | | | | |
| Jamaica [JBS] | | | | | | | | | | | | | | | |
| Japan [JISC] | | | | | | | | a | d | a | a | | a | | |
| Kenya [KEBS] | | | | | | | | | | | | | | | |
| Korea, D.P.R. [CSK] | a | a | | | | | | | | | | | | | |
| Korea, Rep. [KBS] | a | a | a | a | a | | | | | | a | a | a | a | |
| Lebanon [LIBNOR] | | | | | | | | | | | | | | | |
| Libyan Arab Jamahiriya | | | | | | | | | | | | | | | |
| Malaysia [SIRIM] | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mexico [DGN] | | | | | | | | | a | | a | a | a | | |
| Morocco [SNIMA] | | | | | | | | | | | | | | | |
| Netherlands [NNI] | a B R | aa R | a D | a C R | a C R | d | d | a C R | a C R | a | a | a D | d | a D | a |
| New Zealand [SANZ] | | | | | a | a | | a | d | a | | a | a | | d |
| Nigeria [NSO] | | | | | | | | | | | | | | | |
| Norway [NSF] | a | aa | a | a | a | a | a | a | a | a | a | | a | a | a |
| Pakistan [PSI] | | | | | | | | | | a | | | | | |
| Peru [ITINTEC] | | a | a D | a | a C | D | | B | B | | C | | | a | |
| Philippines [PS] | | | B | | B | B | B | | | | | B | | B | B |
| Poland [PKNIM] | a B | a B | | | a B | a B | a B | | a B | a B | | a B | a B | a B | |
| Portugal [DGO] | | a | a | a | a | a | | | | a | | | | a | |
| Romania [IRS] | a | aa | a | a | a | a | a | a | a | | | a | a | a | a |
| Saudi Arabia [SASO] | | | | | | | | | | | | | | | |
| Singapore [SISIR] | | | | | | | | | | | | | | | |
| South Africa [SABS] | a B | aa B | a B | a B | a B | a B | a B | a B | a B | | a B | a B | | a B | a B |
| Spain [IRANOR] | a | aa | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a |
| Sri Lanka [BCS] | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sudan [SSD] | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sweden [SIS] | a | aa | a | d | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a |
| Switzerland [SNV] | a A | aa B | a D | a B | a B | a B | a - | a C | d E | a B | a - | d E | d E | a B | a - |
| Thailand [TISI] | a B R | aa BR | a B R | a B R | a A | a B R | a A R | a B | a B R | abst. | - | - | - | a | - |
| Turkey [TSE] | a B | aa B | a B | a B | a B | a B | a B | a B | a - | - | a - | a - | a - | a - | a - |
| United Kingdom [BSI] | d C | dd C | a C | a C | a C | a C | a C | a C | d C | a C | a A R | a | d | a C | d C |
| U.S.A. [ANSI] | | a | d | a | | | | | | | | | | a | |
| U.S.S.R. [GOST] | | a | a | a | a | a | a | a | | d | d | a | a | | |
| Venezuela [COVENIN] | | | | | | | | | | | | | | | |
| Viet Nam, S.R. [TCVN] | | | | | | | | | | | | | | | |
| Yugoslavia [JZS] | a | a | | | | | | | a | a | a | | | | |

¹ISO standard 1040-1973 replaces two prior recommendations subject to separate voting.

Key to Matrix: First Column: a = approval of ISO standard by national member body
d = disapproval of ISO standard on technical grounds by national member body

Second Column: A = complete adoption of ISO standard as national standard
B = substantial adoption of ISO standard in national standard(s), with some addition or deletion of material
C = partial adoption of ISO standard with considerable addition of material
D = national standard(s) do not reference ISO standard but are NOT in conflict
E = national standard(s) are in conflict with ISO standard or recommendation

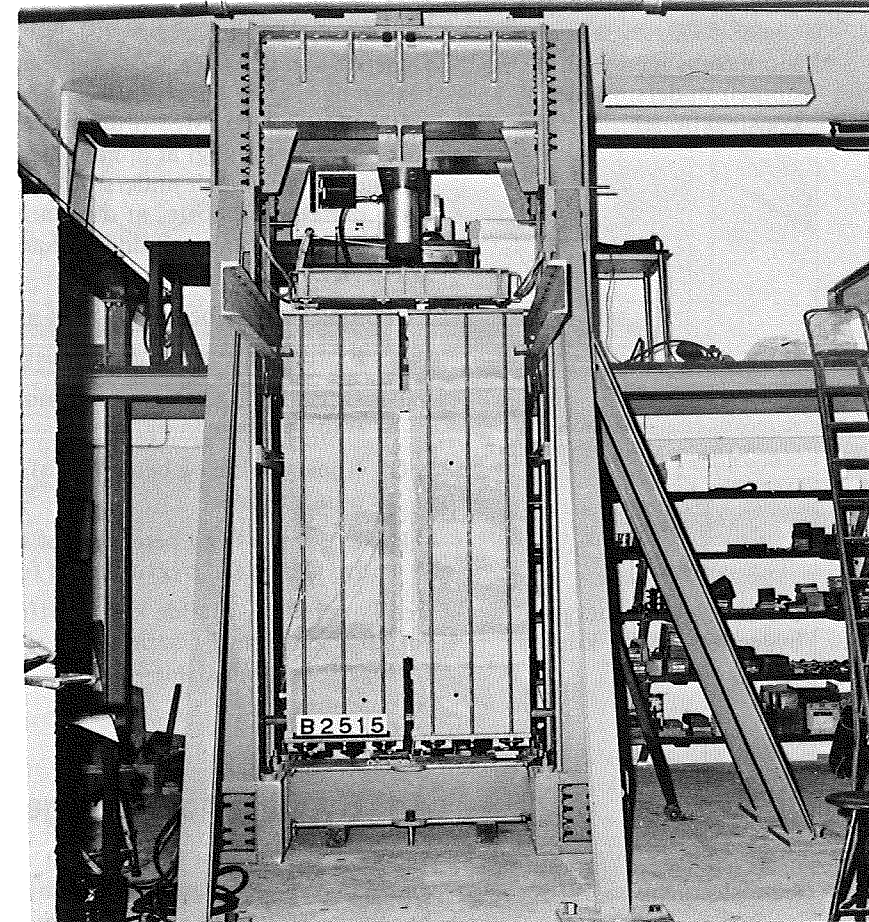
Third Column: R = ISO standard is referenced in national standard(s)

Figur 3.03
Oversigt over ISO landenes afstemninger omkring modulstandarderne. Skemaet viser tillige hvilken grad af overensstemmelse, der er mellem de nationale standarder og ISO's. Gengivet efter litt. 3.4.

2.6 Litteratur

- 3.1 Rambøll, B.J. Rationelt byggeri, Kbh. 1955.
- 3.2 CIB, W60
Klaus Blach &
Georg Christensen (SBI) The performance concept - Why and How?
England, dec. 1975.
- 3.3 Dansk Standardiseringsråd DS-Hæfte 900 Modulhæfte. Kbh. 1977.
- 3.4 NBS Publication 595
by Milton, Hans J. International and National Standards on
Washington 1980 Dimensional Coordination.
- 3.5 Dansk Standardiseringsråd Kataloger, udkommer årligt
Beretninger, udkommer årligt
Standard NYT, udkommer 6 g. årligt
Desuden henvises til DS's bibliotek, abon-
nementsordninger mv.
- 3.6 Statens Byggeforskningsinstitut SBI-Anvisning 71, Modulprojektering.
Kbh. 1969

Løsning af montagebyggeriets statiske problemer må i mange tilfælde foregå ved forsøg. Billedet viser et forsøgsarrangement fra et skiveforsøg udført på DIAB:



4

4. Modul og statik

Modulprojektering i dag er projektering med anvendelse af flest mulige præfabrikerede, modulære bygningsdele, dvs komponentbyggeri.

Korthusprincippet

Når en bygning opføres af præfabrikerede dele bliver den af »korthustypen«, hvilket medfører en række specielle statiske problemer. Det falder udenfor rammerne af denne bog at give en komplet gennemgang af de statiske problemer i forbindelse med byggeri af præfabrikerede komponenter; men på den anden side må det være naturligt at gøre opmærksom på de vigtigste statiske egenskaber ved komponentbyggeriet. Der henvises iøvrigt til litteraturfortegnelsen for dette kapitel specielt litt. 4.19 og 4.23.

Montagebyggeriet giver simpelt understøttede konstruktioner

Generelt kan det siges, at et bygværk udført efter korthusprincippet giver ret simple beregninger af de enkelte komponenter, da næsten alle de bærende led vil være simpelt understøttede. Med præfabrikerede dæk og vægge, eventuelt bjælker og søjler, er det sjældent muligt at opnå indspænding i samlingerne, og vi får derfor en bygning sammensat af simpelt understøttede konstruktionselementer. På den anden side medfører dette princip ofte, at det statiske hovedsystem bliver kompliceret, og at vi må træffe særlige foranstaltninger til at sikre konstruktionens *stabilitet over for vandrette kræfter*.

En komplet statisk beregning af et montagebyggeri må derfor omfatte følgende:

- A. Fastlæggelse af *laster*, - statiske, dynamiske, svind og temperatur mv.
- B. Opstilling og beregning af model af det *statiske hovedsystem*, herunder specielt stabilitetsberegning.
- C. Konstruktion og beregning af *elementer*, så disse kan optage de belastninger, de udsættes for.
- D. Udformning og beregning af *samlinger*, således at disse kan overføre kræfterne fra alle dele af bygværket til fundamenter og byggegrund.

Udvikling af montagebyggeriets teknik kræver forsøg

I en lang række tilfælde kan kraftforløb, deformationer og brudmekanisme etc ikke forudberegnes med tilstrækkelig sikkerhed, men man må supplere analyserne med forsøg. Se herom i afsnit 4.6.

4.1 Bygningslovgivningens bestemmelser

Landsbyggeloven 1960

Op til den første udgave af landsbyggeloven fra 1960 varierede de danske lovkrav til byggeriet fra sted til sted. København havde eksempelvis sin egen bygningsvedtægt. Og kravene var i høj grad baseret på gammel dansk byggetradition, hvor en væg var en muret væg og en facade en muret facade.

Den traditionelle etagebolig

I etagebyggeriet var den traditionelle konstruktion bærende, murede facader og hovedskillevæg (kaldet »hovedskillerum«) med træbjælkelag, senere fx hulstensdæk, simpelt understøttede på disse vægge. Se figur 4.08. Konstruktionens længdestabilitet blev sikret af hovedskillevæggen samt med krav til bredden af facadens murpiller; mens tværstabiliteten blev tilvejebragt ved hjælp af de gennemgående lejlighedsskel og gavlene.

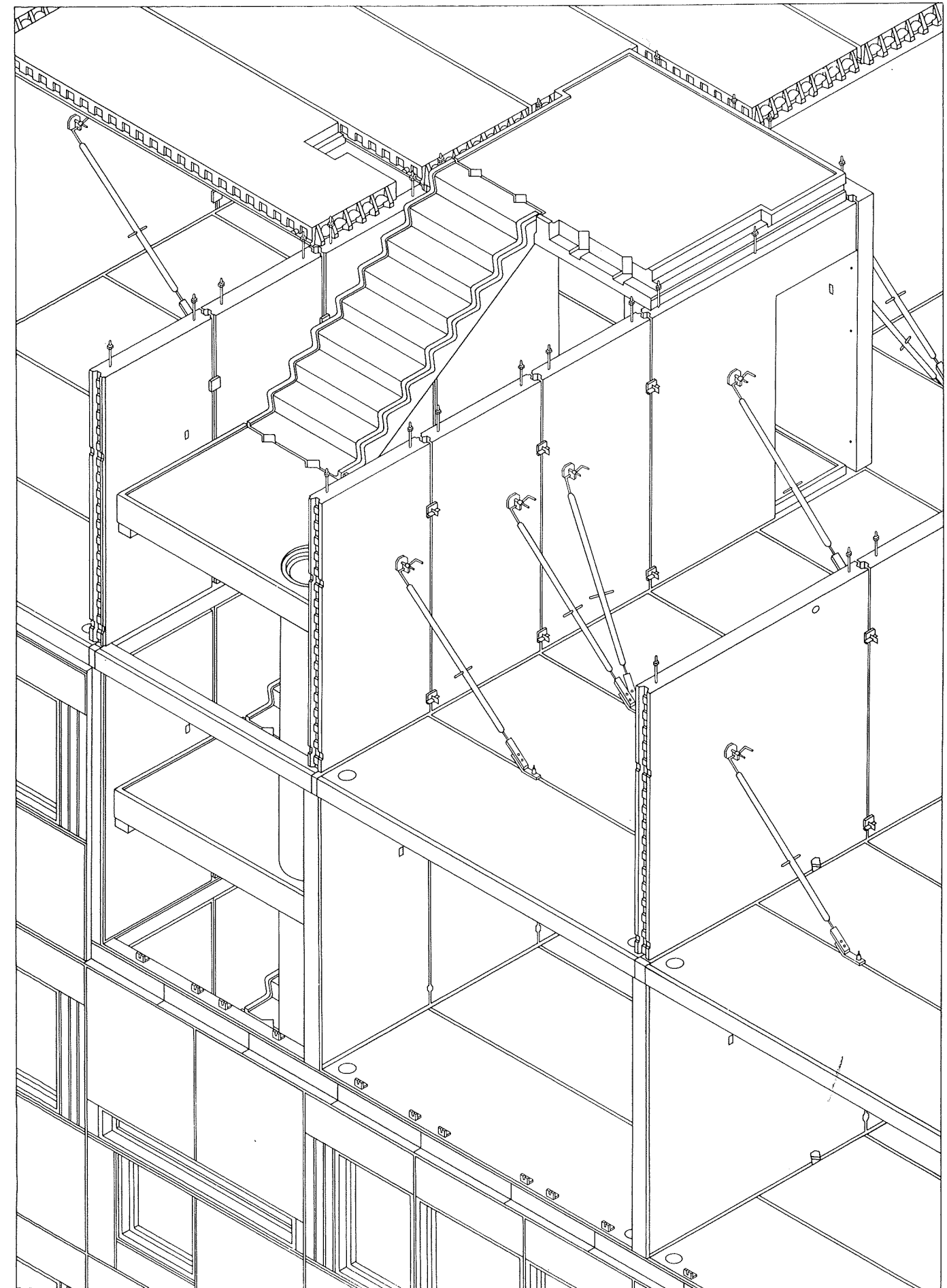
Den ældre boligmasse er opført uden statiske beregninger

De bærende mures tykkelse blev fastlagt gennem håndregler i afhængighed af bygningens højde, dvs etageantallet. Herved opnåede man tilstrækkeligt solide konstruktioner, og det var ikke nødvendigt at eftervise bygningernes styrke og stabilitet gennem statiske beregninger.

Figur 4.02 viser et uddrag af Københavns bygningsvedtægt, der omhandler de nævnte bestemmelser.

Figur 4.01 (næste side)

Korthusprincippet. Ved opstilling af vægelementer anvendes midlertidige skråstivere. I den færdige bygning overføres de stabiliserende kræfter via etagekrydset til dækskiven, der leder dem videre til langsgående afstivende vægge; - fx trappeendevæggen.



THE JESPERSEN SYSTEM, ISOMETRI

Figur 4.02
Uddrag af Københavns
bygningsvedtægt
§ 22 fra 1945.

§ 22.
Almindelige bestemmelser vedrørende
murtykkelser.

1. I bygninger, der har indtil 6 etager foruden kælder, og som indrettes til almindelig beboelse eller til andet hermed i statisk henseende ligestillet formål, er det almindeligvis tilladt uden særlig beregning at udføre murene af sædvanligt murværk i kalkmørtel i overensstemmelse med de i §§ 23, 24, 25 og 30 indeholdte nærmere forskrifter, når i øvrigt:

- Etagehøjden (målt fra gulv til gulv) er højst 3,5 m,
- afstanden fra facademurens yderside til midten af hovedskillerummet er højst 5,5 m,
- afstanden mellem grundmurede tværskillerum, der forbinder ydermur og hovedskillerum, er højst 15 m, eller bygningen er afstivet på anden lige så betryggende måde,
- muråbningerne i de forskellige etager i det væsentlige ligger lige over hverandre,
- bredden af bærende facadepiller er mindst 1/3 af afstanden fra midte til midte af de tilstødende muråbninger, for en hjørnepilles vedkommende mindst 1/3 af afstanden fra hjørnet til midten af den tilstødende muråbning, og hjørnepillen derhos, såfremt der findes muråbninger i begge de til et hjørne stødende ydermure, tillige tilfredsstiller reglen for mellempiller, idet afstanden, målt i de to ydermures midtlinie, sammenlægges, samt når i øvrigt ingen bærende facadepille får mindre bredde end 2½ sten.

Byggetraditionens
nedbrydning

I årene efter 2. verdenskrig skete der betydelige ændringer i den danske byggetradition. I begyndelsen var det mangelen på materialer og faglært arbejdskraft, der tvang byggeriet til at søge nye veje; senere var det den stadigt igangværende teknologiske udvikling og i særlig grad byggeriets industrialisering, der skabte en ny teknik i byggeriet til delvis afløsning af den traditionelle.

Ny arkitektur og
konstruktioner

Samtidigt skete der en række ændringer i samfundet, som betingede eller skabte en ny arkitektur, og alt dette var med til at ændre byggeriets traditioner. En af de konstruktive ændringer bestod i, at man indførte princippet med bærende tværvægge i etagebyggeriet. Ved at frigøre facaden for den bærende funktion opnåede man en række nye muligheder for husenes arkitektoniske udformning. »Glasfacader«, lette ydervægge og »curtain walls« antyder nogle af de nye begreber, der dukkede op i arkitekturen.

Funktionskrav og ydeevne

De nye huse passede ikke til den gammeldags byggelovgivning, ja, de kunne ikke opføres efter byggelovens bestemmelser. Der måtte en helt ny filosofi til for at bringe byggelovgivningen på højde med den ny udvikling. Nøgleordet her er *funktionskrav*, forstået som bygningers og bygningsdeles evne til at fungere over for ydre påvirkninger, som fx de statiske, de hygrotermiske, de akustiske osv. Et andet udtryk for dette begreb er ordet *ydeevne*, der på samme måde fortæller om konstruktionernes egenskaber (»ydelse«) i relation til de nævnte påvirkninger.

Ydeevner kan udtrykkes
i tal

De fleste ydeevner kan måles og udtrykkes ved hjælp af fysiske størrelser, og talværdierne kan findes ved beregninger eller forsøg. Siden 1960'erne har dansk bygningslovgivning været baseret på dette princip: at beskrive kravene til bygningers kvalitet og sikkerhed mv ved hjælp af funktionskrav.

Ydeevnefilosofiens
konsekvenser

Denne fremgangsmåde har givet følgende resultater: arkitekterne har fået en næsten ubegrænset projekteringsfrihed, ingeniørerne har udviklet videnskaberne om bygningsfysik og byggeteknik betydeligt, byggeindustrien har udviklet nye materialer og metoder, og samfundet har fået en række nye muligheder for variation i arkitektur, bygningstyper og konstruktioner mv. Det er klart, at denne udvikling ikke er sket uden fejltagelser; men vor forståelse for byggeteknikkens natur er vokset betydeligt.

DIF's normer er dansk
byggelov

Byggelovgivningens krav til konstruktionernes statiske ydeevne findes i bygningsreglementets kapitel 5: Konstruktive bestemmelser, som er meget kortfattet, idet der blot henvises til Dansk Ingeniørforenings konstruktionsnormer, hvor såvel laster som materialeforskrifter mv er givet for alle gængse konstruktionstyper. Desuden noteres det, at dimensionering kan ske på grundlag af funktionsprøvning, dvs ved forsøg.

En tidssvarende projektering under de nye vilkår foregår idag på den måde, at arkitekt og ingeniør på et tidligt tidspunkt under projekteringen finder hinanden i et samarbejde, der baseres på funktionskrav og ydeevner, og som for håbentlig fører frem til opgavens optimale løsning. Og bygningsmyndighedernes behandling af projektet vil kunne foretages ud fra de samme principper. En ny tradition i byggeriet er således under opbygning.

4.2 Statiske funktionskrav

Bygværkets bærende system skal optage de i DS 409 og 410 anførte laster og føre disse til byggegrunden med fornøden sikkerhed overfor brud, revner og skadelige deformationer. Normen opererer med fire lastarter, nemlig 1. *Permanent last*, som hovedsagelig er *egenlast*; 2. *Variabel last*, som bl.a. omfatter *nyttelast*, *naturalast* (vind- og sne-) og *masselast*; 3. *Ulykkeslast*, der omfatter *eksplosionslast*, *nedstyrtningslast* og *påkørselslast* og endelig 4. *Termisk brandlast* som følge af brand. De nævnte laster inddeles efter deres variation i en række typer, som fx: *permanent*, *variabel*, *bunden* og *fri last*. Lasterne kan desuden være statiske eller dynamiske. Endelig kan lasterne kombineres på forskellig vis, og normen arbejder med fire lastkombinationer, også kaldet grænsetilstande, nemlig *anvendelse*, *brud*, *ulykke* og *brand*. Til de forskellige lastarter, lastkombinationer og materialer knyttes forskellige partialkoefficienter, og der henvises herom til DIF's normer.

Normens afsnit om ulykkeslast blev første gang optaget i Ingeniørforeningens normer med udgaven fra 1977. Efter 2. verdenskrig har man beregnet danske bygninger for en såkaldt nedstyrtningslast, forårsaget af bygningens ødelæggelse ved krigshandlinger. Bestemmelserne herom var tidligere indeholdt i Indenrigsministeriets cirkulære om civilforsvarsforanstaltninger.

Efter en delvis sammenstyrtning som følge af en gaseksplosion i et højhus i London i 1967, se figur 4.03 og litt. 4.8 indførtes der midlertidige bestemmelser til sikring mod ulykker af denne art som tillæg til det danske bygningsreglement. Ulykken gav også anledning til revision af mange internationale normer og lovbestemmelser. Med 3. udgave af DS 410 fra 1982 er alle disse lastkrav, herunder også bestemmelser om fx påkørsel, samlet i DIF normen.



Projektering under
de nye vilkår

Lastarter, -typer og
-kombinationer

Ulykkeslast

Progressiv kollaps

Figur 4.03
Højhus ved Ronan Point,
Canning Town, London.

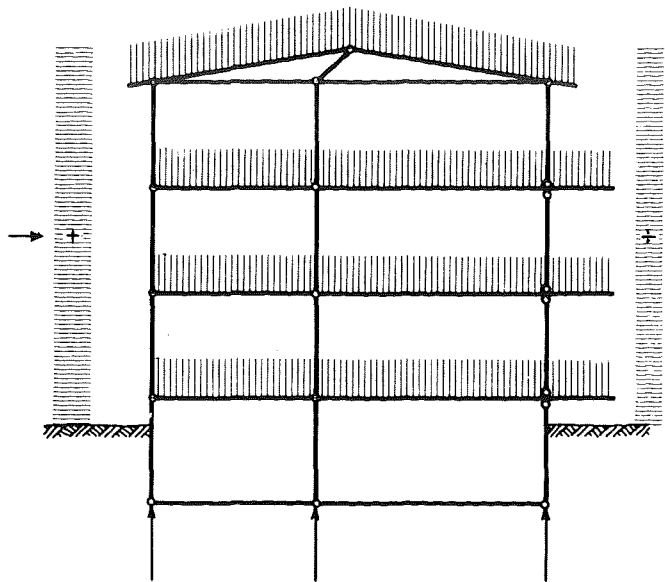
Lodrette laster De lodrette laster omfatter hovedsageligt egenlast og nyttelast, men også naturlasten sne og ulykkeslasten nedstyrtningslast skal medregnes.

Vandrette laster De vandrette laster omfatter hovedsagelig naturlasten vind og den såkaldte masselast. Udtrykket stammer fra Newton's 2. lov, $K = M \times G$, der udtrykker, at kraften på et legeme i bevægelse er proportional med legemets masse og dets acceleration.

Jordskælvs kræfter Da masselasten er en vandret last, må vi altså søge at forestille os en bygning udsat for vandrette rystelser. Dette forekommer i lande med jordskælv, hvor bygninger dimensioneres efter massekræfter bestemt ud fra de pågældende områders jordskælvsintensitet. I Danmark, hvor der ikke forekommer jordskælv, har vi alligevel optaget bestemmelser i lastnormen om en masselast på 1,5% af den tilsvarende lodrette last.

Masselastens begrundelse Masselasten forudsættes at dække virkningerne af små jordrystelser, fx fra tung trafik, samt virkningen af konstruktioner ude af lod eller excentrisk placeret etc. Masselasten er således med til at sikre bygningen en rimelig stabilitet, specielt i tilfælde hvor vindlasten kun optræder med små værdier. Masselasten angriber i tyngdepunktet for de tilsvarende lodrette laster, den regnes at kunne virke i en vilkårlig vandret retning, og den føres kun i regning, såfremt den er større end vindlasten i den pågældende retning.

Figur 4.04
Lodrette og vandrette laster på boligblok.



Beregningseksempel For at få et indtryk af størrelsen af lasterne på en almindelig boligblok, specielt vedrørende forholdet mellem masselast og vindlast, vises i et eksempel udregninger af lasterne for en simpel 3-etages bygning. Lasterne beregnes efter DS 410, lastkombination 2, brud. Regningerne viser bestemmelsen af de regningsmæssige værdier med tilhørende partialkoefficienter.

Bygningskonstruktionen Boligblokken tænkes opført af tunge konstruktioner, fx betondækelementer på 150 mm bærende tværvægge af beton og med beton sandwichfacadeelementer - eller med 1 stens murede indervægge og hulmure i facaderne.

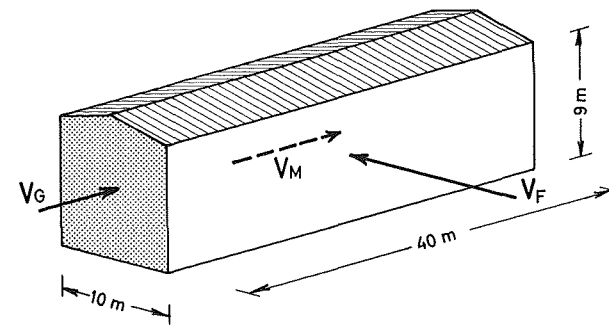
Kræfterne udregnes på grundlag af følgende laster på normaletagerne:

| | |
|-------------|--|
| Lette vægge | $g_1 = 1,0 \cdot 1,0 = 1,0 \text{ kN/m}^2$ |
| Gulv | $g_2 = 1,0 \cdot 0,3 = 0,3 \text{ kN/m}^2$ |
| Dæk | $g_3 = 1,0 \cdot 3,0 = 3,0 \text{ kN/m}^2$ |
| Nyttelast | $q_1 = 1,3 \cdot 1,5 = 2,0 \text{ kN/m}^2$ |

ialt på normaletagen, pr. m^2 vandret $5,3 \text{ kN/m}^2$

| | |
|--------------------------------------|--|
| Bærende vægge | $g_4 = 1,0 \cdot 4,3 = 4,3 \text{ kN/m}^2$ |
| Facader, ca. pr. m^2 lodret | $g_5 = 1,0 \cdot 5,0 = 5,0 \text{ kN/m}^2$ |

Ud fra boligplanens geometri bestemmes nu antal m^2 af de tunge vægge fx henført til en lejlighed eller opgang, og herefter kan husets samlede tyngde pr etage- m^2 bestemmes. Se figur 4.05



Figur 4.05
Vandrette kræfter på boligblok.

For boligblokke, opført med de nævnte materialer, fås en samlet, lodret tyngde på ca. 11-12 kN/m^2 , afhængigt af planens udformning. Bygges der med lette facader, bliver tyngden ca 8-9 kN/m^2 . De korrekte værdier må naturligvis bestemmes under en detailprojektering.

Vindlastens tryk + sug bestemmes efter DS 410 og bliver med den i figur 4.05 viste bygningshøjde 9 m for en bygning i terrænklasse 0,3

| | | |
|------------------|-------------------------------|---------------------|
| Hastighedstryk | $q =$ | 0,5 kN/m^2 |
| formfaktor, sug | $c =$ | 0,5 |
| formfaktor, tryk | $c =$ | 0,7 |
| vindtryk ialt | $w = (0,5 + 0,7) \cdot 0,5 =$ | 0,6 kN/m^2 |

Ud fra ovennævnte enhedslaster og de på figuren givne mål kan de samlede vandrette kræfter på bygningen nu beregnes:

| | |
|---|-----------|
| Samlet tyngde af hus over terræn, 3 etager, | |
| $K = 40 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 11 =$ | 13.200 kN |
| Massekraft, 1,5% heraf, | |
| $W_m = 0,015 \cdot 13.200 =$ | 198 kN |
| Vindkraft på facader, | |
| $W_f = 40 \cdot 9 \cdot 0,6 =$ | 216 kN |
| Vindkraft på gavle, | |
| $W_g = 10 \cdot 9 \cdot 0,6 =$ | 54 kN |

Massekraften er således større end vindkraften på gavlene men mindre end vindkraften på facaderne. Det betyder, at vi i husets længderetning skal dimensionere for massekraften $W_m = 198 \text{ kN}$ og i husets tværretning for vindkraften $W_f = 216 \text{ kN}$. Dette er typisk for langstrakte bygningsformer. For bygninger med kvadratisk grundplan vil det normalt være vindlasten, der er dimensionerende.

Temperatursvingninger i den bærende konstruktion giver anledning til bevægelser i denne. Konstruktionen må derfor udformes således, at disse bevægelser kan optages uden at give anledning til skadelige revnedannelser. For boligbyggeriet, hvor der samtidig stilles krav om en effektiv varmeisolering, er det en nærliggende løsning at placere den bærende konstruktion inden for isoleringen og derved undgå større temperaturbevægelser. Dette kan lade sig gøre i en række tilfælde, se fx gavlkonstruktionen i figur 4.06, mens det i andre tilfælde er umuligt. For altaners vedkommende vil således hovedparten af den bærende konstruktion normalt være udsat for udeluftens temperatursvingninger, og fremgangsmåden vil som regel her være den at søge den udvendige konstruktion adskilt fra den indre, eller kun forbundet med denne gennem enkelte, bevægelige forbindelser. Altanpladerne vil man normalt oplægge på neoprene brikker el.lign.; forankringer vil man udføre med bevægelige beslag. Der henvises herom til fx litt. 4.21.

Et lignende forhold gør sig gældende for svindbevægelsernes vedkommende. Som bekendt er svindbevægelser i beton delvist reversible, således at der ligesom for temperaturbevægelsernes vedkommende må tages hensyn til disse som tilbagevendende fænomener. Hovedparten af svindet, som ikke er reversibelt, optræder dog i hærdeperioden og under betonens udtørring. Se litt. 4.2.

For betonkonstruktioner med hoveddimensioner over ca 30-40 m er det normal praksis at udføre dilatationsfuger. I de første danske montagebyggerier (eksempel, »Milestedet« i Rødovre) er dette gjort ved at udføre dobbeltvægge med bløde fuger for hver ca 30 m i de længere blokke. En tydelig dilatation er da også iagttaget i disse bygninger, med bevægelser af størrelsesordenen 10 mm.

Overslagsværdi for totallast

Vandrette laster

Sammenligning af vandrette laster

$$W_f > W_m > W_g$$

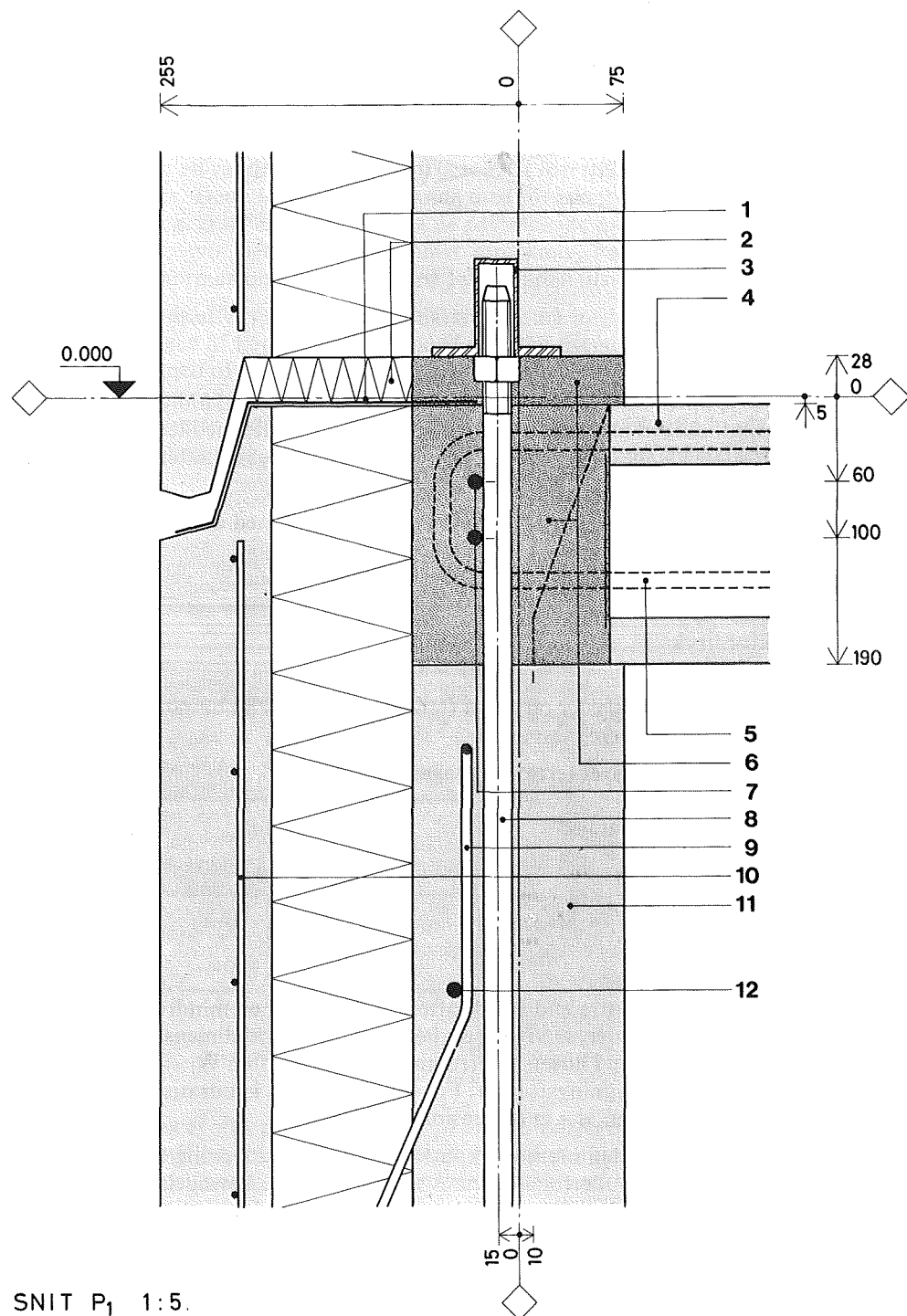
Temperaturbevægelser

Svindbevægelser

Dilatationsfuger i større betonkonstruktioner

Figur 4.06
Bærende sandwich gavlvæg. Den indre betonskive er beskyttet mod temperatursvingninger. Den ydre skive er ophængt således i rustfri forankringer, at den frit kan følge temperaturbevægelserne.

- 1 Afdækning
- 2 Stopning
- 3 Tophat
- 4 Dækelement
- 5 Fugearmring
- 6 Udstøbning
- 7 Fugearmring
- 8 Montagebolt
- 9 Rustfri hægebøjle
- 10 Forstøbning
- 11 Bærende indvendig skive
- 12 Vægskivearmring.



SNIT P₁ 1:5.

Få dilatationsfuger i det nyere danske montagebyggeri

I de senere års montagebyggerier er man gået bort fra denne praksis, og der er udført bloklængder over 100 m uden dilatationsfuger. I disse bygninger fordeles temperatur- og svindbevægelserne så ligeligt over samlingerne - etagekrydsene, at man ingen steder har konstateret ulemper, ja næppe synlige revner som følge af bevægelserne. Forklaringen er, at den bærende konstruktion er »pakket ind« i bygningens varmeisolerings, hvorved konstruktionen befinder sig i omtrent konstante temperatur- og fugtforhold året rundt. Desuden vil hovedparten af svindet finde sted inden bygningens færdiggørelse.

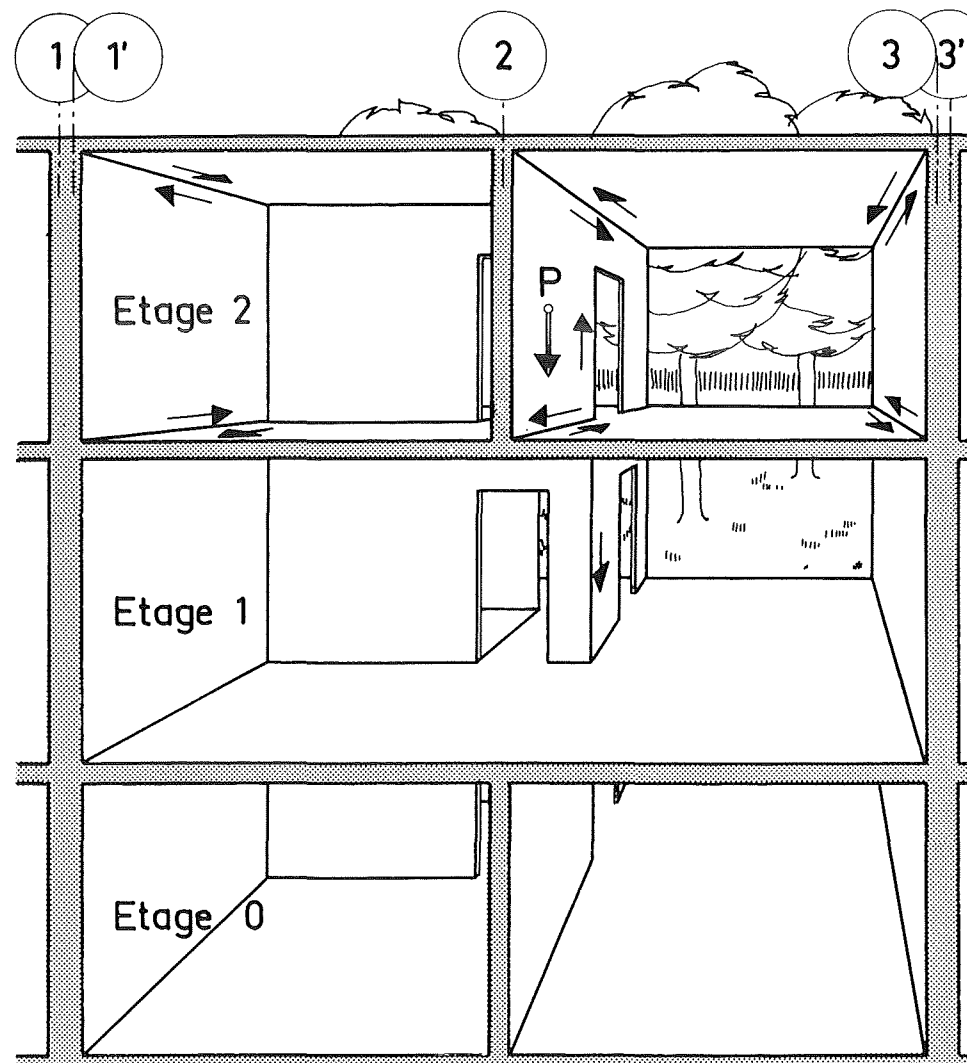
Pas på svind- og temperaturbevægelser!

Det må dog til slut understreges, at svind- og temperaturbevægelser kan være meget kritiske for alle konstruktioner, der er udsat for større temperatur- og fugtsvingninger.

4.3 Bærende hovedsystemer

I etageboligbyggeriet anvendes i de fleste tilfælde et skive-pladesystem som bærende hovedsystem. Se figur 4.07. Det skyldes, at de adskillende dæk og vægge mellem de enkelte lejligheder skal opfylde de relevante akustiske og brandtekniske krav. Dette gøres i reglen lettest og mest økonomisk med tunge materialer som beton og murværk. Da disse materialer også er i besiddelse af en betydelig bæreevne, er det nærliggende at anvende dem til bygningsdele i det bærende hovedsystem, hvor de vil fungere som plader og skiver. Se litt. 4.6 og 4.17.

Skive-pladesystemer



Figur 4.07
Skive-pladesystem fra SBI-anvisning 82.

Søjle-bjælkesystemer og søjle-pladesystemer optræder hyppigst i bygninger med større spændvidder og med behov for større fleksibilitet, som fx skoler, haller, kontorhuse mv. Se kapitel 17-21. Der findes også eksempler på, at disse konstruktioner har været anvendt i boligbyggeriet, se fx figur 4.13 og 4.14; men de har ikke i Danmark fået nogen større udbredelse.

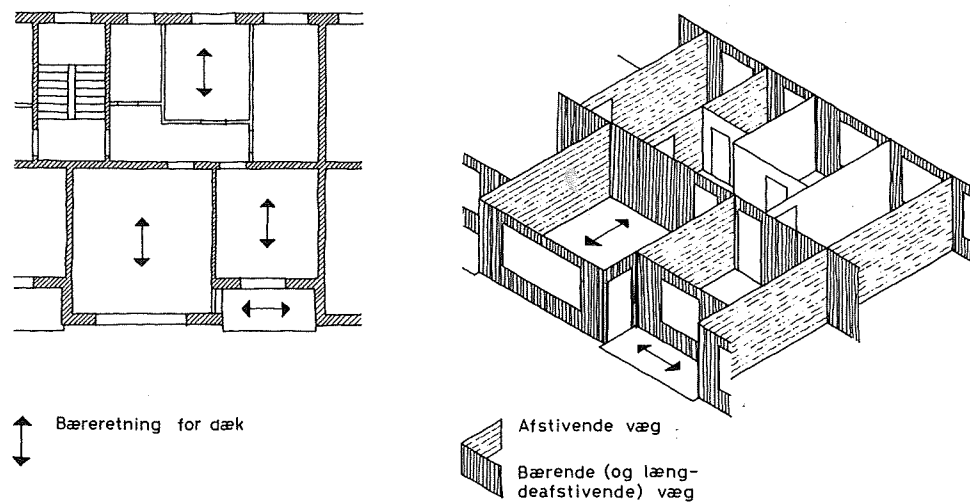
Søjle-bjælkesystemer o.a.

Som omtalt i afsnit 4.1 anvendtes i det ældre boligbyggeri normalt bærende hovedskillevæg og facader som statisk hovedsystem. Figur 4.08 viser et eksempel herpå fra 1930'erne. De bærende vægge er udført af massivt murværk, og til etageadskillelserne kan fx være valgt hulstensdæk, simpelt understøttet på væggene.

Bærende hovedskillevæg og facader

Bygningens lejlighedsskel, trappevæggene og de øvrige tværvægge virker som tværfæstning i konstruktionen, mens de lette vægge bæres af dækkene. Den bærende funktion i facaden stiller særlige krav til denne og hindrer eller vanskeliggør placering af større vinduesåbninger samt anvendelse af lette materialer, ligesom der vil være pro-

Figur 4.08
Boligplan med bærende hovedskillevæg fra 1930'erne.



HOVEDSYSTEM
BÆRENDE HOVEDSKILLEVÆG OG FACADER

blemer med at opnå en tilfredsstillende varmeisolering i facaden. Hvis mere end en fjerdedel af facadebredden er murpiller, er der ingen problemer med bygningens længdestabilitet, sammenlign figur 4.02

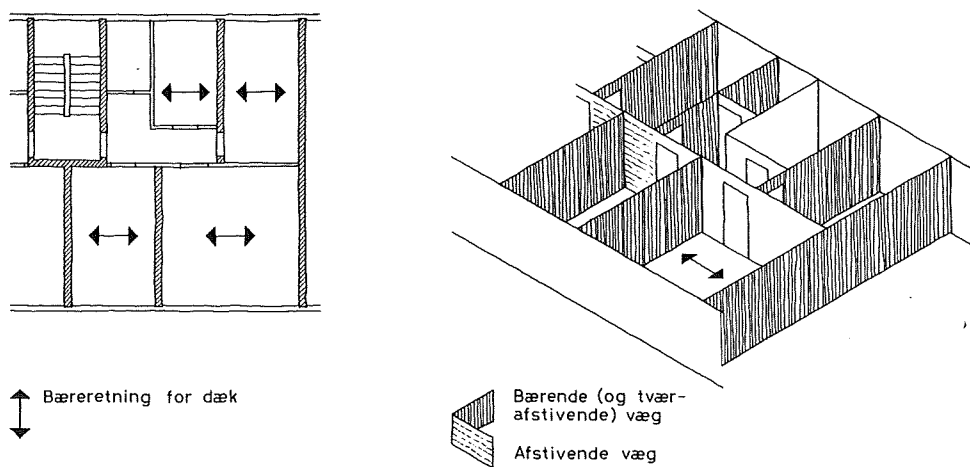
Figur 4.09 viser en nyere plantype med bærende tværvægge, længdeafstivning i trappeendevæggen og lette facadeelementer, hvis statiske funktion kun består i at optage vindkræfter på facaden. Facadeelementerne må derfor dimensioneres således, at de gennem en bøjningspåvirkning kan optage vindtrykket og overføre det til etageadskillelserne; se figur 4.10. Desuden må samlingen mellem facade og dæk udformes således, at den kan klare kraftoverføringen her, incl. forankring af facaden mod vindsug.

Etageadskillelserne skal fungere som sammenhængende skiver og lede kræfterne til de afstivende vægge. Påvirkningen i etageadskillelserne bliver derfor bøjning og forskydning i vandret plan.

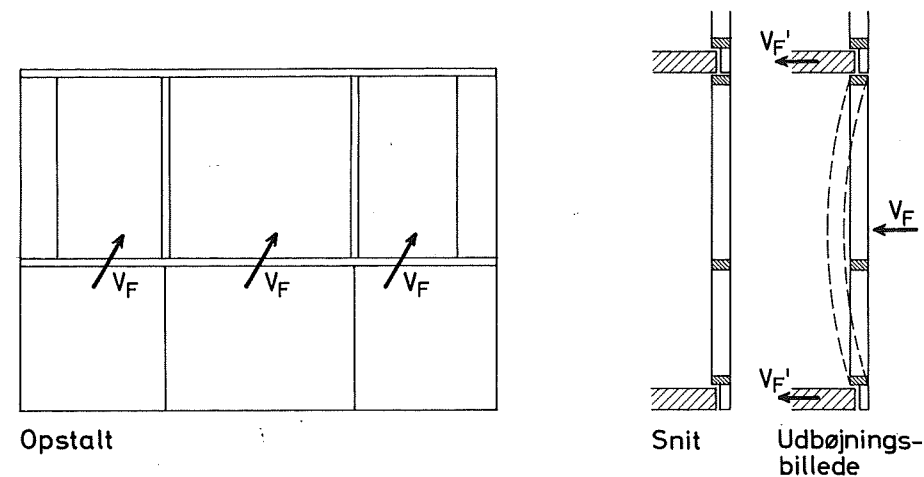
Hvis der anvendes elementdæk, må fugerne mellem dækelementerne derfor udføres sådan, at de kan optage forskydningskræfter. Dette opnås dels ved fortanding af fugerne, dels ved indlægning af montagejern i disse, se figur 4.10 og 4.11, samt litt. 4.19.

Fra etagerne skal kræfterne nu føres videre til de afstivende vægge, som for at være effektive må have en passende udstrækning i kræfternes retning.

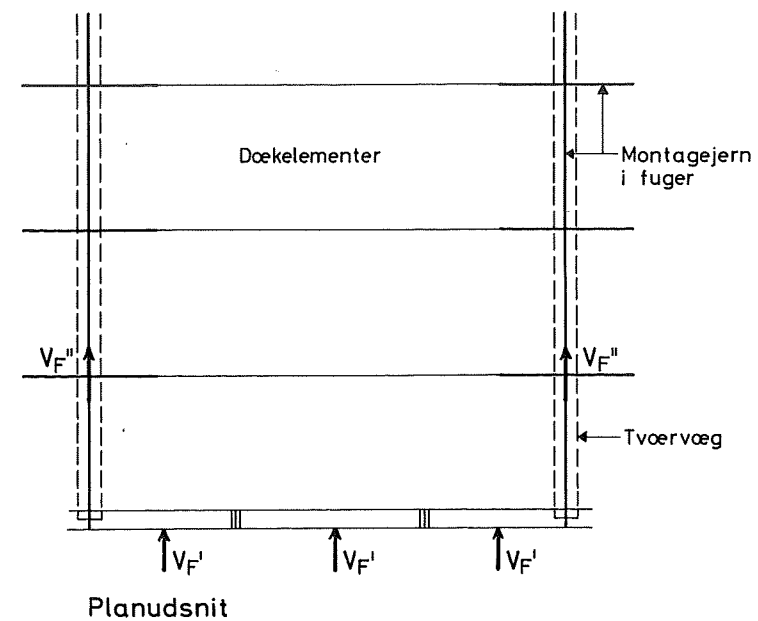
Figur 4.09
Boligplan med bærende tværskillevægge fra 1950'erne.



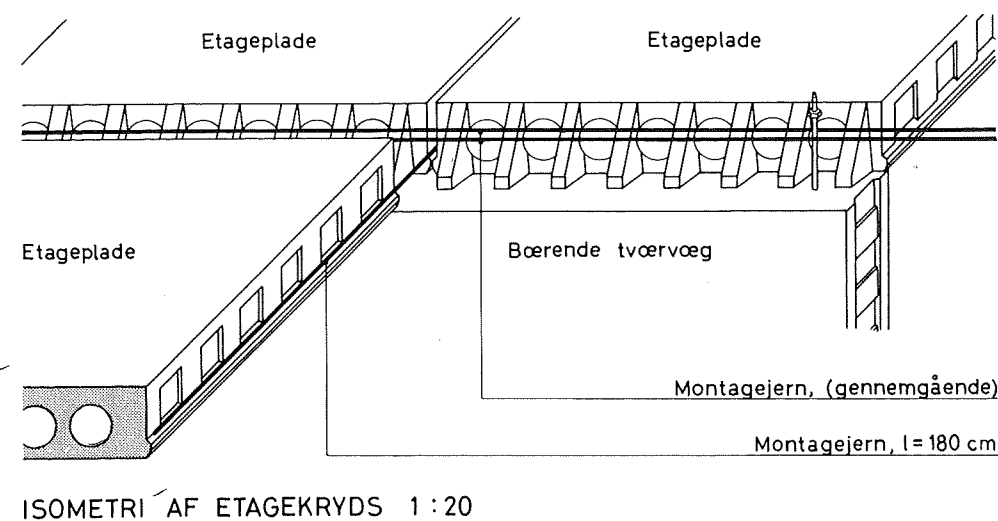
HOVEDSYSTEM
BÆRENDE TVÆRVÆGGE



Figur 4.10
Vindbelastning på facaden giver bøjnings- og forskydningspænding i det afstivende system.



Figur 4.11
Fortandede fuger og indlagte montagejern gør elementdækket til en sammenhængende skive.



Når kræfterne angriber i væggene, kommer disse til at stå som lodret udkragede («opragende») bjælker eller skiver, der er indspændt i fundamentene. Også væggene skal derfor dimensioneres for bøjningspåvirkning, og den trækspænding, vi altid har i forbindelse med bøjning, må, hvis der er tale om murværk, ophæves af en endnu større

trykspænding fra den lodrette belastning, da murværk som bekendt ikke må tage trækspændinger. Anvendes der elementer i væggene, kan det blive nødvendigt at udføre elementsamlingerne som træksamlinger, se herom i afsnit 4.5.

Konstruktionsprincippet med de bærende tværvægge åbner en række muligheder for en friere udformning og et varieret materialevalg i facaden i overensstemmelse med moderne arkitektoniske ideer. Ulemperne ved konstruktionsprincippet er de relativt tæt placerede, bærende tværvægge, der giver en vis begrænsning i planløsningen. Med de nye langspænddæk, der spænder op til ca 8 m, er denne ulempe reduceret, og selv med de normale dæk på indtil ca 5 m's spænd kan der opnås store variationer i planløsningen, når blot man ikke er begrænset af alt for små arealstørrelser for lejlighederne. Dette har været tilfældet i årene efter krigen, hvor myndighederne satte maksimumgrænser på etageboligens bruttoareal. Kapitel 12 viser en helt utraditionel bygningstype, terrassehuset, med meget store lejligheder. I projektet indgår normale dækelementer med maksimalt 4,8 m spænd.

Figur 4.12 viser en plantype med kombinerede, bærende længde- og tværvægge. Facaderne kan være ikke-bærende, og herved bliver dækkene henholdsvis 3- og 4-sidet understøttede. Sådanne dæktyper egner sig ikke for præfabrikering - pladerne måtte i givet fald være rumstore - og disse dæk udføres da normalt som pladsstøbt jernbeton.

Mens de ovenfor nævnte statiske systemer har domineret i de senere års udvikling af boligbyggeriet, er der dog fra forskellig side gjort forsøg på at udvikle andre typer af bærende hovedsystemer, som fx bjælke-søjlesystemer, rammesystemer og kassettesystemer. Figur 4.13 viser det såkaldte TVP-system, hvor bjælker og søjler er kombinerede til T- eller V-formede halvrammer, mens P'et står for pladerne i dækket. Byggesystemet er nærmere beskrevet i litt. 4.24, vil hvilken der henvises.

Figur 4.14 viser en isometri af byggeriet Egeris, Skive, som er et plade-søjle-system, hvor stabiliteten er opnået med de pladsstøbte stive trappetårne, og figur 4.15 viser et andet interessant projekt fra Jylland, »Conbox-systemet«, hvor de enkelte rum er udført som færdige bokse, monterede i et skelet af præfabrikerede jernbetonrammer.

Disse eksempler illustrerer den store variation, der findes i udviklingen af montagebyggeriets teknik her i landet. Går man til udlandet, bliver spektret endnu bredere. I litt. 4.1 og 4.3 er anført flere eksempler på de senere års byggesystemer.

Som eksempel på et samlet kraftforløb af vandrette kræfter fra vind- og massekraft er i figur 4.16 vist et kontorhus, udført som bjælke-søjle-pladekonstruktion. De to gavle udgør bygningens afstivende system, idet der ikke er regnet med momentstive samlinger mellem bjælker og søjler. De vandrette kræfter føres gennem dækskiverne til gavlene, som ved hjælp af trappevæggene også er gjort stive i husets længderetning. I bygningens tværretning optages vindkræfterne af selve gavlvæggene, se den resulterende gavlspænding i figurens nederste højre hjørne. I bygningens længderetning, hvor massekraften som sædvanlig er dimensionsgivende, vil påvirkningen fra dækskiverne give trækspændinger i de langsgående trappevægge, som må armeres svarende hertil.

Fordele og ulemper ved princippet, bærende tværvægge

Bærende længde- og tværvægge

Pladesystemer

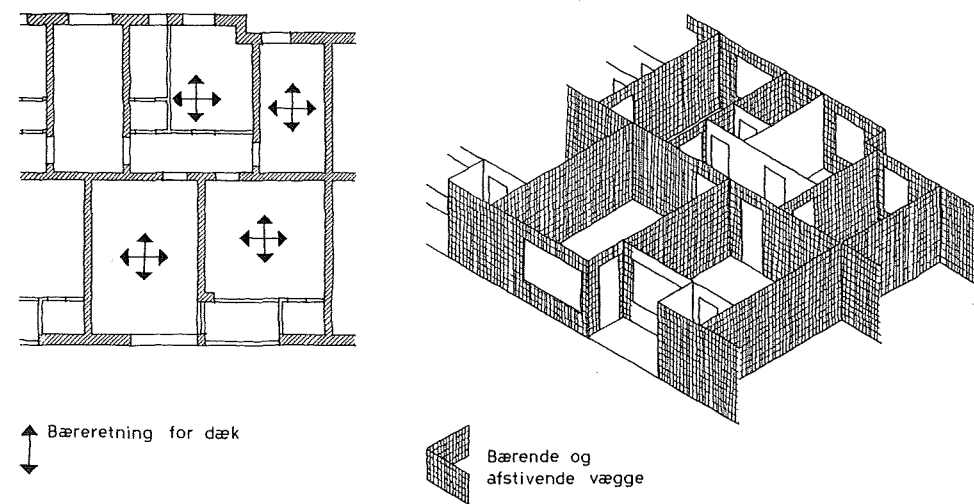
Bjælke-søjle-systemer

TVP-huset

»Egeris« og »Conbox«

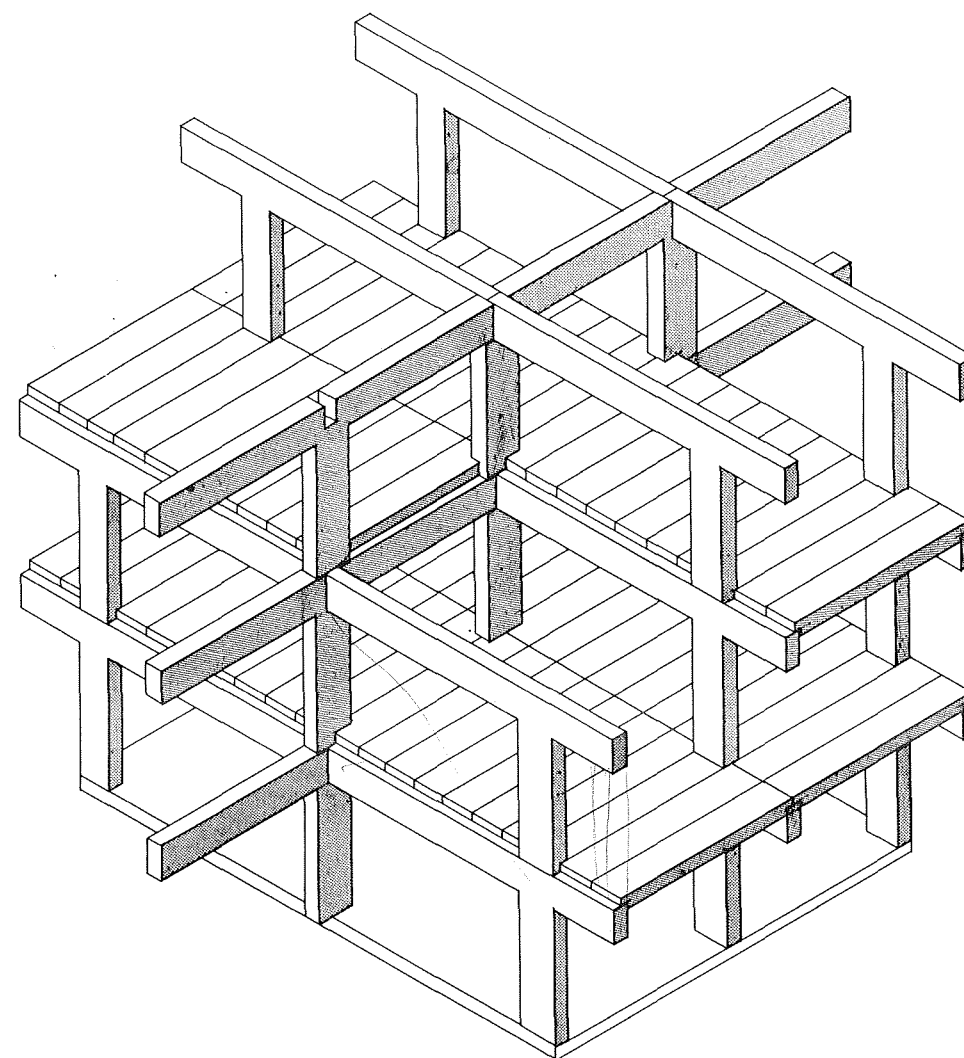
Vandrette kræfter på bjælke-søjlehus

Figur 4.12
Boligplan med bærende længde- og tværskillevægge og pladsstøbte dæk.

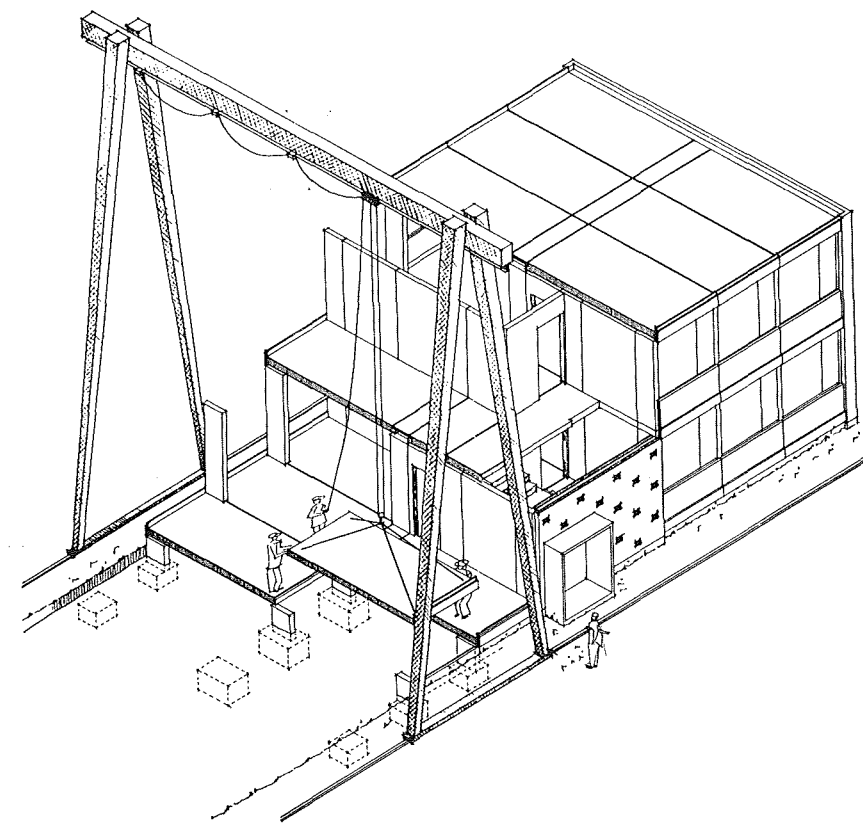


HOVEDSYSTEM
BÆRENDE LÆNGDE- OG TVÆRVÆGGE

Figur 4.13
Isometri af TVP-husets konstruktionsprincip.



ISOMETRI AF TVP-SYSTEMET



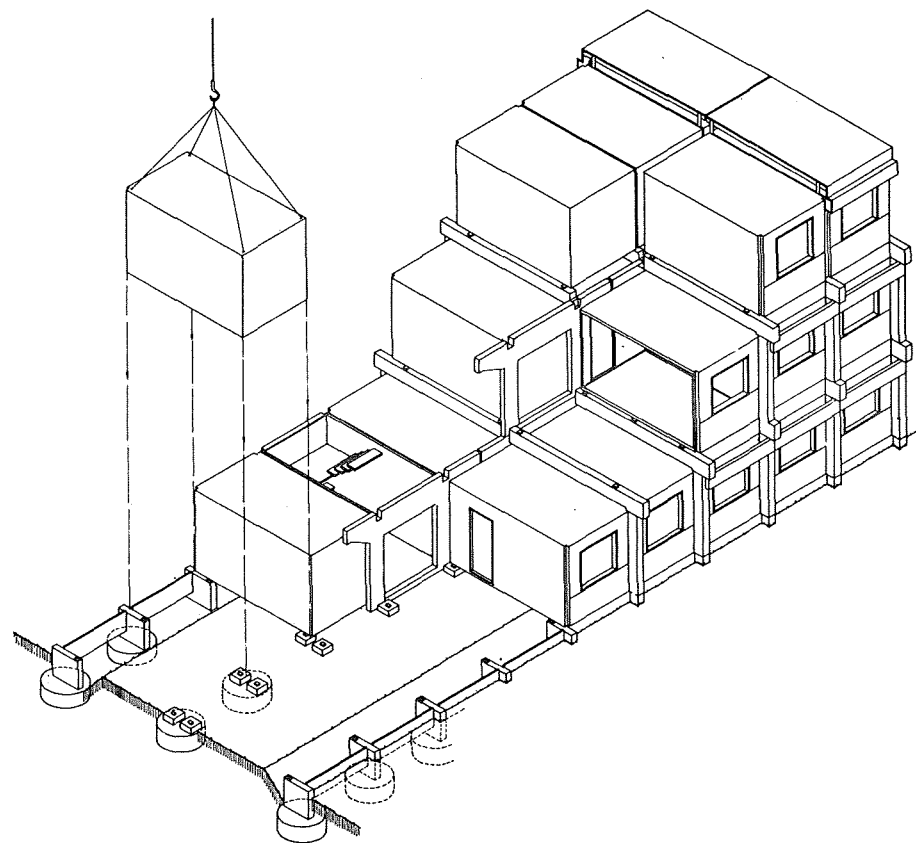
Figur 4.14
Plade-søjle-system fra byggeriet »Egeris« i Skive.

En gennemregning af det statiske hovedsystem i et muret og et betonelement byggeri er givet i litt. 4.20 og 4.23.

Byggesystemerne illustreret med figurerne 4.13, 4.14 og 4.15 er udpræget lukkede systemer, hvortil der normalt kun kan anvendes elementer, som er udviklet specielt til projekterne af disse teknikere, der i større eller mindre grad har monopol på det pågældende system. Beskrivelsen af montagebyggeriets elementer i næste afsnit, 4.4., vil derfor væsentlig holde sig til standardelementer fra de åbne systemer, hvor elementerne har en større generel anvendelighed.

Åbne og lukkede systemer

Figur 4.15
Isometri af Conbox-systemet.



4.4. Elementer

DS-blade og kataloger

De pladeformede elementer til dæk, vægge og trapper mv i dansk montagebyggeri har gennemgået en udvikling, der har gjort det muligt at standardisere disse primære råhuskomponenter. Den følgende gennemgang er baseret på de udsendte DS-blade, suppleret med en beskrivelse af de katalogvarer, elementfabrikkerne producerer.

DS 1101, 1038 og 1039

DS-bladene omfatter DS 1101 om pladeformede bygningskomponenter, DS 1038 om dæk og DS 1039 om vægge. I DS 1011 gives der præferencemål for længder og bredder efter rækkerne 6M, 12M... 48M (med 6M spring) og 48M, 60M... 192M osv (med 12M spring) svarende til fordoblingsrækkerne 1-4 i DS/R 1075. DS 1011 indeholder ingen præferencemål for tykkelserne og ingen basismål, idet disse findes i DS 1038 og 1039.

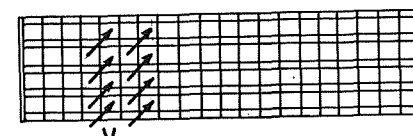
DS 1038, dæk

I DS 1038 er angivet basismålene $b = 1197$ mm og 2397 mm for 12M og 24M brede dæk, se figur 4.17.

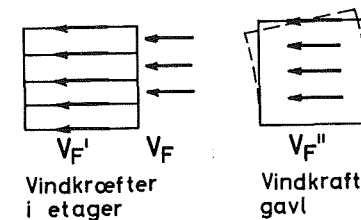
For længderne er der kun foreskrevet modulmål. For tykkelserne angives $t = 185$, 220 og 285 mm svarende til maximale dækspænd på ca 54M, 66M og 120M, afhængigt af betonkvalitet og armering, specielt forspænding.

DS 1039, vægge

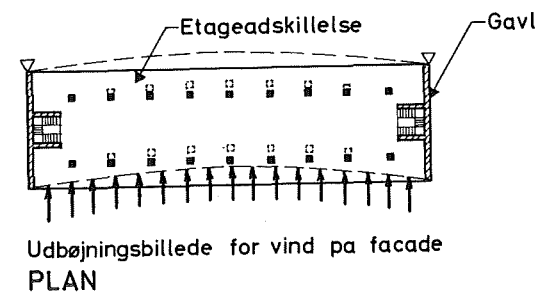
I DS 1039 er angivet basismålene $b = 1197$, 2397 , 3595 , 4795 , 5995 og 7192 mm svarende til 12M, 24M, 36M, 48M, 60M og 72M brede vægelementer. For højderne er der ikke foreskrevet mål, da disse afhænger bl.a. af dækykkelserne. For tykkelserne



Vindkraft på facade
OPSTALT

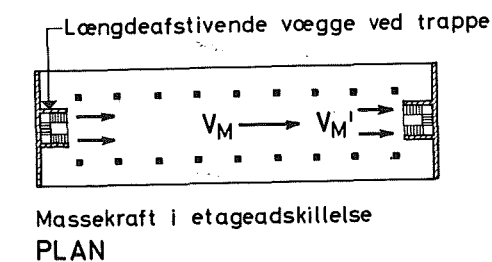


Figur 4.16
Søjlehus påvirket af vandrette kræfter.



Bøjningsspænding i gavle fra vind på facade.

Trykspænding i gavle fra lodret belastning



Resulterende trykspændinger i gavle

angives $t = 150$ og 180 mm, som svarer til ca. 1-8 etagers, henholdsvis 8-25 etagers byggeri afhængigt af laster, spændvidder, materialer osv. DS 1039 indeholder desuden anvisninger for vægelementer med standard dørhuller 8M og 9M med tilhørende fastgørelsesklodser.

Figur 4.17 viser en principtegning til bestemmelse af dækelementets basismål ud fra byggemålene. Basismålet fremkommer af byggemålet ved fradrag af fugeandelene, sammenlign afsnit 2.2, specielt figur 2.04. Figur 4.18 og 4.19 viser henholdsvis arbejdstegning og foto af dækelementet.

Figur 4.20 viser en principtegning for bestemmelse af vægelementers basismål ud fra byggemålene, og figur 4.21 viser en elementtegning af et normalt, uarmeret vægelement.

DS-rekommandation nr 1040 angiver præferencemål for det normale trapperum for tøløbstrapper. Rekommandationen indeholder ikke som de to foregående forskrifter for komponentmål, men angiver generelle målkrav for det trapperum, i hvilket komponenterne skal indbygges. Dette forhold er blandt andet begrundet i, at trapperumets vægge kan udføres enten af betonelementer eller murværk, hvilket giver en række forskelle i rummålene, som rekommandationen gør nærmere rede for. Fælles for de forskellige trappeløsninger er byggemålene $L \times B = 48M \times 24M$, se figur 4.22.

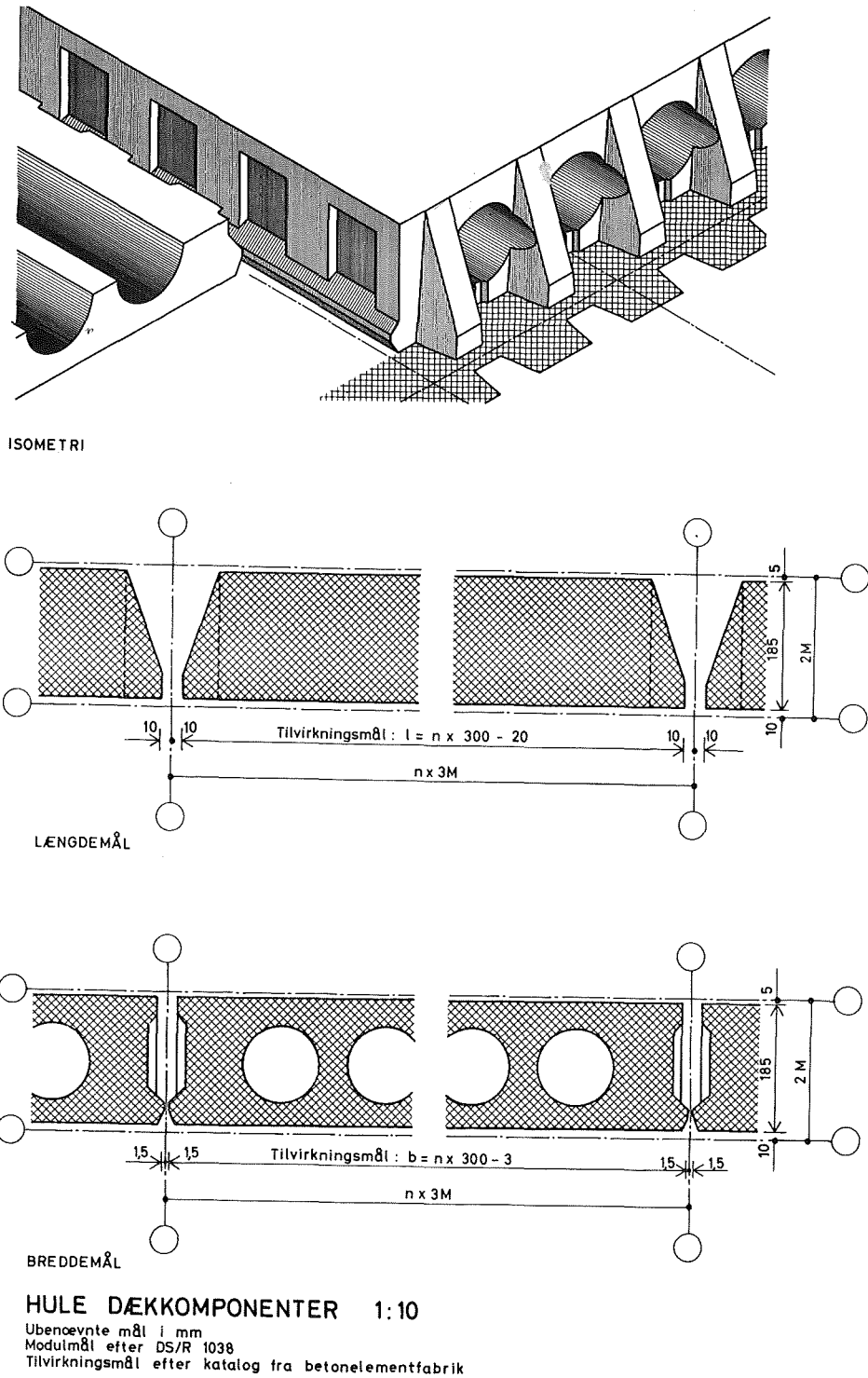
Basismål for dæk

Basismål for vægge

Trapper efter DS/R 1040

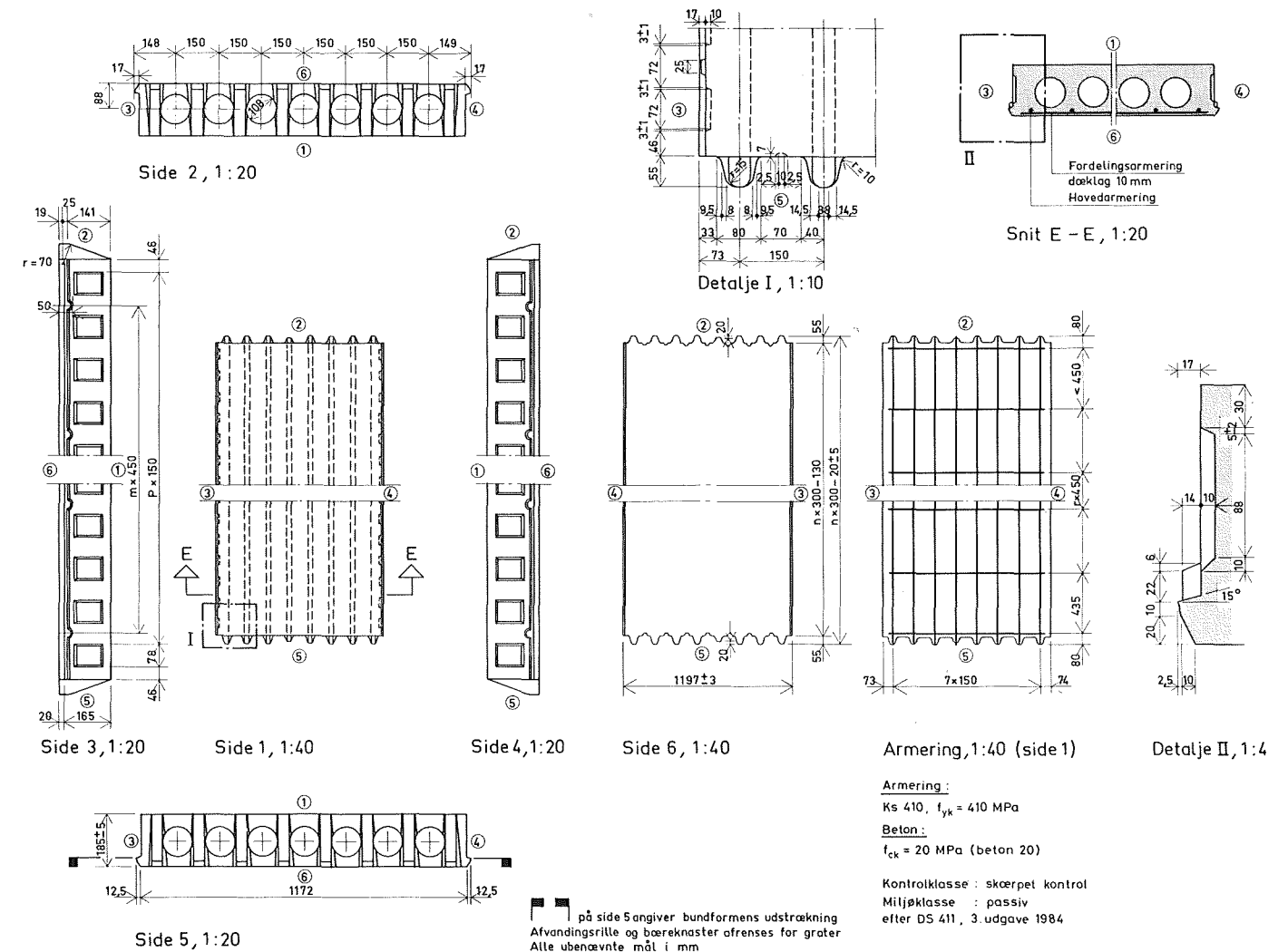
Figur 4.17
Dækelement efter DS
1038.

Byggemål og basismål.
Det skraverede areal ved
dækvederlaget (se isometri-
en) viser udstøbnings-
betonen i etagekrydset.



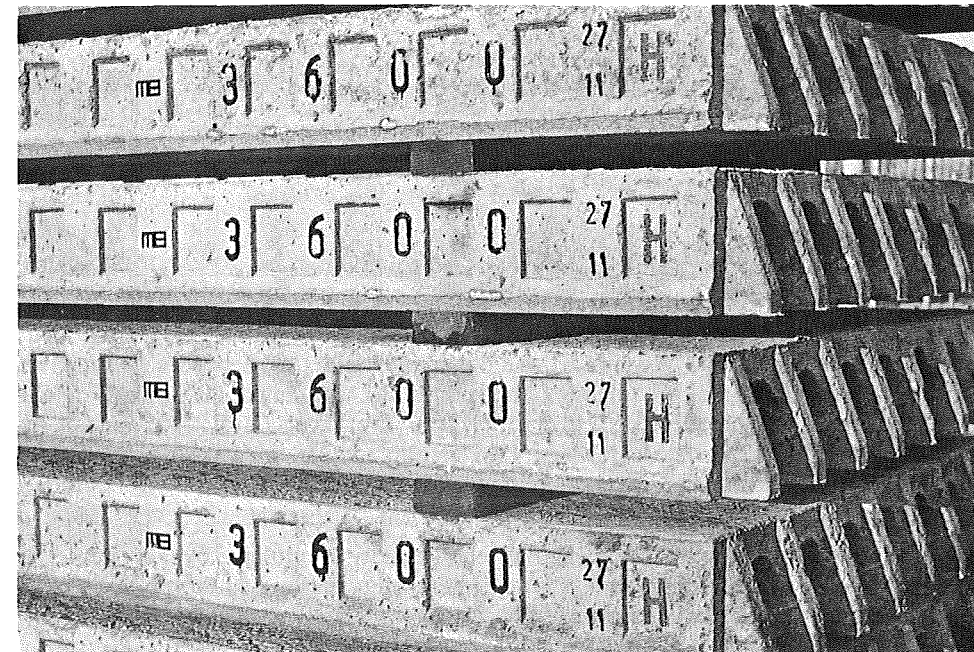
Afhængigt af de valgte materialer og placeringen af de tilstødende komponenter, fås en række variationer i målene l, b, t og p. Der henvises herom til rekommandationens detaljer, samt til denne bogs afsnit 4.7 og projekterings eksemplerne i kapitel 8, 9 og 10, hvis trappeløsninger er i overensstemmelse med DS/R 1040.

Elementerne til facade- og gavlkonstruktioner er endnu ikke beskrevet i nogen DS-publikation, men alligevel findes der modulære katalogvarer for disse bygningsdele på markedet, ligesom flere individuelt projekterede faceløsninger er moduldimensionerede. For de lette facadelementer henvises til kapitel 8, og som eksempel på et tungt, bærende gavlelement vises i figur 4.23 et betonsandwichelement.



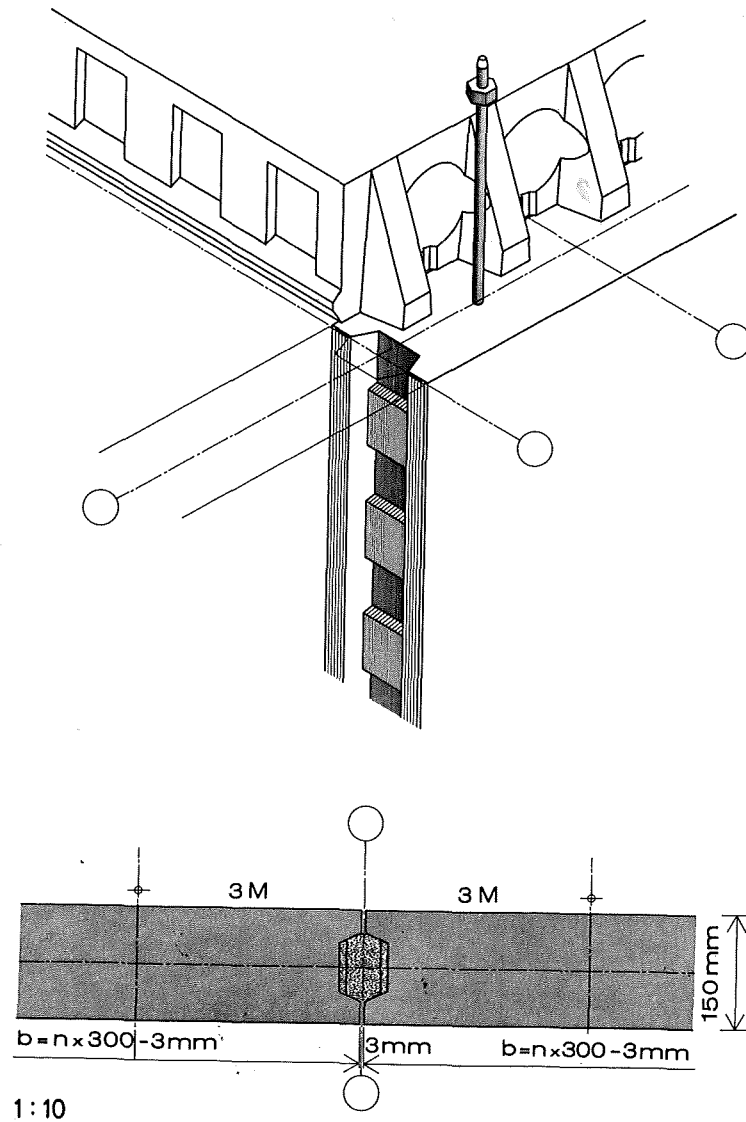
Figur 4.18
Procestegning af dækelement med oplysning om alle geometriske detaljer, beton- og stål kvalitet mv. NB! Målforhold er omtrentlige.

Principtegning
DÆKELEMENT



Figur 4.19
Foto af dækelementets
vederlagsknastr og
fortandede sidekant.

Figur 4.20
Vægelement efter
DS 1039.
Byggemål og basismål.

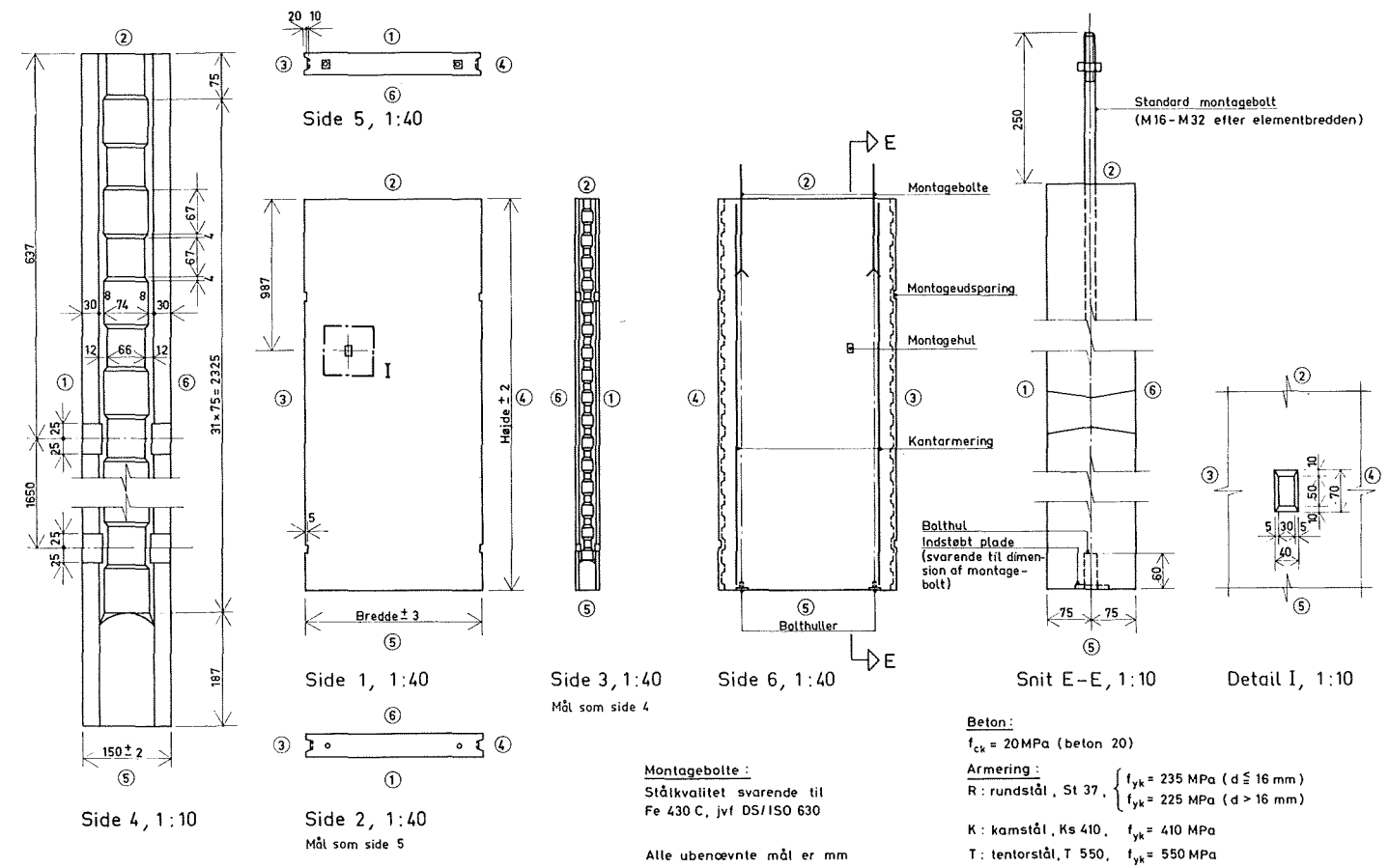


Beton-sandwichelementer

Den bærende funktion bevirker, at den indvendige betonskive må gøres relativt svær; der vælges 150 eller 180 mm, svarende til de indvendige, bærende vægge. Den samlede tykkelse bliver da ca. 300-350 mm afhængigt blandt andet af den ydre betonskives profilering og isoleringen. Med denne dimension bliver vægten ca. 600 kg/m², og elementbredden B må da afpasses efter projektets vægtklasse, dvs krankapaciteten. Præferencemål på 12M, 24M, 36M og 48M er almindelige, men ikke officiel standard. Figur 4.23 viser en elementtegnning af et gavlelement, og figur 4.06 viser et lodret snit i fugen ved dækket.

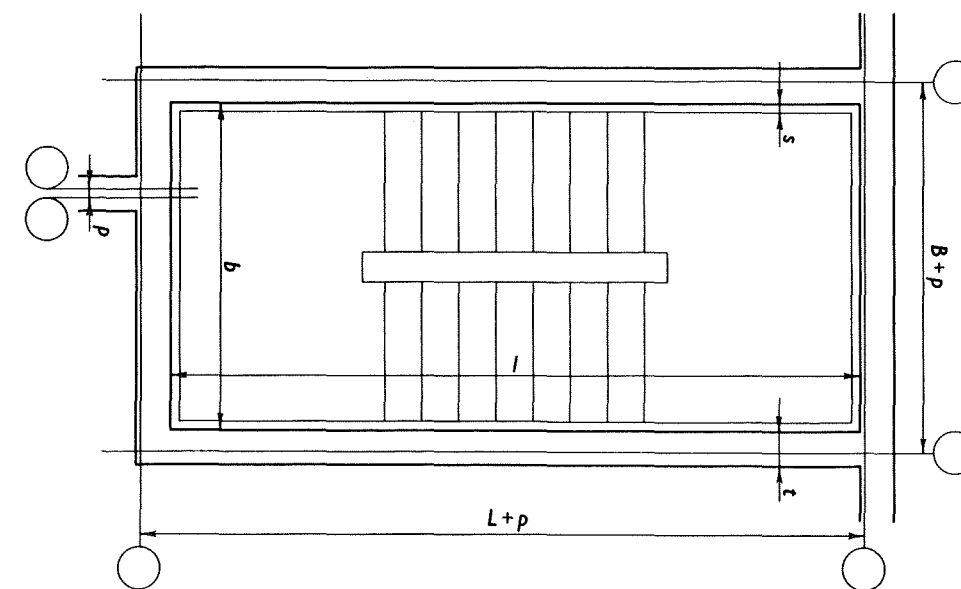
Søjler, bjælker, tagplader

Præfabricerede søjle-, bjælke- og tagpladeelementer til modulære byggesystemer er ikke standardiserede i DS men forekommer i betydeligt omfang som typiserede katalogvarer på det danske byggemarked. Figur 4.24 viser et eksempel på et sådant system, og der henvises desuden til kapitel 17-21.

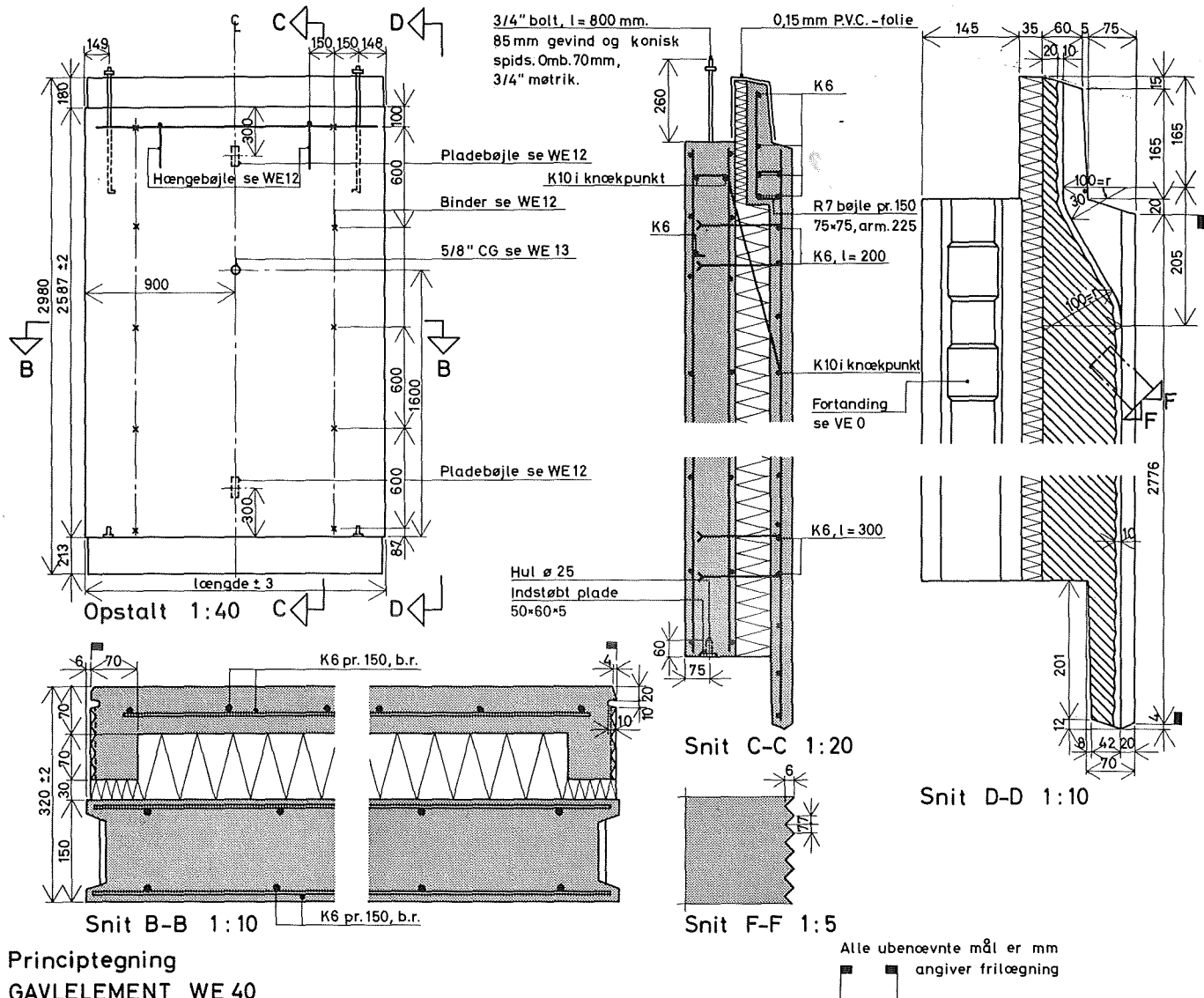


Principtegning
VÆGELEMENT

Figur 4.21
Procestegning af vægelement med oplysning om alle geometriske detaljer.
NB! Målförhold er omtrentlige.



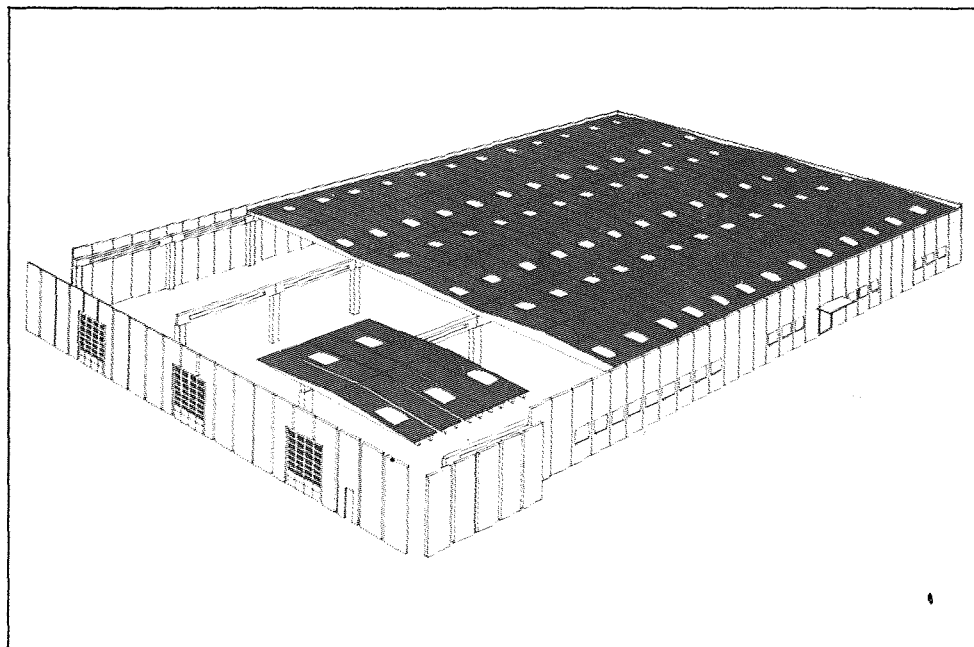
Figur 4.22
Trapperum efter DS/R
1040.



Principtegning
GAVLELEMENT WE 40

Figur 4.23
Bærende sandwich-gavlelement. NB! ældre type med kantforstærkninger; k -værdi = ca. $0,44 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Smlgn. figur 4.06.

Figur 4.24
Typehal med præfabrikerede bjælker, søjler og dobbelte T-plader.

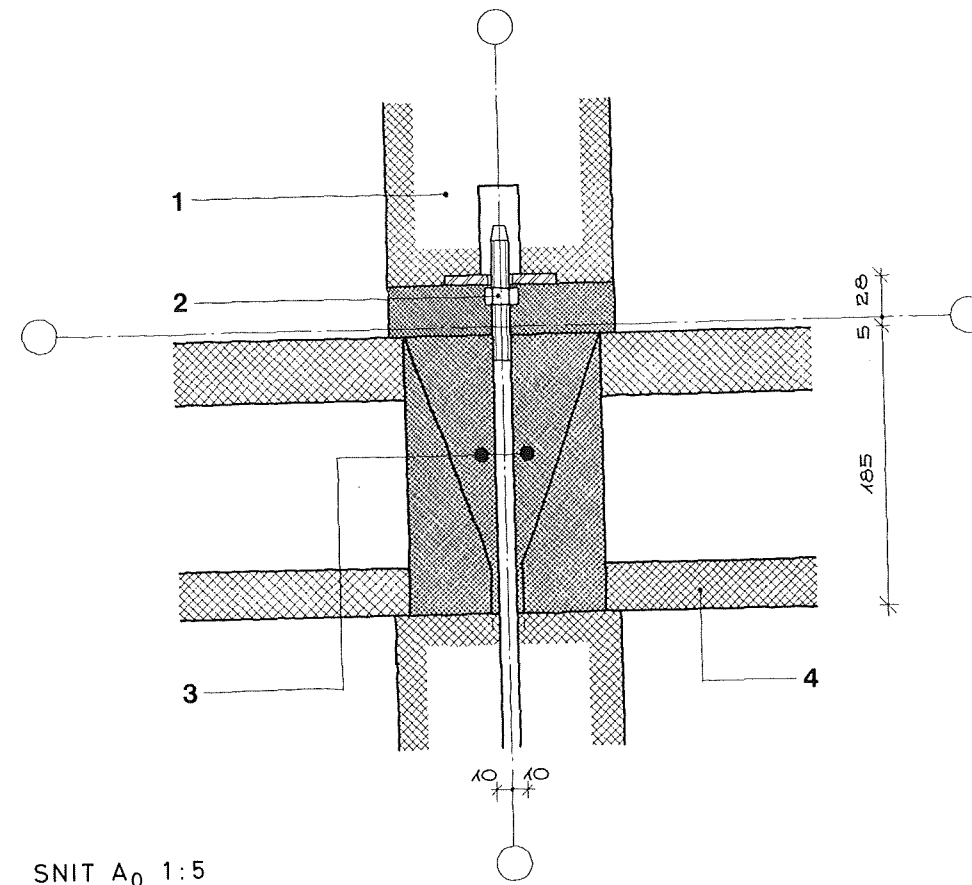


4.5 Kraftoverførende samlinger

Etagekrydset mellem præfabrikerede dæk- og vægelementer er en af montagebyggeriets grundlæggende konstruktionsdetaljer, hvor en række bygge- og montagetekniske krav er søgt honoreret i en enkel produktionsvenlig løsning. Samlingen er beskrevet ud fra funktionskravene i litt. 4.4 og ud fra nøjagtighedskravene i afsnit 2.7, Tolerancer. Figur 4.25 viser den normale udførelse med 150 mm vægge.

Det ses, hvorledes dækvederlagets geometri og knastudformningen er bestemt af, at der skal være plads til de to vederlag inden for vægtykkelsen 150 mm. Dette bestemmer knastlængden 55 mm og vederlagsdybden 65 mm. Udformning af dæknasterne varierer lidt fra fabrikat til fabrikat. Det er væsentligt for den rette statiske virkemåde af etagekrydset, at samlingen og dæknasterne er formet ud fra følgende hensyn:

Bæreknasterne og deres armering



Figur 4.25
Etagekryds med standard betonelementer. Bærende vederlag.
1 Vægelement
2 Montagebolt
3 Fugearmering
4 Dækelement

SNIT A₀ 1:5

1. Vederlagskræfter skal overføres fra dæk til væg.
2. Lodrette kræfter i væggen skal føres igennem etagekrydset.
3. Dækenden skal kunne dreje omkring vederlagskanten ved nedbøjning.
4. Vandrette kræfter i dækskiven skal kunne overføres i begge retninger.
5. Dilatation mellem dækelementerne skal kunne optages.
6. Målafvigelser fra fabrikation og montage skal kunne optages.

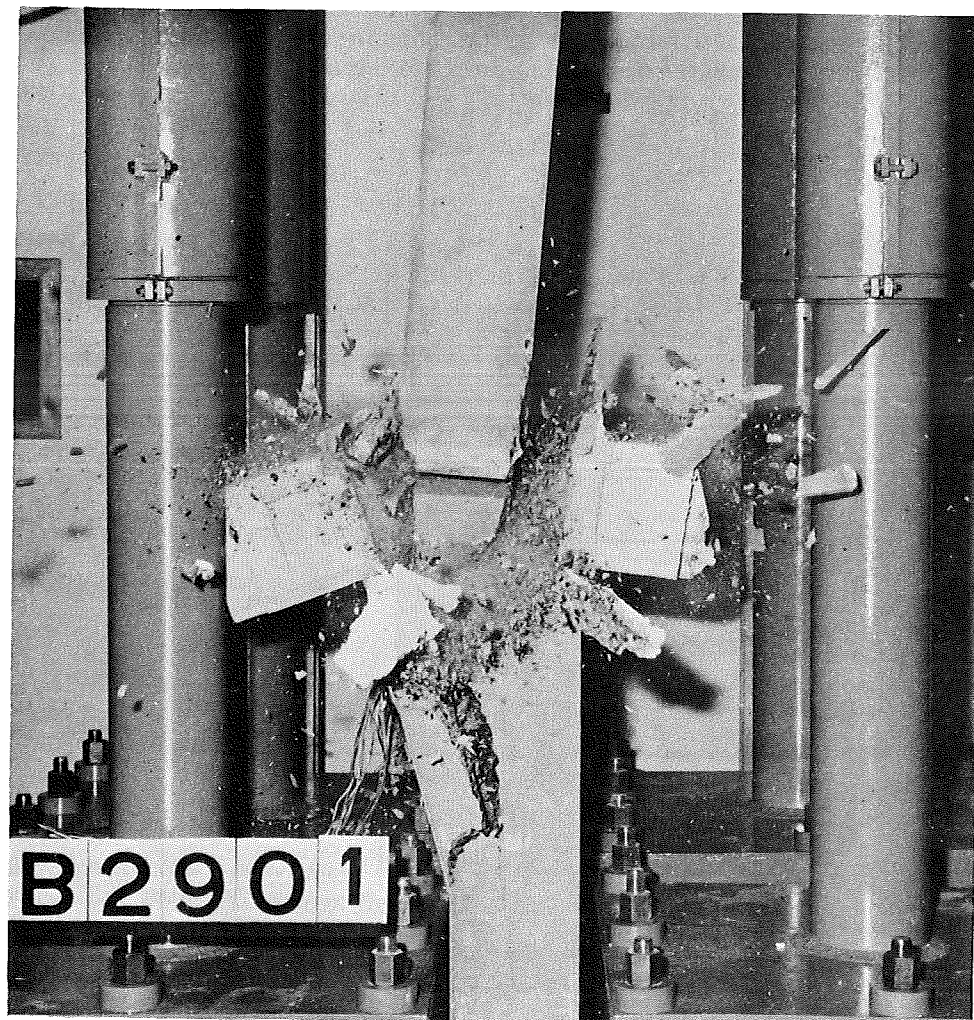
Figur 4.17 viser, hvorledes tværsnittet i etagekrydset er fordelt mellem knastvederlag og den udstøbningsbeton, der overfører belastningen fra den overliggende væg.

ad 1. Belastningen fra dækkene fordeles på de dæknaster, der har kontakt med vægelementets overside via knasfugen. Jernbetonnormernes krav til forankringslængde for dækarmeringen er ikke opfyldt, og der må derfor udføres forsøg med bæreevnen. Disse forsøg, som er omtalt i litt. 4.4 og 4.19, viser, at der er tilstrækkelig sikkerhed i det korrekt udførte dækvederlag, mens vederlag, hvor armeringen ikke er ført langt nok ind over væggen, har en meget ringe bæreevne. Fra praksis kendes eksempler på, at plader med for små knastvederlag

er faldet ned, hvilket understreger vigtigheden af at overholde nøjagtighedskravene til vederlagets størrelse og armeringens placering. Dækarmeringen skal føres helt frem til dæknasternes endeflade.

- ad 2. Kraftoverføringen fra den overliggende væg gennem etagekrydsets udstøbningsbeton foregår gennem et antal »beton-horste«, hvis grundareal er vist skraveret på figur 4.17. Bæreevne og brudmekanisme i denne samling er undersøgt på DIAB's laboratorium i København. Figur 4.26 viser en optagelse fra forsøgene, og der henvises herom til litt. 4.7.

Figur 4.26
Forsøg med etagekrydsets bæreevne.

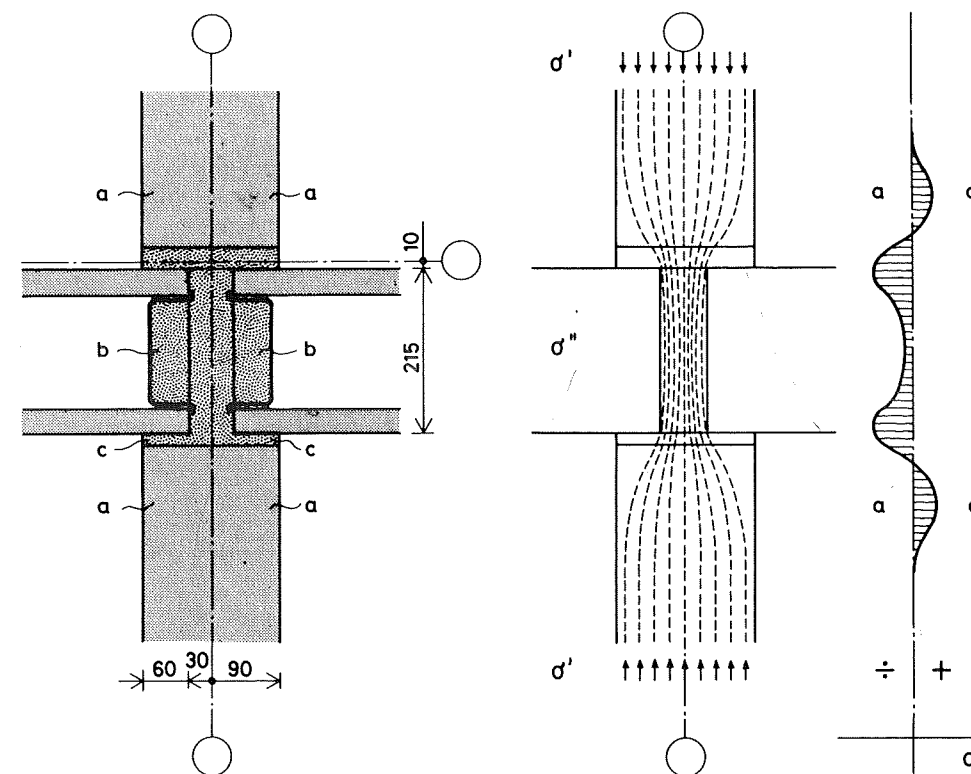


- ad 3. Da dækelementerne ikke er forsynet med oversidearmring, kan de ikke optage væsentlige negative momenter over understøtningerne. Forsøg på DIAB - se litt. 4.9 - viser, at dæknasterne takket være adhæsionen kan være kraftigt indspændt i udstøbningsbetonen, hvis denne er omhyggeligt bearbejdet, og derfor er forudsætningen om dækkenes simple understøtning på væggene tvivlsom. I de færdige bygninger, hvor der ofte vil være svindrevner mellem dækkene og udstøbningsbetonen, vil dækkenes indspænding være reduceret. I nogle projekter har man asfalteret dæknasterne for at modvirke indspændingen.
- ad 4. Dækskiven vil normalt indgå i bygningens afstivende system og skal derfor kunne overføre vandrette kræfter igennem etagekrydset. Der indlægges armering i dækfugerne, som vist på figur 4.11. Fortanding og knaster på dækkets side- og endeflader forøger fugernes evne til at overføre de vandrette kræfter.
- ad 5. Svind i dækskiverne fordeles jævnt, takket være den ovenfor nævnte fugearmering, og giver kun anledning til små dilatationsbevægelser i etagekrydset. Erfaringer fra praksis viser, at der kan udføres blokke over 100 m's længde uden at etablere egentlige dilatationsfuger.
- ad 6. Etagekrydsets evne til at optage målafvigelser er behandlet i afsnit 2.7.

Spørgsmålene om etagekrydsets bæreevne er særligt aktuelle for det høje byggeri. For blokbebyggelser i 3-4 etager er der normalt rigelig sikkerhed i konstruktionen. Etagekrydsets evne til at optage trækkræfter er behandlet senere i dette afsnit.

På det danske byggemarked findes også en anden type dækelementer, nemlig de forspændte, der bl.a. fremstilles i lange baner ved en ekstruderingsproces. Efter støbning og afhærdning skæres elementerne op i de ønskede længder, hvorved dækkenderne bliver retvinklede.

Dækelementer uden bæreknafter



Figur 4.27
Etagekryds med dækelementer uden knaster. Kraftlinieforløbet viser, at der bliver vandrette trækspændinger i væggene ved a-a.

Med 180 mm tykke vægelementer får etagekrydset den på figur 4.27 viste geometri, med dækvederlag på 60 mm. Antages det, at den lodrette væglast ikke kan overføres gennem dækkene p.g.a. mangelfuld kontakt mellem dæk og væg, fås det på figuren viste kraftlinieforløb, som medfører vandrette trækspændinger i væggen ved a-a. Ved store belastninger kan det blive nødvendigt at armere herfor. I boligbyggeri indtil ca. 8 etager kan det i reglen undgås. Samlingens bæreevne kan forøges væsentligt, hvis etagekrydset udstøbes effektivt ved b-b og understøbes effektivt ved c-c, således at kræfterne kan overføres gennem dækket. Etagekrydsets bæreevne er undersøgt ved forsøg bl.a. på DIAB, bkf-centralen og i udenlandske laboratorier; se fx litt.4.19 hvorfra figur 4.28 er hentet. Figuren viser etagekrydsets relative bæreevne som funktion af den relative fugebredde a og betonstyrkerne.

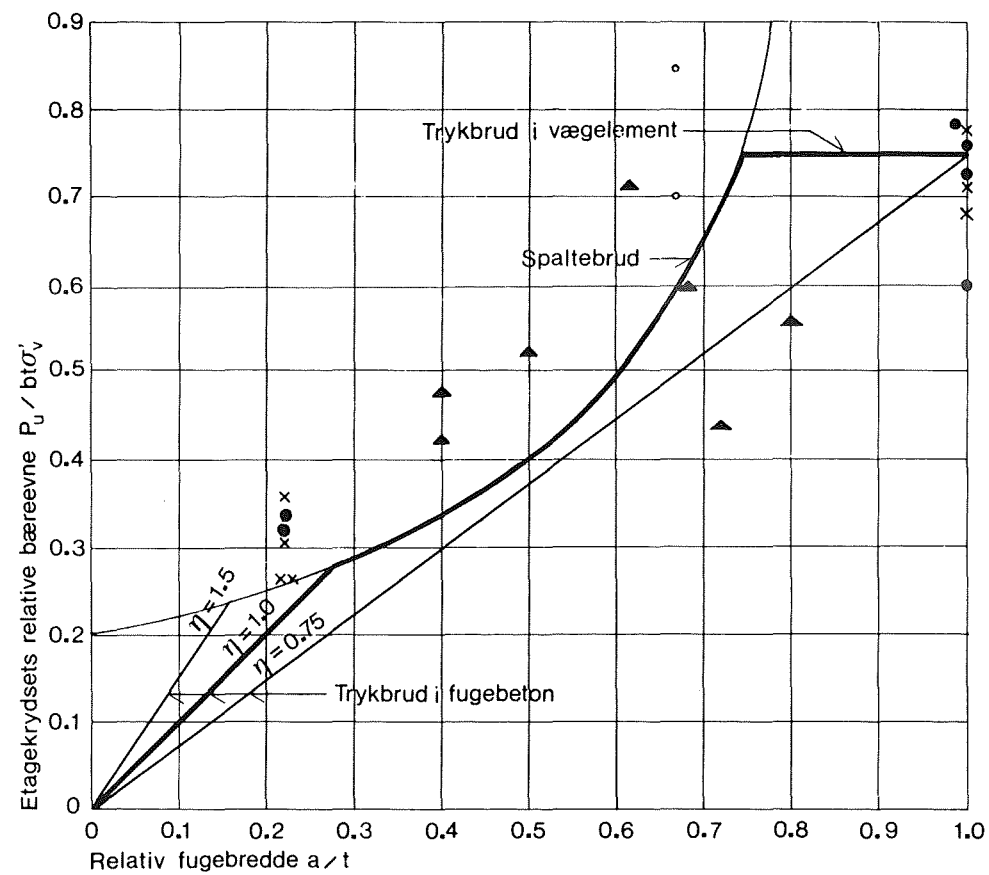
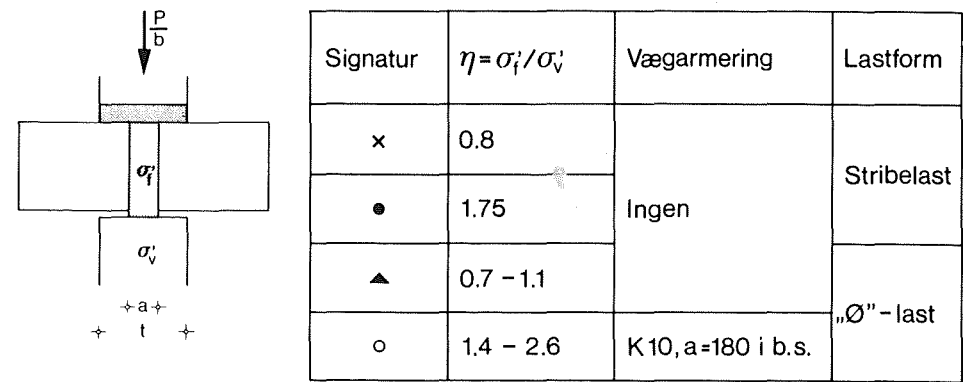
Hvor dækelementerne, der som nævnt har fået deres knastudformning fra betonelementbyggeriet, anvendes sammen med murede vægge, opstår der nye problemer, idet dækkets geometri ikke umiddelbart passer til de 230 mm tykke 1 stens vægge. 3/4 stens vægge med $t = 170$ mm (eventuelt 150 mm) passer i tykkelse til dækelementernes knaster, men disse vægge kan ikke anvendes som lejlighedsskel, da deres lydreduktionstal er for lave. Figur 4.29 viser etagekrydset med 1 stens vægge i to udgaver med forskellig beliggenhed af dækelementerne. Også her er der knasfuge mellem dæk og væg, idet den viste vederlagsfuge forudsættes udstøbt, afrettet nøjagtigt på ledere og afbundet, inden dækkene lægges op.

Løsningen, I₀ følger de normale placeringsregler - vægakseprincippet, mens løsningen H₀ viser en frarykning af dækelementerne, hvorved der opstår en såkaldt »neutral zone« på 60 mm mellem de viste modullinier. Målet 60 mm er valgt for at overholde murværkets egenmodul, 1/4 sten = 60 mm, og dækvederlaget bliver herved 75 mm.

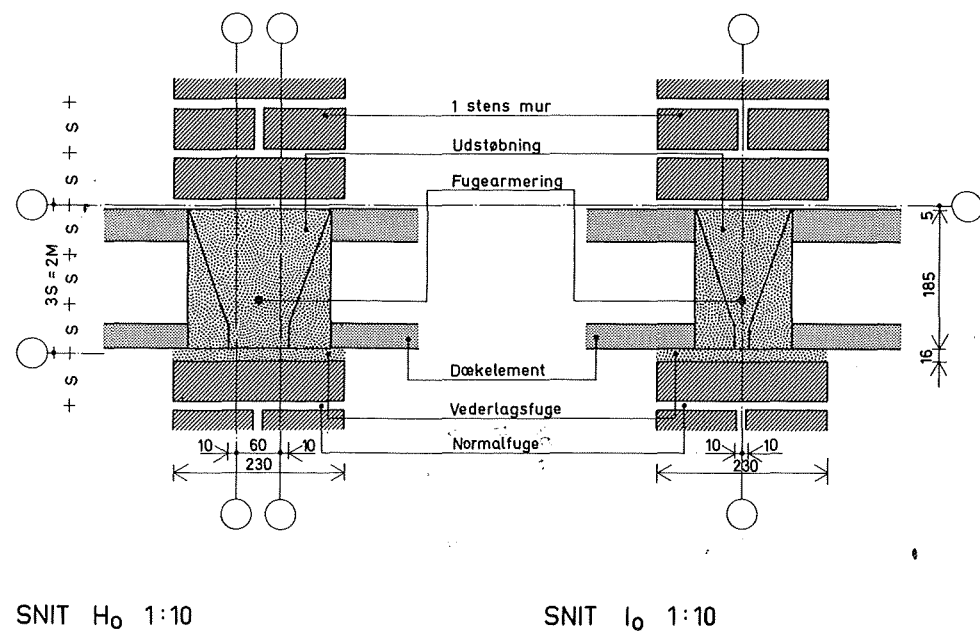
Det murede etagekryds

Neutral zone

Figur 4.28
Etagekrydsets bæreevne
efter litt. 4.19.
Kurverne viser den
teoretiske bæreevne, mens
punkterne afbilder
forsøgsresultater.



Figur 4.29
Muret etagekryds med og
uden neutral zone.



Ved frarykningen opnås, at udstøbningsbetonen mellem dækelementerne bliver 60 mm bredere, hvilket reducerer faren for spaltebrud i væggen, som må være mere udtalt i de murede vægge med lodrette fuger i hvertandet skifte. Desuden opnås, at dækelementerne ved frarykningen bliver mindre fast indspændte i etagekrydset, hvilket også skulle modvirke et spaltebrud i væggen.

Løsningen med den neutrale zone har af ovennævnte grunde været anvendt i en del projekter, bl.a. fra P.E. Malmstrøms tegnestue. Disse projekter er opført i 1960'erne, inden man havde udført forsøg med det murede etagekryds' bæreevne. Sådanne forsøg blev gennemført på DIAB's Laboratorium for Husbygning i 1967-68, og resultatet af forsøgene, som er omtalt i næste afsnit, viser, at det murede etagekryds' bæreevne kun i ringe grad er afhængigt af, om der er neutral zone i væggen eller ej. Der må dog tages visse forbehold over for denne konklusion.

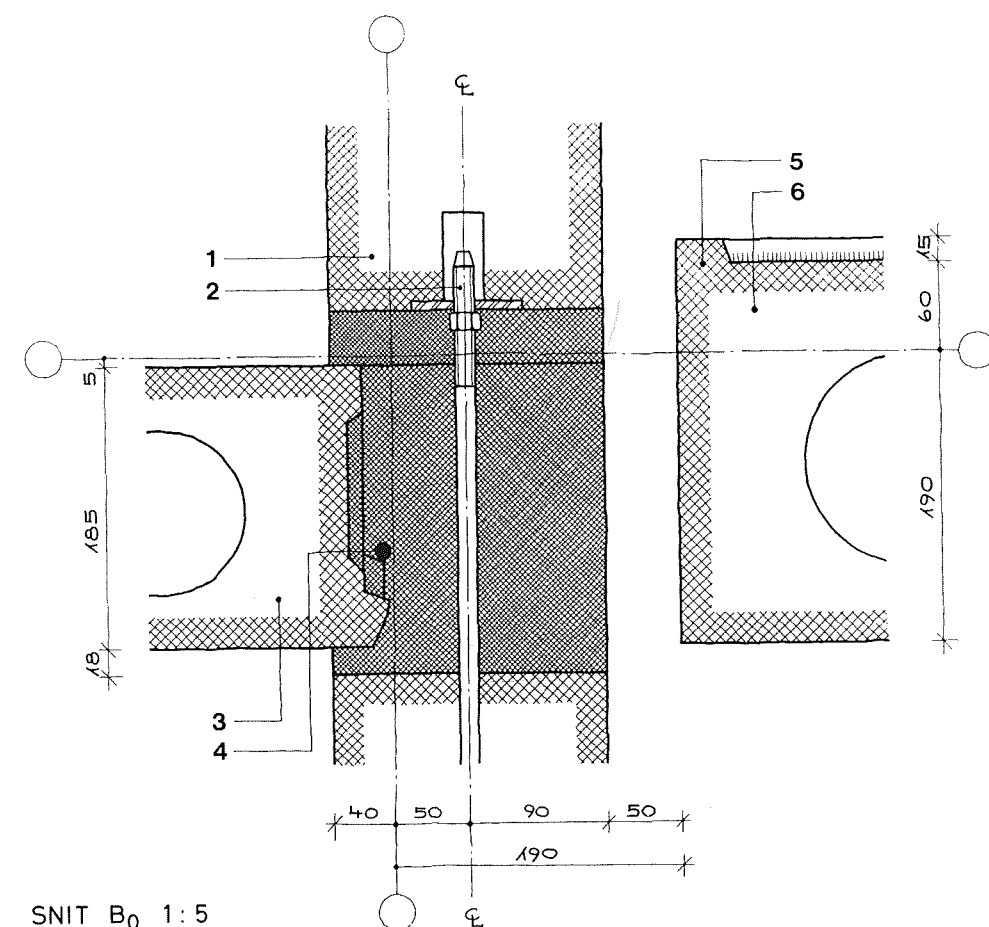
Etagekrydset mellem væg og dækkets ikke-bærende sidekant er vist i figur 4.30 med en 180 mm længdeafstivende væg af beton. Selvom dækket ikke regnes bærende langs den viste kant, vil samlingen normalt alligevel være kraftoverførende, nemlig for egenvægt og som led i den afstivende konstruktion. Derfor er dæk og modullinie placeret ved kanten af væggen, således at der bliver plads til en effektiv udstøbning i samlingen. Eventuelle dæk på den anden side af væggen må fremstilles med reduceret bredde og bliver derved specialdæk. Væggen kan også udføres med 150 mm's tykkelse.

Den neutrale zone giver bedre kraftoverføring

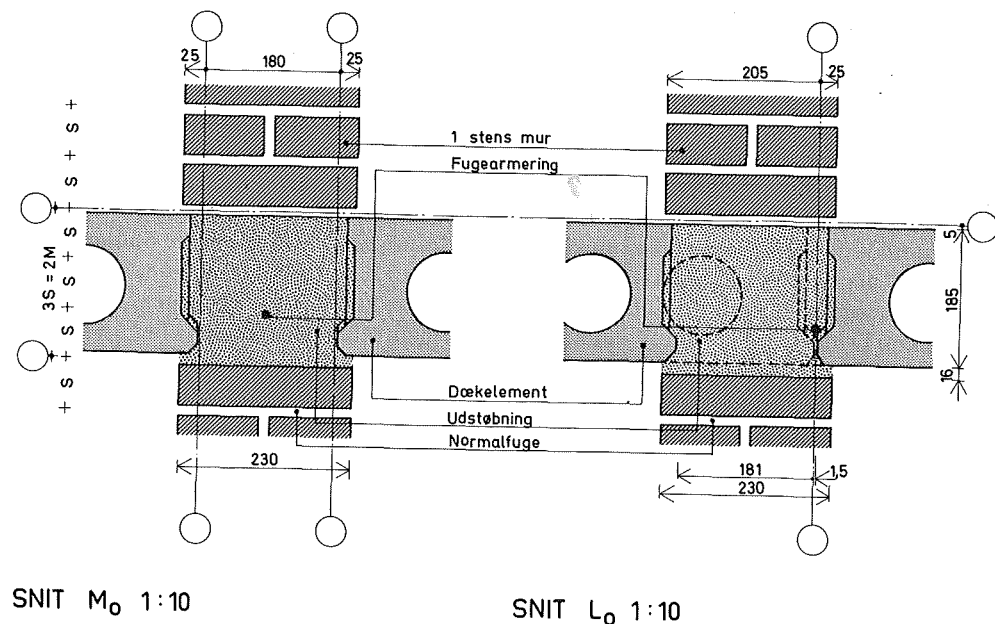
»Muret forsøgsbyggeri« i Albertslund og højhusene på Sjælør Boulevard i København er udført med NZ i de murede 1 stens vægge

Etagekryds med dæksidekanter

Figur 4.30
Etagekryds ved dæksidekant. Betonelementer.



Figur 4.31
Muret etagekryds ved dæksidekant, med og uden neutral zone.



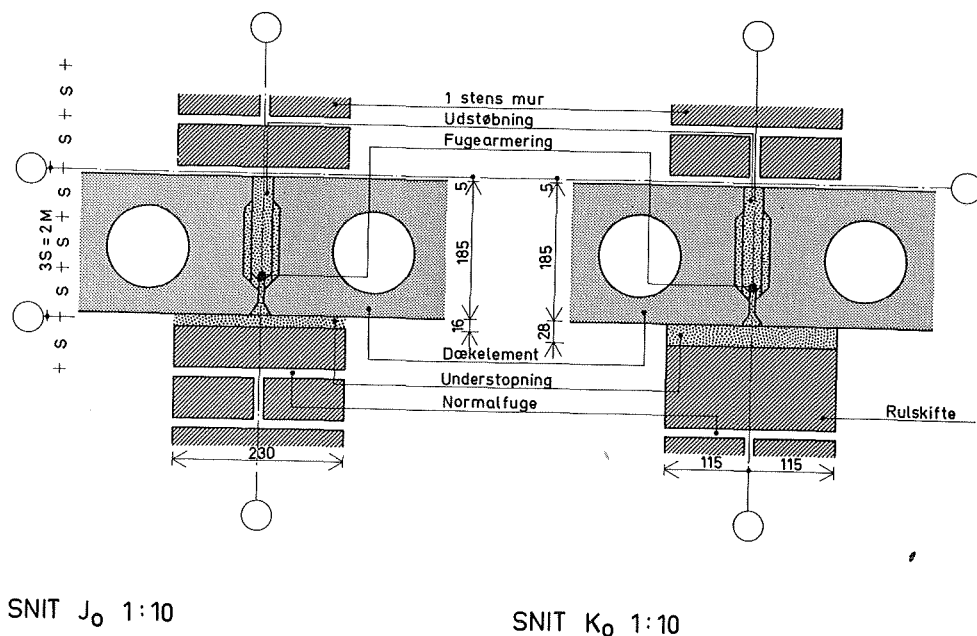
I det murede byggeri udføres dette etagekryds efter tilsvarende overvejelser, se figur 4.31, M_0 , der viser samlingen med modullinien placeret 25 mm inde i væggen og en 180 mm neutral zone.

Også denne løsning er begrundet med kravet om en sikker kraftoverføring i den afstivede væg. Vil man undgå at bryde modulnettet, som vist, kan man i nogle projekter klare det ved at skære af det ene dækelement, som så bliver et specialelement, se figur 4.31, snit L_0 . Anvender man vægakseprincippet i denne samling for at bevare det ubrudte modulnet, får man løsningen i figur 4.32, J_0 , som har den afgørende fejl, at man ikke i praksis kan garantere for den effektive understøpning af lejefugen, når dækelementerne er oplagt på de bærende vederlags knasfuger, se figur 4.29.

Fugen er for tynd, med et basismål på 16 mm, og understøpningen lader sig derfor vanskeligt udføre og kontrollere. Erstatte man de to øverste skifter med et rulskifte, se figur 4.32, K_0 , får man en fuge på 28 mm. Denne fuge kan understoppes effektivt, og hvis det sker, har etagekrydset sin fulde bæreevne, hvilket er godtgjort gennem DIAB's laboratorieforsøg, se afsnit 4.6. Som en sidste ulempe ved denne løsning resterer dog stadig den vanskelige kontrolmulighed med den færdige fuge. I betonelementbyggeriet, hvor man møder det samme problem i mange konstruktioner, har man udviklet en teknik til kontrol af understøpningsfugers tæthed - og dermed bæreevne - ved hjælp af gennemlysning med røntgenstråler.

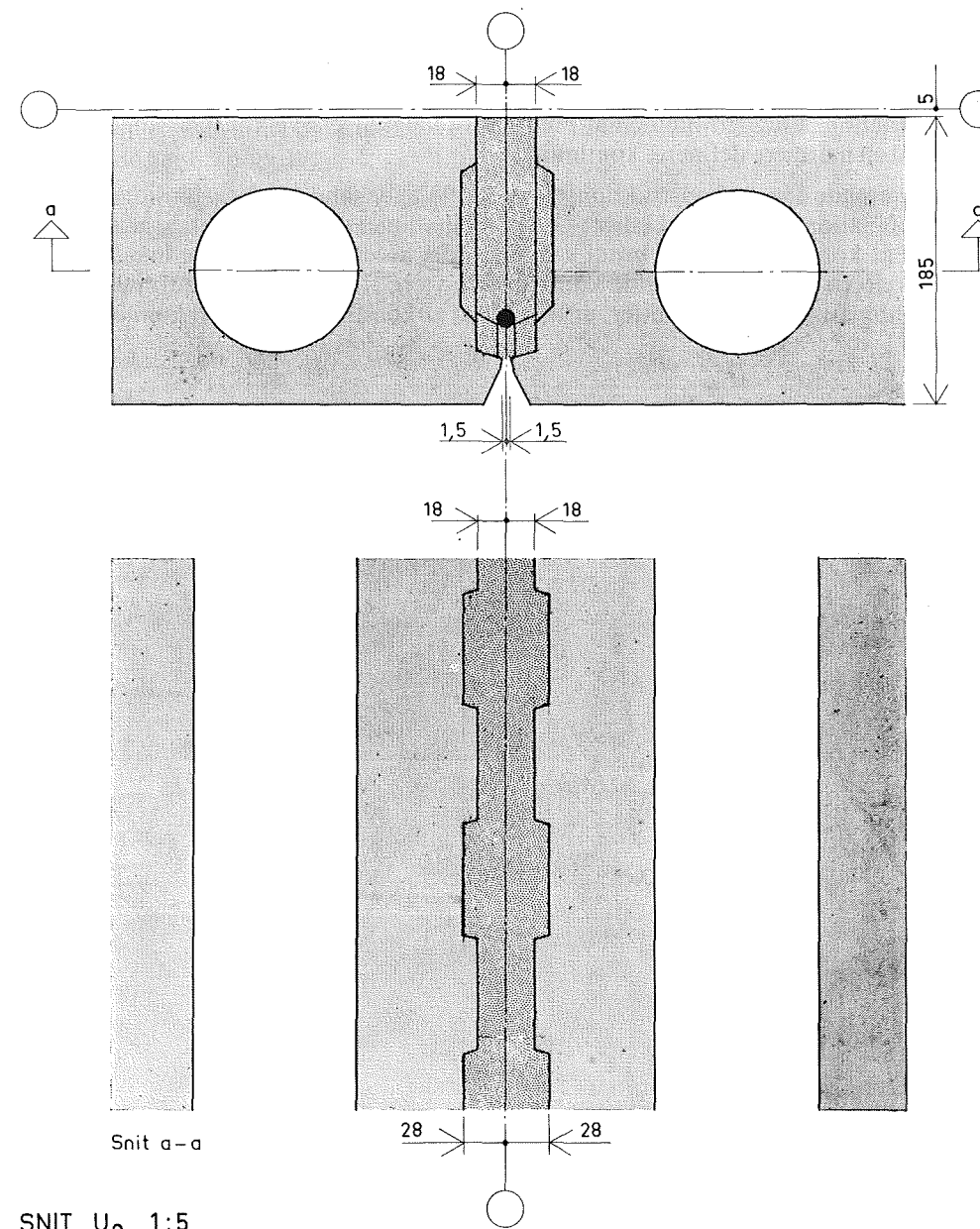
Kontrolmuligheder for lejefugen

Figur 4.32
Muret etagekryds med dæksidekant uden neutral zone. Risiko for udførelsesfejl!



Samlingen mellem dækelementer indbyrdes og den tilsvarende mellem vægelementer er udformet med selvforskallende fuger, se figur 4.33 og 4.34. For at etablere skivevirkning i dæk- og vægskiverne er elementernes kanter udformet med den viste profilering og fortanding, som i forbindelse med de jern, der indstøbes i dækfugerne, (figur 4.11) skal sikre overføring af forskydningskræfterne fra element til element. Derimod er de lodrette vægfuger normalt uarmerede. Forsøg med fortandede vægfuger er omtalt i afsnit 4.6.

Dæk- og vægsamlinger, skivevirkning



Figur 4.33
Selvforskallende dækfuge med fortanding og fugejern.

Jernene i dækfugerne, figur 4.33, nedlægges i bunden af fugen, hvor de hviler på de viste bæreknafter, se også figur 4.18 snit A-A og detalje I, således at jernene løftes lidt op over fugens bund, hvorved en omstøbning kan opnås. Erfaringer fra praksis viser, at det er vanskeligt at sikre sig, at denne omstøbning bliver effektiv. Den selvforskallende fuge er kun selvforskallende, når fugemørtlen ikke er for tynd; og omvendt kan en usmidig fugemørtel ikke omstøbe armeringen effektivt. I nogle tilfælde har man løst problemet med en fugeudstøbning i to etaper: en relativt tør mørtel i bunden af fugen, derefter fugejern og til sidst en mere tyndtflydende fugemørtel. Betonelementforeningen har udsendt en anvisning herom, se litt. 4.15.

Omstøbning af fugejern

De foran omtalte elementsamlinger er alle tryk- og forskydningsamlinger, og få af dem er i stand til at optage trækspændinger, som er vanskelige at overføre i montagebyggeriet, fordi fugeløsningerne sjældent giver fornøden plads til forankring af træk-

Tryk- og træksamlinger i montagebyggeriet

jern. Til at etablere de nødvendige trækforbindelser er der udviklet løsninger, med anvendelse af fx bolte, stødjern i udsparingskanaler udført med ductubes, muffers, inserts etc. I slutningen af dette afsnit er vist nogle udvalgte eksempler på sådanne samlinger.

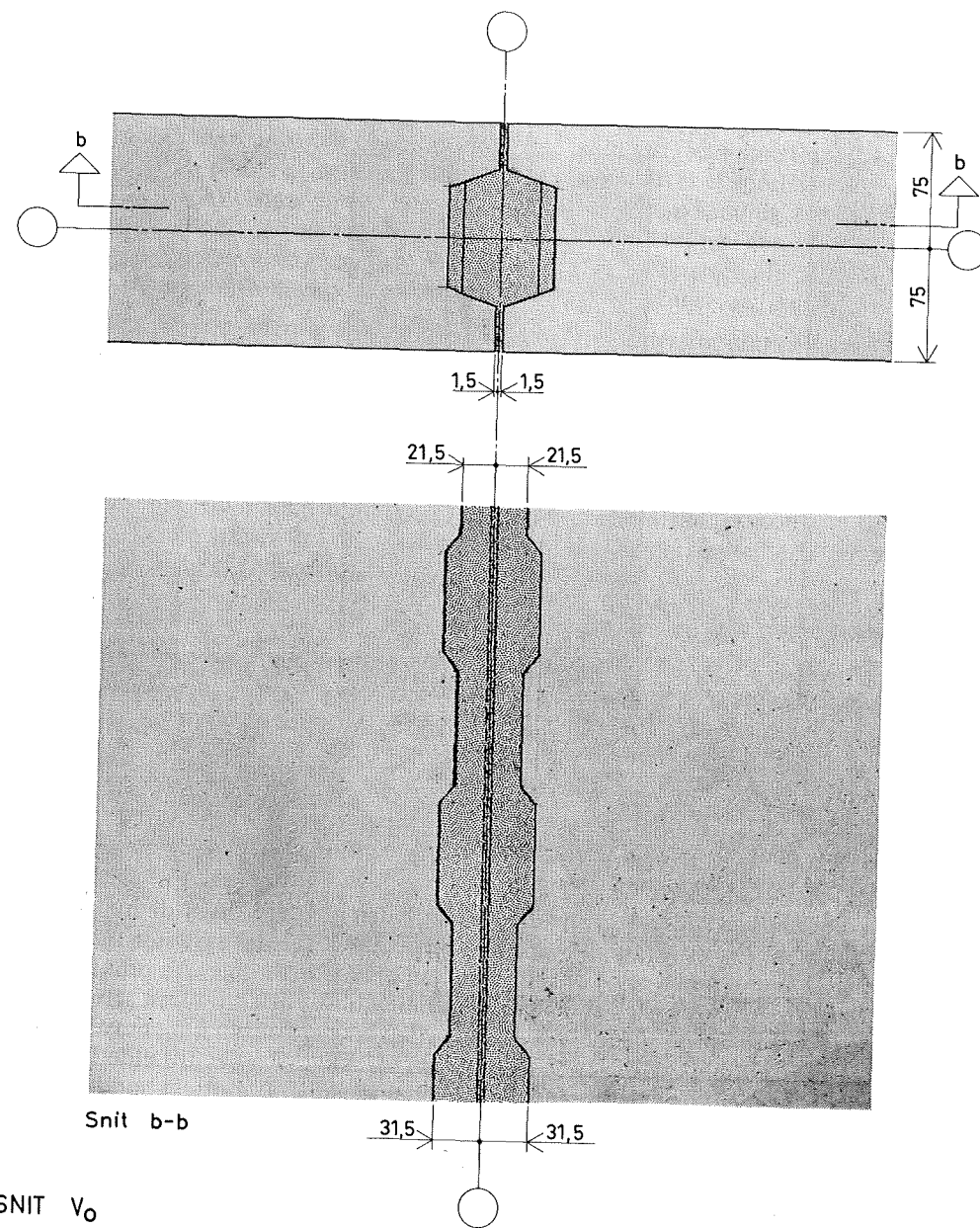
Som fremhævet i begyndelsen af dette kapitel betyder montagebyggeriets elementopdelte statiske systemer, at der må stilles særlige krav til disse konstruktioners stabilitet. Krav som er blevet forstærket betydeligt efter Ronan Point katastrofen. Formuleringen af kravene har ved de analyser, der er foretaget i de forskellige lande, vist, at det er vanskeligt at fastlægge talværdier for de påvirkninger, statiske og dynamiske, som bygningerne skal dimensioneres for. Vore bygninger skal nok være stabile og sikre, også overfor ekstraordinære påvirkninger; men det er urealistisk at tro, at man kan bygge dem til at modstå en vilkårligt stærk, ekstraordinær påvirkning i en katastrofesituation. I nogle tilfælde har man derfor valgt at kræve konstruktionerne udført med en nærmere defineret kontinuitet.

I de nuværende danske konstruktionsnormer (1982-) behandles gasekspllosioner under lastkombinationerne 3, ulykkeslast. Lastkombinationen 3.1 forudsætter, at en (mindre) del af konstruktionen er brudt sammen - der accepteres således et lokalt brud - men herefter skal den resterende konstruktion være stabil under de normale laster. Lastkombination 3.2 forudsætter, at enhver del af konstruktionen skal kunne modstå

Foranstaltninger mod progressiv kollaps

Ulykkeslast efter DS 409 og 410

Figur 4.34 Selvforskallende vægfuge med fortanding.



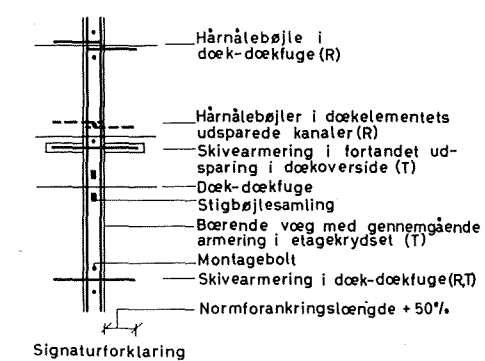
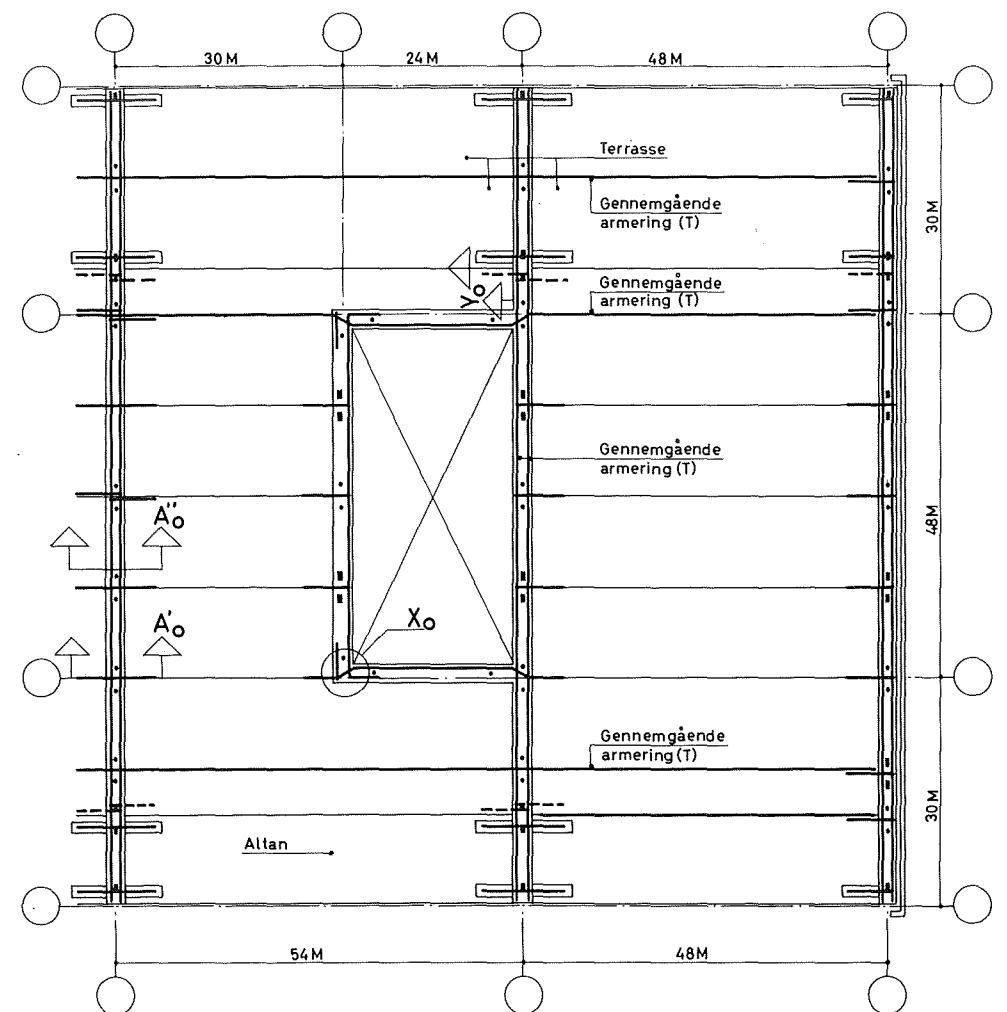
SNIT V₀
VÆG - VÆG FUGE 1:5

en (begrænset) ulykkeslast; men størrelsen af denne er for gasekspllosioner kun anført i vejledningen til normen, og de givne værdier gælder kun under særlige forudsætninger. Der henvises til DS 409 og 410.

I betonnormen, DS 411, er der ligeledes som vejledningsstof anført en række konkrete oplysninger om trækoptagende kontinuitetsarmering imellem de forskellige bygningsdele. Denne armering skal sikre konstruktionens sammenhæng og evne til at omleje kræfter i lastkombinationen 3.1. Armeringen skal med andre ord forhindre, at et (accepteret) lokalbrud udvikler sig til en progressiv kollaps. Se DS 411.

Ovenstående krav fører til, at man må udføre montagebyggeriet med en betydelig større armeringskontinuitet end hidtil, og i det følgende skal det vises, hvorledes dette kan ske ved ændringer og tilføjelser til det i Danmark udviklede skive-plade-system af præfabrikerede betonelementer. De viste principper og løsninger vil have en vis almen gyldighed, således at de også kan anvendes ved andre konstruktioner og byggesystemer end de her omtalte.

Figur 4.35 viser et udsnit af en etageplan i et højhus med simpelt understøttede, hule dækplader og bærende tværvægge af standard vægelementer. På planen ses en trap-



MÅL 1:100 (vægtykkelser ikke i mål)
ARMERING I SKIVESYSTEM

Signaturforklaring

Vejledning om fugearmering mv i DS 411

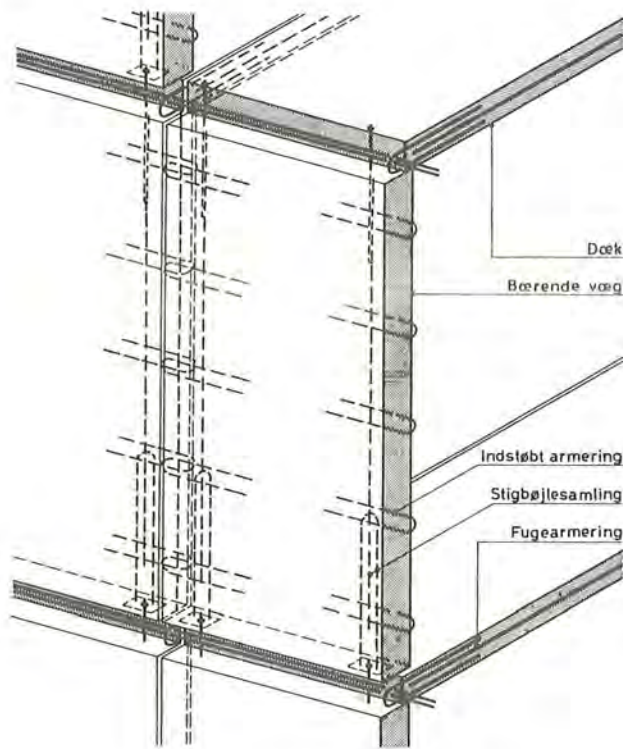
Kontinuitet i den bærende konstruktion

Plan af højhus

Figur 4.35 Dækplan af højhus med fugearmering.

peskakt midt i figuren og en bærende sandwich gavl til højre. Planen viser ligeledes bygningens altaner og terrasser, mens de lette ikke bærende facader og indvendige skillevægge er udeladt.

I samtlige fuger mellem de bærende komponenter er indlagt armering til sikring af konstruktionens kontinuitet. Herved er opnået en sammenlåsning både af dæk-dæk-samlinger, af væg-væg-samlinger og af dæk-væg-samlinger, som alle bliver i stand til at optage betydelige trækkkræfter. Detailudformning af de anvendte samlinger fremgår af de følgende figurer, se snit X₀, Y₀, A'₀ og A''₀. Det vil ses, at der foruden løsninger med armeringsjern placeret i fugerne er løsninger, hvor armeringen er indstøbt som udragende bøjler eller lignende i selve elementerne. Disse løsninger komplicerer naturligvis elementproduktionen, men kan i visse tilfælde være nødvendige.



Dæk og vægge vist skematisk
SAMMENLÅSNING AF SKIVESYSTEM

Figur 4.36 viser i isometrisk afbildning en sammenbygning af dæk- og vægskiver omkring et etagekryds, hvor de ovenfor omtalte sammenlåsninger er anvendt. Det fremgår af figuren, at der kan overføres betydelige trækkkræfter i etagekrydsene mellem to tilstødende dækelementer og ligeledes mellem vægelementerne. Herved er den ønskede kontinuitet i konstruktionen opnået. Hvis fx en bærende væg svigter som følge af en ekstraordinær påvirkning vil den overliggende etages dæk og vægge blive hængende i de omgivende konstruktioner, og en progressiv kollaps vil være undgået.

Figur 4.37 snit A'₀ viser det traditionelle etagekryds (sammenlign fx figur 4.25) udført med en forstærkning af låsebøjler indlagt i dæk-dæk-fugerne. Med den viste armering kan betydelige trækkkræfter overføres mellem dækelementerne. Figuren viser tillige, hvordan trækkkræfter kan overføres lodret fra væg til væg gennem montagebolt og fladjernsbeslag. Samlingen er også vist i figur 4.36 og 4.40, hvor det ses, hvorledes jernene er forankrede i vægelementerne.

Figur 4.38 viser en anden variation af etagekrydset, udformet af Larsen & Nielsen. Her er de traditionelle bæreknafter af beton erstattet med stålknaster, som er solidt forankret i dækelementerne. Stålknasterne boltes sammen, hvorved dæk-dæk-samlingen bliver i stand til at optage trækkkræfter. Bemærk tillige, at etagekrydset kan udstøbes i en operation uden understøpningsmørtel. Dette giver en bedre arbejdsgang på pladsen og en mere lydtæt samling. Den viste armering i vægelementerne forhindrer en kløvning af elementerne ved den indsnævring af de lodrette kræfter, der finder sted ved horstene i etagekrydset.

Låsejern i fuger

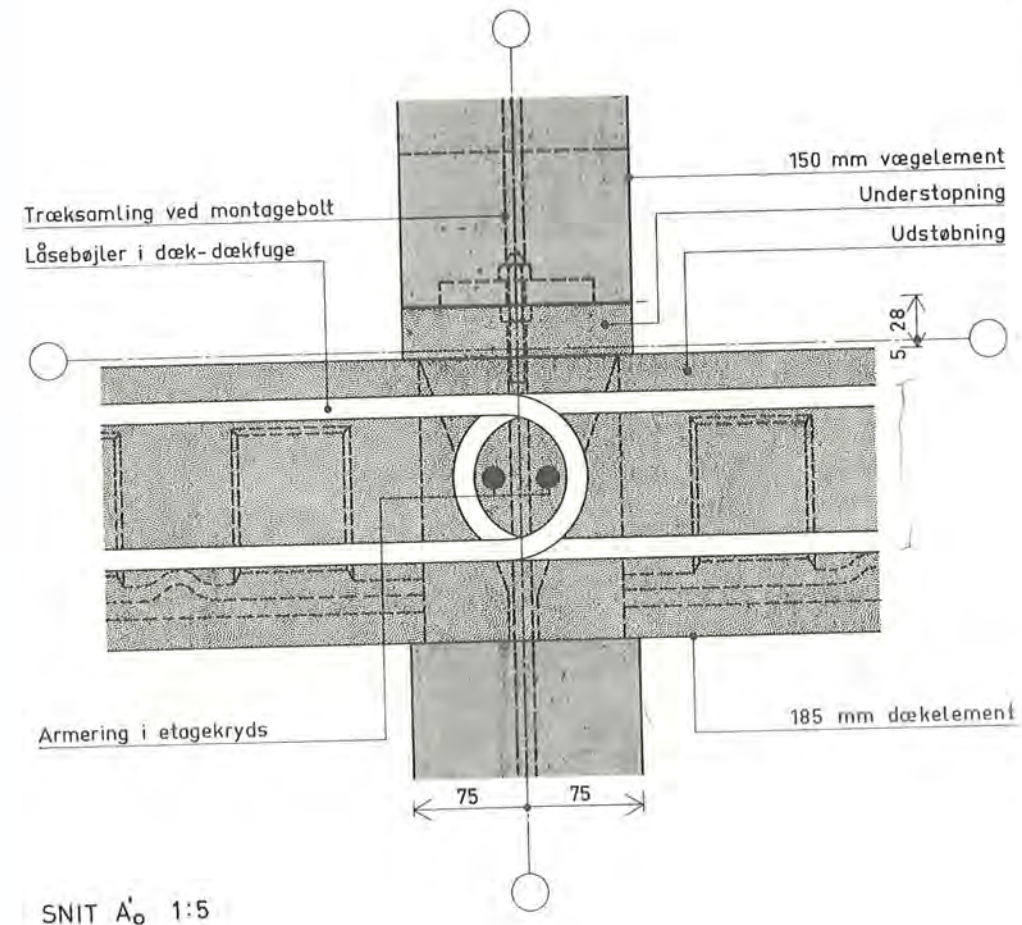
Figur 4.36
Isometri af træoptagende armeringer i skivekonstruktion.

Trækoftagende samlinger

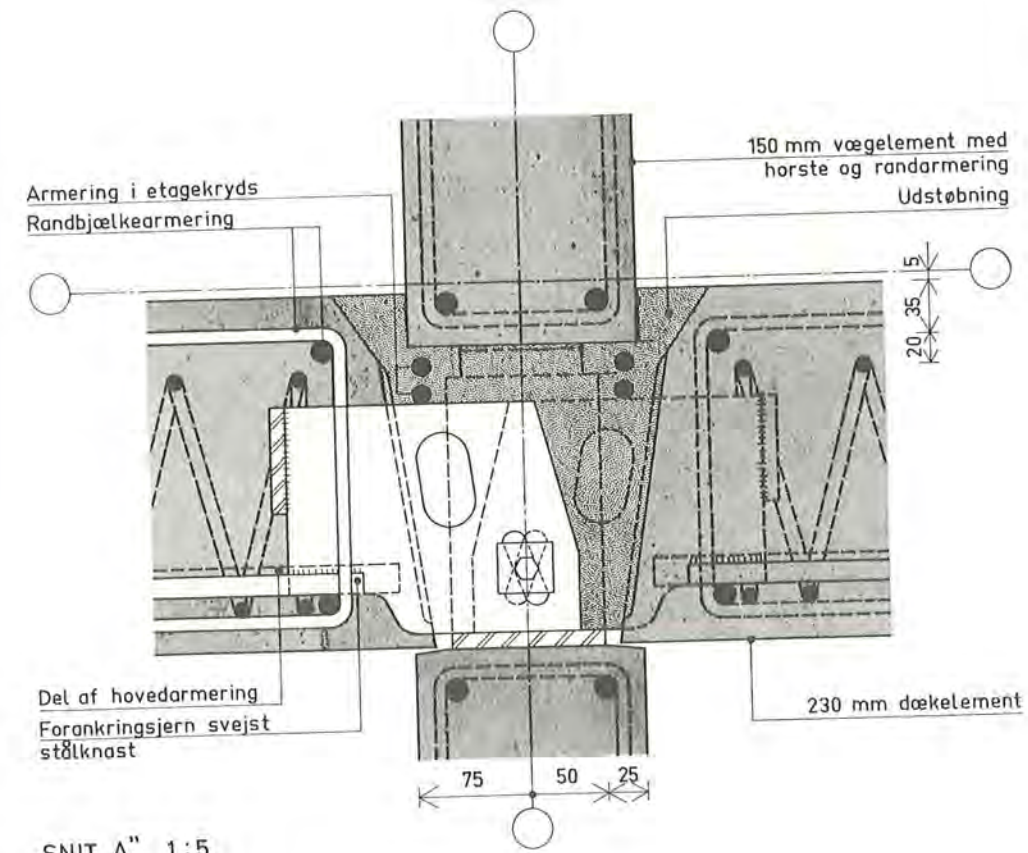
Etagekryds med låsebøjler

LN's etagekryds

Figur 4.37
Etagekryds med lodret og vandret trækarmering.



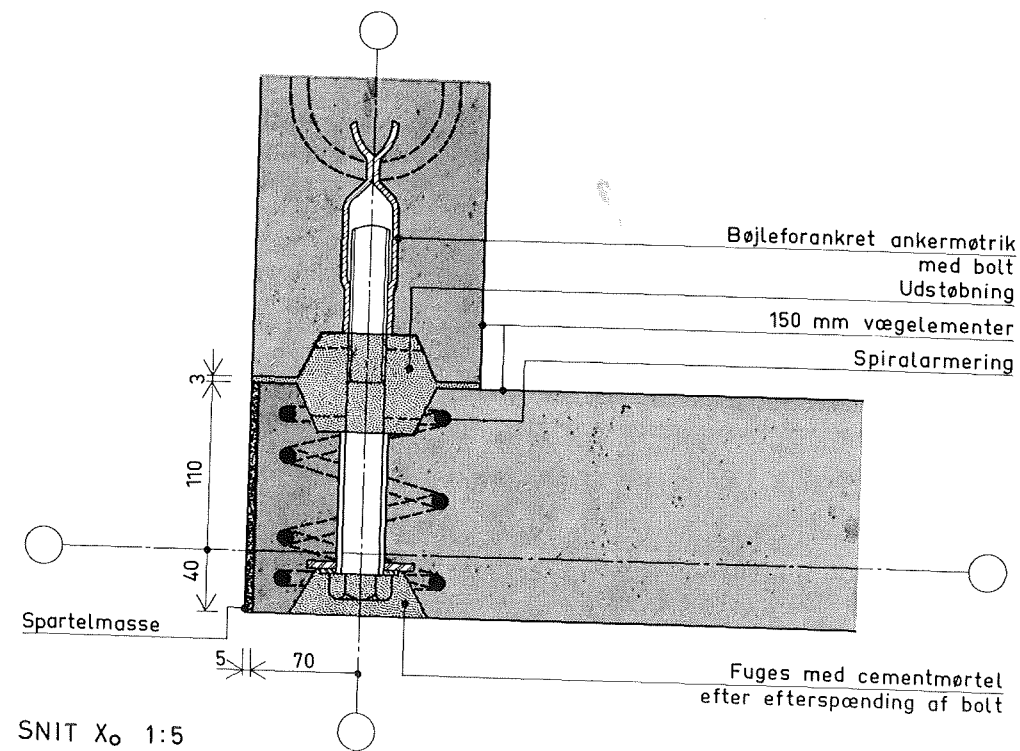
SNIT A'₀ 1:5



SNIT A''₀ 1:5

Figur 4.38
LN's trækarmerede etagekryds.

Figur 4.39
Træk- og forskydnings-
samling mellem vægele-
menter.



Samling til optagelse af
forskydningskræfter

Figur 4.39 snit X₀ viser et vandret snit i samlingen mellem to vægelementer, der indgår i det afstivende system. Samlingen kan optage store forskydningskræfter mellem elementerne, hvorved hele profilet af trappevægge, se figur 4.35, kan regnes aktivt til stabilisering af bygningen for vandrette kræfter. Spiralarmeringen ved boltens spændplade svarer til den konstruktion, der anvendes til forspændt beton efter Freyssinet systemet. Det bemærkes, at begge elementerne i samlingen må udføres med en passende vægarmoring.

Figur 4.40 viser i lodret og vandrett snit vægsamlinger omkring etagekryds, hvor der skal overføres betydelige lodrette trækkræfter mellem væggene i de to etager.

Træksamlinger i vægge

De viste samlinger er af typerne bolt og møtrik, snit A-A, overlappingsstød, snit B-B og svejsestød, snit C-C. Valget mellem dem må afhænge af, hvorledes man kan indpasse disse arbejdsoperationer i montagen på byggepladsen. Løsningerne A-A og C-C stiller de største krav til nøjagtigheden af elementer og montage. På danske byggepladser har svejsninger relativt sjældent været anvendt, men i de senere år er denne løsning blevet mere udbredt, især i det høje byggeri.

Samlingernes produk-
tionsegenskaber

Med de viste løsninger, der sikrer montagebyggeriets samlinger en betydelig kontinuitet og styrke, kan en passende modstand mod progressiv kollaps etableres i disse byggesystemer, og udviklingen er fortsat, således at man nu også er i stand til at dimensionere konstruktioner, der kan tilfredsstille krav til jordskælvsikrede bygninger.

Jordskælvsikre
konstruktioner

4.6 Laboratorieforsøg

Under den meget hurtige udvikling af montagebyggeriet i 1950'erne og 1960'erne var der sjældent tid til systematiske, videnskabelige forsøg med de forskellige systemers konstruktioner. Mindre afprøvninger af de nye samlinger og elementer fandt dog sted, oftest i forbindelse med de aktuelle projekter. Denne situation var naturligvis uholdbar i det lange løb, og i midten af 1960'erne blev forskningen af montagebyggeriets statiske problemer organiseret.

I 1967 nedsattes byggeteknisk konstruktionsforsknings-udvalg, som senere blev til bkf-centralen, der i 1982 omdannedes til Beton- og Konstruktions Institutet (BKI) under Akademiet for de tekniske videnskaber (ATV). BKI har til huse på DIAB, og betydelige dele af den forskning, der er udført i bkf regi er foregået i DIAB's laboratorium, ofte i samarbejde med SBI og med byggebranchens parter og organisationer. I det følgende omtales nogle udvalgte forsøg, mens der må henvises til litteraturen for et mere omfattende billede af udviklingen.

bkf og BKI

Bæreevnen af etagekrydset udført af betonelementer er omtalt i afsnit 4.5, mens etagekrydset udført med 1 stens murede vægge og dækelementer er undersøgt i en række forsøg udført af Laboratoriet for Husbygning, DIAB, i slutningen af 1960'erne. Se figur 4.41-46.

Etagekrydsets bæreevne

Forsøgene havde bl.a. til formål at belyse den tidligere omtalte neutrale zones indflydelse på bæreevnen.

DIAB's første forsøgsrække, kaldet HB/L-1, omfatter fire emner med bærende vederlag, heraf to med og to uden neutral zone. Emnerne belastedes alene med centralt tryk, se figur 4.41, og resultatet af forsøgene blev, at de fire emner var lige stærke med en meget lille spredning på målingerne; dvs at etagekrydsets bæreevne var uafhængigt af den neutrale zones tilstedeværelse. Brudformen var for alle fire mure en kløvning på langs som følge af tværtrækspændinger i stenene, se figur 4.44. Forsøgene er omtalt i litt. 4.9. Figur 4.43 viser et foto af et prøveemne opstillet i laboratoriets standardramme, hvor emnet belastes med hydrauliske donkrafte.

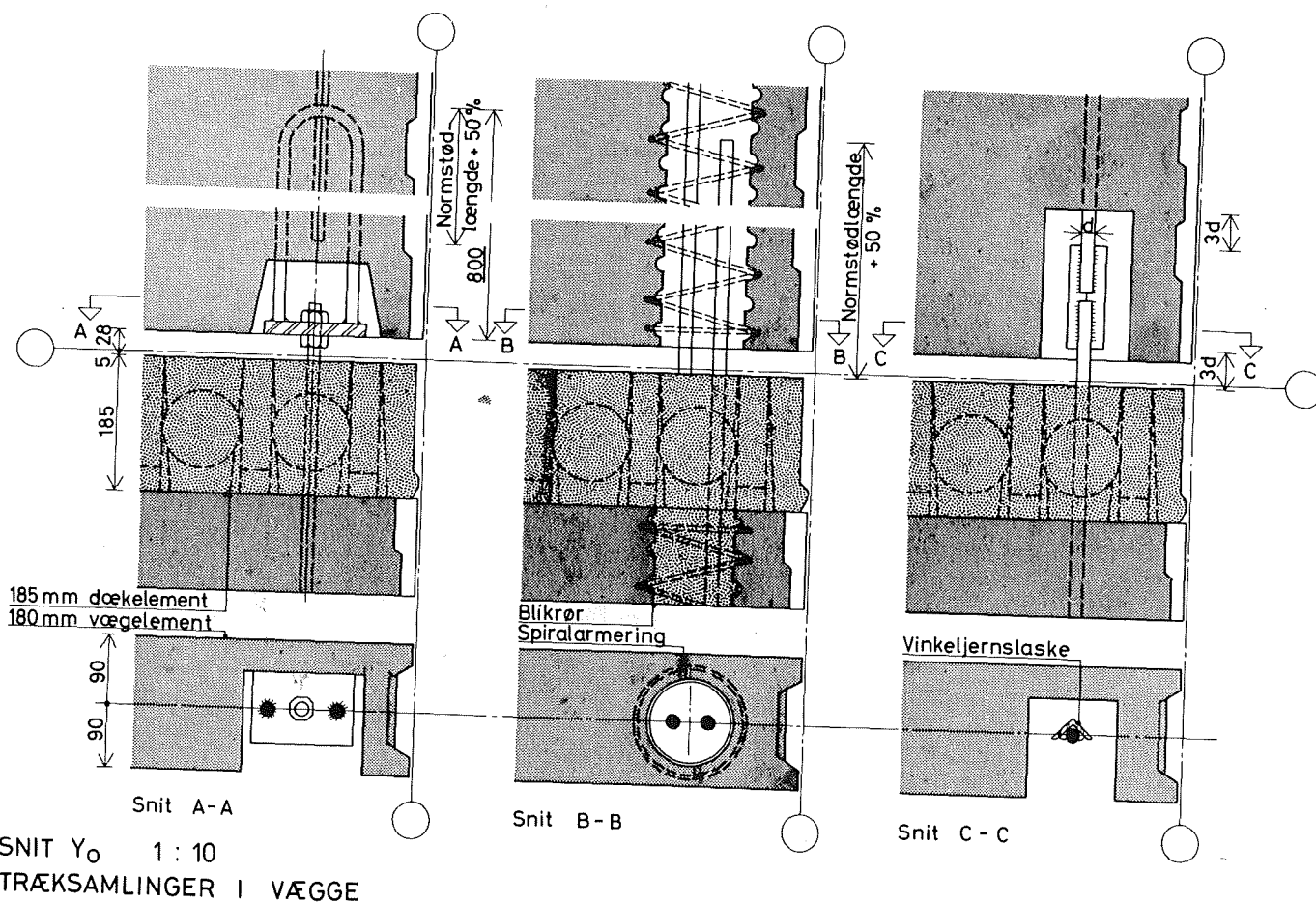
Forsøgsresultater fra
HB/L-1, med ren normal-
kraft

I HB/L-1 var den neutrale zone, eller knastafstanden den eneste uafhængige parameter, men etagekrydsets bæreevne antages også at afhænge af belastningerne på dækelementerne, og derfor udvidedes forsøgsprogrammet med denne parameter i forsøgsrækken, HB/L-2, sammenlign figur 4.41, belastningen P.

HB/L-2, med normal-
kraft og moment

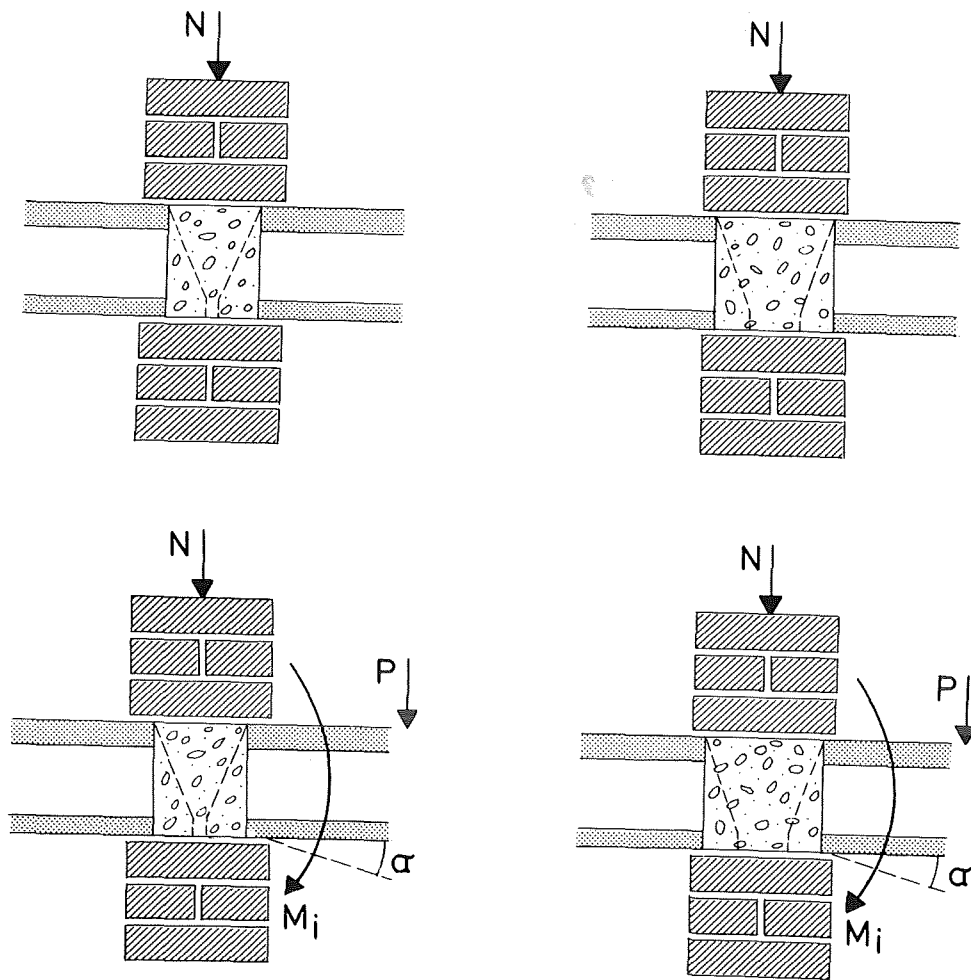
Fremgangsmåden ved disse forsøg var følgende:

1. Belastningen N sættes på, indtil en murspænding på 1 MPa er nået.
2. Belastningen P øges trinvis til P_{br} = brudlasten, hvor dækelementerne knækker ud af indspændingstværsnittet ved et bøjningstrækbrud i knasterne, se figur 4.42.
3. Belastningen N øges trinvis til brud i muren, N_{br} .



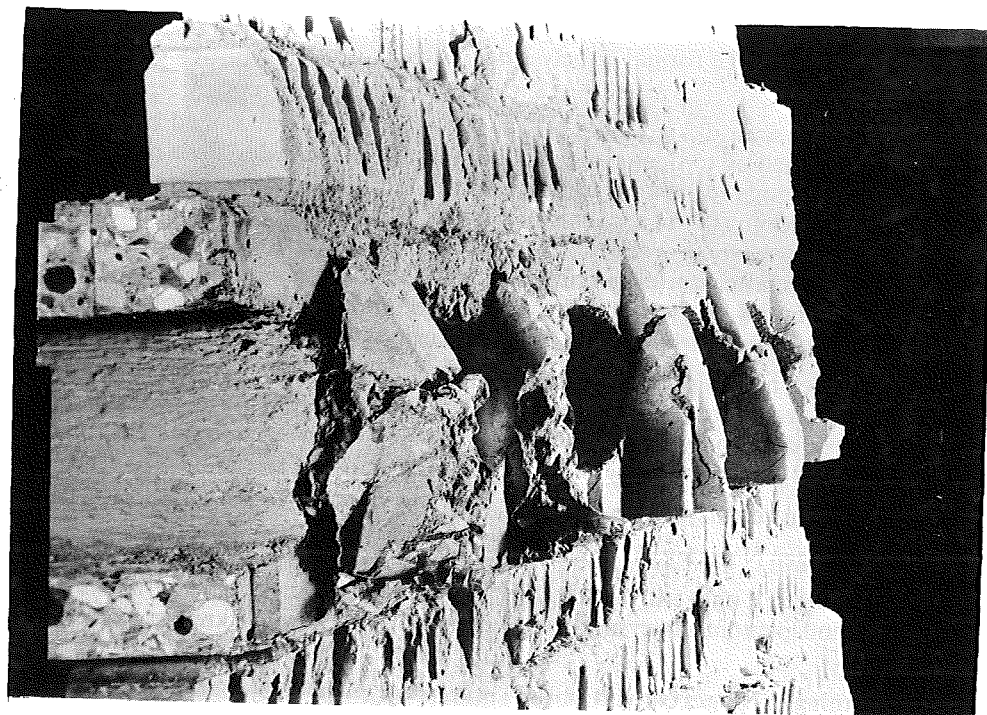
Figur 4.40
Træksamlinger mellem vægelementer.

Figur 4.41
Oversigt over DIAB's forsøgsprogram for det murede etagekryds.



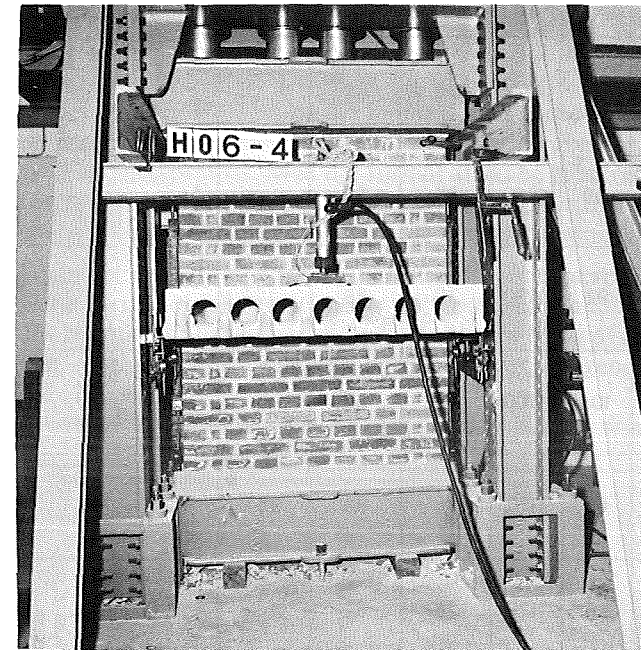
HB/L - 1 og 2, belastninger

Figur 4.42
Knastbruddet i HB/L-2 er et bøjningstrækbrud i den uarmerede knastoverside. Dækelementerne er fast indspændte i etagekrydset på grund af udstøbningsbetonen.



Resultatet af disse forsøg var det overraskende, at selv efter at muren var blevet delvis beskadiget under ovennævnte operation 2, opnåedes samme bæreevne N_{br} i operation 3 som i første forsøgsrække. Etagekrydsets bæreevne viste sig påny uafhængig af den neutrale zone. Brudformen for væggen var påny en kløvning af denne som følge af tværtrækspændinger i stenene. Figur 4.44 viser et forsøgsemne i brudøjeblikket, og der henvises til litt. 4.9 for en nærmere omtale af forsøget.

Dækbelastningens indflydelse



Figur 4.43
Forsøgsoptillingen.



Figur 4.44
Forsøgsemne nr HB/L-2.6 i brudøjeblikket.

HB/L-2 forsøgsrækken indeholdt foruden etagekrydsene to emner med rene 1 stens mure, der havde samme brudlast som etagekrydsene, hvad der yderligere bekræfter, at den neutrale zone er uden indflydelse på konstruktionens bæreevne.

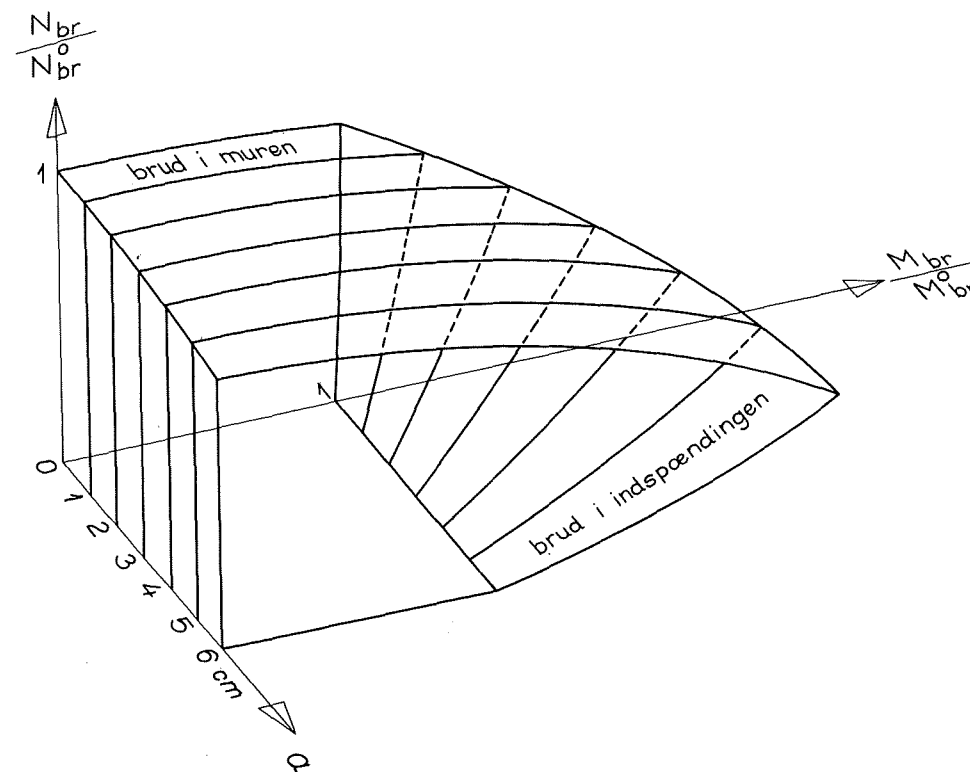
Figur 4.45
Skema over forsøgsresultater.
NZ er bredden af den neutrale zone, N_{br} er brudlasten på muren i kN og $\delta_{m,br}$ er den tilsvarende spænding i MPa. De øvrige betegnelser fremgår af figurerne. De teoretiske værdier af murens bæreevne er baseret på resultaterne fra materialprøvnin-gen. For etagekrydsene med bærende dækveder-lag er det forudsat, at hele belastningen går gen-nem udstøbningsbetonen. Murene i forsøg nr 1 hav-de længden 5 sten = 119 cm, medens murene i for-søgene nr 2 & 3 havde længden 3 sten = 71 cm. Se iøvrigt litt. 4.9.

| DIAB ^{IS} mur-værksforsøg | Emne nr | NZ cm | a cm | Alder dogn | N_{br} kN | $\delta_{m,br}$ MPa | | $M_{i,br}$ kNm/m | Bemærkninger, se også tekst |
|------------------------------------|---------|-------|------|------------|-------------|---------------------|--------|------------------|-----------------------------|
| | | | | | | teori | forsøg | | |
| | 1.1 | 0 | 5 | 77 | 1640 | 2,8 | 6,8 | | |
| | 1.2 | 0 | 5 | 99 | 1860 | 2,8 | 6,8 | | |
| | 1.3 | 6 | 2 | 92 | 1730 | 3,9 | 6,3 | | |
| | 1.4 | 6 | 2 | 104 | 1700 | 3,9 | 6,2 | | |
| | 2.1 | 0 | 5 | 60 | 1120 | 2,8 | 6,9 | 9,51 | |
| | 2.2 | 0 | 5 | 66 | 1120 | 2,8 | 6,9 | 11,48 | |
| | 2.3 | 6 | 2 | 24 | 960 | 3,9 | 5,9 | 5,91 | Dækkelementer uden armering |
| | 2.4 | 6 | 2 | 27 | 1120 | 3,9 | 6,9 | 4,80 | Dækkelementer uden armering |
| | 2.5 | - | - | 56 | 1040 | 5,8 | 6,4 | | |
| | 2.6 | - | - | 57 | 1210 | 5,8 | 7,4 | | |
| | 2.7 | 6 | 2 | 56 | 1070 | 3,9 | 6,6 | 7,43 | |
| | 2.8 | 6 | 2 | 57 | 1120 | 3,9 | 6,9 | 6,17 | |
| | 3.1 | 0 | - | 58 | 1290 | 5,8 | 7,9 | | |
| | 3.2 | 0 | - | 59 | 1290 | 5,8 | 7,9 | | |
| | 3.3 | 0 | - | 57 | 540 | 3,3 | 3,3 | | |
| | 3.4 | 0 | - | 62 | 440 | 3,3 | 2,7 | | |

Herefter blev der udført forsøg med to etagekryds med sidevederlag, hvor dækelementerne lå tæt sammen med en normal fugemid i væggen, se figur 4.32, J₀. Første emne var udført med en effektiv lejefuge, og dette etagekryds havde da også den fulde bæreevne, mens andet emne var udført med en tilstræbt forkert, men veldefineret lejefuge, hvor de midterste 150 mm af fugen var erstattet med blød skumplast. Som kraftoverførende areal var der således kun 2 x 40 mm tilbage af lejefugens bredde eller 35 pct, og bæreevnen blev som ventet ringe. Der indtraf et normalt spaltebrud ved en murspænding på 3 MPa, refereret til den fulde murbredde; de øvrige etagekryds holdt i gennemsnit 6,6 MPa. Figur 4.45 giver en samlet oversigt over resultaterne fra forsøgsrækkerne HB/L-1, 2 og 3.

Forsøgsrækkerne HB/L-1, 2 og 3 med relativt få emner af hver type, må nærmest betegnes som pilotforsøg, og det kunne derfor hævdes, trods de éntydige forsøgsresultater, at materialet var for spinkelt til at danne grundlag for en fast projekterings- og godkendelsespraksis. Med det formål at skabe et sikrere grundlag blev forsøgene derfor ført videre af BKF-udvalget med støtte af Betonelementforeningen, og Teglb-branchens tekniske Tjeneste i samarbejde med Boligministeriet og Københavns Kommune.

Formålet med de nye forsøg var at bestemme bæreevnekriteriet $f(N, M, a)_{br} = 0$. Dette formål er illustreret med brudhypotesen afbildet i figur 4.46, hvoraf ses, hvorledes N antages at afhænge af indspændingen M og afstanden a, som er den del af pladen - exclusive knasterne, der ligger ind over væggen. Det ny forsøgsprogram er omtalt i litt. 4.9.



CARLSEN^S BRUDHYPOTESE

Figur 4.46
Brudhypotesen for det murede etagekryds fra BKF-udvalgets forsøgsprogram.

N_{br}^0 = bæreevnen af den rene mur.

M_{br}^0 = knasternes indspændingsbrudmoment alene som følge af udstøbningsbetonen.

$a = 50 - 1/2 \times NZ$ mm, et udtryk for vederlagets størrelse.

Den ny forsøgsrække skal bestemme geometrien af fladerne »brud i indspænding« og »brud i mur«.

Etagekryds med sidevederlag uden neutral zone HB/L-3

HB/L-1, 2 og 3 som grundlag for projekteringspraksis

Brudhypotesen for BKF-forsøgene

Resultatet af BKF-forsøgene

I maj 1969 var den nye forsøgsserie afsluttet, og der er hermed i alt udført 28 forsøg med det murede etagekryds. Resultaterne afviger ikke ret meget fra det, der blev målt ved de første forsøg. For de etagekryds, der kun blev belastet med en central kraft, er bæreevnen uafhængig af dækelementernes placering i murværket, og bæreevnen er praktisk taget den samme som for de rene mure.

For etagekrydsene med belastning på dækelementerne blev der konstateret et svagt fald i murens bæreevne, når indspændingsmomentet var af samme størrelsesorden, som det moment man får, når man regner et fuldt belastet 48M-dækelement geometrisk indspændt. Faldet i murens bæreevne var kun 10-15pct, hvilket normalt er mindre end variationskoefficienten ved prøvning af murværk.

Sammenholdes dette resultat med erfaringerne fra etagekrydset af betonelementer, se figur 4.28, er det påfaldende, at bæreevnen for det murede etagekryds tilsyneladende er næsten uafhængig af udstøbningsbetonens relative bredde a . Dette hænger formentlig sammen med, at den murede væg i forvejen har en tilbøjelighed til spaltebrud pga de lodrette fuger i væggen. Desuden kan det spille en rolle, at HB-forsøgene ikke har truffet særlige foranstaltninger til at hindre de lodrette kræfter i at gå igennem dækkenderne. Med en delvis kraftoverføring gennem dækkene begrænses naturligvis væggenes tilbøjelighed til spaltning.

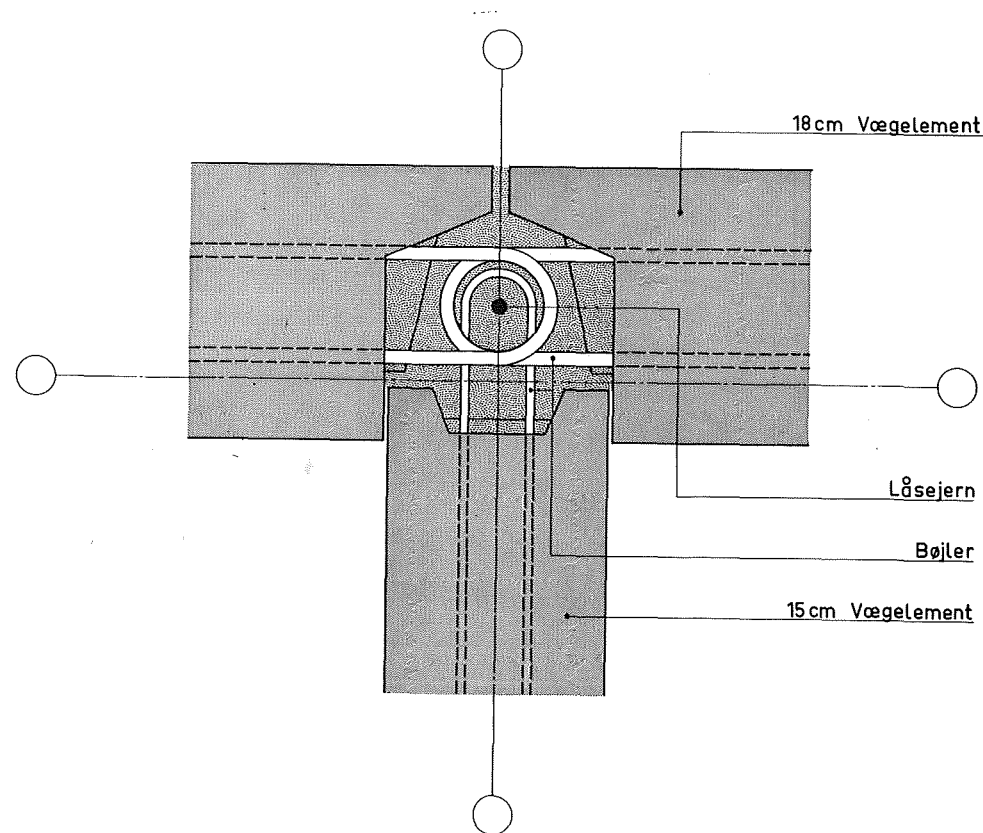
De fortandede fuger, der spiller en afgørende rolle for etablering af skivevirkning i montagebyggeriets konstruktioner er undersøgt i et forsøgsprogram, B 25, som er udført i samarbejde mellem SBI og DIAB. Se figur 4.47-4.50.

Resultatet af disse forsøg er omtalt i SBI-rapport 97, Keyed Shear Joints, litt. 4.16. Der henvises desuden til litt. 4.19, som giver en sammenfattende vurdering af både de danske og en række udenlandske undersøgelser. På dette grundlag er det nu muligt at foretage relativt nøjagtige beregninger af de fortandede fugers bæreevne og deformationsforhold.

Vurdering af forsøgsresultaterne

Forsøg med fortandede vægfuger

Figur 4.47
Bøjlearmeret vægfuge med fortanding og låsejern.



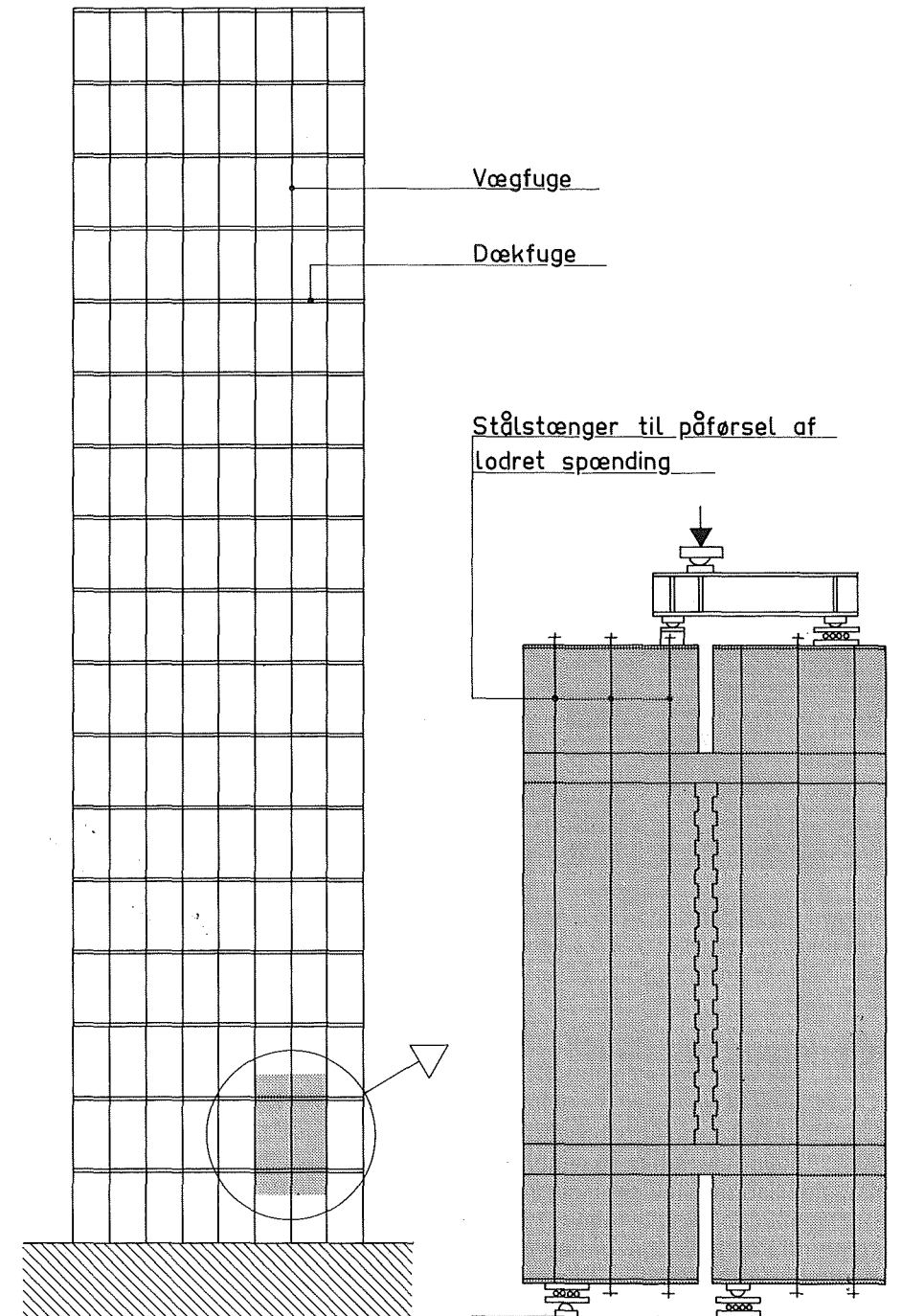
BØJLEARMERET VÆGFUGE 1:5

Den på figur 4.47 viste løsning med bøjlearmeret fuge anvendes, hvor forskydningskræfterne er store, mens man ved moderate belastninger anvender dækfugens jern som armering. Der henvises desuden til DS 411.

De forannævnte forsøg giver oplysning om de vigtigste af de elementer og samlinger, der indgår i det danske montagebyggeri, og i takt med den fortsatte produktudvikling og nye opgaver, fx til udlandsbyggeri, er der gennemført omfattende og systematiske forsøg, således at vi idag har en rimelig sikker viden om montagebyggeriets statiske funktioner.

Bøjlearmerede vægfuger

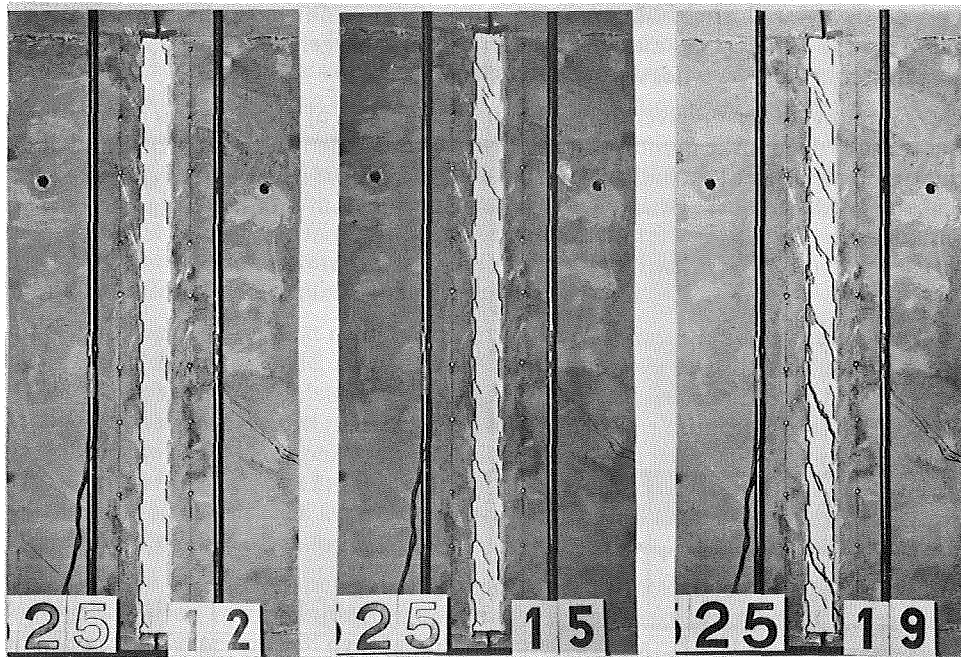
Ny viden om statiske ydeevner



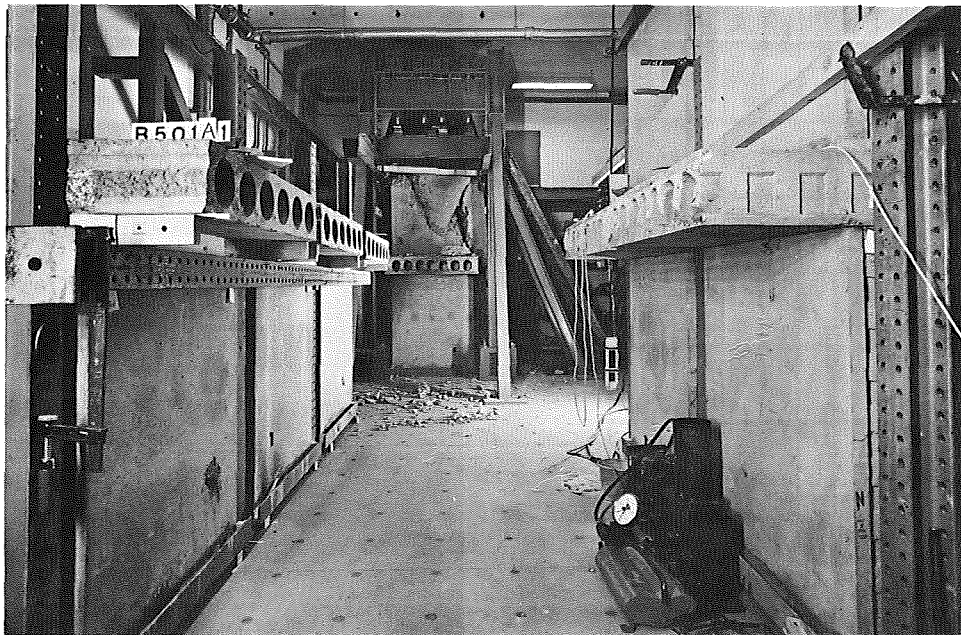
AFSTIVENDE TVÆRVÆG I HØJHUS

Figur 4.48
Vægskive i højhus og prøveemne fra B 25.

Figur 4.49
Fra vægfugeforsøg, B 25.
Fugebetonen revner som følge af de skrå hovedtrækspændinger. Billedet viser samme prøveemne i tre forskellige belastningstrin.



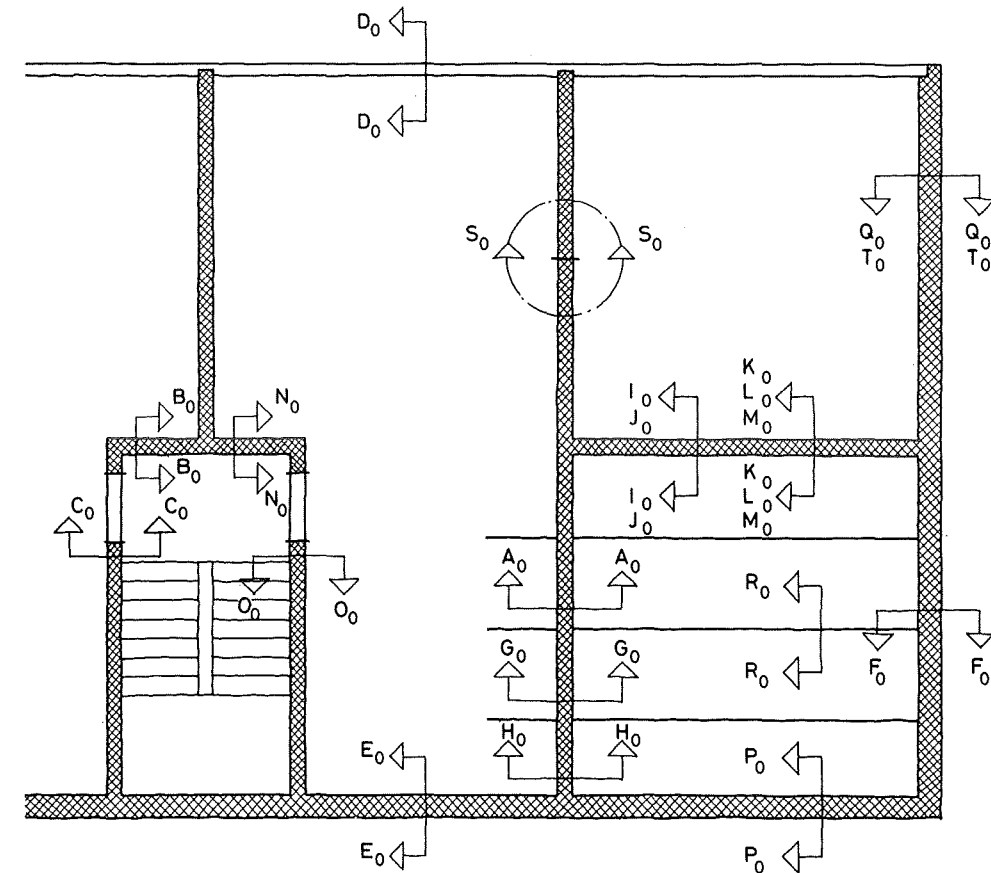
Figur 4.50
Fra DIAB's etagekrydsforsøg.



4.7 Generelle detaljer

Som resumé af forrige afsnits behandling af de statiske funktionskrav i montagebyggeriet vises til slut en række eksempler på generelt anvendelige samlinger, som er i overensstemmelse med de gennemgåede principper, og som benyttes almindeligt i praksis. Det understreges, at man ikke bør kopiere disse samlinger kritikløst. Der kan i konkrete tilfælde blive tale om afvigelser fra de viste løsninger, ligesom en række specifikationer for materialer, dimensioner af fugearmering etc må fastlægges i hvert tilfælde for sig i overensstemmelse med de statiske beregninger og en totalprojektering. Samlingerne vises derfor her som moduldetaljer, dvs i skitseform; sammenlign kap. 7. Projektmateriallets tegninger. Den endelige version af samlingerne, udført som arbejdstegninger til byggepladsen, vil kunne findes for de fleste af tegningerne i de senere projekteringseksempler.

De her viste samlinger, alle betegnede med et indeks o er indtegnede på projekterings-eksemplernes moduloversigtstegninger. Til orientering om samlingernes beliggenhed vises desuden i figur 4.51 som principptegning en boligetageplan, hvor alle o - snittene er påført. For oversigtens skyld er samtlige detaljer med på denne plan, selv om de naturligvis aldrig kan forekomme i samme bygning i praksis.



Figur 4.51
Oversigtsplan, beliggenhed af generelle detaljer, moduldetaljer.

OVERSIGTSPLAN, GENERELLE DETALJER

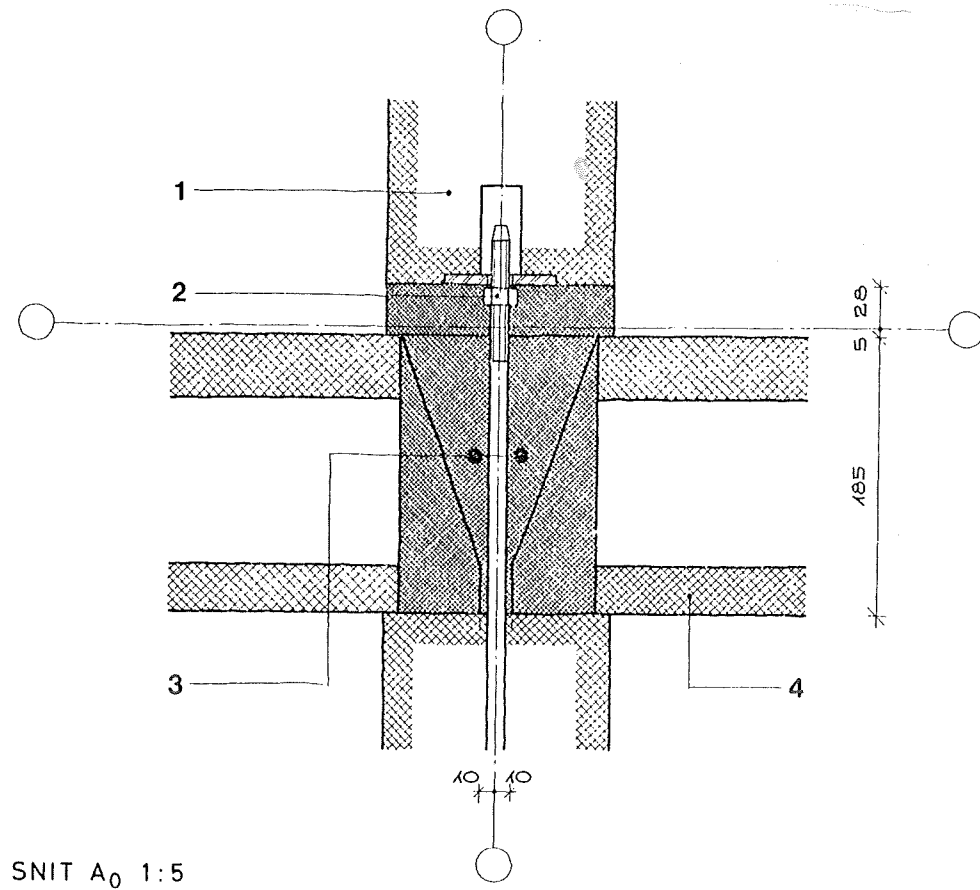
Den lette facade, vist i snit D_0 , er udviklet af DIAB til at imødekomme kravet om $k = 0,3 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ fra BR 82. For at begrænse facadens tykkelse er der anvendt de viste mineraluld Stolper, som både reducerer træforbrug og varmestrøm i facaden. Løsningen er nærmere beskrevet i kapitel 8.

Den lette facade og dens sammenbygning med den bærende konstruktion honorerer følgende funktionskrav. A. *Statiske*. Vindbelastning på facaden samt dennes egen vægt overføres gennem de viste vinkeljernsbeslag. Nedbøjning af dækket er farlig for vinduer (rammers oplukelighed og glasset) i den lette facade. Fagbredden bør derfor normalt ikke overstige 48M med den viste dækttype. B. *Klimatiske*. Varmeisoleringen i facadeelementet er suppleret med en kantisolering på dækket, så kuldebro undgås. Tæthed for slagregn etableres gennem den overlappende, åbne og ventilerede fuger. Vindtæthed sikres af værkstopning og fugemastik. Varmeisoleringen beskyttes mod gennemluftning (konvektion) af den indbyggede, lette plade. C. *Akustiske*. Dækket er ført halvt ud i facaden for at begrænse flankevirkningen. Fugetætheden er afgørende for lydisoleringen. D. *Brandtekniske*. Træmaterialerne i de to etager er adskilt af beton, letbeton og zink. Konstruktionen kan udføres, så den opfylder kravet BD 60. E. *Andre*. Samlingen er vedligeholdelsesfri, bortset fra eventuelle skader på de lette plader. Fugemålene tillader optagelse af produktions- og montageunøjagtigheder.

- Bæreevne
- Klimaskærmning
- Lydisolering
- Brandmodstand
- Øvrige funktionskrav

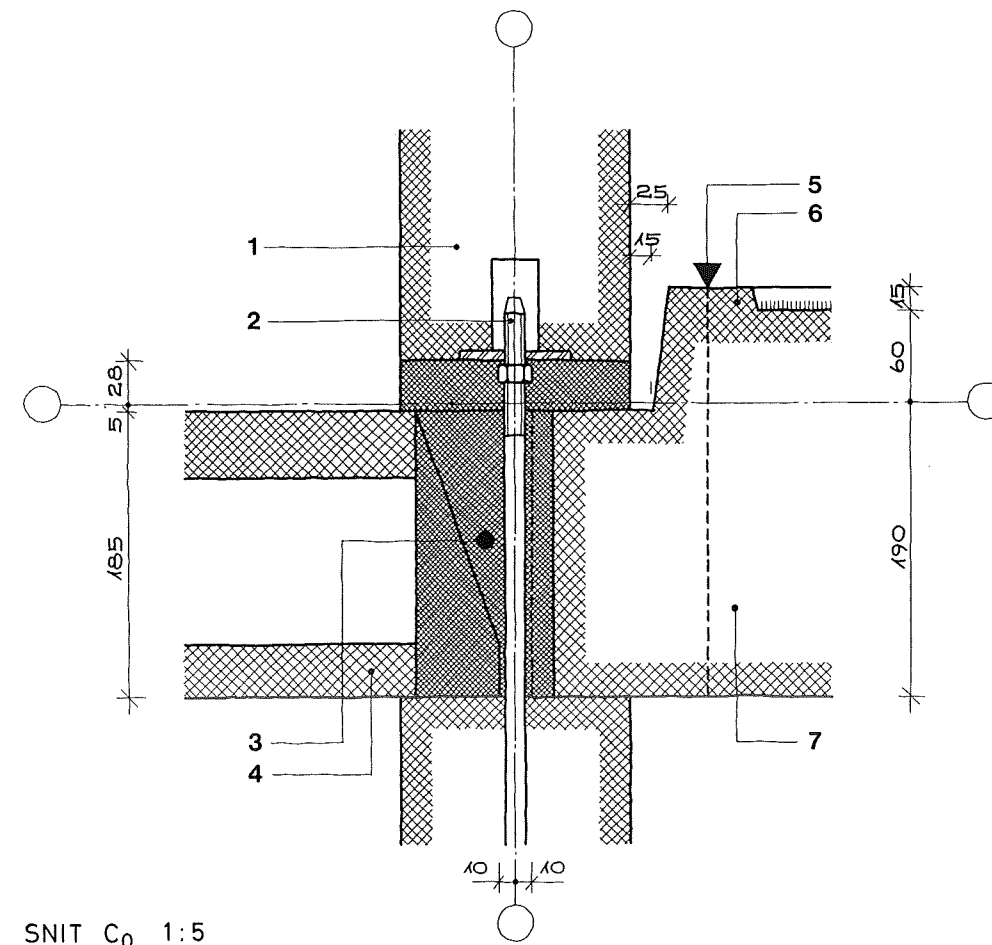
Figur 4.52
Etageskryds af beton-
elementer.

- 1 Vægelement
- 2 Montagebolt
- 3 Fugearmoring
- 4 Dækelement.



SNIT A₀ 1:5

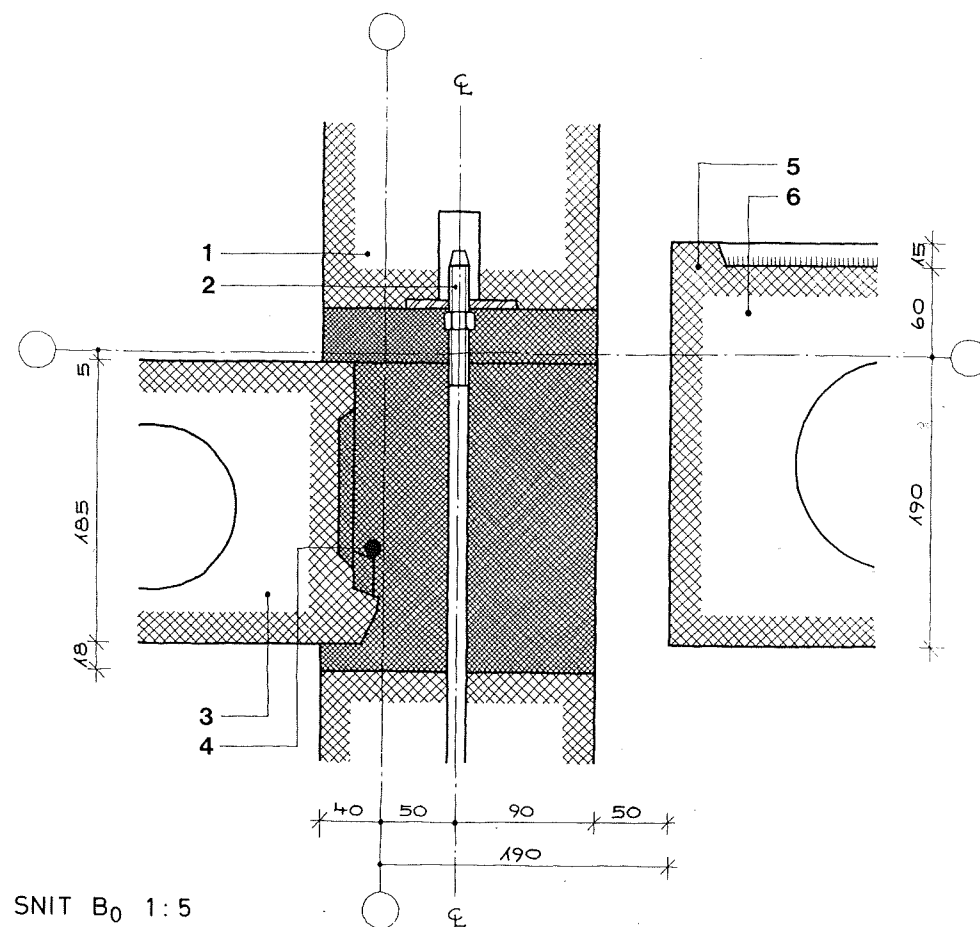
Figur 4.54
Trappevægssamling.
1 Vægelement, 150 mm
2 Montagebolt
3 Fugearmoring
4 Dækelement
5 Flugt af trappeløb
6 Vaskekant
7 Trapperepos med blød
belægning.



SNIT C₀ 1:5

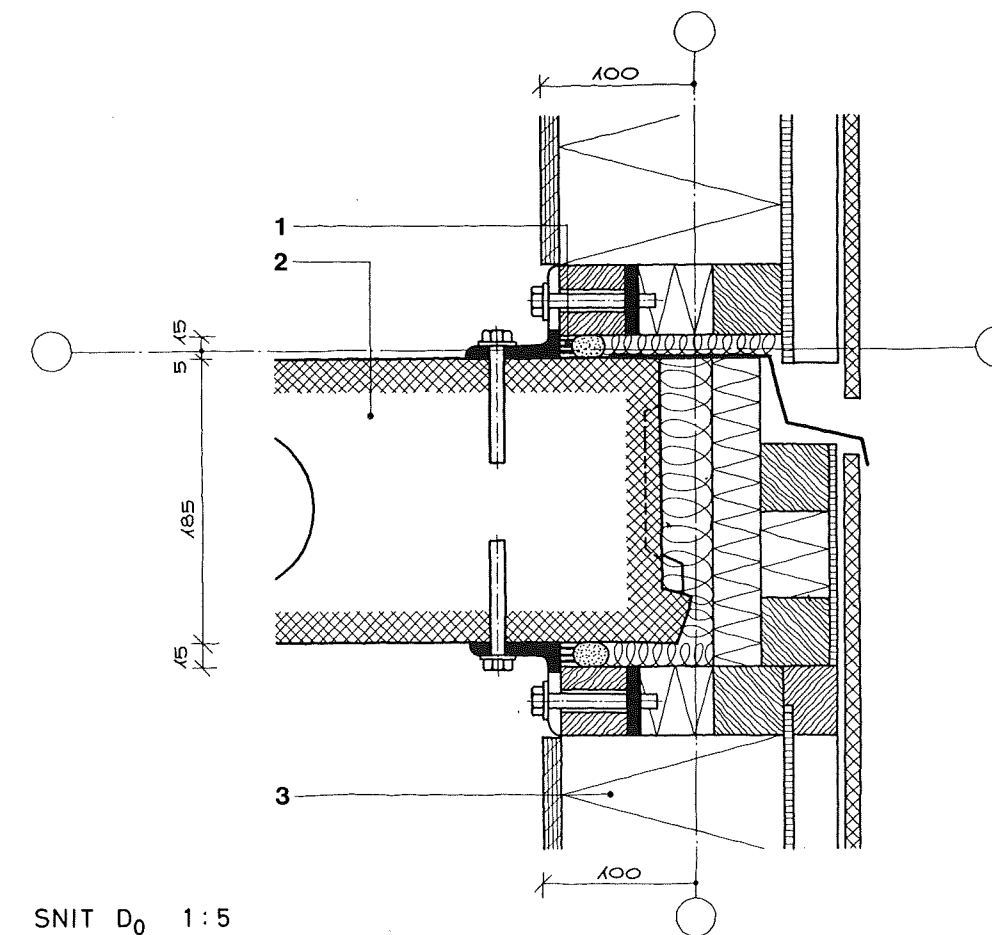
Figur 4.53
Trappevægssamling.

- 1 Vægelement, 180 mm
- 2 Montagebolt
- 3 Dækelement
- 4 Fugearmoring
- 5 Vaskekant
- 6 Trapperepos med blød
belægning.



SNIT B₀ 1:5

Figur 4.55
Let facade-dæk.
1 Elastisk fuge
2 Dækelement
3 Let facadeelement med
mineraluldstopper; se også
figur 8.14-16.

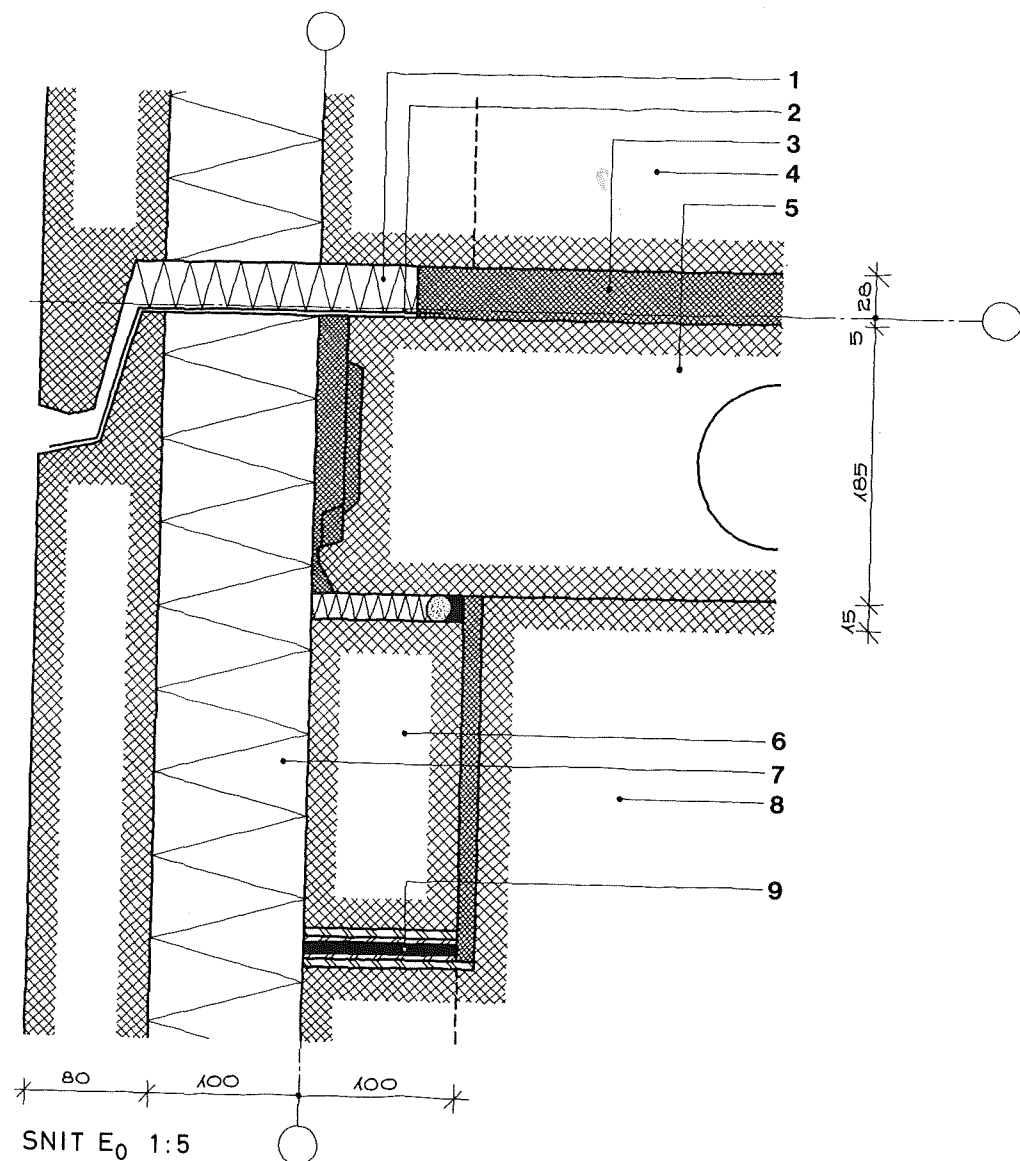


SNIT D₀ 1:5

Figur 4.56
Betonsandwichfacade.

- 1 Fugestopning
- 2 Afdækning med folie
- 3 Vægfuge
- 4 Vægelement
- 5 Dækelement
- 6 Bæreknast
- 7 Sandwichelement
- 8 Vægelement
- 9 Lejepladser for bæreknast.

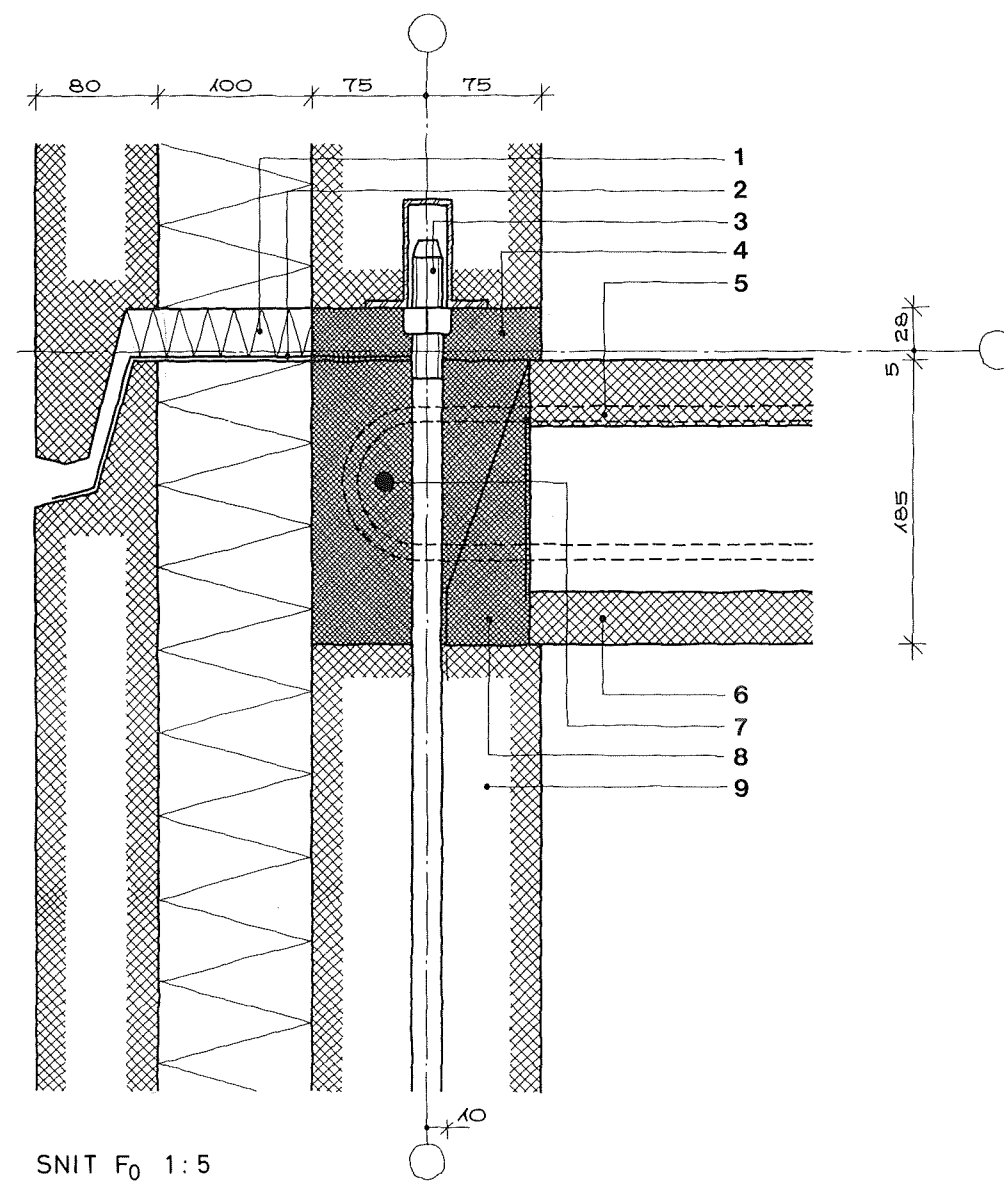
Facaden er ophængt på de viste bæreknaster og skal desuden forankres til dæk eller vægge. Se kapitel 8.



Figur 4.57
Betonsandwichgavl.

- 1 Fugestopning
- 2 Afdækning med folie
- 3 Montagebolt
- 4 Vægfuge
- 5 Fugearmoring
- 6 Dækelement
- 7 Fugearmoring
- 8 Udstøbning
- 9 Indvendig bærende skive.

Gavlen monteres i takt med de øvrige bærende vægge og med samme teknik.



Rustfri ankre

Den ikke-bærende sandwichfacade, figur 4.56, er udført med indvendig og udvendig betonskive. Den udvendige skive hænger med rustfri ankre på den indvendige, se figur 4.23. Ankrene beregnes for belastningen fra den ydre skive og skal desuden undersøges for temperaturspændinger, som kan blive kritiske.

Sikring af vandrette fuger

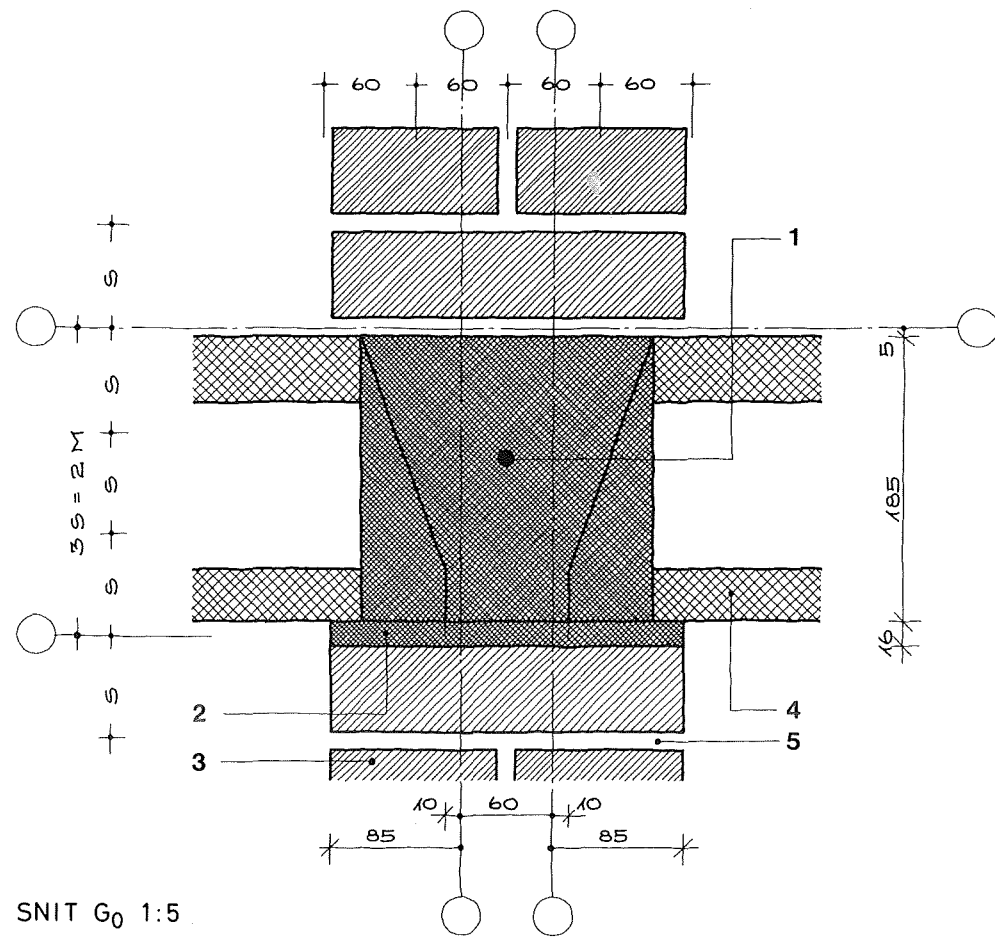
Den viste plastfolie i de vandrette fuger skal lede vand (fx fra vandskader eller under byggeperioden) ud af facaden, da det ellers kunne trænge ned igennem hele ydervæggen og ind i bygningen ved utætheder i de indvendige fuger. Sammenlign figur 4.57.

Forankring af gavl til dæk

Den bærende sandwich-facade (gavl), figur 4.57, er udført analog med væggen, figur 4.56. Den indvendige betonskive er 150 mm tyk og giver plads for et normalt dækvederlag. Den viste fugearmoring, der forankrer gavlen til dækskiven, er særlig vigtig ved byggeri i høj sikkerhedsklasse, se kravene i DS 409, 410 og 411.

Figur 4.58
Muret etagekryds med
neutral zone.

- 1 Fugearmering og
udstøbning
- 2 Afrettet vederlagsfuge
- 3 Muret væg, 1 sten
- 4 Dækelement
- 5 Normalfuge.

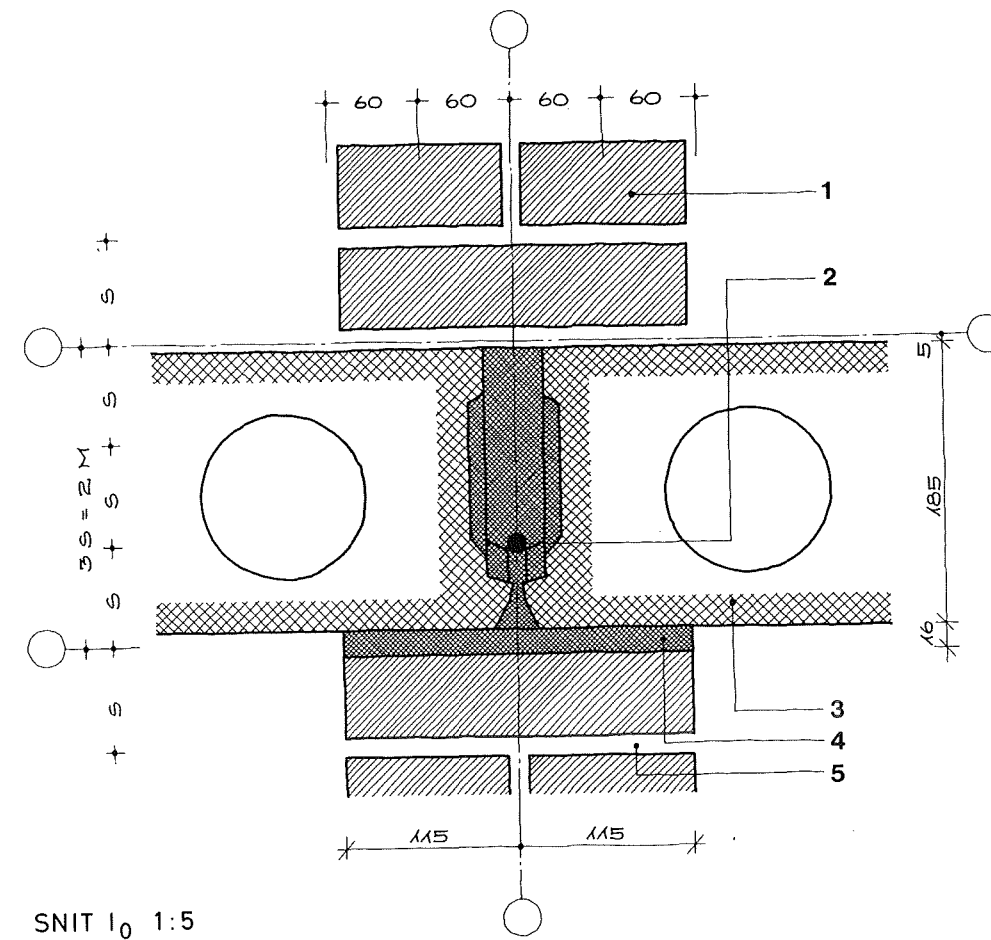


SNIT G₀ 1:5

Figur 4.60
Farligt muret etagekryds
uden neutral zone.

- 1 Muret væg, 1 sten
- 2 Fugearmering
og udstøbning
- 3 Dækelement
- 4 Understopningsfuge
- 5 Normalfuge.

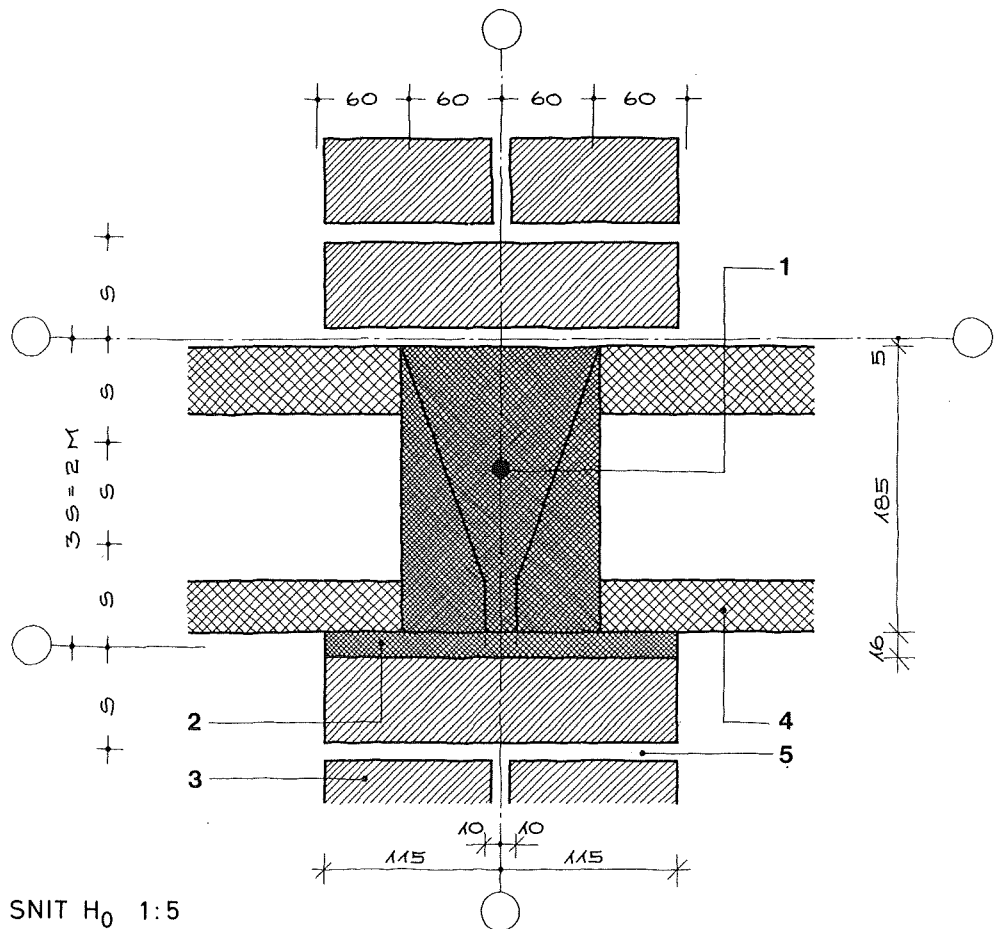
Konstruktionen frarådes
pga. risikoen for udførel-
sesfejl og dårlige kontrol-
muligheder.



SNIT I₀ 1:5

Figur 4.59
Muret etagekryds uden
neutral zone.

- 1 Fugearmering
og udstøbning
- 2 Afrettet vederlagsfuge
- 3 Muret væg, 1 sten
- 4 Dækelement
- 5 Normalfuge.

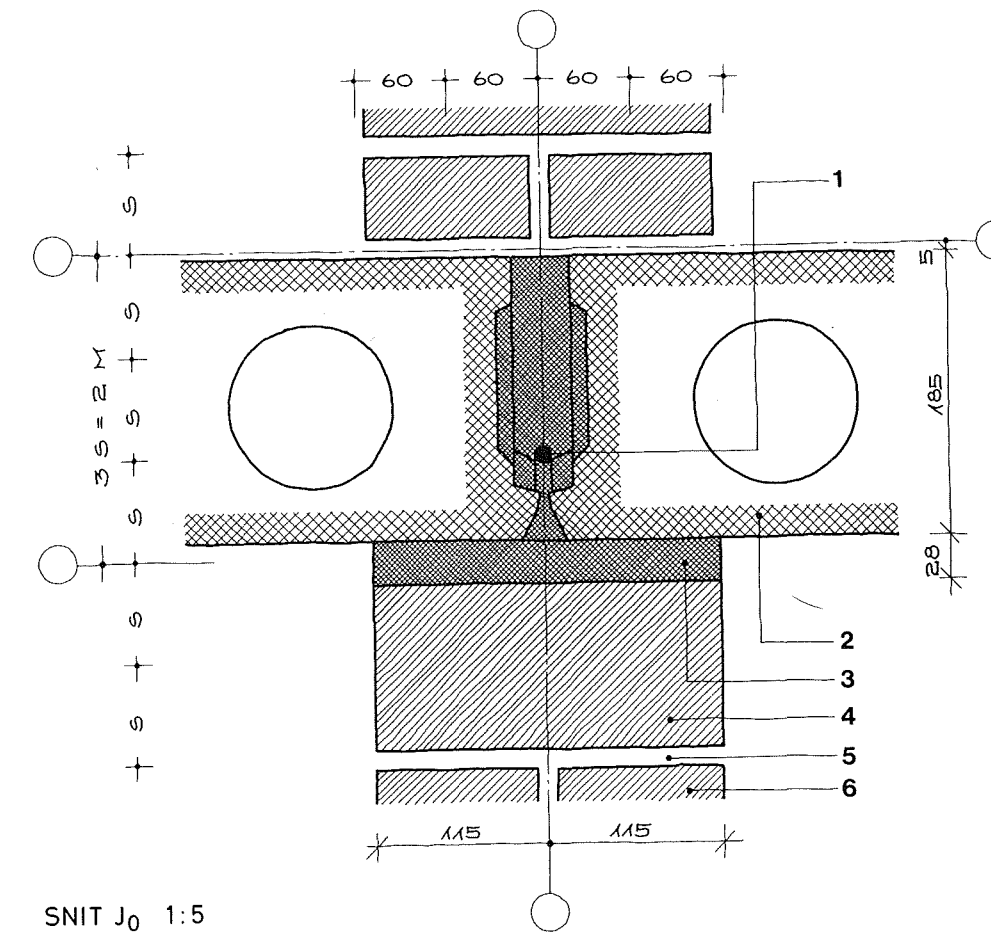


SNIT H₀ 1:5

Figur 4.61
Kritisk muret etagekryds
uden neutral zone.

- 1 Fugearmering
og udstøbning
- 2 Dækelement
- 3 Understopningsfuge
- 4 Rulskifte
- 5 Normalfuge
- 6 Muret væg, 1 sten.

Kritisk konstruktion pga.
ringe kontrolmuligheder.

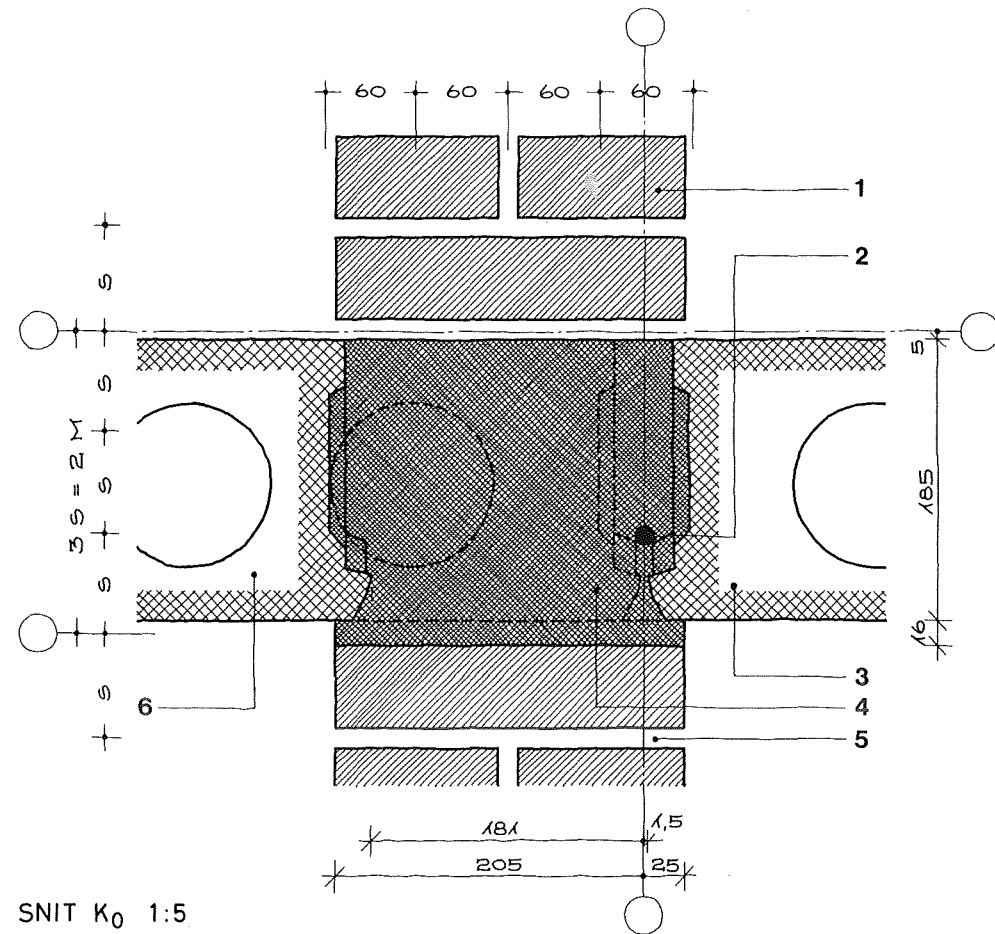


SNIT J₀ 1:5

Figur 4.62
Dæksidekanter og 1 stens
muret væg uden neutral
zone.

- 1 Muret væg, 1 sten
- 2 Fugearmering
- 3 Standard dækelement
- 4 Udstøbning
- 5 Normalfuge
- 6 Specielt dækelement,
afskåret.

Med det afskårne dækele-
ment bliver udstøbnings-
betonen sikker og effektiv
til kraftoverføring.

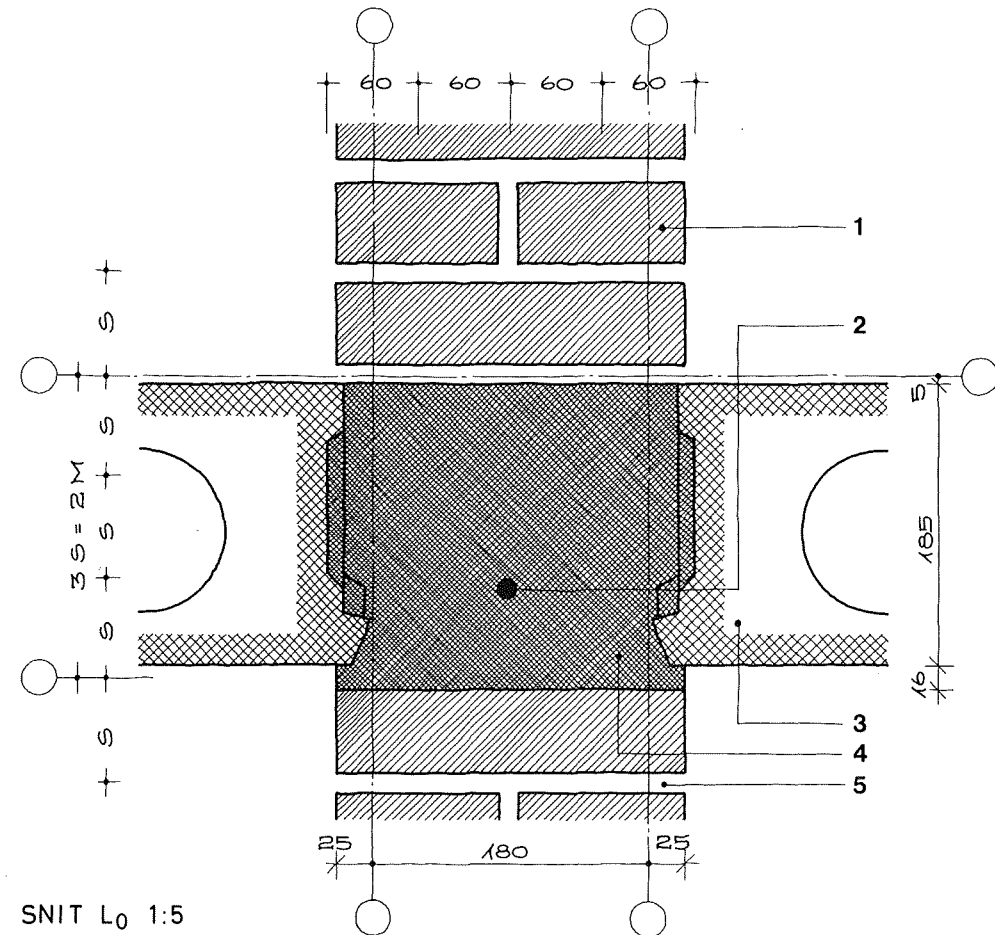


SNIT K₀ 1:5

Figur 4.63
Dæksidekanter og 1 stens
væg med neutral zone.

- 1 Muret væg, 1 sten
- 2 Fugearmering
- 3 Dækelement, standard
- 4 Udstøbning
- 5 Normalfuge.

Samlingen giver en sikker
kraftoverføring, men
komplikerer måske
modulgeometrien i
projektet.

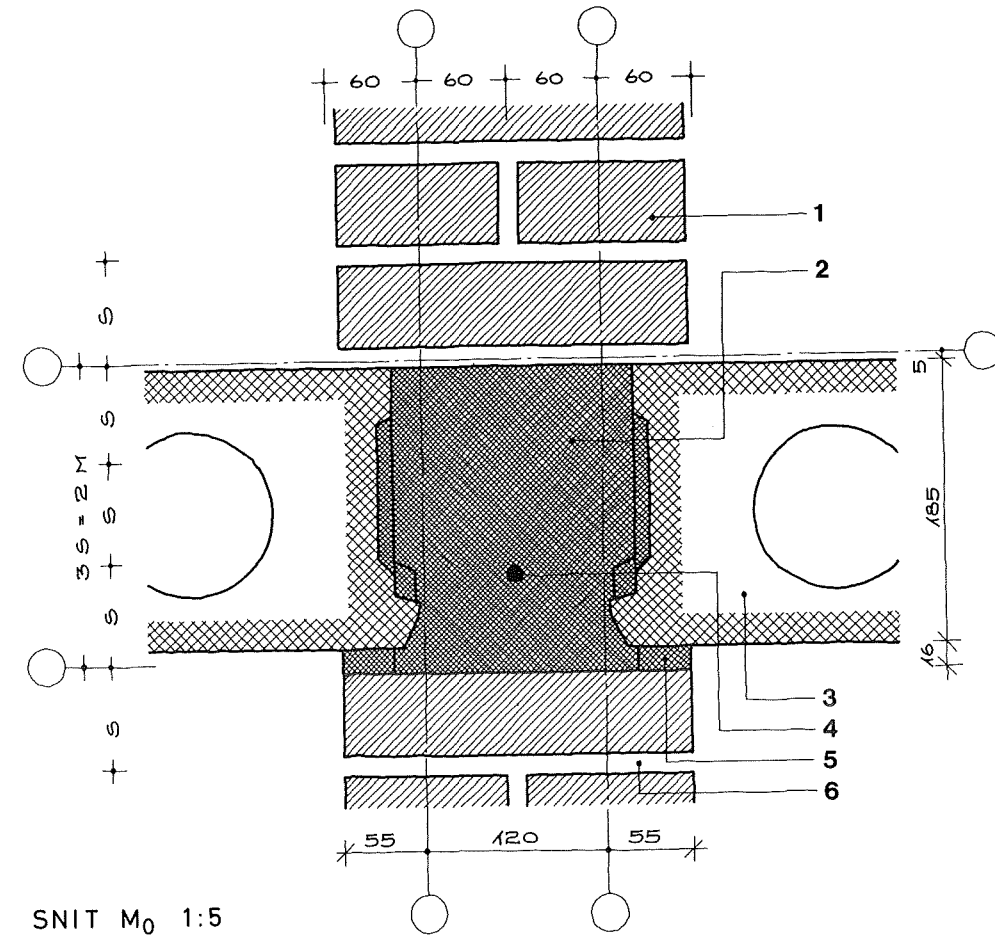


SNIT L₀ 1:5

Figur 4.64
Dæksidekanter og 1 stens
væg med neutral zone på
120 mm.

- 1 Muret væg, 1 sten
- 2 Udstøbning
- 3 Dækelement
- 4 Fugearmering
- 5 Efterfugning
- 6 Normalfuge.

Samlingen fungerer ana-
logt med samlingen i figur
4.63; men modulgeometri-
en er simplere pga. 1/4
stens målspringene.

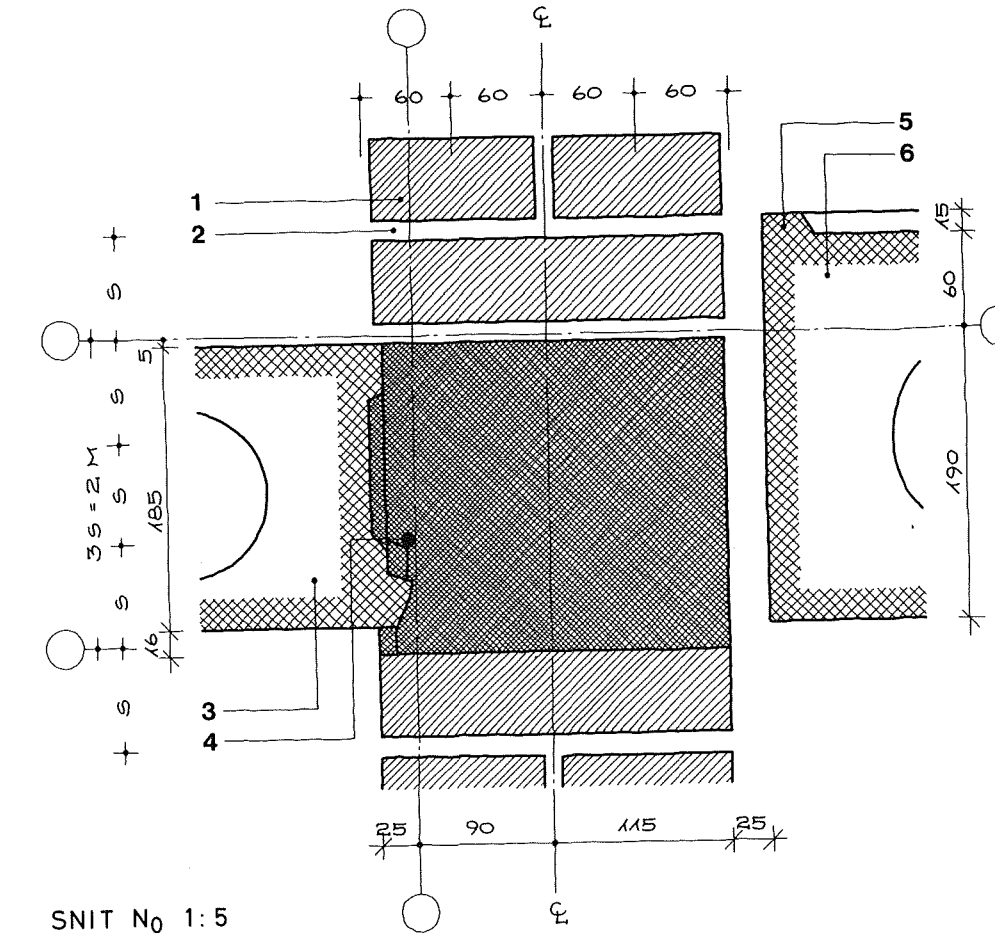


SNIT M₀ 1:5

Figur 4.65
Dæksidekant, repos og 1
stens væg, excentrisk
placeret.

- 1 Muret væg, 1 sten
- 2 Normalfuge
- 3 Dækelement, standard
- 4 Fugearmering og
udstøbning
- 5 Vaskekant
- 6 Trapperepos

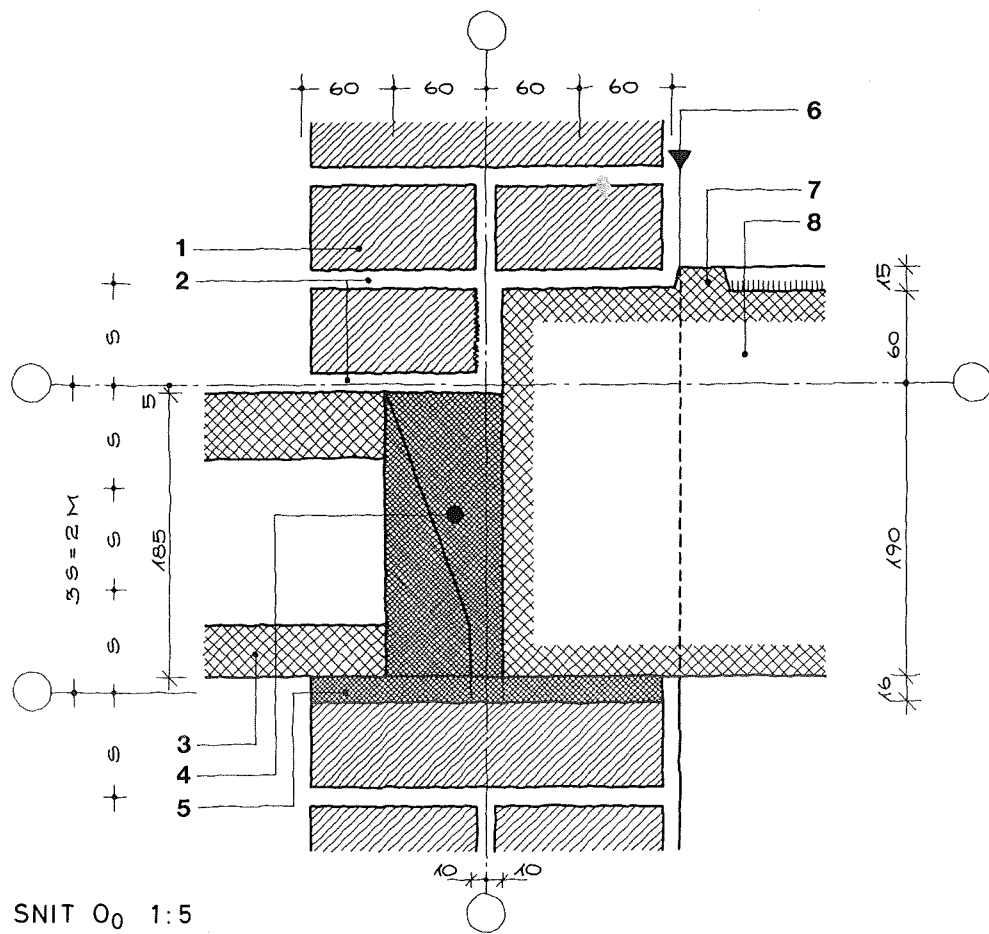
God kraftoverføring i
væg, kompliceret modul-
geometri.



SNIT N₀ 1:5

Figur 4.66
Bærende dækvederlag og
trapperepos, 1 stens væg.

- 1 Muret væg, 1 sten
- 2 Normalfuge
- 3 Dækelement
- 4 Fugearmering
- 5 Afrettet vederlagsfuge
- 6 Flugt af trappeløb
- 7 Vaskekant
- 8 Trapperepos med blød belægning. Se figur 9.15 for alternativ løsning med bedre trinstøjdæmpning.

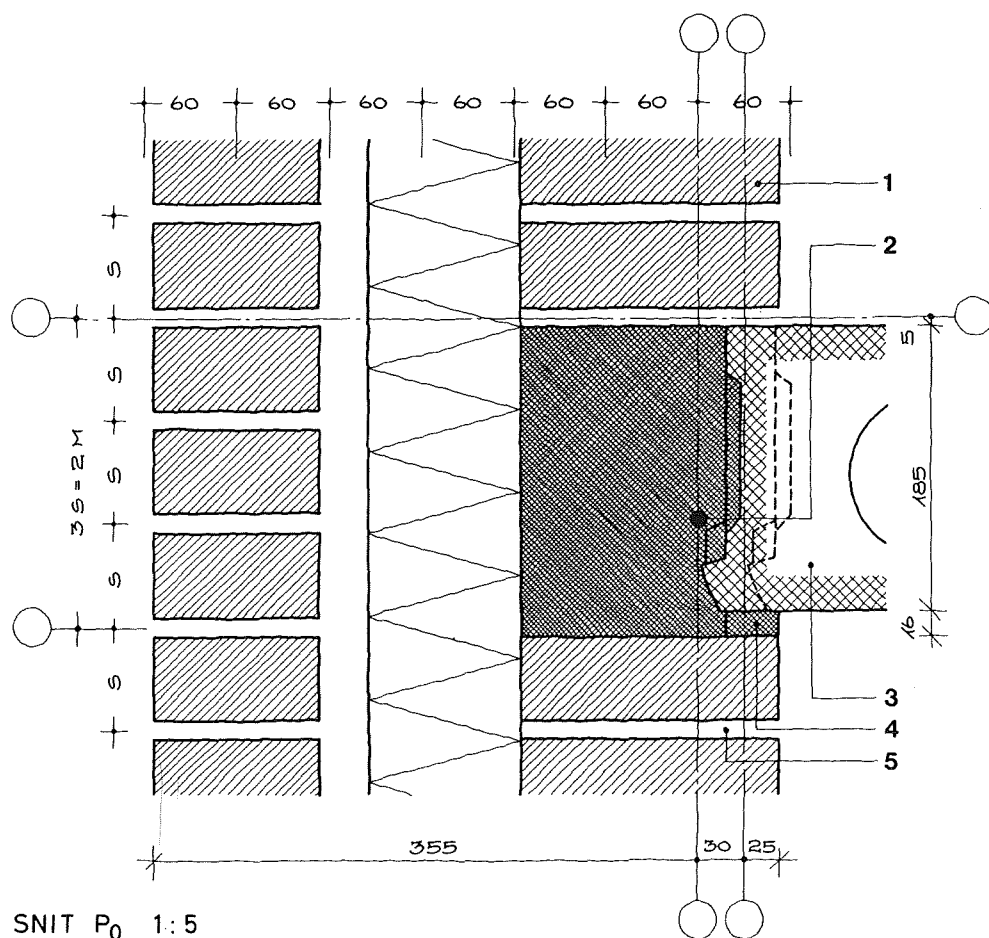


SNIT O₀ 1:5

Figur 4.67
Dæksidekant og hulmur.

- 1 Bagmur, 3/4 sten
- 2 Fugearmering og udstøbning
- 3 Dækelement
- 4 Efterfugning
- 5 Normalfuge.

Muren er nominelt 1 3/4 sten.
De alternative dækplaceringer følger murværkets 60 eller 30 mm målspring.

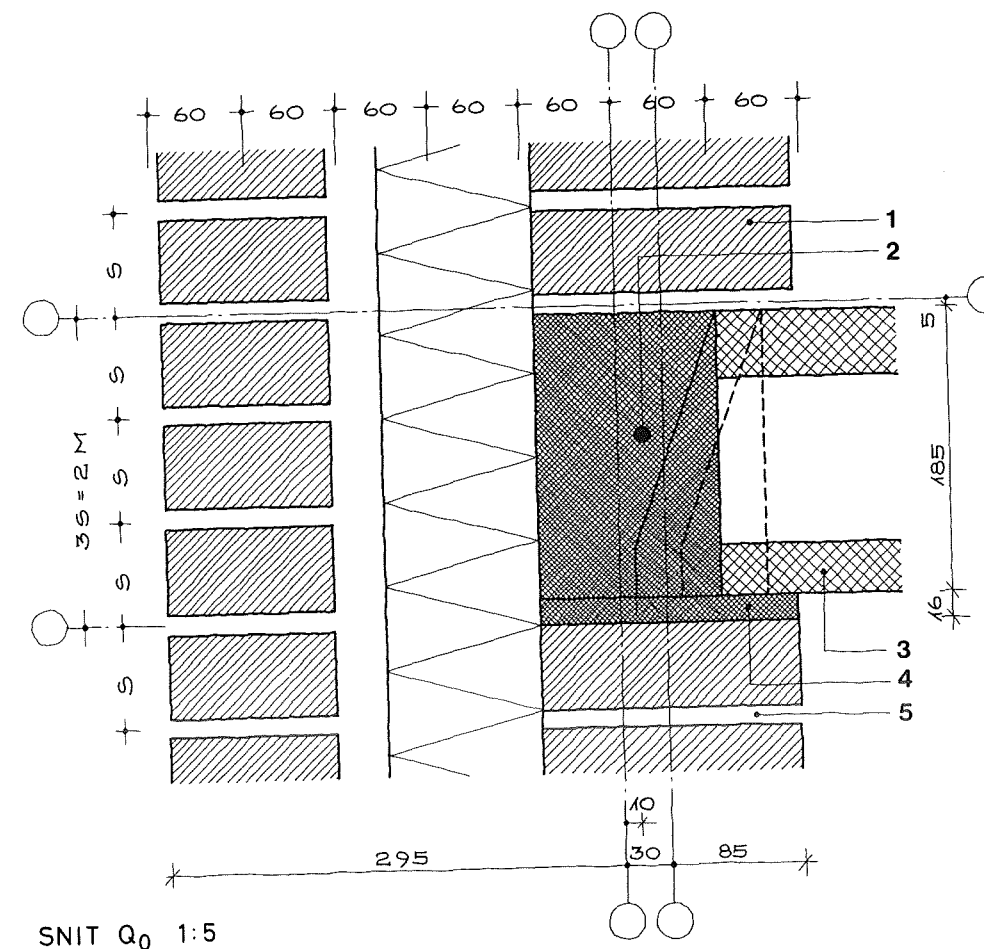


SNIT P₀ 1:5

Figur 4.68
Bærende dækvederlag og
hulmur.

- 1 Muret væg, 3/4 sten
- 2 Fugearmering
- 3 Dækelement
- 4 Afrettet vederlagsfuge
- 5 Normalfuge.

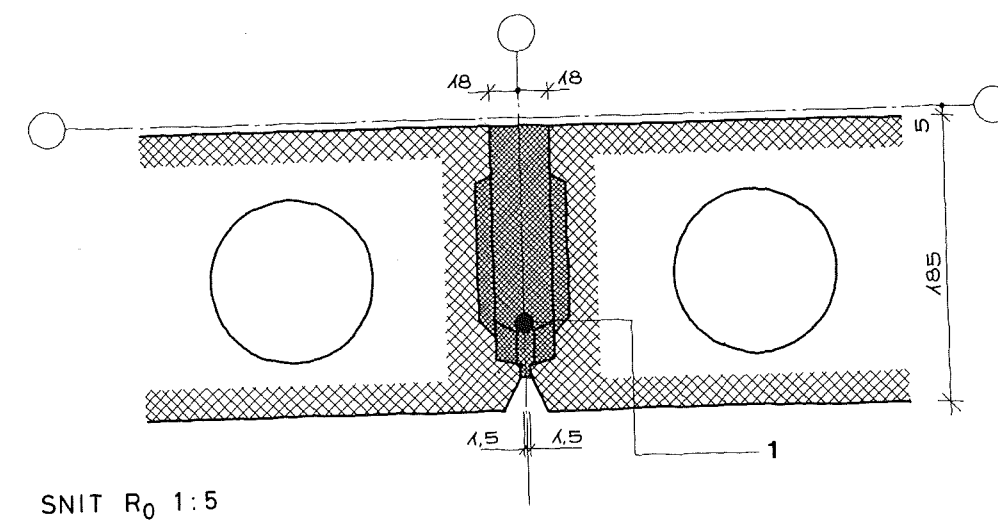
Muren er nominelt 1 3/4 sten, som er mindste tykkelse for en bærende, varmeisoleret hulmur til byggeri over 2 etager.



SNIT Q₀ 1:5

Figur 4.69
Dæk-dæk fuge.
1 Fugearmering og udstøbning.

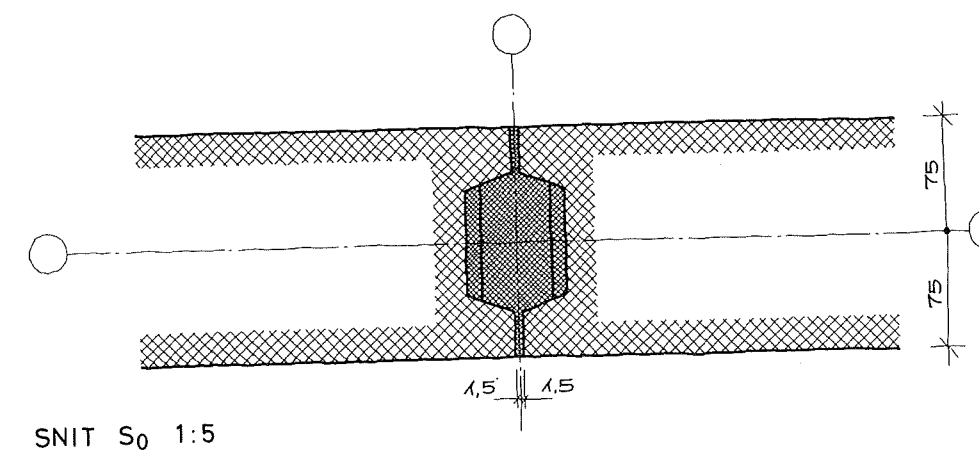
Armeringen skal forankres effektivt, hvilket bl.a. kræver en sikker kontrol.



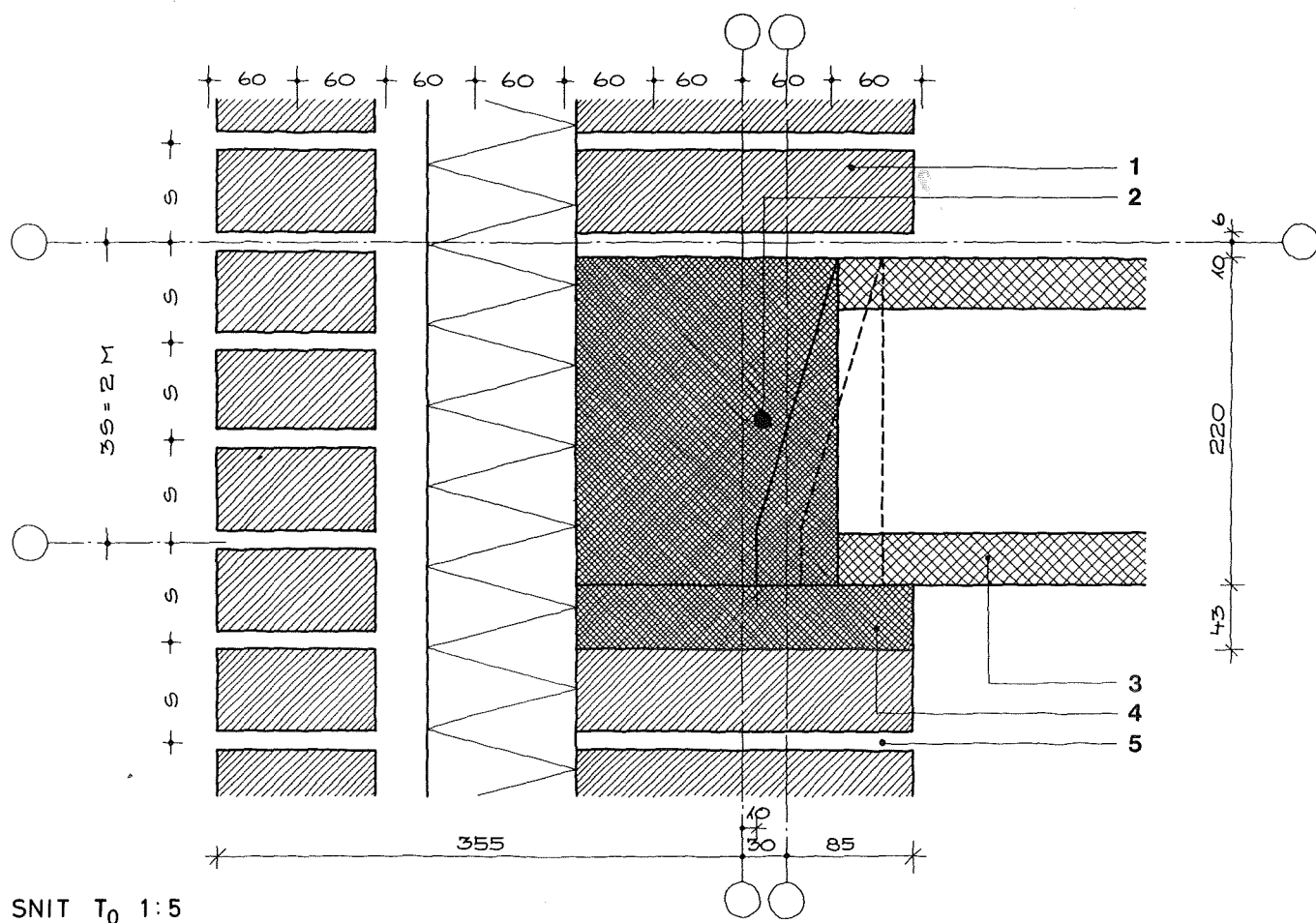
SNIT R₀ 1:5

Figur 4.70
Væg-væg fuge.

Fugebetonen skal udstøbes således at den bliver tæt.



SNIT S₀ 1:5



Figur 4.71

Forspændt dækelement, 2 stens hul ydervæg.

1 Bagmur, 1 sten

2. Fugearmering

3. Forsp. dækelement

4. Afrettet vederlag

5. Normalfuge

Konstruktionen kan anvendes til højt byggeri med relativt store spændvidder. Dækelementet er placeret vertikalt efter 10 mm reglen, se DS 1049. De alternative horizontale placeringer svarer til figur 4.67 og 68.

4.8 Litteratur

- 4.1 Lewicki, Bohdan: Building with large Prefabricates, Elsevier, London 1966.
- 4.2 Nepper-Christensen, P. og Skovgaard, P.: Svind i betonelementer. Karlstrup Beton-forskningslaboratoriet, 1966.
- 4.3 Koncz, Tihamér: Handbuch der Fertigteil-Bauweise. Bd III Wiesbaden-Berlin 1967.
- 4.4 Eriksson, Nissen, Lemming Pedersen: Montagebyggeriets statik og teknik DIAB 1967.

- 4.5 Risager, Svenn: Om skivekonstruktioners opbygning og virkemåde. DIAB 1967.
- 4.6 Olesen, F.B.: Vægkonstruktioner. HB 5. DIAB 1968
- 4.7 Olesen, S.Ø. og Poulsen, E.: Det danske etagekryds' bæreevne. Rapport 68/29. DIAB + BKF Kbh. 1968.
- 4.8 Her Majesty's Stationary Office: Collapse of Flats at Ronan Point, Canning Town. London 1968.
- 4.9 Carlsen, B.-E.: Forsøg med muret etagekryds. Byggeindustrien 1967.1 og 1968.2.
- 4.10 Hansen, K. og Olesen, S.Ø.: Bæreevne og brudmekanismen af fortandede fuger. Rapporter 67/23, 67/24, 68/23 og 69/22. DIAB Kbh. 1967, -68 og -69.
- 4.11 Jensen, B.C.: Plasticitetsteori for Coulomb-materialer. DTH 1974.
- 4.12 Jensen, B.C.: On the Ultimate Load of Vertical, Keyed Shear Joints in Large Panel Buildings. DTH 1975.
- 4.13 Borchersen, Egil: Skivebygningers statik, DTH 1975.
- 4.14 SBI-Rapport 92: Diagrammer til tilnærmet beregning af afstivende vægge. SBI 1975.
- 4.15 Betonelementforeningen: Anvisning i udstøbning af fuger. Kbh. 1975.
- 4.16 SBI-Rapport 97: Keyed Shear Joints. SBI 1976.
- 4.17 SBI-Anvisning 82: Skivebygningers Stabilitet 1. SBI 1976.
- 4.18 NKB-rapport nr. 35: Retningslinier for last- og sikkerhedsbestemmelser for bærende konstruktioner. Kbh. 1978.
- 4.19 SBI-Anvisning 115: Skivebygningers stabilitet 2. SBI 1979.
- 4.20 Murerfagets Oplysningsråd, Bjørn Simonsen: Standardberegning for murværk. Kbh. 1975..
- 4.21 Munch-Petersen, Johs. F.: Facadeelementer. DTH 1979.
- 4.22 Dansk Ingeniørforening: DS 409 og 410 sikkerheds- og lastnormer. Kbh. 1982.
- 4.23 DIAB Husbygning Kjærbye, Per O.: HB 23. Stabilitetsberegning af betonelementer. DIAB 1983.
- 4.24 »Byggeindustrien«, DIAB m.fl. »Aktuelle Byggerier«. Kbh. 1969-1983.

- Litt. 4.17 og 4.19 samt flere af de øvrige værker indeholder mange litteraturhenvisninger.

Danske, præfabrikerede badeværelser afsendes til Algeriet. Et dansk konsortium dannet af A. Jespersen & Søn og Christiani & Nielsen bygger 1500 lejligheder i Ain Allah. Alle komponenter, inklusive betonelementerne og badeværelserne er præfabrikerede i Danmark og sendes med skib til Algeriet.



5

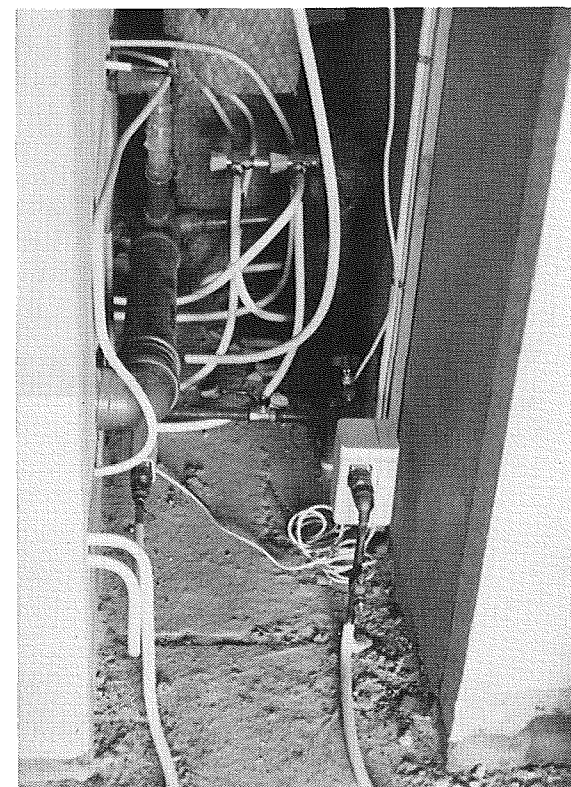
5. Installationer

Installationernes rolle i byggeriet

Rationalisering af installationer og konstruktioner

Fleksible installationer med kobber- og plastrør

Figur 5.01
Moderne vandinstallationer udført af præisolerede kobber- og plastrør. Rørens fleksibilitet er udnyttet maksimalt.



Figur 5.01 viser et eksempel på en moderne vandinstallation udført med kobber- og plastrør. Rørens smidighed, som her er udnyttet til det yderste, gør spørgsmålet om ledningsføring og koordination med konstruktionerne næsten overflødig.

Princippet om fleksibilitet i rørsystemet blev allerede fremhævet som en fordel i den stadig gyldige DS 1037 fra 1963, se figur 5.02, hvor mulighederne med støbejernsrør og trukne stålrør imidlertid var meget begrænsede. Men rekommandationen har formentlig været igangsættende for den senere udvikling.

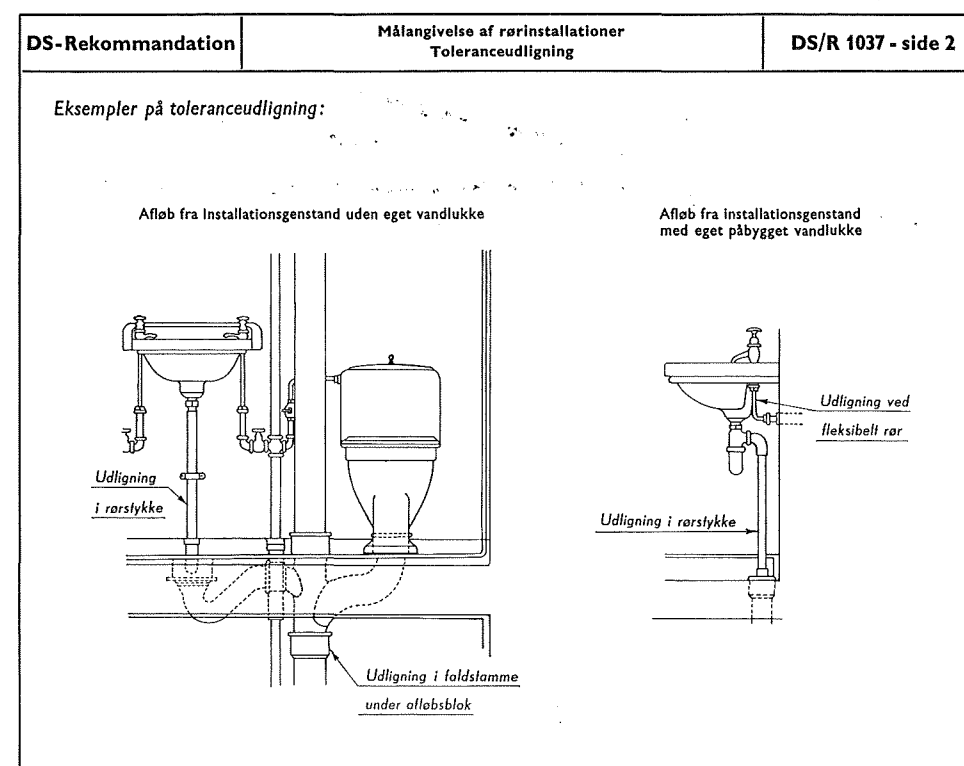
Installationerne er en meget væsentlig del af moderne byggeri. For boligbyggeriet udgør deres andel af byggeudgifterne ca. 20%, for sygehuse og visse kontorhuse endnu mere. Drift og vedligeholdelse af installationerne hører til de største poster på bygnin-gernes driftsregnskab.

Byggeriets rationalisering kan derfor ikke planlægges uden meget vidtgående hensyn til installationerne. Dårligt planlagte installationer er i sig selv dyre både i anlæg og drift, og de griber desuden forstyrrende ind i den samlede byggeproces, hvor de kan forårsage dyre konstruktioner og store forsinkelser. En koordinering af installationer og konstruktioner er derfor en oplagt rationaliseringsopgave, og det er hensigten med dette kapitel at fremhæve nogle hovedpunkter i denne planlægning. For projektering af installationerne selv henvises til faglitteraturen, se specielt litt. 5.1.

Planlægningen af samspillet mellem installationer og konstruktioner kan i princippet foregå på to forskellige måder:

- A. Gennem indbyrdes tilpasning og tæt koordination.
- B. Gennem størst mulig separation af de to komponenttyper.

Selvom ingen af de nævnte alternativer kan stå alene, har udviklingen i de senere år klart vist fordelene ved B. Specielt har fremkomsten af smidige plastrørsystemer til afløb og kobberrør til vand- og varmeanlæg gjort moderne installationer så fleksible, at de nødvendige koordineringer til konstruktionerne er blevet meget forenklede.



Figur 5.02
Princippet om »toleranceudligning«, dvs udligning af målafvigelse fra DS 1037, (tidligere DS/R 1037).

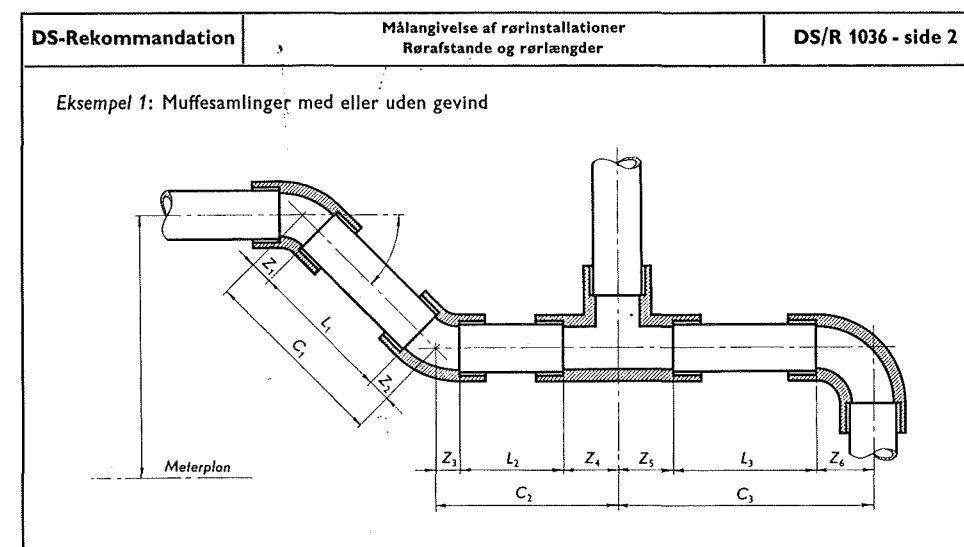
5.1 Målgivelser af installationer

Modulordningens enheder M, 2M og 3M m.fl. er i reglen for grove til at styre installationernes mål i detaljer; men de installationsdele, hvis koordinering med konstruktionerne er af særlig betydning, kan med fordel indplaceres i modulnettets koordinat-system. Målsætningen vil dog normalt foregå ud fra dæk- og vægflader og ikke ud fra modullinier, se figur 5.09.

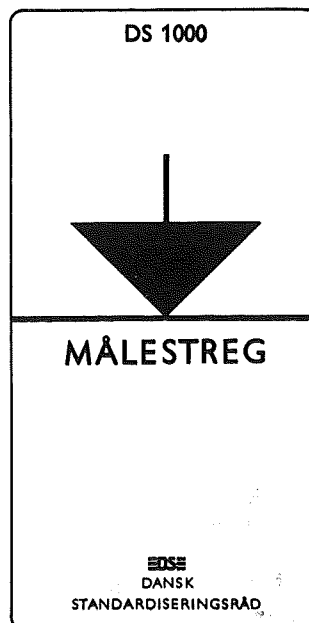
Målgivelser for installationsarbejdet falder i to afsnit. Dels den interne målgivelse af rørsystemernes indre mål, dels målgivelsen af installationen i forhold til den omgivende bygning.

Begge disse områder har været behandlet af DS, først som rekommandationer, senere i standarder. DS 1036 behandler den interne målgivelse af rørsystemerne. Alle mål til ledninger, fittings og armatur mv henføres til centerlinier. Afstandene mellem centerlinier eller mellem deres skæringspunkter kaldes midte-midte-mål; se figur 5.03.

DS blade om installationers målaf-sætning, litt. 5.2 og 5.3.



Figur 5.03
Rørinstallation med muffesamlinger efter DS 1036.
 C = midte-midte-mål.
 L = rørstykkets byggemål.
 Z = samlestykkets byggemål.



Figur 5.04
Mærkat for målafsets-
ningslinje fra DS 1000.
Målstregen ligger 1100
mm over rådækmodul-
planet, sammenlign
figur 2.22.

Længder på rørstykker, fittings og armatur mv angives ved de pågældende deles byggemål, defineret som de nyttelængder, hvormed delene bidrager til rørsystemets længde målt i centerliniernes retninger. Z-målene, der kan findes i de forskellige rørkataloger, er oprindeligt indført af det schweiziske firma Georg Fischer.

Med dette målgrundlag kan der udføres procestegninger af installationsarbejdet, se figur 5.09, hvor alle rørdeler, samlestykker og armaturer er målsat entydigt. Herved bliver det muligt at præfabrikere større enheder af installationerne og derefter samle disse ved enkle montageoperationer på byggepladsen.

Standardbladet DS 1037 behandler sammenbygningen af installationer og konstruktioner og giver anvisninger på, hvorledes den nødvendige målkoordinering og målligning kan foregå, se figur 5.02.

DS 1000, standardbladet for vertikale mål, indeholder målafsetsningslinjen for højdemål, se figur 5.04, og det anbefales, at denne linje afsættes i alle installationsrum ved hjælp af en særlig mærkat, som forhandles af DS. Målstregen bør også benyttes til afsætning af inventar mv.

5.2 Installationer og konstruktioner

Det voksende antal installationer i vore bygninger betyder ikke mindst for elementbyggeriet øgede udgifter til indpasning og sammenbygning. Installationerne er således årsag til de fleste af de elementvarianter, der må indføres i dæk- og vægproduktionen.

Figur 5.05 viser et eksempel fra litt. 5.4 på et udvalg af typiske vægelementer med et forslag til indlæggelse af elinstallationer. Forslaget indebærer, at *samtlig*e vægelementer udstyres med de viste installationer, hvormed man dels omgår problemet med elementvarianter, dels opnår en yderst fleksibel elinstallation, der kan tilpasses alle ønskelige ændringer i det færdige hus. De øgede udgifter til de ikke benyttede installationsdele skulle kompenseres af den opnåede rationaliseringsgevinst. Forslaget har dog ikke vundet større udbredelse på elementfabrikkerne, også fordi ønsket om at kunne placere installationerne frit i projekteringsfasen har domineret i beslutningsprocessen. En anden fremgangsmåde med udvendigt monterede el-lister er omtalt i litt. 5.5.

Principielt bør installationerne naturligvis placeres i bygningen, hvor der er brug for dem; men alligevel er det muligt at disponere således, at projektet bliver »produktionsvenligt«, og en vis variantbegrænsning i elementerne opnås. Dette fremgår af eksemplerne i figur 5.06 og 5.07, der viser lejlighedsplaner af samme størrelse og med samme udstyr men med store forskelle i planlægning af installationsrummene.

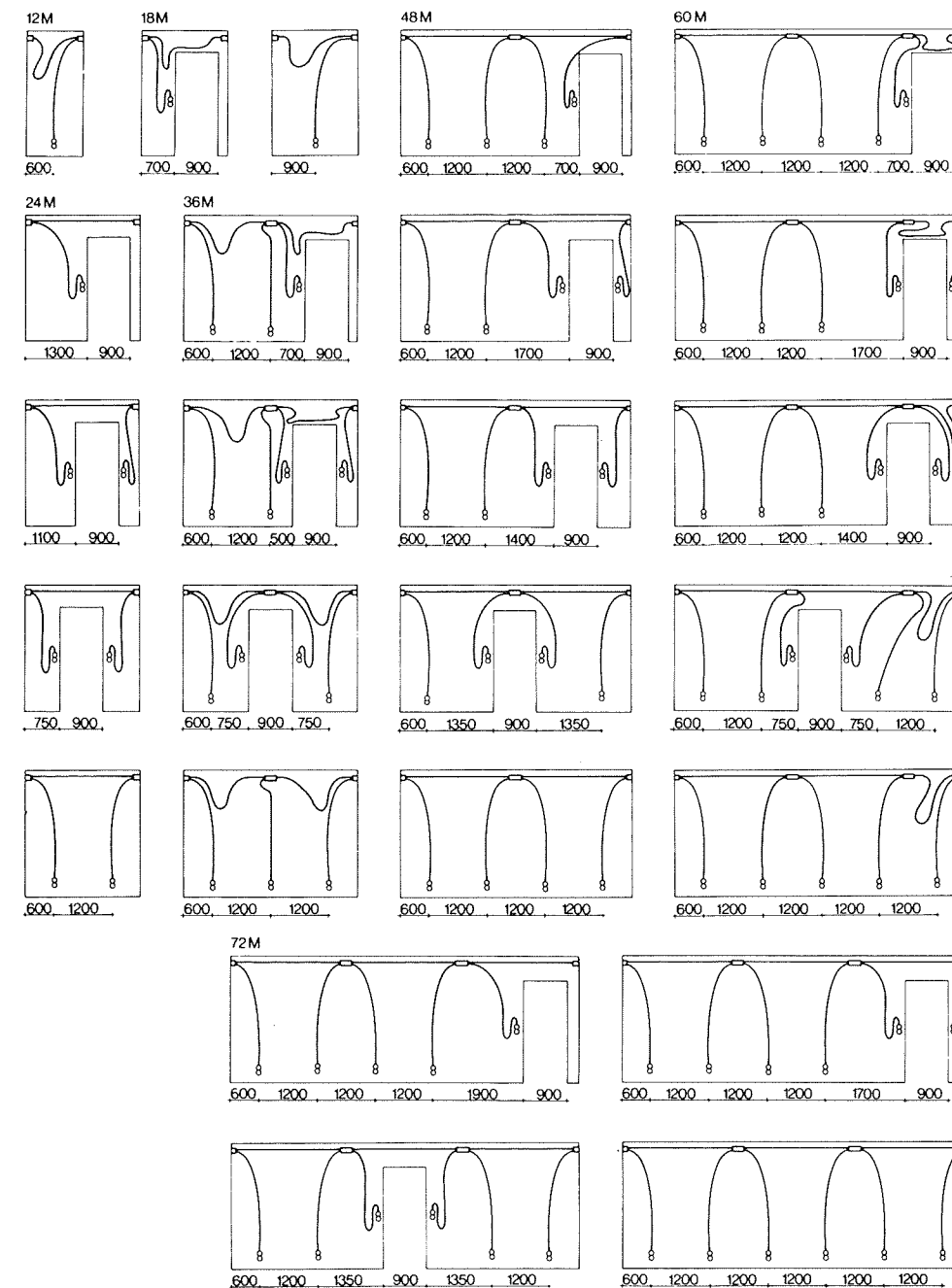
Figur 5.06 viser, hvorledes installationerne er spredt over hele planen og medfører et stort antal specialplader samt støjgener for en del af opholdsrummene, mens figur 5.07 viser koncentrerede installationsrum. Herved opnås med den viste dobbeltvæg dels et rationelt installationsarbejde, der eventuelt kan præfabrikeres som en unit eller en installationsvæg, dels en koncentration af de støjende rum med en rimelig adskillelse fra opholdsrummene. Dette forhold tilgodeser kravene i bygningsreglementet, kapitel 9.2.4., som kræver et maksimalt tilladeligt støjniveau fra installationerne.

Pladetabellerne for de to løsninger viser, hvor meget der er opnået for elementproduktionen, idet princippet har været at lade flest mulige funktioner indbygge i færrest mulige varianter. Det relativt store antal dækvarianter i forslag A skyldes også, at varmenstrengene er ført op ved hver radiator; mens der i forslag B er udført vandret fordeling under gulvet.

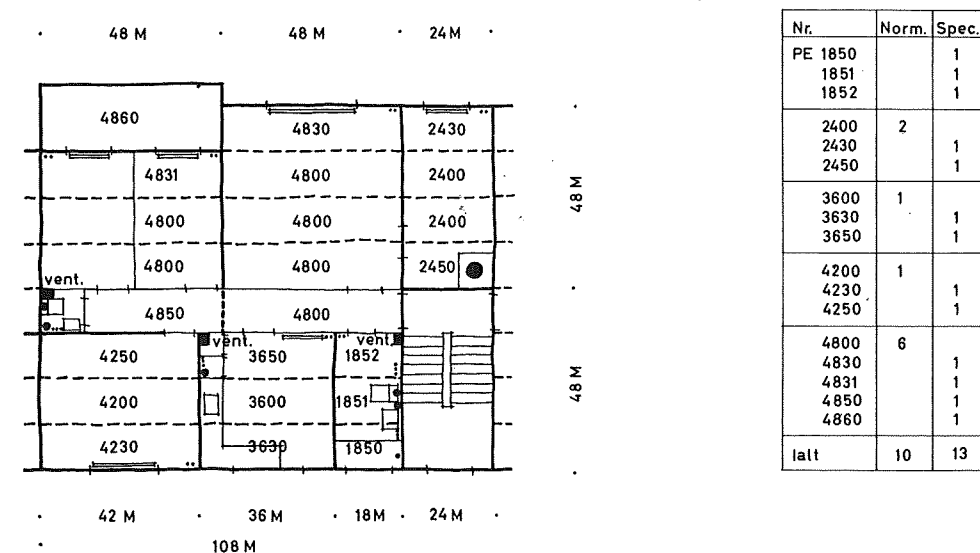
Figurerne 5.06 og 5.07 illustrerer desuden to problemer, som er typiske for installationsrummene:

1. Afløbsledninger og elementopdeling,
2. Fuger i badeværelsesgulve.

Ad.1. Liggende strækninger af afløbsledningerne i figur 5.06 kan ikke krydse elementfugerne med ledninger indstøbt i dækkene, og man må derfor enten øge dækbredden, så den svarer til badeværelsets rummål (NB! vægtproblem) eller lægge ledningerne ned under dækket, hvilket giver støjproblemer og kræver nedhængte lofter. Problemet forsvinder i figur 5.07, hvor ledningerne følger dækkets bæreretning. Med moderne plastrør med fald omkring 20‰ kan afløbsledningerne i reglen indstøbes helt i dækelementerne uden at komme i konflikt med armeringen.

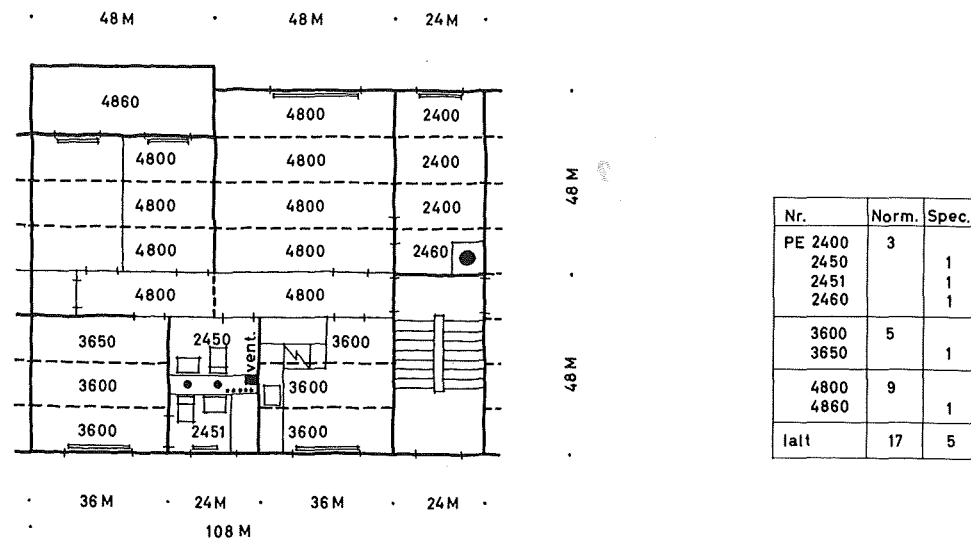


Figur 5.05
Forslag til standardsortiment for vægelementer med typiserede elinstallationer fra SBI-Rapport 98.



Figur 5.06
Lejlighedsplan med
spredte installationer.

Figur 5.07
Lejlighedsplan med samlede, rationelle installationer.



PLAN B : 3 v + 2 k, ca. 110m² brutto

Fuger i gulve

Ad.2. Det vil være umuligt at undgå fuger i badeværelsesgulvene, hvis der bruges 12M brede plader. Fugerne giver tæthedsp problemer i de våde rum, fordi elementerne arbejder. Følgende løsninger kan her komme på tale:

- Fugefri, elastiske gulvbelægninger
- Fugefri overgulve
- Specialplader uden fuger

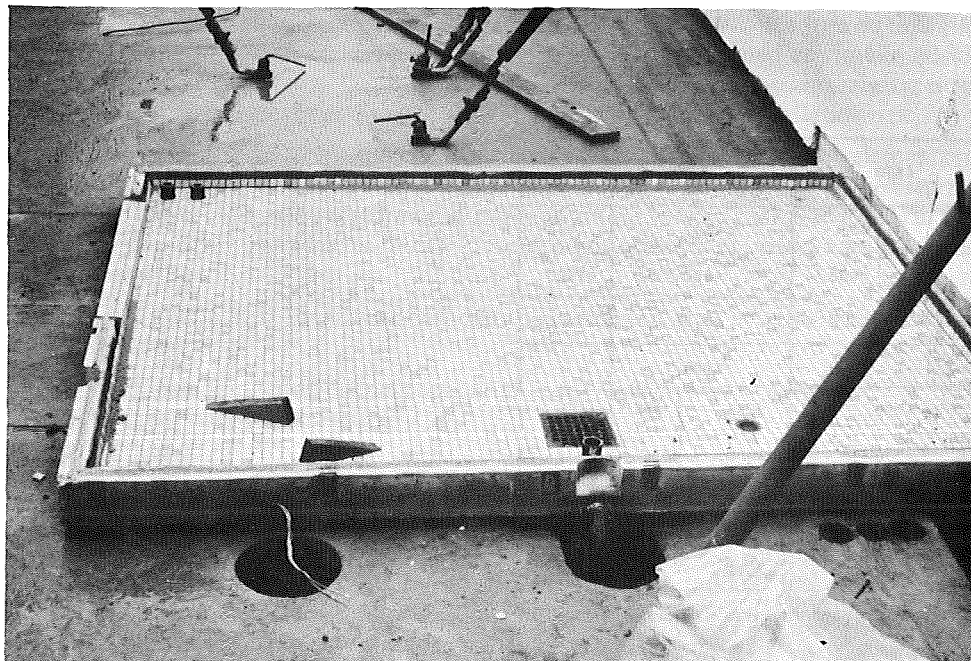
Vinyl-belægninger

Fugefri gulvbelægninger kan fx udføres af svejst vinyl eller lign. De uundgåelige samlinger ved rørgennemføringer, vægttilslutninger mv er vanskelige at få tætte, og løsningen, som har været anvendt på mange ældre projekter, har givet anledning til en del reklamationer.

Overgulv af beton

Sikrere er det at lægge en tynd betonplade med en overflade af stiftmosaik, fliser, terazzo eller andet som en præfabrikeret, fugefri plade over de normale dækelementer. Denne løsning er fx anvendt på Vollsmoseplanen med godt resultat. Det eneste tæthedsproblem for disse gulve findes i fugen mellem gulv og vægge. Her kan let udføres en fuge med elastisk fugekit, som er helt pålidelig. Figur 5.08 viser en sådan præfabrikeret plade med stiftmosaik.

Figur 5.08
Præfabrikeret, fugefrit overgulv af beton fra Vollsmoseplanen. Plade-tykkelsen er ca 80 mm.



Badeværelsespladerne med normal tykkelse må ofte udføres massive, fordi rør og udsparinger er i vejen for de langsgående kanaler. Vægten af disse plader ligger derfor på ca. 4,2 kN/m² mod normalt ca. 3 kN/m² for hulpladerne.

Elementvægten for installationspladerne må derfor altid kontrolleres. Hvor løftegrej og pladestørrelse gør det muligt, kan det fugefri gulv undertiden opnås med brede specialplader, med fuger placeret uden for installationsrummets gulvflade. Kapitel 9, figur 9.09 viser et eksempel på denne løsning.

5.3 Typiserede installationsdele

Rør, fittings, ventiler og installationsdele mv har som bekendt været industriprodukter længe før byggeriets konstruktioner blev det. Det er derfor naturligt, at man i installationsindustrien kan studere mange af de produktivitetsfremmende processer, som også er aktuelle for byggeriets konstruktionskomponenter i dag. Eksempelvis, standardisering, målkoordinering, toleranceregler, typisering osv. Som et eksempel på typisering af delsystemer af installationselementer skal vi i det følgende se lidt på det vigtige og velorganiserede arbejde, der er udført af Byggeriets Planlægningsssystem, BPS-Centret, på installationsområdet.

BPS, som også er omtalt i kapitel 7 og i litt. 5.6, har som sit hovedformål at skabe en ny industriel tradition i byggeriet. Og da de enkelte installationsdele, som nævnt, allerede er industriprodukter, bliver opgaven her at typisere og generalisere installationsløsninger for fx køkkenvaske, håndvaske, toilet- og badeinstallationer, så de kan anvendes direkte i projekter, hvor gennemarbejdede detailløsninger kan overføres fra BPS's kataloger; se litt. 5.7.

Disse løsninger, hvoraf et eksempel er vist i figur 5.09, er gennemarbejdet af fagfolk, holdes à jour af BPS's sekretariat og refererer ofte direkte til producentkataloger med fortegnelser, katalognumre, prissætning osv. Løsningerne repræsenterer således en slags »præfabrikeret projektering« og betyder derved en enorm rationaliseringsgevinst for de projekterende og tilbudsgivende i installationsbranchen.

BPS's VVS katalog dækker hele installationsområdet inden for varme, vand, afløb, ventilation mv, incl. fjernvarmeledninger i betonkanaler; se litt. 5.7.

5.4 Installationsunits

De præfabrikerede installationsunits er nok det klareste og mest konsekvente udtryk for tanken om byggeriets industrialisering. Disse komponenter demonstrerer med stor tydelighed, hvorledes overførsel af håndværk fra byggepladsen til delvist industrialiserede processer på en fabrik giver rationaliseringsgevinster i form af tid og penge.

Både danske og udenlandske virksomheder har produceret disse units, specielt badeværelser og køkkener, som nøglefærdige enheder - oftest til brug i bestemte projekter, dvs i de såkaldte lukkede systemer. Efterhånden er disse units blevet udviklet til mere fleksible og generelle typer, der kan indbygges i projekter på det åbne marked.

Enhederne færdiggøres på fabrikken med alle installationer, sanitetsgenstande og færdige overflader. På byggepladsen skal der kun udføres oplægning og tilslutning af rør- og elforbindelser mv.

Hermed er der vundet meget betydelige rationaliseringsgevinster for byggeriet. I det traditionelle badeværelse (på ca 3 m²) skal mere end en halv snes fag afløse hinanden i en nøje fastlagt rytme, og badeværelset bliver derved ofte byggepladsens flaskehals. Med præfabrikerede units reduceres arbejdsoperationerne på pladsen til nogle få montageoperationer. Et klart eksempel på montageprincipets fordele.

Under de travleste år i begyndelsen af 1970'erne fandtes der mere end et dusin forskellige fabrikater på det danske marked. I dag, i 1983, er der pga. markedsforholdene kun 2 virksomheder igang, typisk nok delvis baseret på eksport.

Tunge badplader

Produktionen af installationsdele er en klassisk maskinindustri

BPS VVS
BYGGERIETS
PLANLÆGNINGSSYSTEM

VVS katalog fra BPS-Centret

Rationaliseringsgevinst gennem VVS units

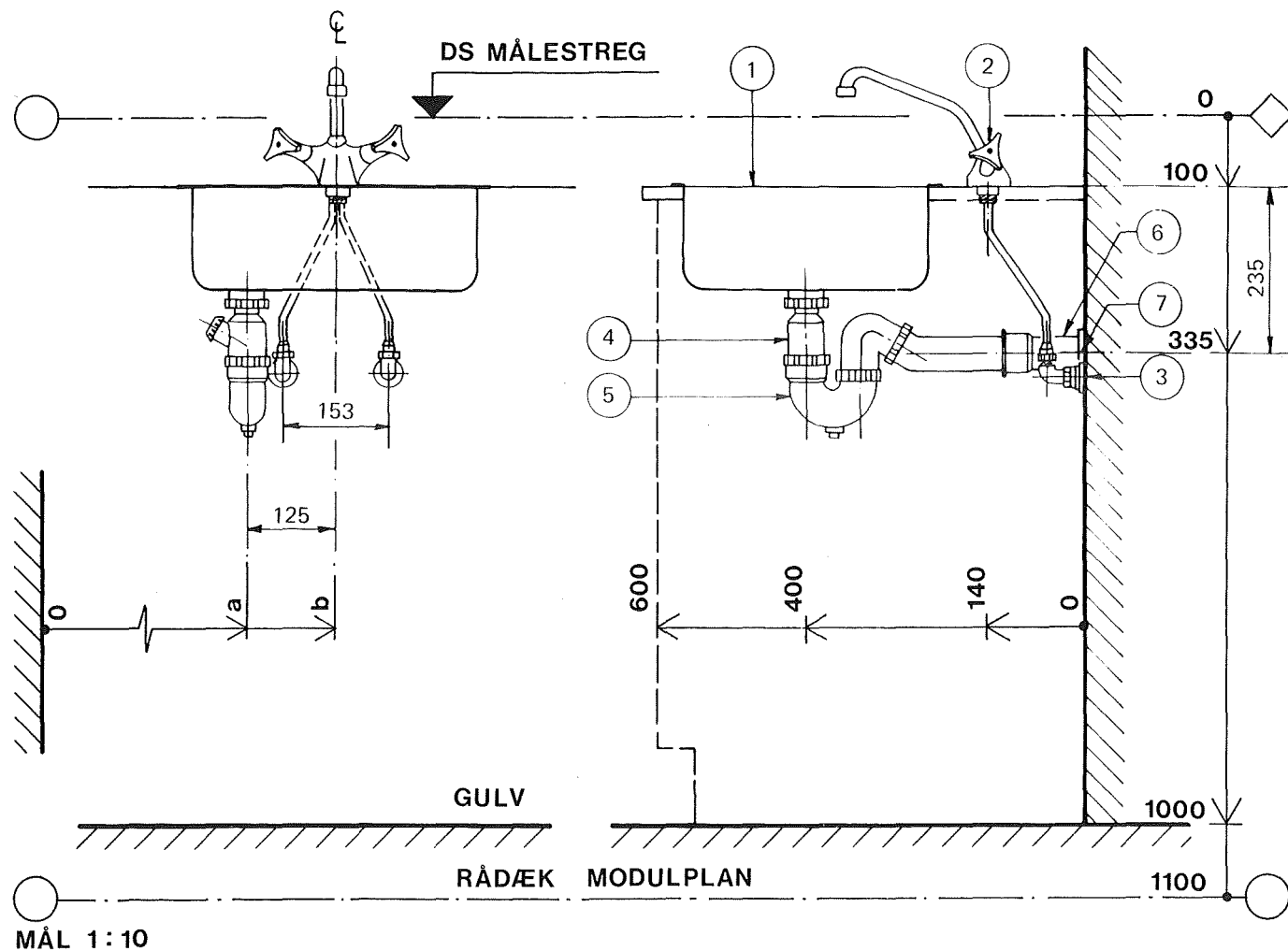
Units gør installationsarbejdet til en montageoperation

Badeværelset som byggepladsens flaskehals

Markedsforholdene for units

**Køkkenvask med vandlås
og afløb til væg**

| | | | |
|--------------------|---------|-------|-------|
| BPS-NR. | | | |
| SFB-GR. | VVS-GR. | TEGN. | SPEC. |
| (73)4 | C-68 | 02 | 02 |
| DATO: Oktober 1977 | | | |



MÅL 1:10

| POS NR. | TEKST | VVS-FÆLLESNR | MGD. | DISPONIBEL |
|---------|-------------------|--------------|--------|------------|
| 1 | Køkkenvask | 68 1204.000 | 1 stk. | |
| 2 | Blandingsbatteri | 70 5504.204 | 1 stk. | |
| 3 | Afspærringsventil | 74 4406.323 | 2 stk. | |
| 4 | Overgangsstykke | 18 8685.000 | 1 stk. | |
| 5 | Vandlås | 18 8850.000 | 1 stk. | |
| 6 | Lige rør-stykke | 18 6012.025 | 1 stk. | |
| 7 | Roset | 01 5210.049 | 1 stk. | |

Figur 5.09
Typiseret køkkenvaskinstallation fra BPS. Målafsætningen på det originale blad er suppleret med placeringsmål i henhold til DS 1000.

Udviklingen af baderumsunits begyndte i større målestok med Larsen & Niensens model af betonelementer, se figur 5.10, og mere end 5000 boliger er opført med denne type. Pga. den høje elementvægt, ca 66 kN, påbegyndtes en udvikling med andre materialer. Bl.a. har letbeton, vandfast finer, metalplader, gips, letbeton og plast været anvendt, se figur 5.11 og -12. En oversigt over de vigtigste typer pr. 1974 er givet i litt. 5.8.

Nogle fabrikater er baseret på den idé at samle hovedparten af installationerne i en enkelt væg, eller en såkaldt installationsblok, som leveres med færdige installationer og overflader til byggepladsen til sammenbygning med bygningens normale dæk- og vægssystemer, se figur 5.13. En smidig løsning, som også har været anvendt i forbindelse med renoveringsopgaver. Se litt. 5.9.

5000 L&N units af beton

Installationsvægge og -blokke

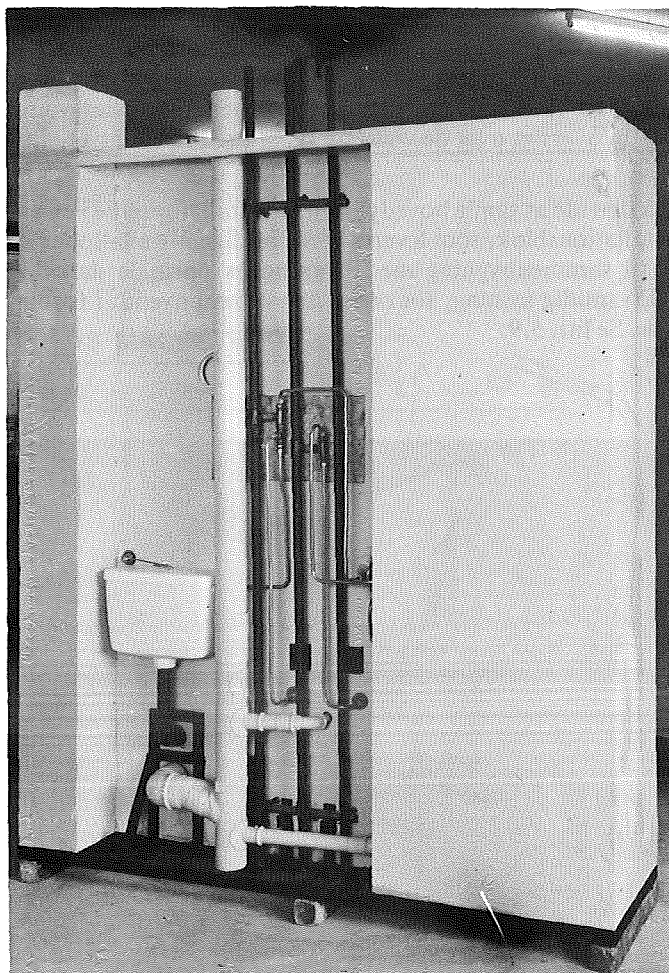


Figur 5.10
Klargøring af units på fabrikken hos Larsen & Nielsen.



Figur 5.11
Badeværelseskabine af glasfiberarmeret plast. Fabrikat Kabina A/S.

Figur 5.12
Installationsunit af Leca-
beton med rør af kobber
og plast.



Figur 5.13
Installationsvæggen
»Triosan« har været an-
vendt på Rigshospitalet
og på Amtssygehuset i
Hvidovre. Under de nu-
værende markedsforhold
ligger produktet »i dvale«
men kan genoplives, når
behovet viser sig igen.



Figur 5.14 og -15 viser tegninger af units, som stadig findes på det danske marked (1983). Typen, der er udført af letbeton, forekommer i en række standardiserede varianter og kan desuden »skræddersys« efter klientens ønsker. Uniten opfylder alle aktuelle funktionskrav, herunder lyd- og brandkravene, og har gennem en mangeårig udvikling nået et højt kvalitetsniveau. Uniten indgår bl.a. i et stort dansk eksportprojekt til Algeriet; se indgangsbilledet til dette kapitel. Der henvises iøvrigt til leverandørerne for nærmere oplysninger; se litt. 5.10 og -11.

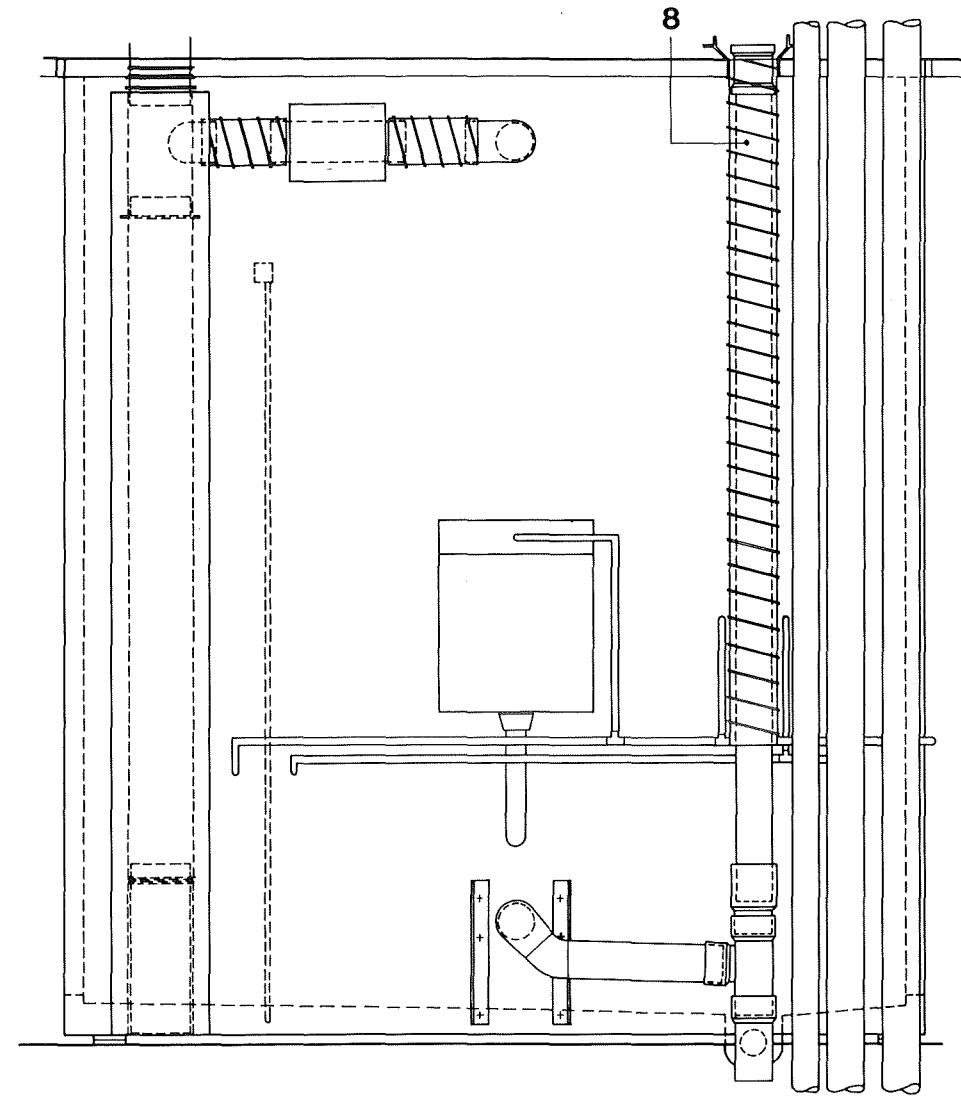
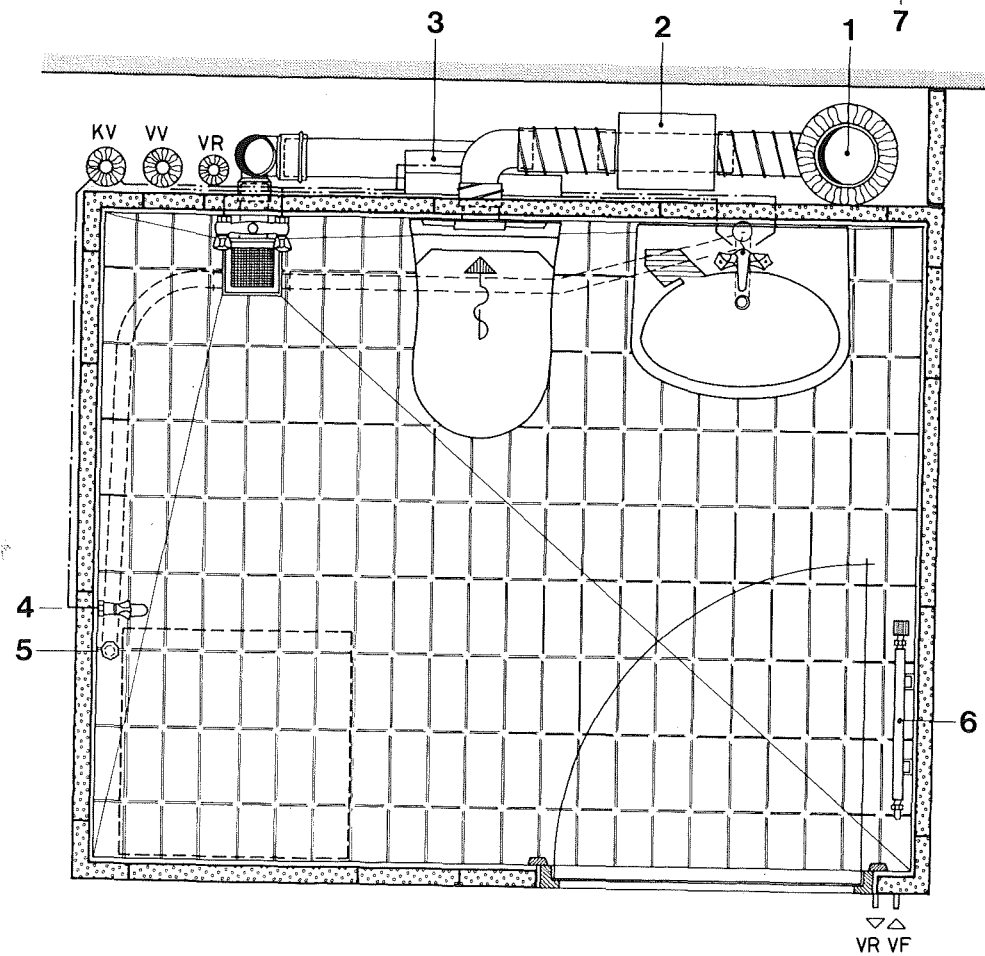
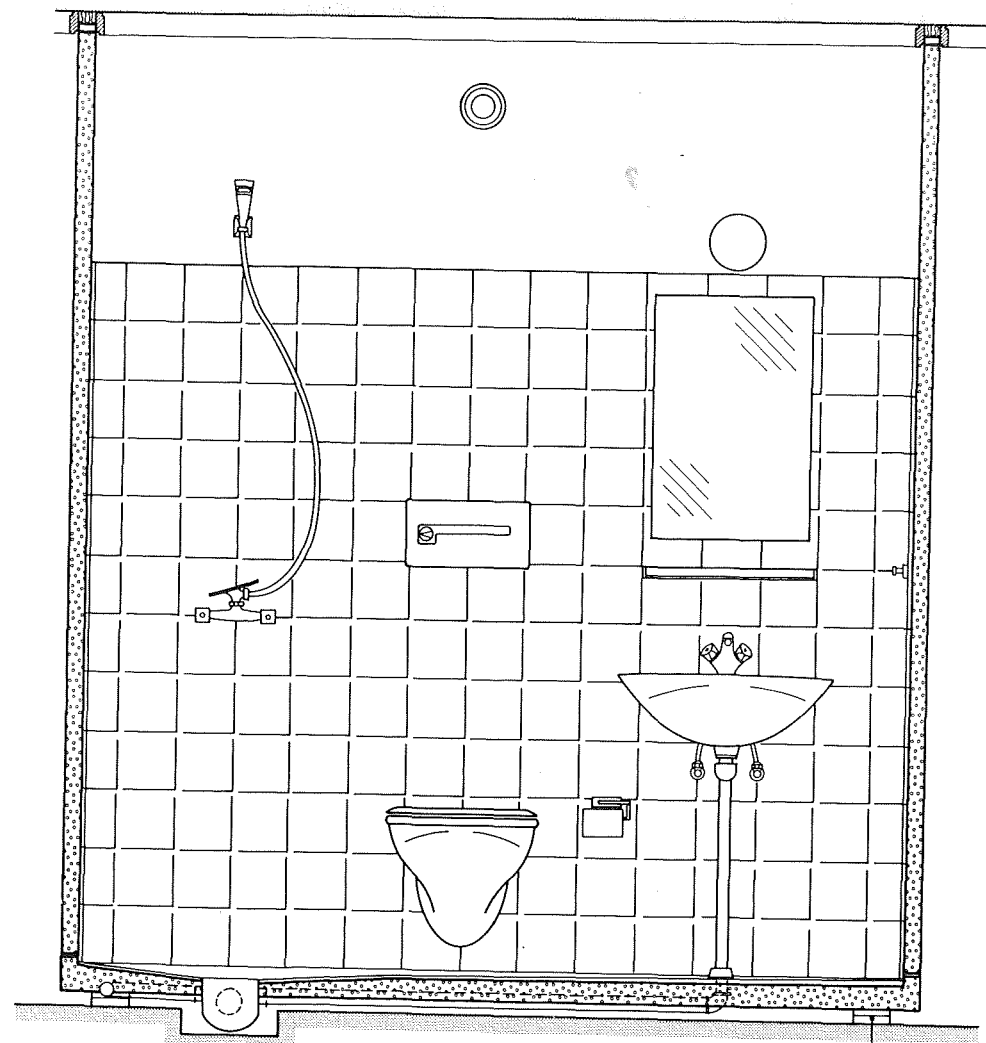
5.5 Litteratur

- | | | |
|------|------------------------------|--|
| 5.1 | Becher, Poul: | Varme og Ventilation, del 1-6. Teknisk Forlag, København 1971. |
| 5.2 | Dansk Standardiseringsråd: | DS 1036. Rørinstallationer i byggeriet. 1. udg. 1970. |
| 5.3 | Dansk Standardiseringsråd: | DS 1037. Rørinstallationer i byggeriet. 1. udg. 1970. |
| 5.4 | SBI-Rapport 98: | El-installationer i betonelementer. SBI, København 1977. |
| 5.5 | SBI-Særtryk 192: | El-lister i montagebyggeriet. SBI, København 1969. |
| 5.6 | Jens M. Eiberg, BPS-Centret: | Rationalisering af bygningsplanlægning med BPS-principper og BPS-værktøjer. »Byggeindustrien« 1981.9. København. |
| 5.7 | BPS-Centret: | VVS-detaller. Hørsholm 1980, ajour-føres løbende. |
| 5.8 | SBI-Særtryk 252: | Bathroom Box-Units in Denmark. SBI, København 1974. |
| 5.9 | Triosan A/S: | Triosan-blokken, firmakatalog. |
| 5.10 | E. Jørgensen A/S: | Badekabiner, firmakatalog. |
| 5.11 | Sanwill A/S: | Nøglefærdige badeværelser, firmakatalog. |
| 5.12 | SBI-Anvisning 46: | Plan i køkkenet. SBI, København 1977. |
| 5.13 | Rørforeningen: | VVS-kataloger, ajour-føres løbende. |
| 5.14 | SBI-Anvisning 112: | Bygningers lydisolering. 2. udgave. SBI 1983. |

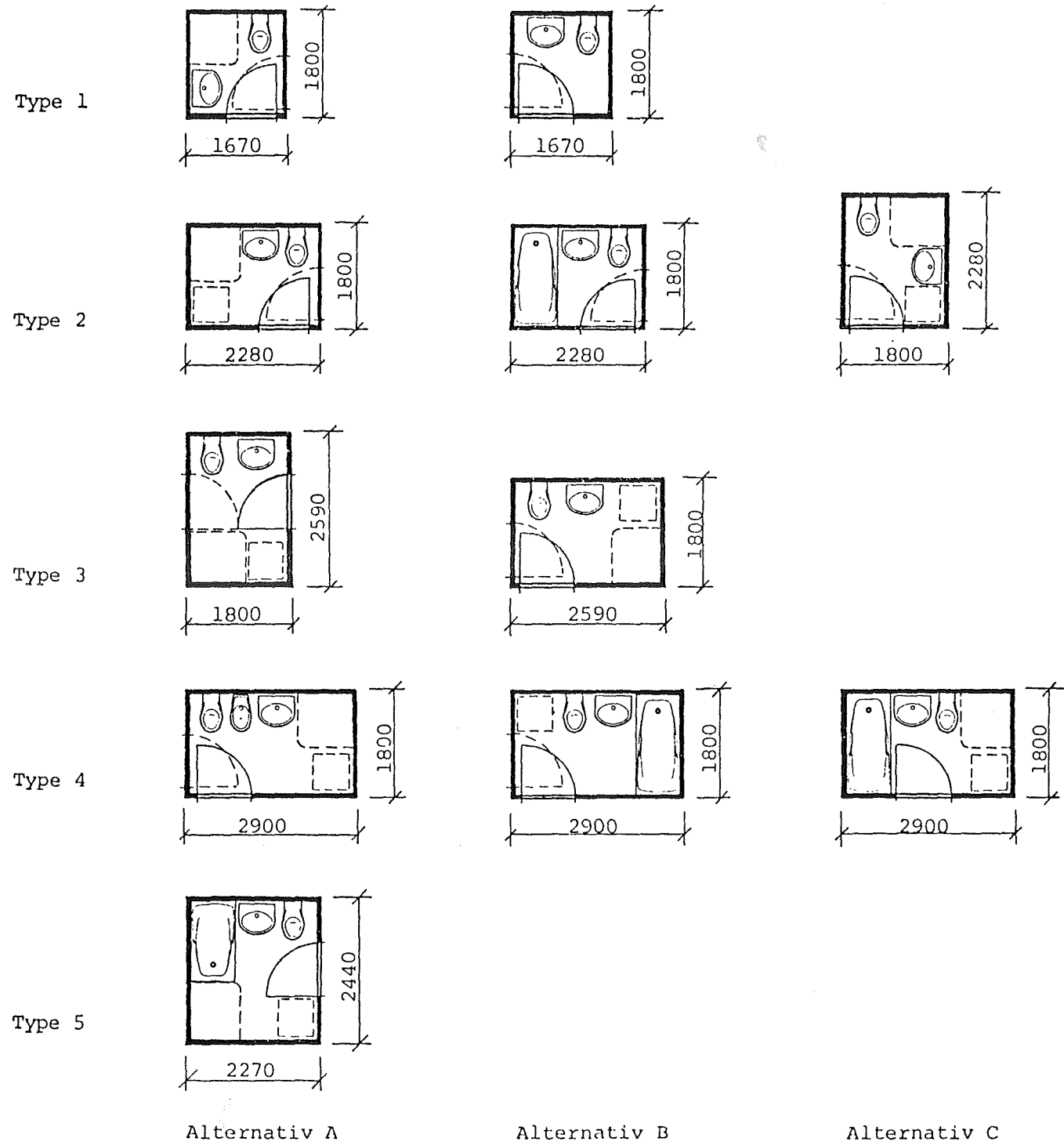
Figur 5.14
(se også næste side)
EJ-badekabine, litt. 5.10

- 1 Ventilationsrør
- 2 Lydfilter
- 3 Indbygget cisterne
- 4 Tapsted for vaskemaskine
- 5 Afløb for vm.
- 6 Radiator
- 7 Opklodsning med 10 mm Neoprene
- 8 Brandisolering af plast-rør.

Kabinen er et præfabrikeret, nøglefærdigt badeværelse, som er blevet produceret siden 1963 i mere end 14.000 eksemplarer. Bemærk, at tegningen er en orienteringstegning, ikke en procestegning, idet der mangler en række mål og materialespecifikationer.

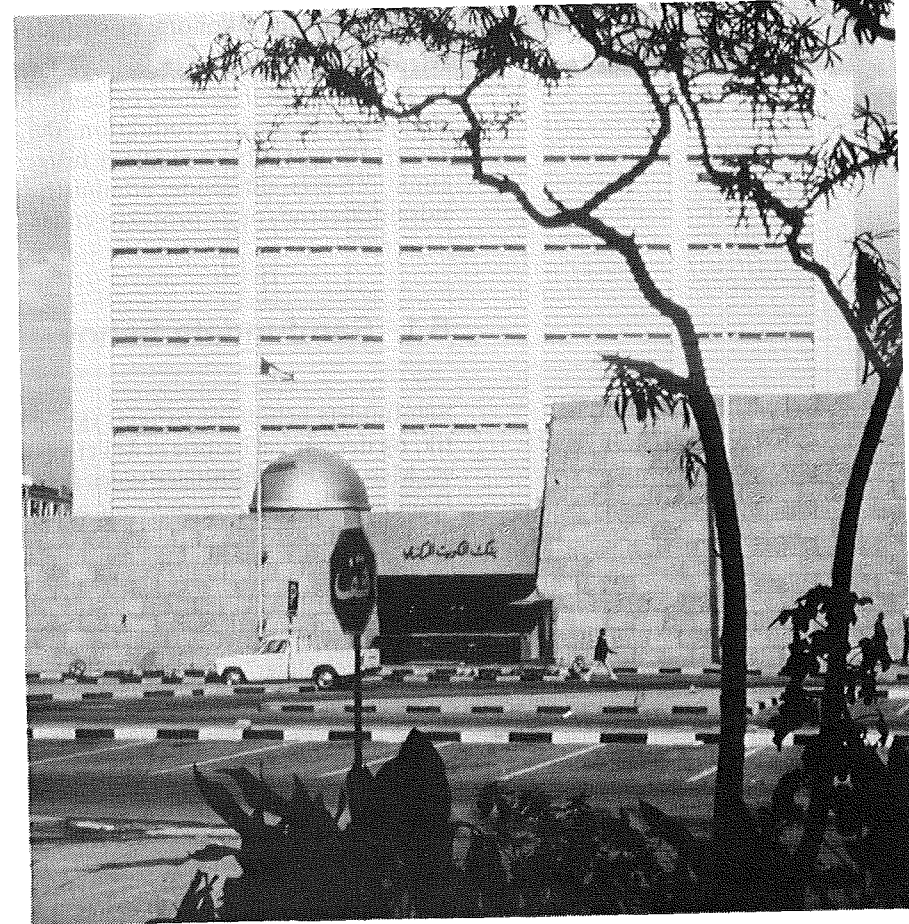


5.14, fortsat.
Kabinen set bagfra. I de enkelte projekter skal der træffes foranstaltninger, så rørsystemerne kan tilses og vedligeholdes.



Figur 5.15
Udvalg af standard kabinetyper af fabrikat »Sanwill«. Kabinerne kan også leveres efter mål. Se litt. 5.11. Kabinerne er af samme type som EJ-kabinerne, vist i figur 5.14.

Dansk byggeri er i en årrække blevet projekteret ud fra funktionskrav - tekniske såvel som brugskrav. Og ydeevnetankegangen har vundet indpas i undervisning, forskning og bygge Lovgivning. Men byggeriet styres også af politiske og økonomiske forhold i samfundet. Fx af kravet om at kunne eksportere. Billedet viser Nationalbanken i Kuwait, projekteret af arkitekterne Arne Jacobsen, Dis-sing og Weitling; ingeniør M. Folmer Ander-sen.



6

6. Projekteringsforudsætninger

Byggebehov og byggeprogram

Enhver byggesag begynder med et behov og en bygherre. Når behovet er konstateret, er det bygherrens opgave at formulere et byggeprogram for dets opfyldelse. Bygherrer findes i mange kategorier, og ikke alle magter lige godt den vanskelige opgave, det er at formulere et klart byggeprogram. Så må bygherrens hjælpere træde til: de rådgivende teknikere, økonomer og jurister. Efterhånden tager byggeprogrammet form, og på et tidligt tidspunkt af dets tilblivelse skal der træffes en række valg, som er afgørende for projektets udførelse. Der skal vælges bygningstyper, materialer, produktionsteknik samt økonomi og driftsform m.m.

Beslutninger i byggeprocessen

Men bygherren og hans hjælpere kan ikke træffe alle disse beslutninger frit. Byggeri er et samfundsanliggende, og samfundet ønsker at blande sig i beslutningerne. Der er næppe nogen anden produktion, der som byggeriet bliver påvirket af samfundets interessegrupper. Og da vi alle er brugere af byggeri, har vi også alle en mening om dets funktion, pris, udseende, administration osv. Denne situation er med til at skabe forudsætningerne for de projekterendes arbejde.

6.1. Samfundets behov

Byggeri og samfund

Samfundets behov for byggeri skulle gerne komme til udtryk i samfundets byggepolitik, og der går vel næppe et år i et vestligt samfund, hvor der ikke lovgives om byggeriet. Men disse beslutninger tages ikke først og fremmest ud fra hensyn til byggeriet. I Danmark, hvor vi har anvendt op til 18% af vort BNP til byggeri (se figur 1.03), er byggeriet meget følsomt over for ændringer i samfundsekonomien. Byggeriet afspejler samfundets økonomiske svingninger og bliver desuden brugt i politiske forsøg på at regulere disse.

Politiske og økonomiske modsætninger

I disse forsøg indgår foruden de økonomiske parametre en række politiske og ideologiske. Lejeboliger contra ejerboliger, boligspekulanter contra boligløse, sociale boligselskaber contra private bygherrer - dette er blot et uddrag af de begreber, der præger tidens bolig- og byggedebat. - Det er ikke nemt at være ingeniør under disse vilkår!

Socialt boligbyggeri - eller ej?

Boligbyggeri handler også om sociale og kulturelle mønstre. Hvordan ønsker vi at bo? - hvor? - og med hvem? Højt, frit og kapitalistisk? - Eller tæt, lavt og marxistisk?? Sagen er sat på spidsen for at antyde nogle af de problemer, der trænger sig på i debatten. Mere herom i litt. 6.1.

Danmarks boligforsyning og byggebehov

Hvor snævert byggeriets problemer er forbundet med samfundets, fremgår af det i kapitel 1 nævnte forhold, at Danmark har verdens højeste boligstandard, målt i areal pr. indbygger, og folketallet er nu tilmed faldende i Danmark. Alligevel er der mange mennesker i boligkøen, især blandt de unge og mindrebemidlede. Der bygges derfor stadig, for tiden (1983) ca. 20.000 boliger om året, og der er et stort behov for modernisering af den gamle boligmasse. Hertil kommer en forventet betydelig stigning i erhvervsbyggeriet, se kapitel 17, - og endelig er der byggeeksporten.

Byggeindustriens marked

Alt dette giver dog næppe anledning til nogen stor vækst i byggeindustrien - 70'ernes boom kommer ikke tilbage - og spørgsmålet er, om de stærkt arbejdsbesparende produktionsmetoder vil have et tilstrækkeligt stort marked i fremtidens Danmark.

6.2 Nye boligformer

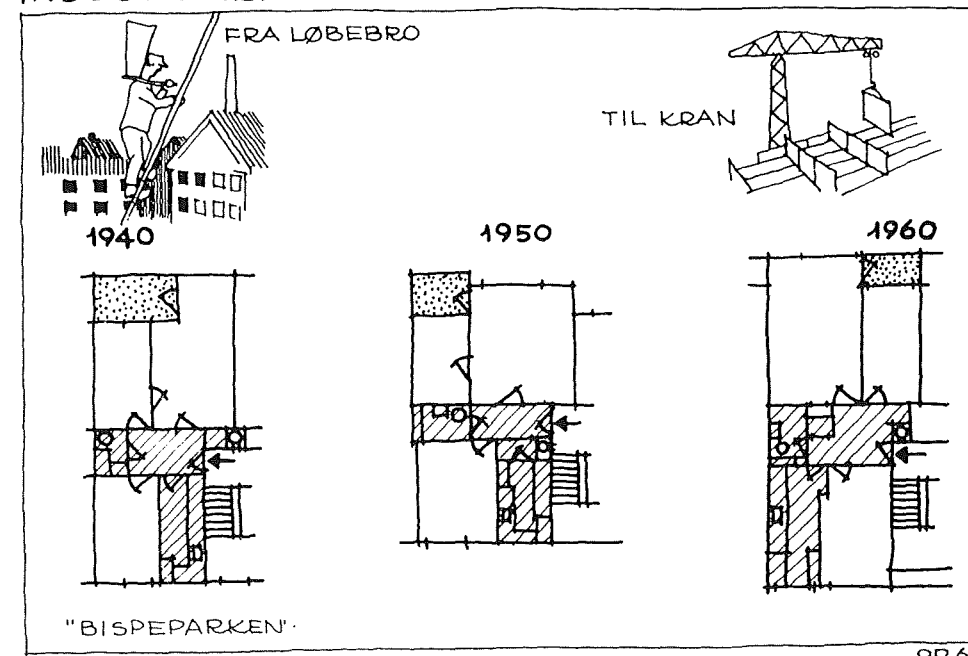
Etagehus og enfamiliehus

Under udviklingen af det industrialiserede byggeri i 1950'erne og 60'erne eksisterede der i Danmark stort set kun to boligtyper: enfamiliehuset og etageboligen, sidstnævnte udformet som en blok i 3-4 etager. Det var denne simple kasseformede konstruktion, som blev anvendt i starten af industrialiseringsprocessen, velegnet som den er til opdeling i ensartede elementer. Se figur 6.01.

Højhuset

Højhuset dukkede op i begyndelsen af 1950'erne, og det lykkedes relativt hurtigt at udvikle den teknik i form af forspænding og svejsning mv, der gjorde det muligt at opføre disse huse af elementer. Se figur 6.02. Men hustypen blev snart mødt med

INDUSTRIALISERINGENS TEKNIK OG INDHOLD



Figur 6.01
Den almindelige 3-4-etagers boligblok fra 1930'erne blev i 50'erne og 60'erne opført med en ny industriel byggeteknik.

kraftig kritik fra bruger- og arkitektside, og man søgte nye løsninger for etagebyggeriet, alt imens enfamiliehuset overtog en stadig større andel af nybyggeriet.

Med terrassehuset fandt man i 1960'erne en løsning, som i nogen grad kunne tilbyde haveboligens fordele med friarealer og udestuer i en etagehusbebyggelse med relativ høj udnyttelsesgrad. Hustypen er beskrevet i kapitel 12, hvor det vises, hvorledes også denne boligform kan opføres med præfabrikerede komponenter. Se også figur 6.03.

Reaktionen på højhusproblemerne og de store montageplaners monotoni førte i slutningen af 1970'erne til udvikling af den tæt-lave bebyggelse, hvor man i mindre projekter, typisk på 2-300 boliger eller færre, søger at skabe en slags moderne landsby-samfund, med alt hvad dette indebærer af levevilkår for beboerne. Emnet er udførligt behandlet i fagpressen, ligesom SBI har udsendt adskillige publikationer herom. Der henvises til litt. 6.2 og SBI's kataloger. Se også figur 6.04.

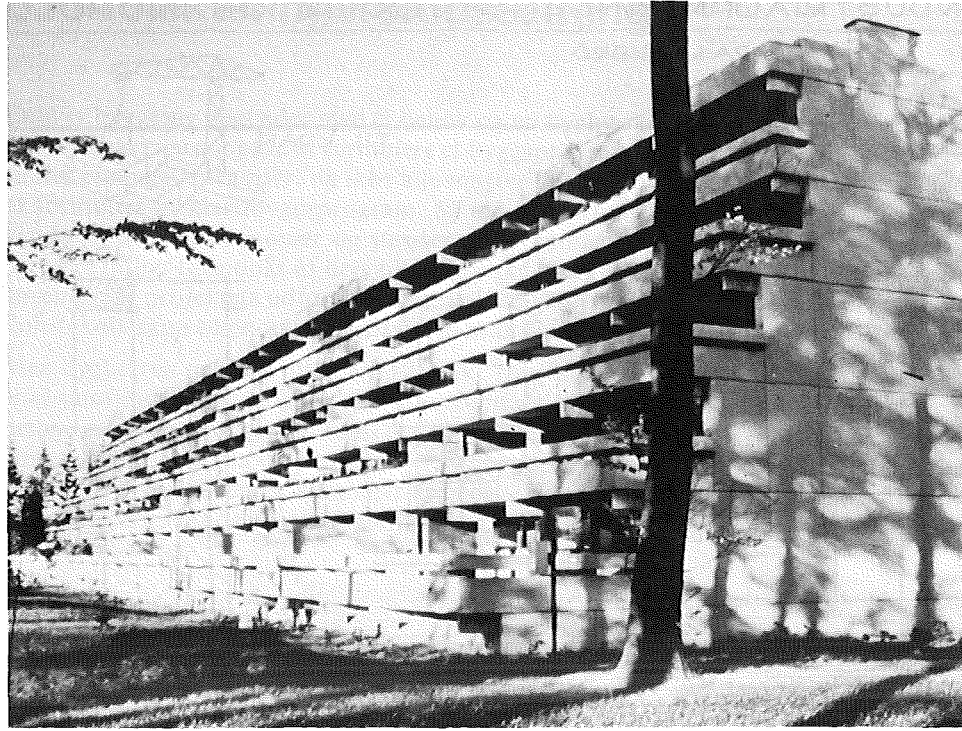
Terrassehuset

Tæt-lav bebyggelse

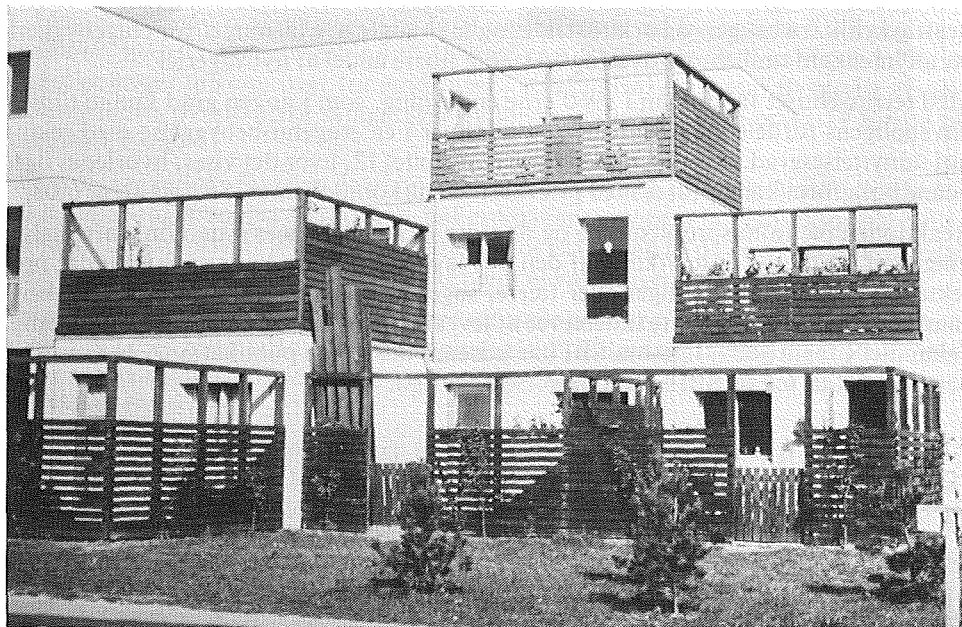


Figur 6.02
Højhusbebyggelse fra 1970'erne. Brøndby Strand syd for København.

Figur 6.03
Terrassehuset blev
1960'ernes ny boligform
med nogle af have-
boligens fordele overført
til etagehuset.
Vejlesøparken i Holte.



Figur 6.04
Den tætte, lave
bebyggelse blev
1970'ernes og 80'ernes
foretrukne boligform.
Her fra Askerød syd fo.
København.



Tæt-lav præfabrikeret

I arbejdet med det tæt-lave byggeri har det været et hovedsigte for arkitekterne at opnå et levende bybillede med store variationer i såvel de enkelte huses som i hele bebyggelsens form. I stedet for de simple, kasseformede bygninger er de nye huse tegnet med talrige spring i både de vandrette og lodrette flader, og der arbejdes hyppigt med skrå tagflader. Hvor disse projekter udføres med præfabrikerede elementer, får vi et meget stort antal forskellige og komplicerede elementtyper. De fleste elementer bliver specialelementer, som man tidligere ville anse for uøkonomiske eller endog umulige at præfabrikere. Men også elementfabrikkerne har fulgt med i udviklingen, bl.a. tvunget af den bitre nød i et købers marked, og der findes talrige eksempler på geometrisk komplicerede bygninger, der er opført med elementer i projekter, som er underlagt Boligministeriets regler for prisgrænser, de såkaldte rammebeløb. Flere af projekterne er beskrevet i DIAB HB's serie, Aktuelle Byggerier, se litt. 6.3. og kapitel 14.

Aktuelle Byggerier,
litt. 6.3

Huse til eksport

Som det foreløbigt sidste trin i udviklingen af nye husformer finder vi danske huse projekteret til fremmede lande. Den voksende byggeeksport stiller krav om projekter, som ikke blot bygningsfysisk men også arkitektonisk er tilpasset de fremmede omgivelser, de er bestemt for. Selvom dette krav er indlysende, er det ikke så ligetil at honorere. Det kræver reelt en efteruddannelse både af arkitekter og ingeniører at bygge på mange af vore eksportmarkeder.

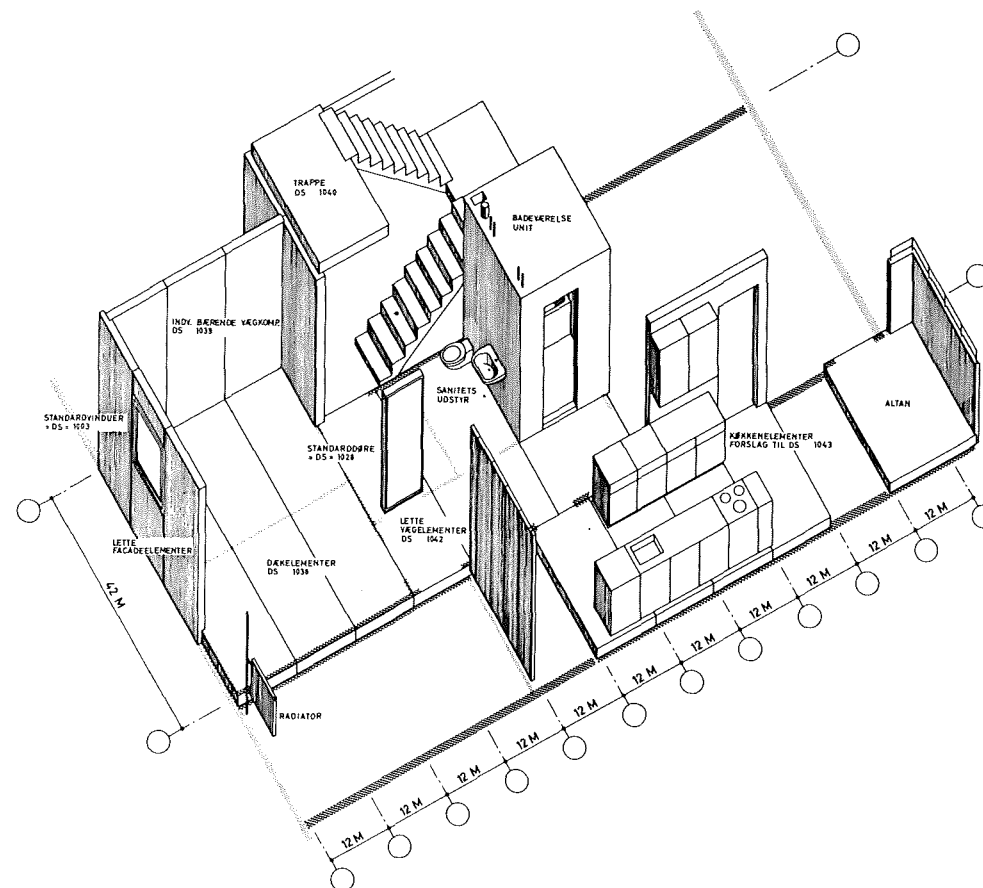


Figur 6.05
Dansk montagebyggeri i
Libyen bygget af
Højgaard & Schultz.

6.3 Produktudvikling - åbne og lukkede systemer

Den ovenfor beskrevne udvikling af de forskellige hustyper og -former er som nævnt forløbet parallelt med byggeprocessens industrialisering, og man har ofte diskuteret, om ingeniøren spillede en for dominerende rolle i udformningen af vore boliger. Før montagebyggeriets tid var ingeniørens rolle i boligbyggeriet begrænset til projektering af installationerne samt eventuelt lidt jernbeton mv. I den industrialiserede byggeproces er han med i alle faser fra projekterings start til byggeriets aflevering og vedligeholdelse.

Ingeniørens rolle i
byggeriet



Figur 6.06
Isometri af lejlighed med
præfabrikerede bygnings-
dele. Til den normale
etagebolig foreligger nu
standardblade og rekom-
mandationer til næsten
alle komponenterne.

Samfundet får de huse, det spørger efter

Men selvom der findes eksempler på, at store montagebyggerier har fået deres beliggenhedsplaner påvirket af hensynet til kransporene (Ballerupplanen), og selvom betonen er et typisk »ingeniørmateriale«, skal man ikke overvurdere ingeniørens indflydelse på boligbyggeriet. Ingeniørens holdning er trods alt først og fremmest bestemt af, at han løser de opgaver, som samfundet - oftest gennem sine arkitekter - stiller ham. Og hovedopgaven for ingeniøren har været i industrialiseringen, som middel til at forøge byggeriets produktivitet. Men denne opgave er ikke løst af ingeniøren alene. Specielt i Danmark har der i meget høj grad været tale om et samarbejde mellem byggeriets parter; et samarbejde, der fx har udfoldet sig inden for områderne byggeforskning, efteruddannelse, standardisering, byggelovgivning, produkt- og systemudvikling mv. På disse områder har danske arkitekter, ingeniører, entreprenører og myndigheder haft et meget tæt samarbejde.

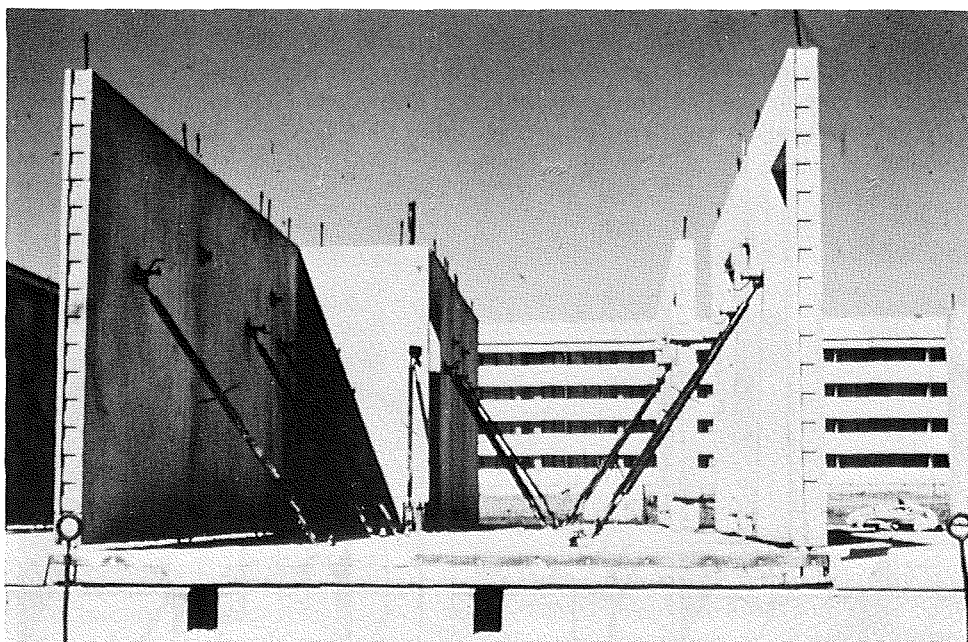
De åbne og lukkede systemers principper

Den tekniske udvikling af nye produkter og byggesystemer er foregået efter to retningslinier, der dog ikke kan eller bør holdes skarpt adskilte: Det *åbne* system og det *lukkede* system.

Det åbne system

Det åbne system er karakteriseret ved, at man tegner og producerer generelt anvendelige, modulære standardelementer til brug for det åbne marked i mange forskellige projekter. Ofte vil disse projekter blive udbudt som fagentrepriser. Dæk- og vægelementer, trapper, vinduer og døre mv er typiske eksempler på sådanne elementer, og der findes Danske Standarder for dem alle, se figur 6.06. De åbne systemer kan siges at være domineret af de projekterende, der gerne vil arbejde med standardprodukter, men som ikke ønsker bygningerne standardiserede. Figur 6.07 viser et eksempel på sådanne standardkomponenter. Kapitlerne 8-11 beskriver eksempler på åbne systemer.

Figur 6.07
Montage af dæk- og vægelementer fra det åbne danske system.



Det lukkede system

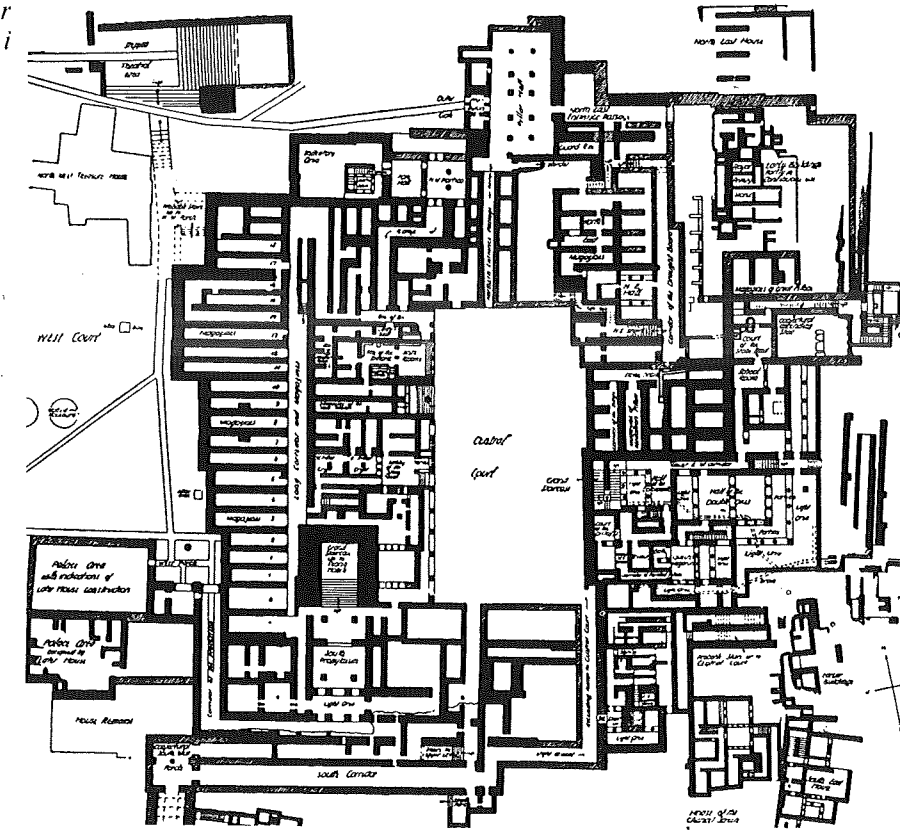
Det lukkede system er karakteriseret ved, at en producent udvikler og markedsfører et typiseret projekt, der oftest tilbydes markedet i hoved- eller totalentreprise. Producenten og hans teknikere videreudvikler og forbedrer produktet, det færdige hus, i takt med de indhøstede erfaringer. Undertiden vil der indgå visse standardprodukter fra underleverandører i projektet; mens hovedsystemets komponenter kun passer sammen indbyrdes, ikke med andre systemer. Kapitlerne 12-14 og 18-19 beskriver eksempler på lukkede systemer. Kapitlerne 20 og 21 viser eksempler på systemer, der indeholder træk fra både de åbne og de lukkede systemer. De nævnte eksempler illustrerer de åbne og lukkede systemers idé- og den bløde overgang mellem dem.

6.4 Litteratur

Emnet for kapitel 6 er så omfattende, at det meste af de sidste 30 års byggelitteratur hører hjemme under denne litteraturliste. Her skal derfor kun fremhæves tre karakteristiske eksempler - der alle indeholder yderligere litteraturhenvisninger.

- | | | |
|-----|---------------------------------|---|
| 6.1 | Instituttet for Husbygning | Rapportserien, Byggeteknologiens udvikling i Danmark efter 2. verdenskrig. DTH 1980/81. |
| 6.2 | Statens Byggeforskningsinstitut | Rapporter og anvisninger mv ang. tæt-lav byggerier; se SBI's kataloger. |
| 6.3 | DIAB Husbygning | Aktuelle Byggerier, særtryk af artikler i Byggeindustrien 1969-1983. |

Oversigtstegning over paladset i Knossos.
"Labyrinten". Projektet, der er ca. 3.500 år
gammelt, indeholder over 5000 rum fordelt i
6 etager.



7

7. Projektmaterialiets tegninger

Tegninger som sprog

Bygningstegninger er et sprog. - Eller på nudansk et kommunikationsmiddel, som formidler information mellem byggeriets parter. Denne funktion er det nyttigt at huske, når man projekterer. Hvem er modtageren, hvem er afsenderen, og hvad er budskabet? Mange fejl og mangler på tegninger kunne undgås, hvis den projekterende prøvede at sætte sig selv i modtagerens sted for at kontrollere, at tegningen indeholder de oplysninger, modtageren har brug for.

Tegninger som værktøj

Tegningerne virker som en afbildning af det, der skal produceres og bygges. Og tegningstyperne varierer bredt fra fx skitser og perspektiver, der søger at fremkalde et visuelt indtryk af byggeriets karakter til detaljerede billeder af bygningsdele, samlinger og processer, oftest forsynet med specifikationer, der præciserer krav til materialer, mål, kvaliteter osv. Jo mere kompliceret og varieret projektet bliver, desto mere komplicerede bliver også tegningerne. Og man kommer hurtigt i den situation, at informationstætheden på en tegning bliver for stor, hvis man tilstræber, at tegningen skal illustrere hele det færdige produkt. I sådanne tilfælde bliver det nødvendigt at udskille forskellige grupper af oplysninger, sorteret systematisk fx efter arbejdsprocesser eller entreprisegrænser, og vi får herved en ny type tegninger, de såkaldte procestegninger, som vil blive omtalt i et følgende afsnit.

7.1 Traditionelle tegninger

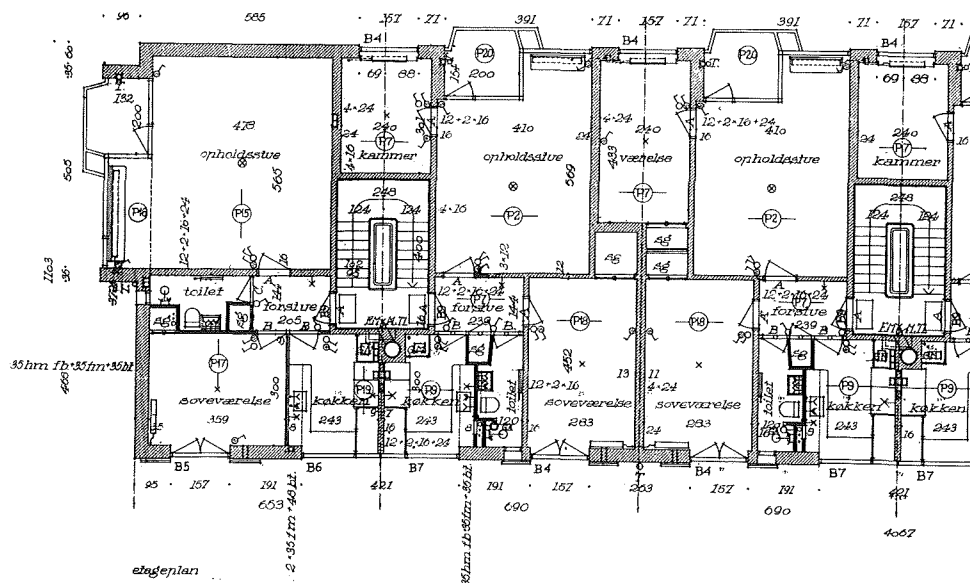
Tegningerne til det traditionelle byggeri består i reglen af arkitektens

HOVEDTEGNINGER, som i planer, snit og facader afbilder det færdige hus, oftest i mål 1:100, og

DETAILTEGNINGER, som i snit, opstalter mm beskriver bygningsdele og samlinger i større mål, fx 1:10, 1:5 og 1:2.

Til disse tegninger, undertiden *på dem*, har ingeniøren føjet sine installationstegninger og tegninger af visse bærende konstruktioner mv. Dette var situationen i almindelig husbygning op til montagebyggeriets start omkring 1950. Figur 7.01 viser et smukt eksempel på en arkitekt-hovedtegning af ovennævnte type. Tegningen er oprindeligt udført i mål 1:50 for at give plads til mest mulig information, derefter nedfotograferet til 1:100 til praktisk brug i byggesagen og endelig gengivet her i bogen i mål: 1:200.

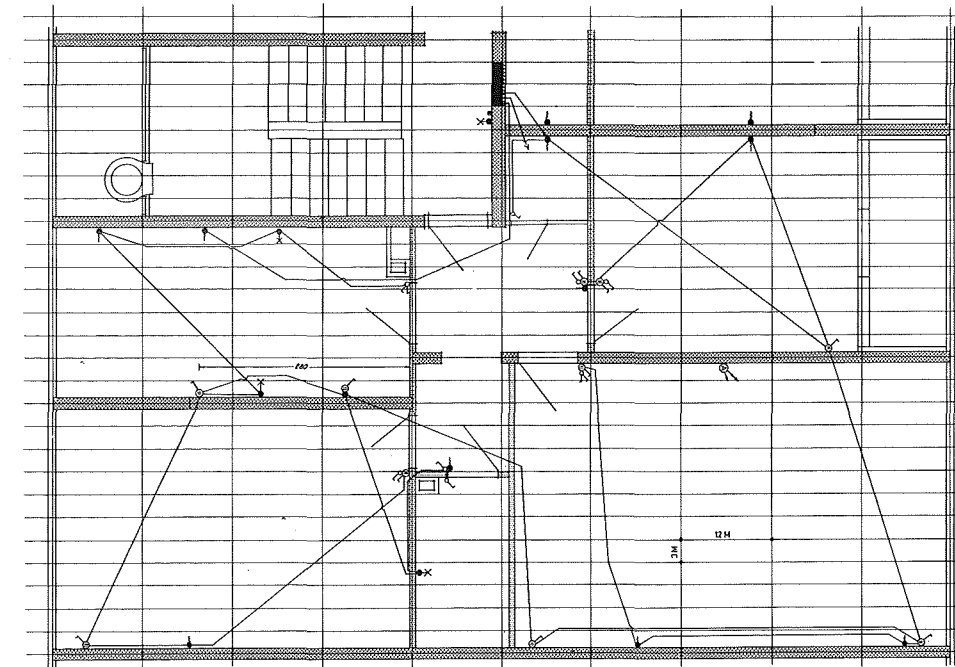
Figur 7.01
Hovedtegning i traditionel udførelse. Tegningen giver et billede af det færdige hus. Den er arbejdstegning for følgende entrepriser: Murer, jernbeton, tømrer, snedker, el-installation, varme og sanitet. Tegningen er her gengivet i mål 1:200.



Bemærk, at samtlige håndværkere (entrepriser) kan hente informationer på denne tegning; selv jernbetonarbejdet er angivet med pladenumre og bæreretning på dækkene. Tegningen fungerer; men grænsen for en rimelig informationstæthed er nået, og det vil derfor være hensigtsmæssigt at dele tegningen op i procestegninger for de forskellige fag og entrepriser, som vist i det følgende afsnit.

Det betyder ikke, at en hovedtegning af denne type kan undværes i projektet; men den kan forenkles betydeligt, når en række af fagentreprisernes informationer overføres til andre tegninger.

Alle entrepriser er med



Figur 7.02
Procestegning for el-installation til montagebyggeri. Tegningen indeholder kun oplysninger til brug for el-installationsarbejdet. Mål 1:100.

7.2 Procestegninger

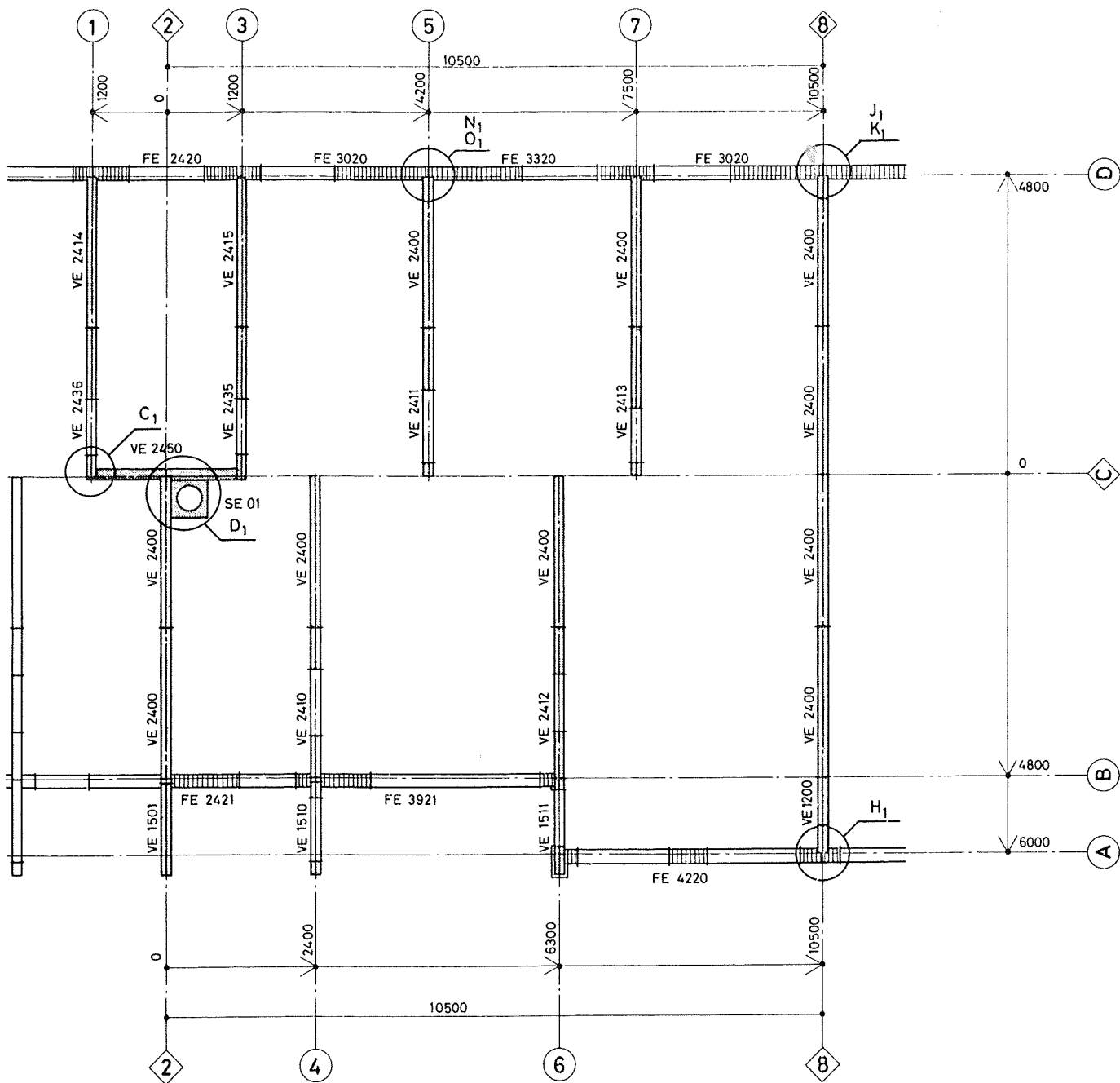
Procestegninger er, som navnet antyder, tegninger, der skildrer en enkelt arbejdsproces, dvs en delproces af det samlede byggearbejde. Begrebet er groet naturligt frem i løbet af de senere års udvikling af det industrielle byggeri, men den første systematiske fremstilling af emnet kan findes i litt. 7.1, udsendt af den svenske byggeforskning i 1968. Senere er princippet blevet almindeligt i næsten alt projektmateriale fra moderne industrialiseret byggeri.

Figur 7.02 og 7.03 viser typiske procestegninger på henholdsvis installations- og konstruktionsområdet; begge er planer eller oversigtstegninger i 1:100.

Figur 7.04 viser en samlingsdetalje, udført som procestegning. Tegningen indeholder de nødvendige og tilstrækkelige oplysninger om de arbejdsprocesser, hvorved komponenterne samles på byggepladsen, eventuelle montagejern, inddækninger, isolering osv. Derimod er der ikke mål og specifikationer til de enkelte elementer, idet disse hører hjemme på elementernes procestegninger, se afsnit 7.4.

Projekteringseksemplerne i kapitel 8, 9, 10 m.fl. indeholder yderligere eksempler på procestegninger.

Samlingsdetaljer

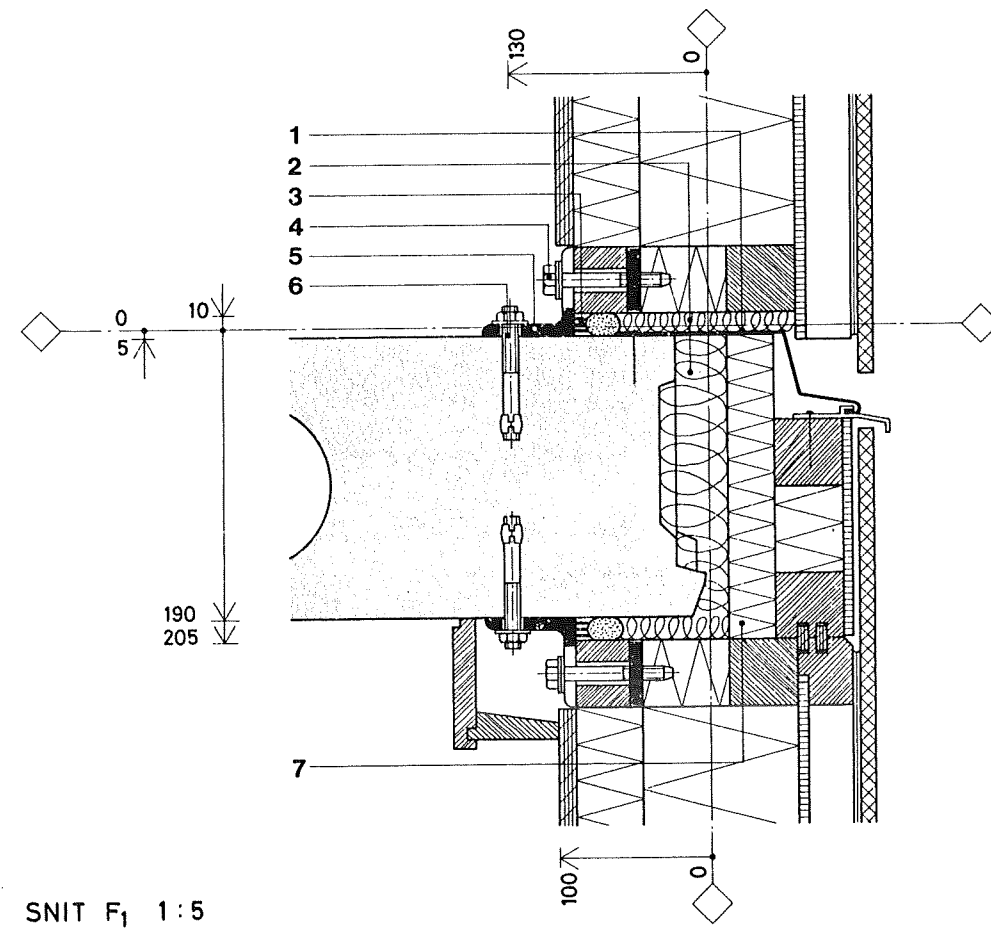


NB! Varianter som følge af el-installationer er ikke vist.
Fugedetaljer samt væg- og facadeplacering, se samplingsdetaljer, tegning nr.

EKSEMPEL 1
MONTAGETEGNING FOR VÆG- OG FACADEELEMENTER 1:100

| Element nr. | Antal | Element nr. | Antal | Element nr. | Antal | |
|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|--------------------|
| VE 2450 | 1 | VE 2400 | 10 | SE 01 | 1 | 1200 = element nr. |
| 1200 | 1 | 2410 | 1 | FE 2420 | 1 | VE = vægelement |
| 1501 | 1 | 2411 | 1 | 2421 | 1 | SE = skaktelement |
| 1510 | 1 | 2412 | 1 | 3020 | 2 | FE = facadeelement |
| 1511 | 1 | 2413 | 1 | 3320 | 1 | |
| | | 2414 | 1 | 3921 | 1 | |
| | | 2415 | 1 | 4220 | 1 | |
| | | 2435 | 1 | | | |
| | | 2436 | 1 | | | |
| VE ialt | 5 | VE ialt | 23 | FE ialt | 7 | |

Figur 7.03 = figur 8.12
Procestegning, montage-tegning for vægelementer. Tegningen viser lokalisering af de forskellige elementtyper i forhold til referencesystemet. Desuden henviser den til de detailsnit, som giver præcise oplysninger om elementernes placering og sammenbygning. Endvidere indeholder tegningen en tabel over de anvendte elementer til brug for transportplanlægning mv.



SNIT F₁ 1:5

Figur 7.04 = figur 8.14
Samplingsdetalje af let facade og dæk. Placeringen af elementerne er vist ud fra målsætningslinier, se afsnit 7.5. Materialespecifikationerne 1-7 fremgår af figur 8.14.

7.3 Modultegninger

For at få det fulde udbytte af de koordinationsmuligheder, der findes i modulordningen, er det hensigtsmæssigt at arbejde med tre specielle typer af modultegninger:

MODULSKITSER

MODULDETALJER

MODULOVERSICHTSTEGNINGER

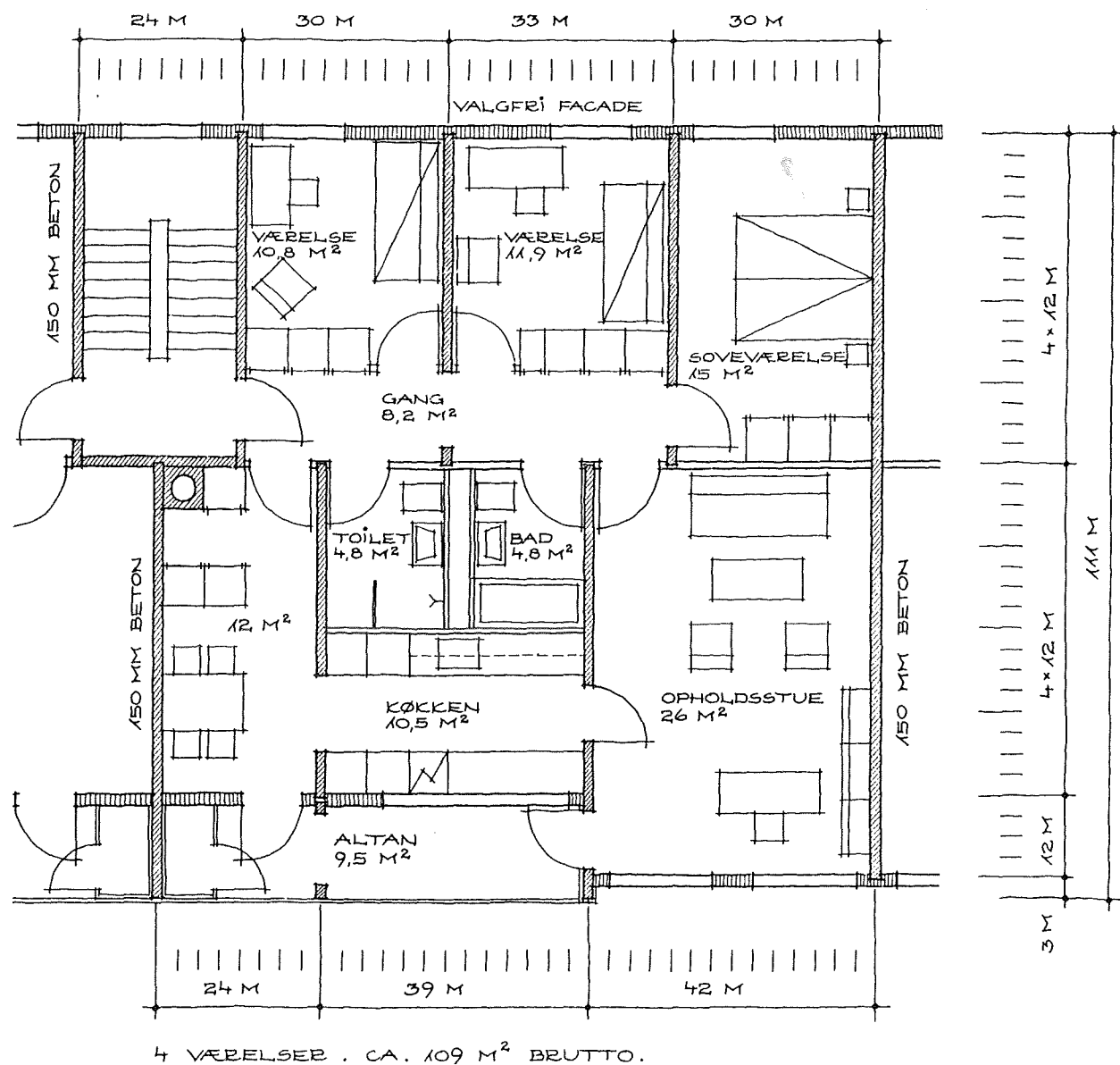
Disse tegninger kan og bør indarbejdes i normal projekteringspraksis, hvor de vil lette målkoordineringen i projektet, skaffe plads (modulområder) til modulkomponenter, og sikre en entydig lokalisering af alle punkter, linier og flader i bygningen i forhold til modulnettets rumlige koordinatsystem; sammenlign kapitel 2.

Under skitseprojekteringen fastlægges byggeriets hoveddispositioner og -mål i overensstemmelse med byggeprogrammet. Desuden foretages valg af konstruktioner, materialer og metoder. Skitseringen foregår bedst på kvadreret papir, og der findes i handelen flere typer modulpapir, både tæt og transparent. En meget anvendelig type har således en maskevidde på 6 mm x 6 mm, som gengiver planlægningsmodulnettet 3M x 3M i målestok 1:50. De fleste af denne bogs planer er optegnet på dette papir og derefter nedfotograferet til 1:100.

Under skitseringen placeres råhusets konstruktioner efter reglerne i DS 1049, dvs fortrinsvis efter akseprincipet. Under den efterfølgende detaljering foretages en justering ud fra de byggetekniske krav til samlinger mv; smlgn. kap. 2. Figur 7.05 viser en lejlighedsplan optegnet som modulskitseplan.

Modulskitser

Placering af modulkomponenter, DS 1049



EKSEMPEL 1
SKITSE AF LEJLIGHEDSPLAN 1:100

Figur 7.05 = figur 8.02
Lejlighedsplan skitseret på 3M x 3M modulpapir. Det bemærkes, at væggenes placering i modulnettet kun er omtrentlig på denne plan.

Byggeteknikken styrer konstruktionernes beliggenhed i modulnettet

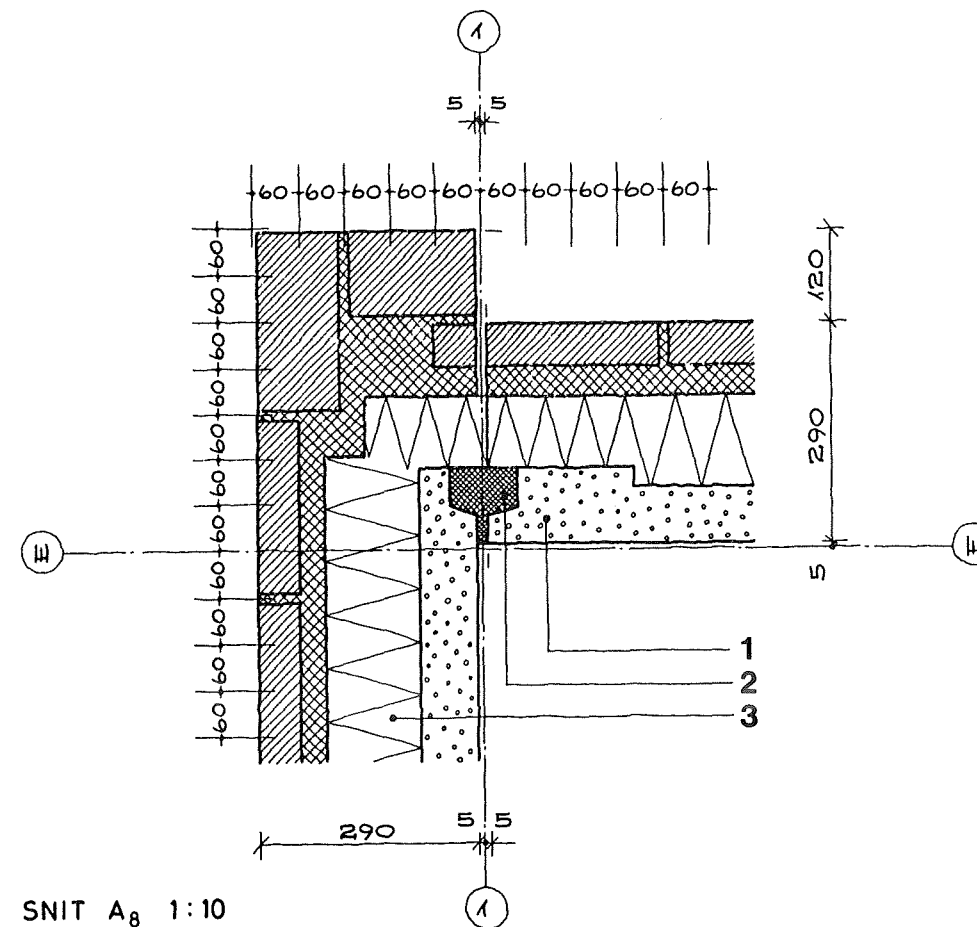
Konstruktionernes placering i forhold til modulnettet må bestemmes ved en byggeteknisk analyse. Man har tidligere ment, at der kunne gives generelle regler herfor, se fx DS 1011.2, 1. udgave 1958, hvor modullinierne i facaden er placeret M eller M/2 inde i væggen, regnet fra dens inderside. Lignende regler kan findes i andre landes modulstandarder.

Følger man sådanne håndregler, vil man i mange tilfælde komme i konflikt med de byggetekniske funktionskrav til samlingerne og dermed risikere usunde konstruktioner.

Placering efter DS 1049

Placeringen af komponenterne i nettet må derfor foregå efter reglerne i den ny DS 1049, som udover de simple principper for centrisk og sideplacering mv tager hensyn til samlingernes byggetekniske funktioner.

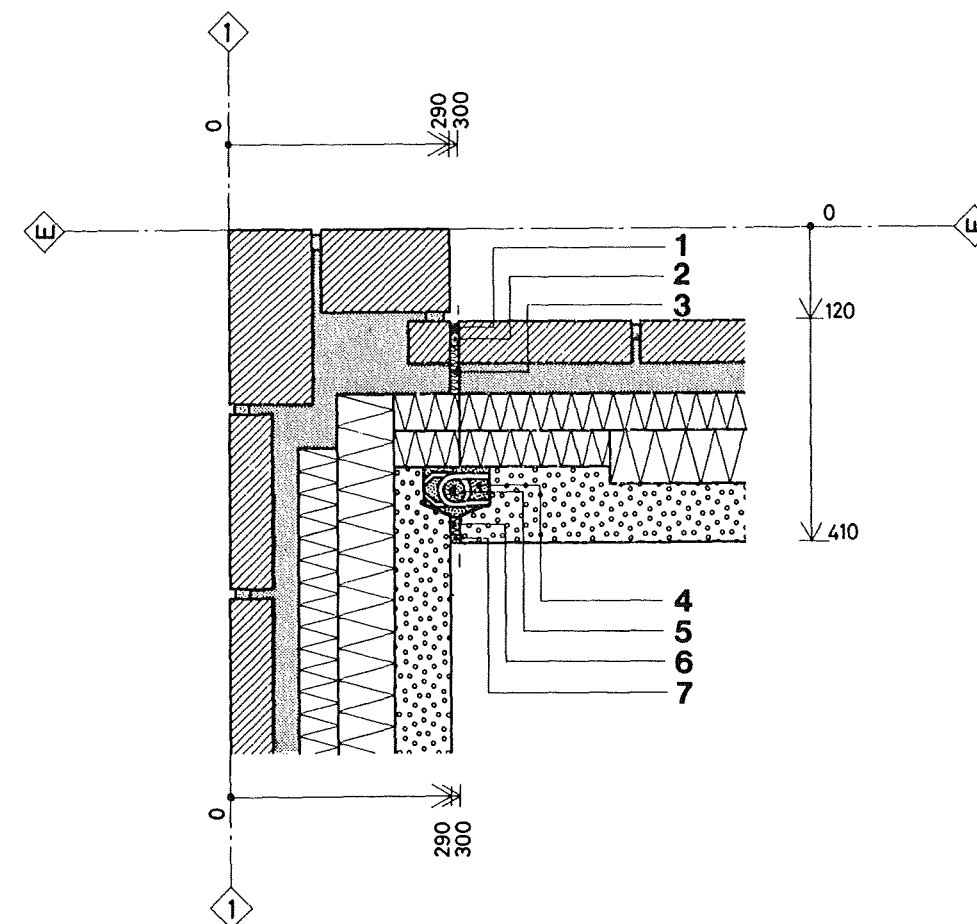
Moduldetaljerne, der er skitser af samlingerne udført omkring linier i modulnettet, bringer komponenterne geometrisk på plads i konstruktionen og medvirker desuden til at bestemme fugegeometri og dermed detailmål på komponenterne. Moduldetaljerne bør derfor tegnes i stort mål, fx 1:1 eller 1:2, således at alle enkeltheder træder tydeligt frem og en nøjagtig dimensionering kan foretages.



SNIT A₈ 1:10

Figur 7.06 = figur 16.03
Moduldetalje af samling mellem facade og gavl. Tegningen bringer samlingens komponenter på plads i forhold til hinanden og til modullinierne. Desuden anvendes den ved totalprojekteringen til udførelse af samlingsdetaljer som procestegninger. Se figur 7.07.

- 1 Facadeelement
- 2 Fuge
- 3 Gavlelement.



SNIT D₈ 1:10

Figur 7.07 = figur 16.07
Samplingsdetalje af facade og gavl. Tegningen er udarbejdet ud fra moduldetaljen figur 7.06 som procestegning under totalprojekteringen, og den indeholder alle de nødvendige specifikationer for montagearbejdet. Samtidig er modulmål og -net forsvundet og erstattet af afsætningsmål og -linier. Sammenlign afsnit 7.5. Materialespecifikationer 1-7, se figur 16.07.

Moduldetaljer i stort mål

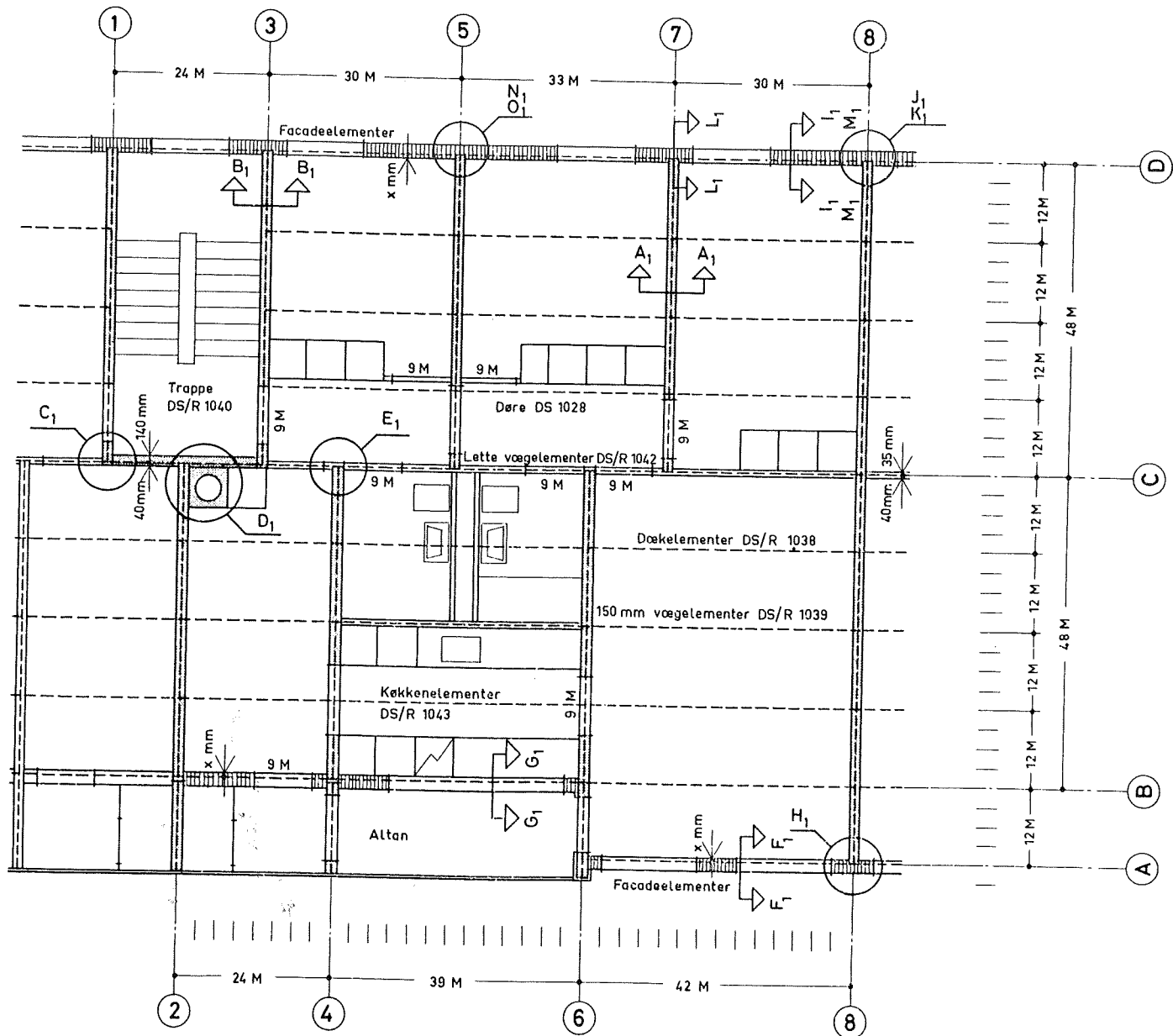
I denne bog er hovedparten af moduldetaljerne udført som frihåndsskitser i mål 1:2 og derefter nedfotograferet til 1:5. Under den fortsatte detailprojektering bliver moduldetaljerne til samlingsdetaljer, der udføres som færdige procestegninger, og moduldetaljerne er således »kun« tegnestuens forarbejde til det endelige projekt. Figur 7.06 viser et eksempel på en moduldetalje. Det ses, at detaljen fortrinsvis redegør for samlingens geometri, mens de tekniske specifikationer må søges på den tilsvarende samlingsdetalje; se figur 7.07.

Moduloversigtstegninger

Når modulliniernes beliggenhed i forhold til de forskellige bygningsdele er bestemt gennem detailtegningerne, og alle projektets materialer og komponenter er valgt - flest mulige modulære - kan moduloversigtstegninger udarbejdes. Disse tegninger skal vise:

1. Hvilke modulære bygningsdele, projektet indeholder.
2. Hvordan de er placeret i forhold til hinanden.
3. Hvordan de er placeret i forhold til modullinierne.

- se figur 7.08.



EKSEMPEL 1
MODULOVERSICHTSTEGNING 1 : 100

Figur 7.08 = figur 8.10
Moduloversigtstegning af etagebolig.

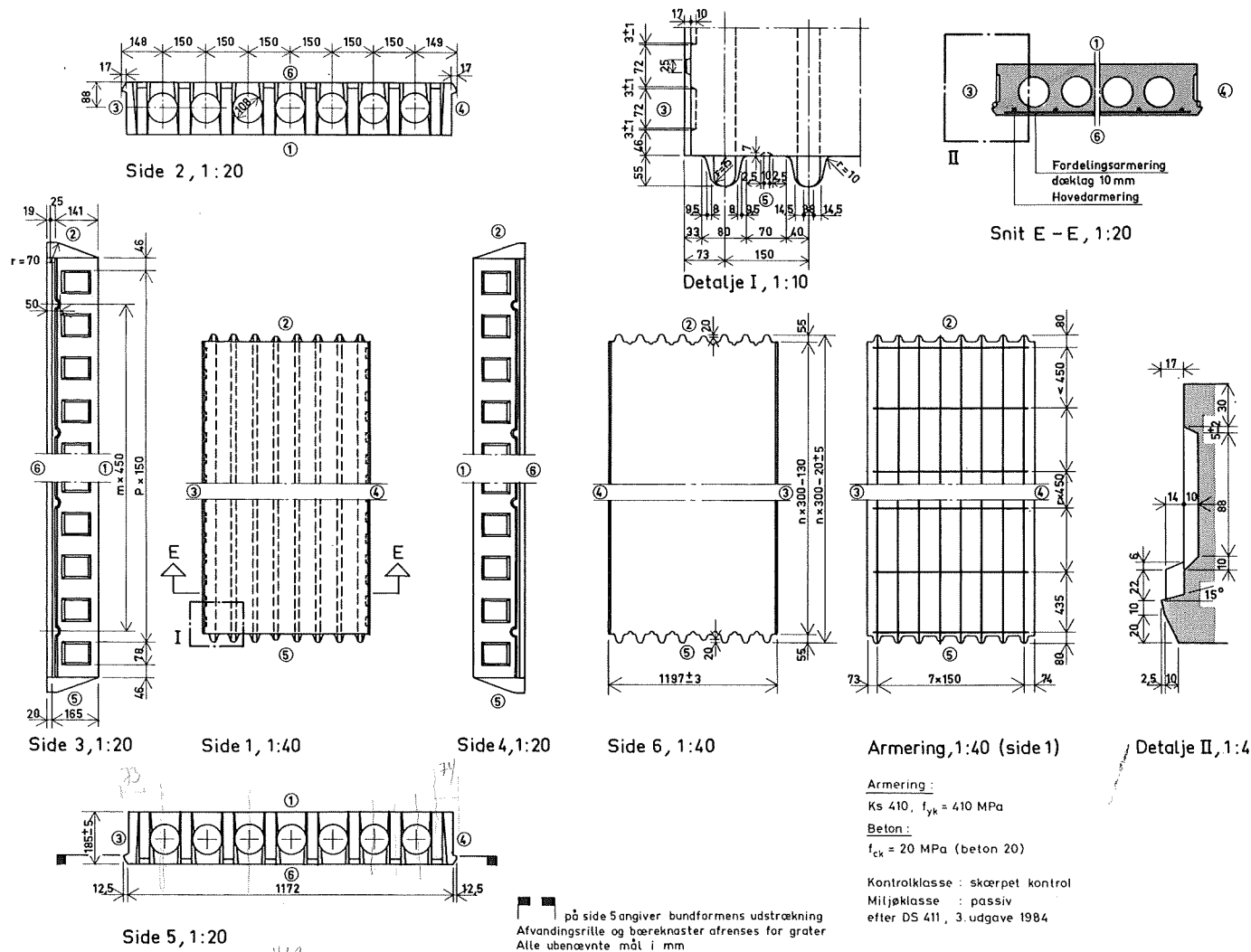
Målene på moduloversigtstegningerne er fortrinsvis modulmål (M-mål) suppleret med placeringsmål i mm, og tegningerne er ikke bestemt for byggepladsen. Moduloversigtstegningerne tjener til at give tegnestuen - og eventuelt bygningsmyndighederne - en oversigt over, hvilke modulkomponenter, der anvendes i projektet.

Modulmålene bliver på tegnestuen, - ingen moduler på byggepladsen

Med moduloversigtstegningerne er alle dele af projektet geometrisk bestemt i forhold til modulnettet, og projekteringen kan gå videre til de resterende procestegninger. Moduloversigtstegningerne er således grundlag for de tidligere omtalte montage-tegninger, se fx figur 7.03, og på tegnestuer, hvor man er fortrolig med modulprojektering, vil man ofte spare udarbejdelsen af moduloversigtstegningerne, som ikke er procestegninger, og som derfor ikke anvendes på byggepladsen.

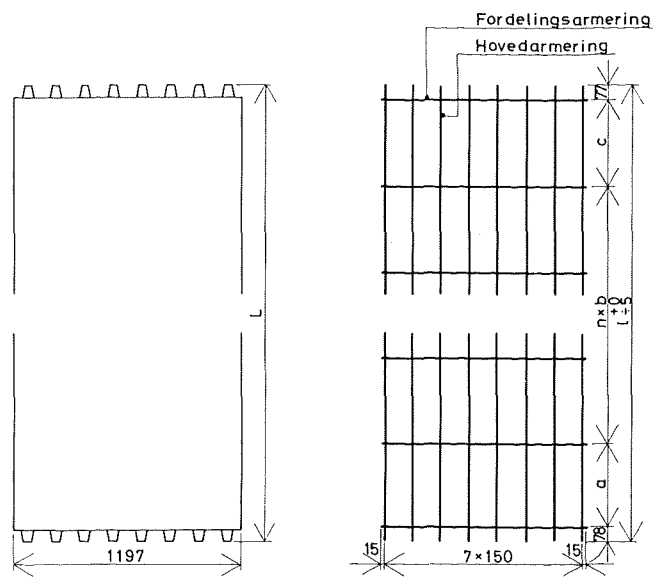
7.4 Elementtegninger, BEF

Elementtegninger er procestegninger, som i detaljer skal redegøre for alle de mål og kvalitetskrav mv, der er nødvendige for at producere elementerne. Målene angives i mm, og der forekommer ingen modulmål på disse tegninger, selv om de modulære elementers hovedmål, fx længde og bredde er afledt af modulmålene. Målene bestemmes ud fra oplysninger fra detailtegningerne om elementernes sammenbygning med andre bygningsdele og ud fra funktionskrav til elementerne.



Figur 7.09 = figur 4.18
Elementtegning af dækelement. Procestegning for elementproduktionen. Tegningen indeholder mål mv til den viste hulpladetype. Specifikationer om armering og udspæringer etc findes på de særlige tegninger af hvert elementnummer, se figur 7.10 og 7.11, samt litt. 7.2. NB! Målforhold er omtrentlige.

Principtegning
DAKELEMENT



Plan 1:40

Armering 1:40

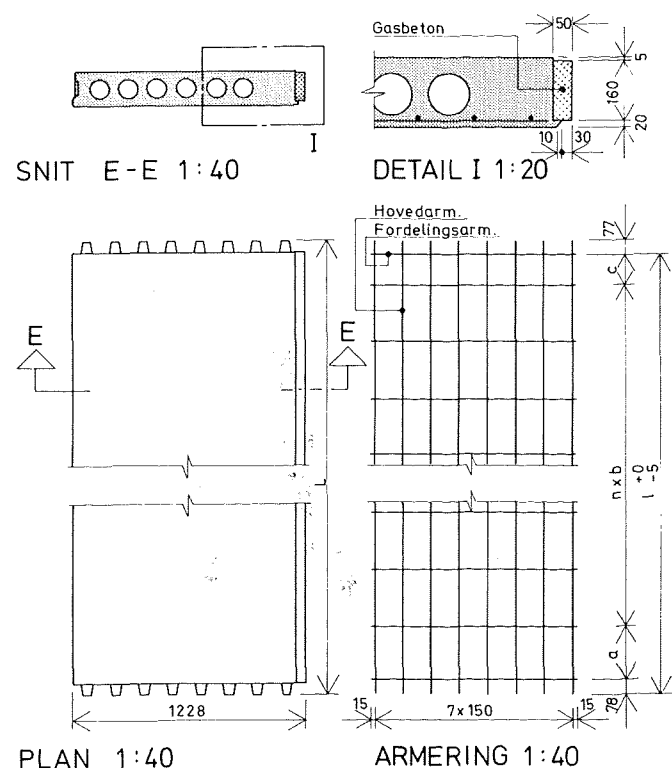
ELEMENTOVERSIGT:

| Element nr. | L | Beton f_{ck} MPa | ARMERING | | | | | | Vægt ialt kg |
|-------------|------|--------------------|-------------------|------|--------------|--------------------|-----|-----|--------------|
| | | | Hovedarmering | | | Fordelingsarmering | | | |
| | | | Ks 410S stk./dim. | l | HFA ϕ 6 | a | b | c | |
| PE 1800 | 1780 | 20 | 8 S8 | 1775 | 5 | 435 | 450 | 285 | 6,90 |
| PE 2100 | 2080 | 20 | 8 S8 | 2075 | 6 | 435 | 450 | 135 | 8,10 |
| PE 2400 | 2380 | 20 | 8 S8 | 2375 | 6 | 435 | 450 | 435 | 9,07 |
| PE 2700 | 2680 | 20 | 8 S8 | 2675 | 7 | 435 | 450 | 285 | 10,27 |
| PE 3000 | 2980 | 20 | 8 S8 | 2975 | 8 | 435 | 450 | 135 | 11,47 |
| PE 3300 | 3280 | 20 | 8 S8 | 3275 | 8 | 435 | 450 | 435 | 12,44 |
| PE 3600 | 3580 | 20 | 8 S8 | 3575 | 9 | 435 | 450 | 285 | 13,65 |
| PE 3900 | 3880 | 20 | 8 S8 | 3875 | 10 | 435 | 450 | 135 | 14,85 |
| PE 4200 | 4180 | 20 | 8 S10 | 4175 | 10 | 435 | 450 | 435 | 23,47 |
| PE 4500 | 4480 | 20 | 8 S10 | 4475 | 11 | 435 | 450 | 285 | 25,22 |
| PE 4800 | 4780 | 20 | 8 S10 | 4775 | 12 | 435 | 450 | 135 | 26,98 |
| PE 5100 | 5080 | 25 | 8 S14 | 5075 | 12 | 435 | 450 | 435 | 53,19 |
| PE 5400 | 5380 | 25 | 8 S16 | 5375 | 13 | 435 | 450 | 285 | 72,79 |

Vedr. øvrige mål og detaljer, se tegn. nr. PE

Figur 7.10
Elementtegnning for standarddæk. Tegningen oplyser om hovedmål og armering.
Angående detailmål, se figur 7.09. Angående specialdæk, se figur 7.11.

GRUNDDÆK PE



PLAN 1:40

ARMERING 1:40

ELEMENTOVERSIGT:

| Element nr. | L | Beton f_{ck} MPa | ARMERING | | | | | | Vægt ialt kg |
|-------------|------|--------------------|-------------------|------|--------------|--------------------|-----|-----|--------------|
| | | | Hovedarmering | | | Fordelingsarmering | | | |
| | | | Ks 410S stk./dim. | l | HFA ϕ 6 | a | b | c | |
| PE 1801 | 1780 | 20 | 8 S10 | 1775 | 7 | 285 | 300 | 135 | |
| PE 2101 | 2080 | " | " | 2075 | 8 | " | " | " | |
| PE 2401 | 2380 | " | " | 2375 | 9 | " | " | " | |
| PE 2701 | 2680 | " | " | 2675 | 10 | " | " | " | |
| PE 3001 | 2980 | " | " | 2975 | 11 | " | " | " | |
| PE 3301 | 3280 | " | " | 3275 | 12 | " | " | " | |
| PE 3601 | 3580 | " | " | 3575 | 13 | " | " | " | |
| PE 3901 | 3880 | " | " | 3875 | 14 | " | " | " | |
| PE 4201 | 4180 | " | 8 S12 | 4175 | 15 | " | " | " | |
| PE 4501 | 4480 | " | " | 4475 | 16 | " | " | " | |
| PE 4801 | 4780 | 20 | " | 4775 | 17 | " | " | " | |
| PE 5101 | 5080 | 25 | 8 S14 | 5075 | 18 | " | " | " | |
| PE 5401 | 5380 | " | 8 S16 | 5375 | 19 | " | " | " | |

Vedr. øvrige mål og detaljer, se tegning PE

Figur 7.11
Elementtegnning for specialdæk. Tegningen oplyser om kantisolering og armering, mens øvrige detaljer fremgår af figur 7.09.

FACADEDÆK PE

Figur 7.09 viser et eksempel på en elementtegnning af en hulplade. Tegningen er i dette tilfælde, hvor der er tale om grundtypen af et standardelement, forenklet, så den kun indeholder de oplysninger, der er fælles for alle dækelementer af denne type; dvs geometrien af tværsnit, lejeknaster, huller, fortanding osv, medens de specielle oplysninger om dækelementer af varierende længde og om specialelementer med udsparring, kantisolering etc fremgår af særlige tegninger, der til gengæld ikke skal indeholde de generelle oplysninger. Herved opnås en betydelig forenkling af tegningsmaterialet.

Figur 7.10 viser elementtegnningen af grunddækkene, dvs de normale dæk i længder fra 18M til 54M uden udsparring mv. Figur 7.11 viser et specialdæk, facadedækket, der er forsynet med kantisolering og en kraftigere armering til at bære vægten af facadeelementerne.

Betonelement-Foreningen i København har udsendt en vejledning i udførelse af tegninger af betonelementer. Vejledningen, der er rigt illustreret med eksempeltegninger, giver klare anvisninger på lay-out, redaktion og systematik mm for udarbejdelse af rationelle elementtegninger. Bag anvisningen står hovedparten af landets elementfabrikker og en række af de førende rådgivende ingeniørfirmaer. Der henvises til litt. 7.2.

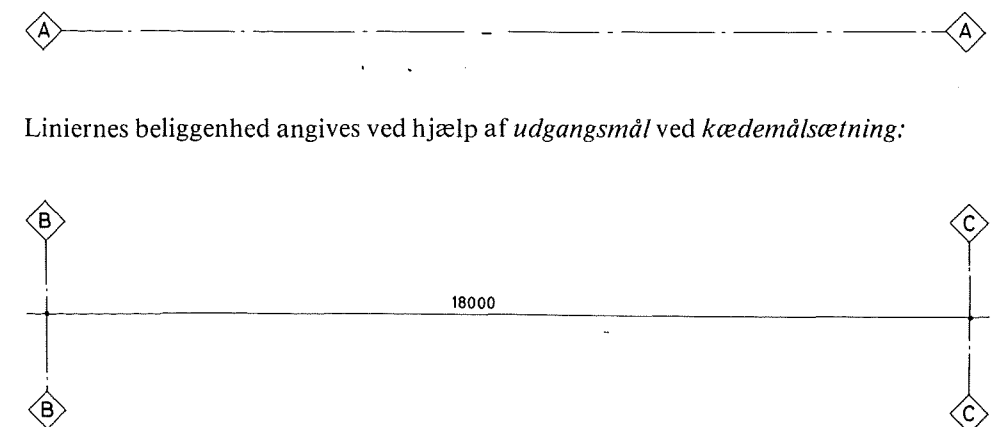
7.5 Standardtegninger, DS

Dansk Standardiseringsråd, som i næsten hele sin levetid har beskæftiget sig med standardisering af tegninger, har netop i 1983 udsendt et særligt hæfte om bygnings-tegninger. Se litt. 7.3. Hæftet indeholder 21 standarder, hvoraf de fleste er koordinerede eller identiske med internationale og/eller skandinaviske standarder. Standarderne beskæftiger sig med alle de væsentlige områder af tegningsfremstilling lige fra papirformater, strektykkelse og skrift til redaktion, lay-out, afbildningsteknik og målsætning mv. Ved at følge standardernes gode råd kan brugerne opnå store fordele i retning af forbedret tegningskvalitet, tidsbesparelser, entydighed og rationalisering af projektarbejdet.

Tegningerne her i bogen følger naturligvis DS's principper, selvom der af redaktionel og andre grunde kan være små og uvæsentlige afvigelser fra enkelte DS-forskrifter.

I det følgende skal kort redegøres for bogens principper for målangivelser på tegninger til byggepladsen, baseret på bl.a. DS 1012; mens læseren henvises til litt. 7.2 og 7.3 for den øvrige information om standardtegninger.

Specielt for proces-tegningerne, der skal formidle de projekterendes intentioner til de udførende, er det vigtigt, at tegningerne er udført med en rational målangivelse, der svarer til den målsætning, som foregår på byggepladsen. Mål og systemlinier afsættes ud fra målsætningslinier, som markeres af landinspektør eller byggeledelse. På tegningerne vises disse linier med tynd, stiptet, eventuelt fuld linie mærket med et kvadrat i hver ende:



Linierne beliggenhed angives ved hjælp af udgangsmål ved kædemålsætning:

Målsætningslinierne placering vælges ud fra praktiske hensyn i hvert enkelt projekt, således at en entydig og simpel afsætning kan finde sted med et minimum af fejl-

Grundtyper af elementer og varianter

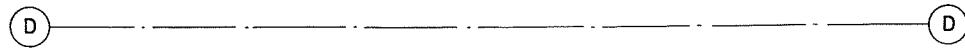
BEF-vejledning

DS tegningsforskrifter mv

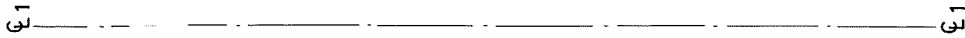
DS 1012

Målsætningen på byggepladsen stiller krav til målangivelsen på proces-tegningerne

muligheder. Som målafsetningslinier kan derfor naturligt vælges karakteristiske *systemlinier* i projektet, fx planlægningsmodullinier:



eller centerlinier for vægge eller søjler:

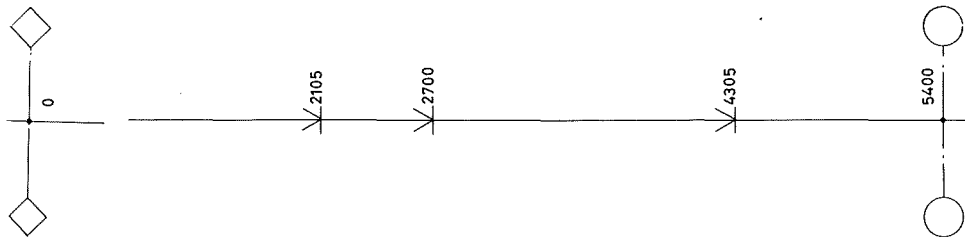


eventuelt facadeflugter (»hjørner«) eller vægoverflader:



I cirkler og kvadrater indskrives betegnelser fra et referencesystem for bygningen.

Målafsetningslinierne kan også placeres umiddelbart uden for bygningens kontur eller igennem to modstående facadevinduer, så linierne kan etableres på pladsen, uden at komme i konflikt med bygningen. Fra målafsetningslinierne angives afsætningsmålene til de enkelte punkter, linier og flader i bygningen ved hjælp af *nulliniemålfsetning*.



Målenes størrelse angives overalt i mm, som i dag er den standardiserede måleenhed i al byggeindustri. I denne bog markeres målepunkter til systemlinier med en prik og til afsætningsmålene med en pilespids. DS anvender skråstreger under 45°. Tallene skrives fortrinsvis på linien ved afsætningsmålene, hvor pilespiden ender, se ovenfor. Afsætning af lodrette mål foregår ud fra koteplaner = *udgangsplaner* efter samme principper som for de vandrette mål. Koter angives enten i mm eller i m med 3 decimaler. For yderligere oplysninger om målafsetning henvises til DS 1012 og litt. 7.3.

7.6 Tegningssystematik, BPS

For den lille byggesag med op til max. ca. 100 tegninger er det en simpel sag at samle disse i nogle få grupper, som fx

| | |
|---------------------------|-------|
| arkitekt, hovedtegninger | - H.. |
| arkitekt, detailtegninger | - D.. |
| ingeniør, konstruktioner | - K.. |
| ingeniør, installationer | - I.. |

og derefter lave en 2-cifret nummerering inden for hver af disse grupper.

For de større byggerier, hvor man undertiden når op på et tegningsantal af flere tusinde, bliver der et behov for en bedre systematik til nummerering og ordning af det samlede tegningsmateriale.

Dette behov bliver forstærket af en række andre forhold, hvoriblandt følgende bør nævnes:

- Nogle tegninger, fx hovedtegninger, er overordnede i byggeriet, dvs fælles for alle entrepriser.
- Tegninger af bygningsdele og samlinger mv er ofte ens for mange dele af projektet og bør derfor kun tegnes på en enkelt tegning. Flere af disse tegninger vil måske kunne genbruges i andre projekter.
- Mange af tegningernes informationer er tæt koordinerede indbyrdes og kræver derfor henvisninger fra tegning til tegning.
- Mange informationer, især om præfabrikerede eller typiserede bygningsdele, hentes fra firmakataloger, standardblade osv og bliver derfor ikke altid optegnet specielt til det enkelte projekt.
- Tegnestuens bibliotek af firmakataloger, standardløsninger mv kræver også en systematisk klassifikation, som med fordel kan kombineres med tegningssystematikken.

Det fremgår af ovenstående, at behovet for en organisation af tegnings- og informationsmateriale på en større tegnestue er et generelt problem, og der er derfor i tidens løb gjort mange forsøg både privat, nationalt og internationalt på at finde egnede løsninger. Tre af disse systemer skal omtales i det følgende:

UDK eller UDC systemet,
SfB systemet,
BPS principperne

UDK eller UDC står for Universal Decimal Classification, (fransk: CDU) og anvendes hovedsageligt i almindelige biblioteker. Systemet, der er nærmere omtalt i litt. 7.4, søger at dele alle universets emner op i et numerisk system, ordnet efter følgende hovedgrupper

- 0 Alment (tværfagligt)
- 1 Filosofi
- 2 Religion
- 3 Samfundsvidenskaber
- 4 - ledig
- 5 Matematik og naturvidenskab
- 6 Anvendt naturvidenskab
- 7 Kunst, undervisning og sport mv
- 8 Sprog, skønlitteratur
- 9 Geografi, historie, biografi

Som kuriosum kan nævnes, at madlavning og kogekunst hører under 6.

Ovennævnte hovedpunkter kan hver for sig underdeles med efterfølgende decimaltal, som fx

- 60 Opfindelser
 - 61 Lægevidenskab
 - 62 Teknik
 - 63 Landbrug
- osv

Hver gang man har brugt 3 decimaler sættes et punktum.

Byggeriet hører bl.a. hjemme under 624 Bygningsingeniørvæsen, og som eksempel på velkendte byggetekniske emner kan nævnes:

- 624.041 Bygningsstatik, alment
 - 624.074.4 Skalkonstruktioner
 - 624.016 Sandwichkonstruktioner
- osv

Men desuden findes UDK-nummeret

- 69 Husbygning og fx
- 69.022.3 Ydervægge,

hvilket ikke forekommer helt indlysende for den almindelige bruger.

UDK systemet anvendes i byggeriet hovedsageligt til at klassificere byggelitteratur, mens det næppe egner sig til at klassificere byggevarekataloger og tegninger. Hertil kan anvendes det såkaldte SfB system.

Målafsetningslinier uden for eller igennem bygningen

Alle mål i mm

UDK UDC og CDU

SfB systemet er af svensk oprindelse, men er blevet internationalt accepteret; se litt. 7.5, 7.6 og 7.7. Systemet, der er alfanumerisk, opbygges af 3 facetter,

- I et 2-cifret nummer i parentes
- for bygningsdele,
- II et stort bogstav
- for konstruktioner og
- III et lille bogstav
- for materialer.

Materialerne kan underdeles med cifre fra 0 - 9. De tre facetter skal altid noteres i ovennævnte rækkefølge, I, II, III; men man kan eventuelt sortere informationer efter enhver af de tre facetter til særlige formål. Grænserne mellem de 3 facetter er klare nok for de egentlige bygningsdele, som fx

ydevægge af murværk af brændt ler
(21) F g

mens betegnelserne for fx overfladebehandlinger ofte er tve- eller flertydige:

Indervægsmaaling = (42) Vv, idet V og v står for maling, henholdsvis som »konstruktion. og som »materiale«.

I periferien af systemet findes endnu mærkeligere betegnelser, som fx

- A = alment, Y = generel
- a = administration, c = arbejde
- (10) = forberedt grund, (90) = grunden som helhed.

Disse mærkværdigheder skyldes dels kompromiser, indgået i den internationale komité, der administrerer og udbygger systemet, dels systemets iboende svagheder, hvor fx grænserne mellem de tre facetter ikke er tilstrækkeligt klare.

Systemet bruges i Danmark både af Boligministeriet, Byggecentrum, de fleste byggevareproducenter og mange tegnestuer.

Facetten for bygningsdele, som er den klareste del af systemet, se figur 7.12, indgår desuden i BPS-Centrets register for tegninger, som er omtalt i det følgende.

| (1) TERRÆN- OG BYGN. BASIS (10)-(19) | (2) PRIMÆRE BYGN. DELE (20)-(29) | (3) KOMPLETT. BYGN. DELE (30)-(39) | (4) OVERFL. BEL. OG -BEKLÆD. (40)-(49) | (5) VVS-ANLÆG (50)-(59) | (6) EL- OG MEK. ANLÆG (60)-(69) | (7) INVENTAR (UDSTYR) (70)-(79) | (8) ØVRIGE BYGN. DELE (80)-(89) | |
|--------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|--|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| (10) Forberedelse i terræn | (20) Primære dele i terræn | (30) Komplet. dele i terr. | (40) Belægninger i terræn | (50) VVS i terræn | (60) El- og mek. anl. i terr. | (70) Inventar i terræn | (80) Haver og fritidsareal | (90) Fællesgruppe (10)-(80) |
| (11) Udgrav. under bygn. | (21) Ydevægge | (31) Ydevægs-komplett. | (41) Ydevægs-overflader | (51) VVS-centraler | (61) Elcentraler | (71) Gangarealer og inform. | | |
| (12) F | (22) Indervægge | (32) Indervægs-komplett. | (42) Indervægs-overflader | (52) Alløb og affald | (62) Kraft | (72) Arbejde og hvile | | |
| (13) Terrændæk | (23) Etagedæk | (33) Etagedæks-komplett. | (43) Gulv-overflader | (53) Vand | (63) Belysning | (73) Køkken-arbejde | | |
| (14) F | (24) Trapper og ramper | (34) Trappe- og rampekompl. | (44) Overflader på trapper og ramper | (54) Luftarter | (64) Telekommunikation | (74) Sanitet og pers. hygiejne | | |
| (15) F | (25) F | (35) Nedhængte lofter | (45) Loft-overflader | (55) Køling | (65) F | (75) Vask, reng. og vedligeh. | | |
| (16) Fundamenter | (26) F | (36) F | (46) F | (56) Varme | (66) Transport | (76) Opbevaring og afskærm. | | |
| (17) Pælefundering | (27) Tagværker og tagdæk | (37) Tagkomplettering | (47) Tag-overflader | (57) Ventilation | (67) F | (77) F | | |
| (18) Øvrige bygningsbasis | (28) Øvrige prim. bygn. dele | (38) Øvrige kompl. bygn. dele | (48) Øvrige bekl. og belægn. | (58) Øvrige VVS-tekniske anl. | (68) Øvrige el- og mek. anl. | (78) Øvrige inventar (udstyr) | | |
| (19) Fællesgruppe (11)-(18) | (29) Fællesgruppe (21)-(28) | (39) Fællesgruppe (31)-(38) | (49) Fællesgruppe (41)-(48) | (59) Fællesgruppe (51)-(58) | (69) Fællesgruppe (61)-(68) | (79) Fællesgruppe (71)-(78) | | (99) Fællesgruppe (19)-(89) |

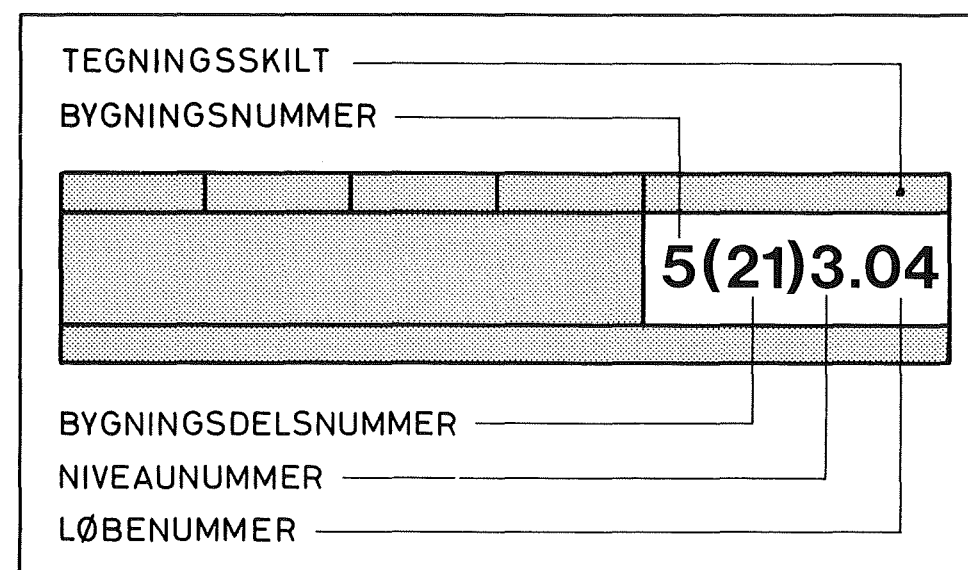
Figur 7.12
SfB-systemets bygningstavle, tavle 1.

BPS-Centret (Byggeriets Planlægnings System) har udsendt en vejledning for registrering, redigering og typisering af bygningstegninger, se litt. 7.8. Det er målet med dette arbejde at etablere en fælles systematik for tegninger, der kan bruges af alle byggeriets parter. Hvis det lykkes, vil man i en given byggesag således have en komplet systematisk samling af tegninger, der er indbyrdes koordinerede og dækker hele projektet, i stedet for som nu et sæt arkitekt-, ingeniør- og producenttegninger, redigeret efter hver sit delsystem.

Efter BPS principperne nummereres og ordnes det samlede tegningsmateriale efter følgende 4 facetter:

- LOKALISERINGEN - der hyppigst vil være et bygningsnummer
- BYGNINGSDELEN - der nummereres efter SfB tavlen 1, se figur 7.12
- TEGNINGSNIVEAUET - der findes 5 niveauer, opdelt efter tegningernes indhold og type
- LØBENUMMERET - der underdeler ovennævnte grupper

Et typisk BPS tegningsnummer vil se ud, som vist i figur 7.13.



Figur 7.13
Tegningsskilt med tegningsnummer efter BPS. Første facet, 5, fortæller, at tegningen er fra bygning nr. 5 i projektet, - her kunne evt. anvendes et bogstav (-fx blok E), eller bygningsnummeret kunne stå et andet sted på tegningsskiltet. Anden facet, (21) fortæller, at tegningen handler om ydevægge; smlgn. SfB bygningsdelstavlen figur 7.12. Tredie facet fortæller, at tegningen er på niveau 3, dvs en oversigtstegning, se senere figur 7.14. Fjerde facet er tegningens løbenummer inden for den af de foregående facetter bestemte gruppe. Løbenummeret kan vælges i størrelsesordener efter opgaven og med en, to eller tre cifre.

BPS's niveaudeling fremgår af figur 7.14, der viser, hvorledes de traditionelle og tidligere omtalte tegningstyper indplaceres på de 5 niveauer. Bygningsnummer, facet 1 og løbenummer, facet 4, er i dette tilfælde udeladt, bl.a. af pladsmæssige grunde.

Indextegningerne på niveau 2 er en lokaliserende tegningstype, udviklet af rådgivende civilingeniør Erling Lemming (Lemming og Eriksson A/S). Tegningen udnytter det faktum, at mange enheder i en større byggesag gentages, hvorfor de i princippet kun bør tegnes en gang. Til gengæld skal de lokaliseres i det samlede projekt, og det skal fremgå tydeligt, hvor mange gange disse enheder gentages. Indextegningerne er især

BPS fælles tegningsprincipper

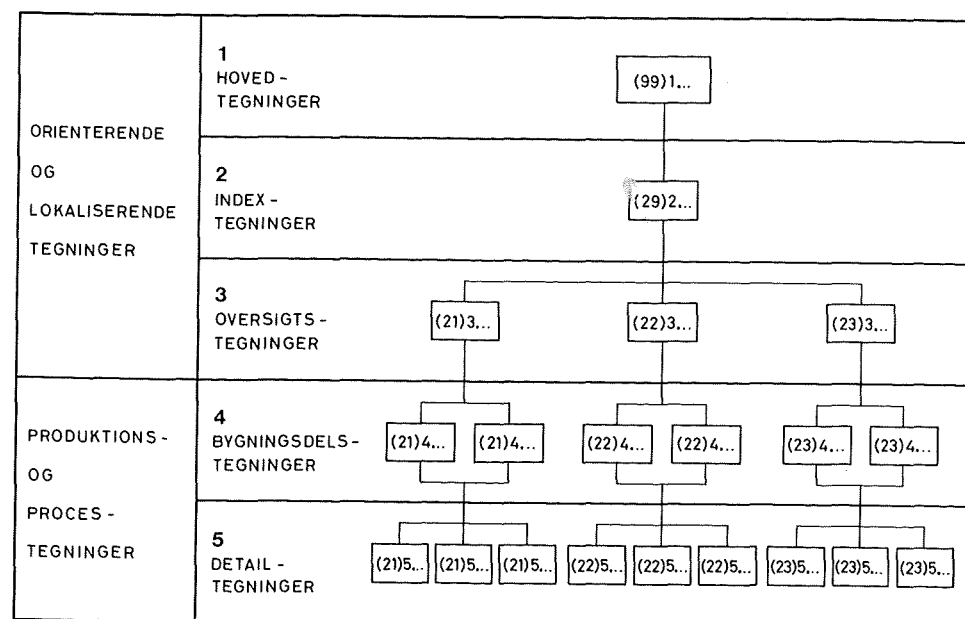
De 4 facetter

BPS tegningsnummer og tegningsskilt

De 5 niveauer

Indextegninger

Figur 7.14
Skematisk oversigt over
det niveaudelte tegnings-
materiale til en større
byggesag.

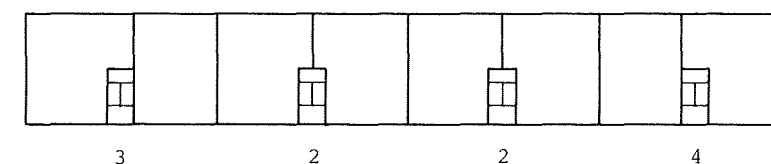


fordelagtige i de store masseproducerede projekter, hvor de viser, fx hvor mange opgangsetager eller typeplaner af en bestemt udformning, der findes i projektet. I en bebyggelse, hvor alle bygningerne eller boligerne er forskellige, kan indexplanerne stadig bruges som nøgle til lokalisering og tegningsnummerering, selvom de ikke vil udvise gentagelser af de enkelte typer. Figur 7.15 viser et eksempel på en indexplan.

Til slut skal nævnes, at hvor en tegnestue har indarbejdet BPS principperne i det daglige arbejde, vil den også med fordel kunne anvende dem til de små byggesager på ca. 100 tegninger, jvf. indledningen til afsnit 7.6.

Tegningerne i de følgende eksempler, kapitel 8 m.fl. er ikke nummererede efter BPS principperne, idet eksemplerne kun viser et begrænset udvalg af det samlede tegningsmateriale, hvorved systematikken ikke træder tydeligt frem. Desuden indeholder kapitlerne en række tegninger med mere pædagogiske formål, som ikke passer umiddelbart ind i systematikken.

BLOK NR 12, 22, 32,
42, 52.



OPGANGSTYPE NR
OVERSIGTSTEGN. NR

| Fundamentsplan, kældergulv | | (16)3. | 11 | | | |
|------------------------------|---------------|--------|-----|-----|-----|-----|
| Ydervægge | Kælder | (21)3. | 39 | 29 | 29 | 48 |
| | 1. etage | (21)3. | 30 | 20 | 20 | 40 |
| | 2. etage | (21)3. | 31 | 21 | 21 | 41 |
| | 3. etage | (21)3. | 32 | 22 | 22 | 42 |
| Indervægge, bærende | Kælder | (22)3. | 139 | 128 | 129 | 148 |
| | 1. etage | (22)3. | 130 | 120 | 120 | 140 |
| | 2. etage | (22)3. | 130 | 120 | 120 | 140 |
| | 3. etage | (22)3. | 130 | 120 | 120 | 140 |
| Indervægge, ikke-bærende | Kælder | (22)3. | 238 | 228 | 228 | 248 |
| | 1. etage | (22)3. | 235 | 225 | 225 | 245 |
| | 2. etage | (22)3. | 230 | 220 | 220 | 240 |
| | 3. etage | (22)3. | 230 | 220 | 220 | 240 |
| Dæk, trappeløb og reposer | over kælder | (23)3. | 39 | 28 | 29 | 48 |
| | over 1. etage | (23)3. | 30 | 20 | 20 | 40 |
| | over 2. etage | (23)3. | 30 | 20 | 20 | 40 |
| | over 3. etage | (23)3. | 31 | 21 | 22 | 41 |
| Armering i dækfuger | over kælder | (33)3. | 301 | 201 | 202 | 402 |
| | øvrige etager | (33)3. | 305 | 205 | 205 | 405 |
| Tag, spærplan | | (27)3. | 30 | 20 | 20 | 40 |
| | | | | | | |

| | |
|--|-----------------|
| INDEXTEGNING RÅHUS & BYGNINGSBASIS BLOK 12, 22, 32, 42, 52. | (29)2.12 |
|--|-----------------|

Figur 7.15
Indextegning for etageboligblok. Planen viser tegningsnumrene for oversigtstegningerne på niveau 3 til en række råhusentrepriser. Af tegningen kan eksempelvis aflæses, at oversigtstegning (montagetegning) for dæk over etage 2 i blok 32, opgang 4, hedder (23)3.40.

7.7 Litteratur

- 7.1 Statens Institut för Byggnadsforskning, HALTH-gruppen SBI Rapport 1/68. Redovisningsteknik och Projekteringsmetodik vid Husbyggnadsprojektering. Stockholm 1968.
- 7.2 Betonelement-Foreningen Vejledning i udførelse af tegninger af betonelementer. 2. reviderede udgave. Kbh. 1971.
- 7.3 Dansk Standardiseringsråd DS-hæfte 919. Teknisk tegning. Kbh. 1983. NB! Nogle af hæftets 21 standarder er under revision, og det anbefales at konsultere rådet om de nyeste udgaver.
- 7.4 Danmarks Tekniske Bibliotek Publikation nr. 53. Emneordliste. 5. Udgave. Lyngby 1982.
- 7.5 Byggecentrum SfB byggevareregistrering. Kbh. 1978.
- 7.6 CIB CIB Report No. 22. The SfB System, Rotterdam 1973.
- 7.7. CIB CIB Report No. 40. An Introductory Guide to the use of the SfB System. Dublin 1977.
- 7.8 Byggeriets Planlægningssystem, BPS. Fælles tegningsprincipper - med eksempelsamling. Kbh. 1979. Fra samme institut foreligger en lang række typiserede tegninger af byggekomponenter og byggesystemer mv.

Det danske montagebyggeri, som det blev udviklet i 1960'erne er blevet en byggeeksportvare i 1970'erne og 80'erne. Billedet viser et stort boligbyggeri på ca. 3.000 boliger, opført af Højgaard & Schultz i Tripoli i Libyen.



8

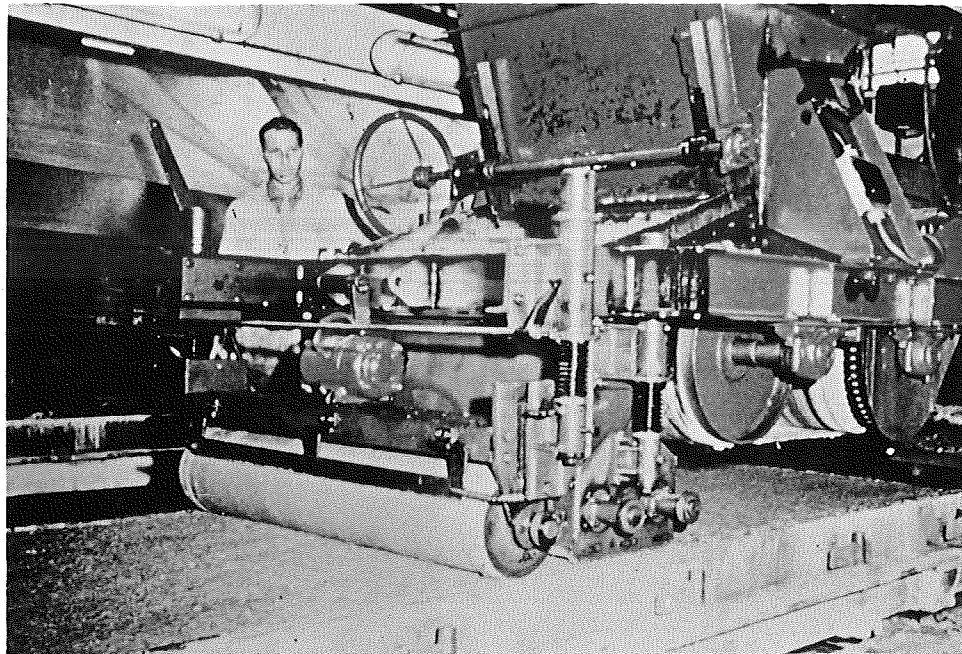
8. Etageboligblok af betonelementer

Modulprojekt, eksempel 1

Modulprojekteret byggeri i praksis

Efter gennemgangen af modulordningens generelle spørgsmål i de foregående kapitler, behandles i de følgende en række projekteringseksempler, der viser den praktiske anvendelse af modulkoordineringen. Eksemplerne omfatter boligbyggeri, institutions- og erhvervsbyggeri, og de fleste projekter er hentet fra aktuelle byggerier opført inden for de sidste 5-10 år.

Figur 8.01
Produktion af dækelementer på automatiseret anlæg i »Modulbeton« elementfabrik.



8.1 Projekteringsforudsætninger

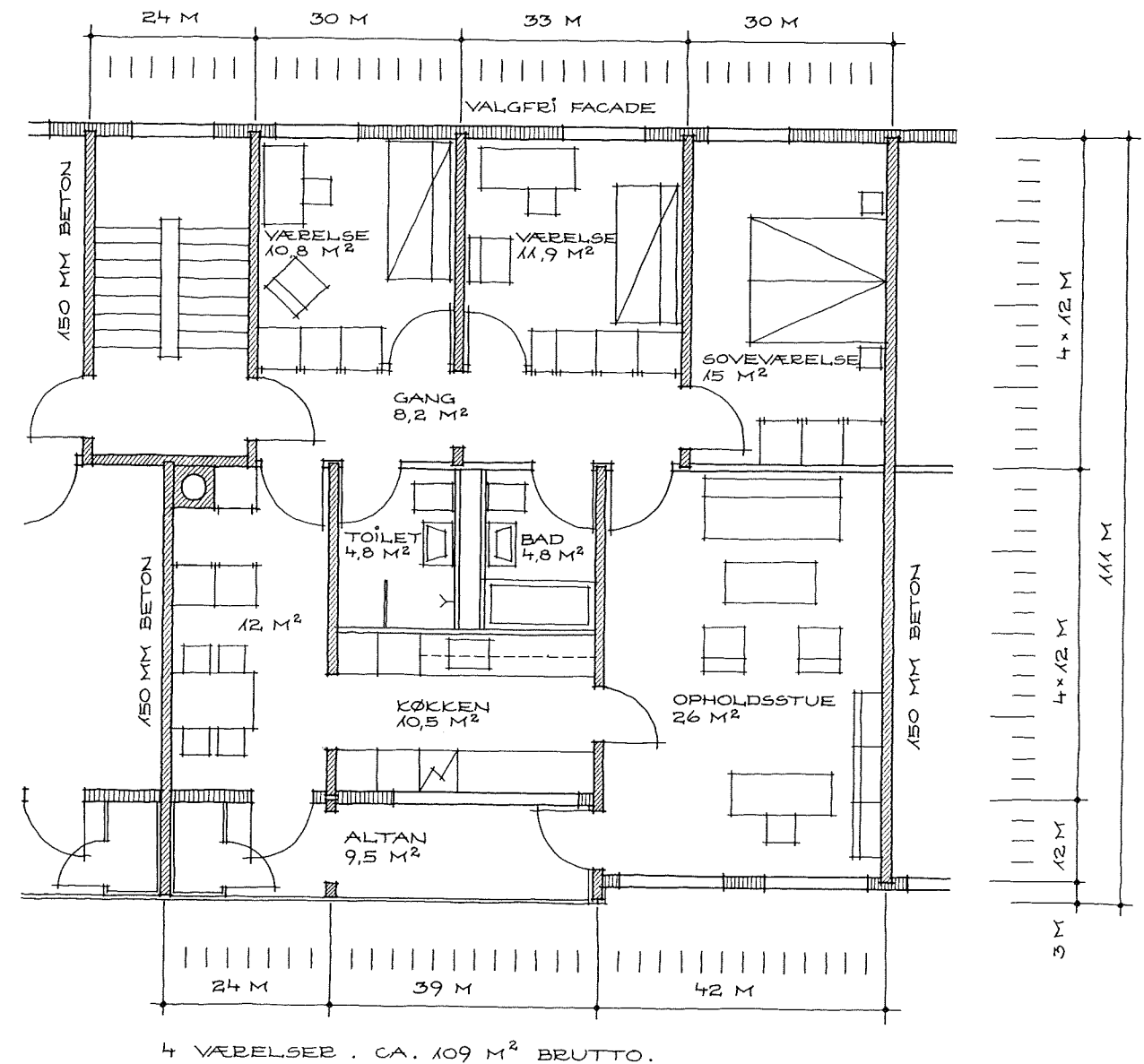
Boligplanerne møbleres efter SBI-Meddelelse 19, se litt. 8.5

Boligbyggeriet er repræsenteret ved både enfamiliehuse og etagebyggeri, det sidste omfattende blokbebyggelser, terrassehuse og tæt-lav bebyggelser. Højhusbyggeriet, hvor de statiske problemer er de dominerende, er ikke medtaget i eksemplerne; men de fleste af modulordningens principper for målkoordinering og dimensionering af komponenter vil kunne anvendes også ved denne byggeform. Ved valget af lejlighedsplaner er der lagt vægt på at vise rummelige familieboliger med en standard, der svarer til eller ligger noget over gennemsnittet for disse år (1980). Lejlighederne har således alle rigeligt dimensionerede installationsrum og rummelige opholdsaltaner. På boligplanerne er der indtegnet møbleringsforslag efter SBI-Meddelelse 19. Bedre boligplaner, litt. 8.5., ligesom de i anvisningen og i bygningsreglementet opstillede pladskrav mv er tilgodeset.

Muret byggeri og montagebyggeri

Eksemplerne 2, 3 og 8 (kapitel 9, 10 og 16) behandler det murede byggeri kombineret med præfabrikerede elementer, medens de øvrige kapitler viser rene montagebyggerier. For montagebyggeriet er en målkoordinering i både projekterings- og produktionsleddet helt afgørende, og modulordning og montagebyggeriet er da også udviklet i takt med hinanden inden for dansk byggeri i de sidste 20-30 år.

Montagebyggeriets komponenter vil i reglen være dimensionerede efter modulreglerne, hvorved de modulære løsninger i disse projekter bliver relativt enkle. Neutrale zoner og netforskydninger mv optræder sjældent, men undgås dog ikke altid, når de byggetekniske krav skal tilgodeses.



EKSEMPEL 1
SKITSE AF LEJLIGHEDSPLAN 1:100

Figur 8.02
Lejlighedsplanen, eksempel 1, viser det typiske etagehus med bærende tværvægge og ikke bærende facader.

I mange projekter, hvortil man ikke har fundet egnede, modulære komponenter på byggemarkedet, er der af projekterende og producenter blevet udviklet nye til formålet. Ved at dimensionere disse komponenter efter modulordningen, og projektere dem ud fra elementernes funktionskrav og bygningsfysik, kan disse produkter blive generelt anvendelige - også ud over den byggesag, hvortil de er tegnet. De store montageplaner i 1960'erne har således givet anledning til mange elementproduktioner, hvis komponenter senere er indgået på det åbne byggemarked. Herved er der skabt baggrund for en vedvarende dansk byggeindustri med komponenter til åbne systemer, undertiden også til byggeeksport.

Nye elementproduktioner leverer generelt anvendelige, modulære komponenter til et åbent byggemarked og til byggeeksport

8.2 Byggeprogram og byggesystem

| | |
|--|--|
| 3-4 etagers boligblok | Figur 8.02 viser lejlighedsplanen i eksempel 1. Hustypen er den velkendte boligblok i 3 eller 4 etager med 2-løbs facadetrappe. Etageadskillelser, trappe og altaner bæres som simpelt understøttede plader på tværvæggene, og længdestabiliteten sikres af den tunge, langsgående trappeendevæg. Boligen er på ca. 109 m ² brutto, med 4 værelser, køkken, spisekøkken og 2 badeværelser. |
| Lejlighedens brugsværdi | På planen er anført nettoarealer for de enkelte rum. Der er ingen opholdsrum i »kammerstørrelse«, dvs mindre end 10 m ² , og opholdsstuens 26 m ² giver gode møbleringsmuligheder og gode adgangsforhold til opholdsaltanen. Soveværelserne er store nok til også at fungere som dagopholdsrum. |
| Installationer | Installationsrummene er samlet i et særligt afsnit af planen omkring en installations-skakt, hvorved man dels opnår at afgrænse støjen fra installationerne og desuden får fordel af at kunne fremføre rørene samlet i den viste skakt, som både kan rumme vand-, varme- og faldrør samt ventilationskanaler. Der er afsat plads til vaskemaskine i det ene baderum. |
| Facadekonstruktioner | Med de bærende, indvendige vægge indgår facaderne ikke i det statiske hovedsystem og kan således vælges frit. I afsnit 8.4 er vist løsninger med lette træbaserede facader; mens afsnit 8.5 viser alternative løsninger. |
| Gulve og lette indervægge | Som gulvkonstruktion er valgt trægulv på strøer på bløde brikker. Denne løsning skal ses i sammenhæng med valget af lette skillevægge, som her i projektet er vist med letbetonskillevægskomponenter monteret på rådækket. Med denne løsning bliver det ikke muligt at demontere og flytte de lette skillevægge på simpel måde. En anden løsning med gennemgående overgulv og lette skillevægge monteret på dette er vist i kapitel 10, se figur 10.15. Trægulvet har, udover dets gode brugsmæssige egenskaber den fordel, at der kan fremføres rør til installationer i hulrummet under gulvbrædderne. |
| Tagkonstruktionen | Tagkonstruktionen i eksempel 1 er ikke beskrevet. Der kan vælges mellem alle de kendte former, fx en let tagkonstruktion oplagt på en betonetageadskillelse af normale dækelementer. Bygningen kan udføres med frit valg af taghældning og tagform. |
| Beregning af statisk hovedsystem | Bygningens statiske hovedsystem beregnes efter DS 410 lastnorm og DS 411 betonkonstruktioner. Beregning af det afstivede system er beskrevet i litt. 4.19 og 4.23, til hvilke der henvises. |
| Et modulprojekt iflg. landsbygge-loven | Under den videre detailprojektering er det nu opgaven at udføre en korrekt teknisk sammenbygning af de valgte modulære komponenter. Detailprojekteringen må derfor indeholde de nødvendige beregninger, fx af statiske, hygrotermiske, akustiske og andre ydeevner, og når dette arbejde er afsluttet, har vi et modulprojekt i landsbygge-lovens forstand. |

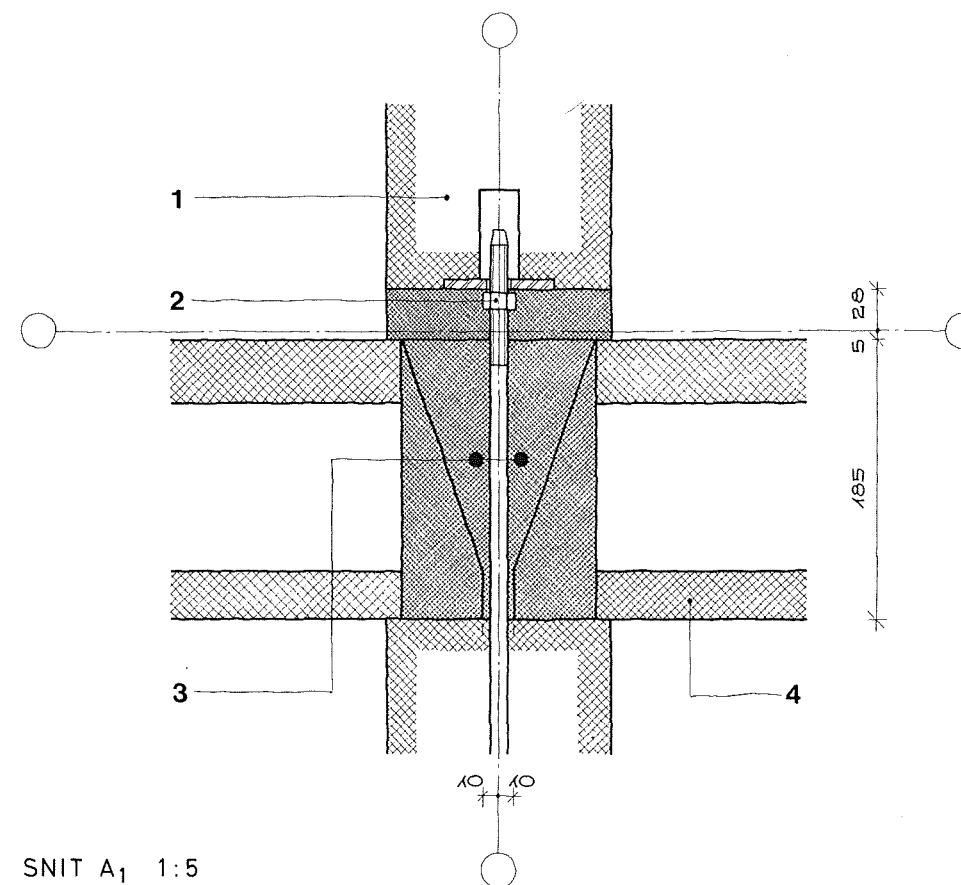
8.3 Modulplanlægning

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------------------------|---------|-------------------------|---------|-----------------------------|---------|-----------------|---------|---------|---------|-----------------|---------|
| Moduldetaljerne bringer komponenterne på plads i modulnettet | Sammenbygning af komponenterne klares op i moduldetaljerne. Der udføres detail-snit i de vigtigste samlinger, således at den nøjagtige beliggenhed af komponenterne i forhold til hinanden og til modulnettet kan bestemmes. | | | | | | | | | | | | |
| Planlægningsmodulnet 3M x 12M | Planskitsen, figur 8.02, er optegnet over et 3M x 3M modulnet, hvor modultakten er markeret langs de to af tegningens sider. Med de valgte 12M brede dæk, bliver det resulterende planlægningsmodulnet 3M x 12M. | | | | | | | | | | | | |
| Modulkatalog til eksempel 1 | Til projektet vælges nu flest mulige modulære komponenter fra standardproduktionerne, og »modulkataloget« for eksempel 1 bliver følgende: <table border="0" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>Dækkomponenter af beton</td> <td>DS 1038</td> </tr> <tr> <td>Vægkomponenter af beton</td> <td>DS 1039</td> </tr> <tr> <td>Trapperum for toløbstrapper</td> <td>DS 1040</td> </tr> <tr> <td>Køkkenelementer</td> <td>DS 1043</td> </tr> <tr> <td>Vinduer</td> <td>DS 1003</td> </tr> <tr> <td>Indvendige døre</td> <td>DS 1028</td> </tr> </table> | Dækkomponenter af beton | DS 1038 | Vægkomponenter af beton | DS 1039 | Trapperum for toløbstrapper | DS 1040 | Køkkenelementer | DS 1043 | Vinduer | DS 1003 | Indvendige døre | DS 1028 |
| Dækkomponenter af beton | DS 1038 | | | | | | | | | | | | |
| Vægkomponenter af beton | DS 1039 | | | | | | | | | | | | |
| Trapperum for toløbstrapper | DS 1040 | | | | | | | | | | | | |
| Køkkenelementer | DS 1043 | | | | | | | | | | | | |
| Vinduer | DS 1003 | | | | | | | | | | | | |
| Indvendige døre | DS 1028 | | | | | | | | | | | | |
| Placering af komponenter i modulnettet | Ved placering af de forskellige bygningsdele og komponenter i modulnettet anvendes DS 1049 på følgende måde, se figurerne 8.06-8.10: | | | | | | | | | | | | |

Tværvægge placeres i planen efter akseprincipper. Dækkomponenter placeres i planen indenfor deres modulområder. Dækoversiden placeres 5 mm under rådækmodulplanet, (»5 mm-reglen«). Trappeendevæggen placeres excentrisk, se figur 8.07. Ydervægge placeres excentrisk efter en byggeteknisk vurdering af samlingerne med dæk og vægge. Vinduer og døre placeres normalt indenfor deres modulområder. Kompletterende bygningsdele placeres ud fra sammenbygningshensyn og funktionskrav.

Optegning af moduldetaljerne forudsætter kendskab til detailmålene for de anvendte komponenter. Hvor disse er katalogvarer, skal målene, incl. tolerancer, kunne hentes i fabrikkernes kataloger; medens målene på nye komponenter, der udvikles til det aktuelle projekt, må bestemmes af de projekterende ud fra en funktionsanalyse af samlingerne. Dækelementerne med mål er beskrevet i figur 4.17 og 4.18, vægelementerne i figur 4.20 og 4.21.

De typiske samlinger er allerede omtalt i afsnit 4.7, se dette. Den normale udførelse af etagekrydset mellem dæk og væg er vist i figur 8.03, medens figur 8.04 viser fugerne inden udstøbningen. Montageboltene, der er indstøbt i toppen af vægelementet, tjener to formål: Dels transport af elementet, dels justering af næste etages vægelementer både i lodret og vandret retning.



Figur 8.03
Lodret snit i samling mellem bærende tværvæg og dæk.
1 Vægelement, 150 mm
2 Montagebolt
3 Fugearmering
4 Dækelement

Den lodrette justering foregår ved nivellering af møtrikken med et specialstadie, der kan gribe om møtrikken og dreje den. Den vandrette justering foregår ved hjælp af et stangmål af letmetal, der lægges ned over boltene og placeres efter systemlinierne i væggen midt. Se figur 8.04. Systemlinierne er i den viste samling tillige modullinier for dækelementerne, der placeres med 10 mm fugeandele symmetrisk omkring modullinien, se figur 8.03.

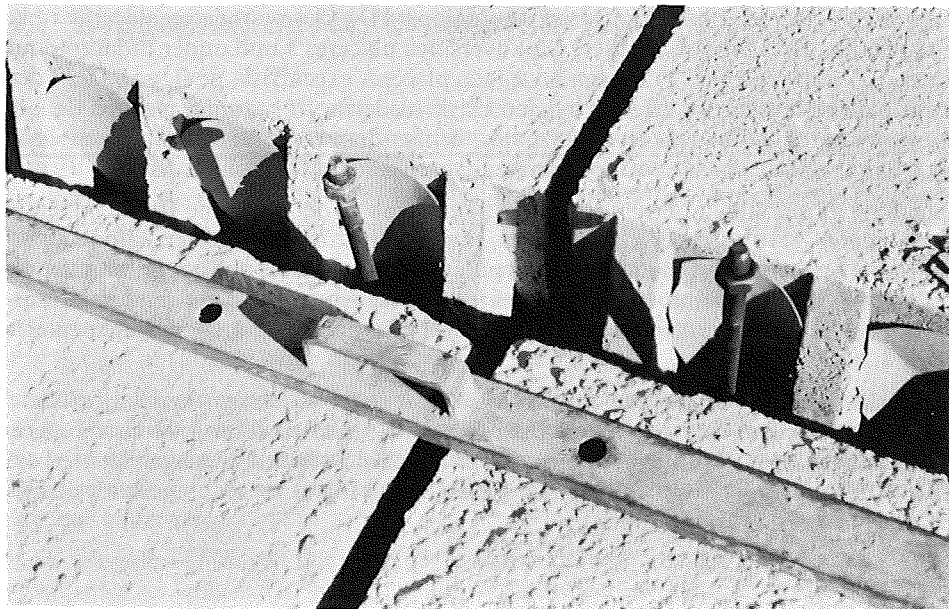
Dækelementerne oplægges med knasfuge på vægelementernes overside, der herved overskrider deres modulområde i lodret retning. Bruddet på denne generelle regel er som sædvanlig byggeteknisk begrundet, idet fugemålet i knasfugen er 0. Vægelementernes højdemål er iøvrigt bestemt således, at der mellem dækoversiden og vægelementet bliver en fuge på godt 30 mm, der giver tilstrækkelig plads for indstopning af

Detailmål for komponenter

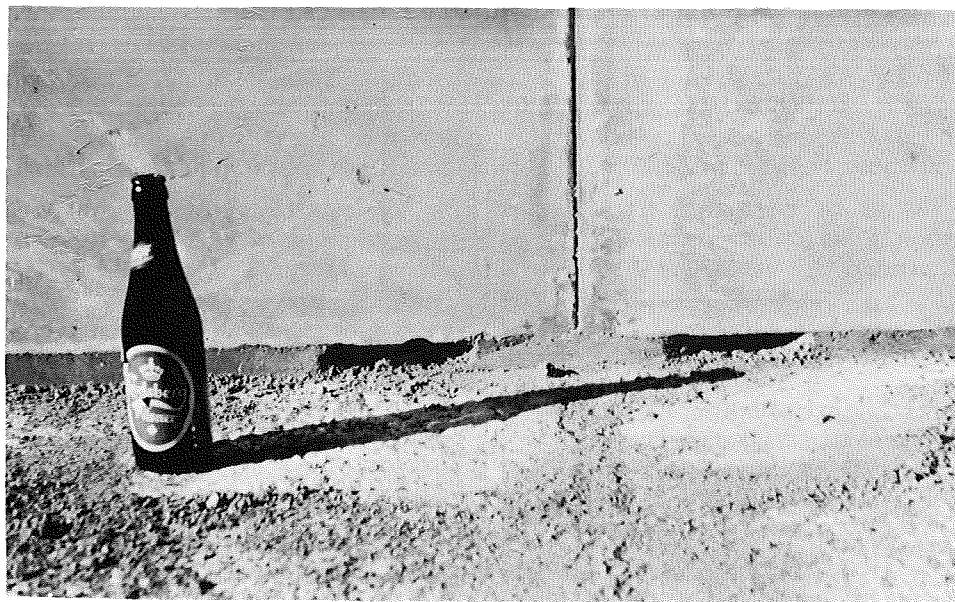
Justering af byggesystemet ved hjælp af montageboltene

Kraftoverføring i etagekrydset

Figur 8.04
Stangmål klar til justering
af montageboltene i tvær-
væggens midlinie.



Figur 8.05
I udsparingerne i den
understoppede vægfuge er
montageboltens møtrik-
ker tilgængelige.

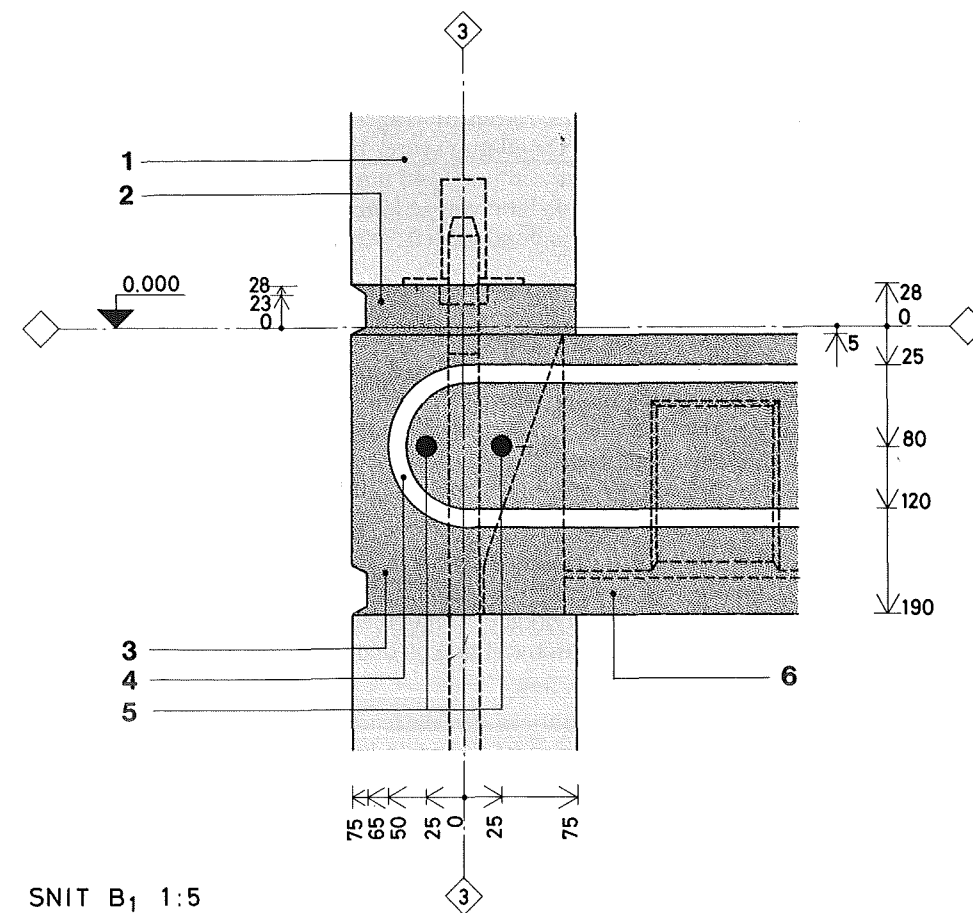


jordfugtig fugemørtel efter opstilling af væggene. Opstillingsprocessen afsluttes med, at boltemøtrikkerne løsnes, når fugemørtelen er bundet af og svundet. Herved bliver selve fugen og ikke boltene kraftoverførende. Figur 8.05 viser den udsparring i fugen ud for boltene, der er nødvendig for at kunne løsne møtrikken. Af lydtekniske grunde må denne udsparring udstøbes omhyggeligt for at sikre tværvæggens lydisolations. Udformningen af etagekrydset er udførligt beskrevet i afsnit 4.5, se dette.

Figur 8.06 viser samlingen mellem dæk og tværvæg, hvor vederlaget er ensidigt, som fx ved trappevæggene. Samlingen, der iøvrigt svarer til figur 8.03, er forsynet med en hårnålebøjle R 12 til forankring af dækket i tværvæggen. Den viste profilering af væggen mod trapperummet er udført for at sløre eventuelle unøjagtigheder omkring vægelementernes kanter, udstøbningsbetonen og understopningen. Tegningen er her udført som samlingsdetalje.

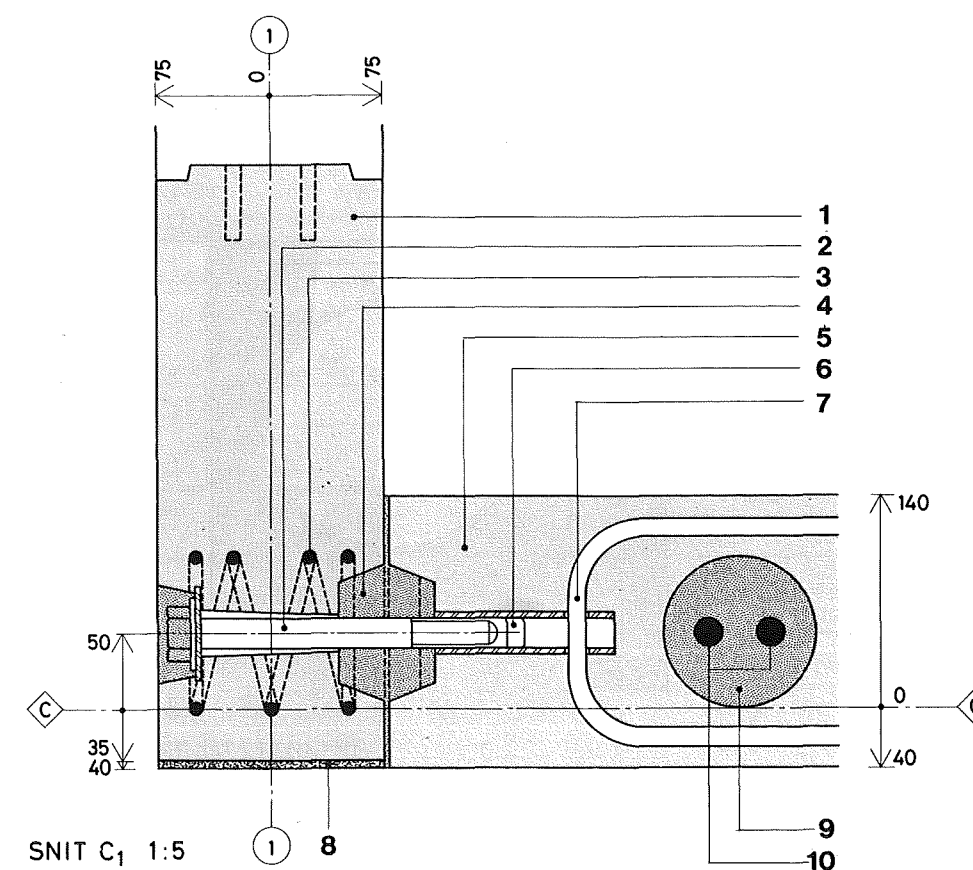
Figur 8.07 viser samlingen mellem trappe- og endevæg. Samlingsdetaljen viser en række enkeltheder fra bygningens længdefastivende system, der bl.a. består af trappeendevæggen, suppleret med dele af trappevæggene, som er samlet med forskydningslåse og de viste montagebolte, M 20. I trappeendevæggen er der, som vist udsparet cirkulære profilerede kanaler, i hvilke 2 T 18 er indlagt som trækarmering. Dimensionering af denne armering afhænger af den langsgående vandrette last på bygningen, massekraften, samt af bygningens højde. Beregning af det afstivede system er vist i litt. 8.4.

Figur 8.06
Lodret snit i samling
mellem trappevæg og
dæk.
1 Vægelement, 150 mm
2 Beton 20
3 Beton 20
4 Bøjle R 12
5 Fugearmering T 14
6 Dækelement, 185 mm.



SNIT B₁ 1:5

Figur 8.07
Vandret snit i samling
mellem trappevæg og
endevæg.
1 Tværvæg, 150 mm
2 Montagebolt M 20
3 Spiralarmering R 8
4 Beton 15
5 Længdevæg, 180 mm
6 Insert 3/4" type AMTE
7 Forankringsjern R 12
8 Spartelmasse
9 Beton 15
10 T 18.



SNIT C₁ 1:5

Samling mellem dæk og
trappevæg

Længdefastivning i
trappekonstruktionen

Skivevirkning i længdevæggen; excentrisk placering af væggen

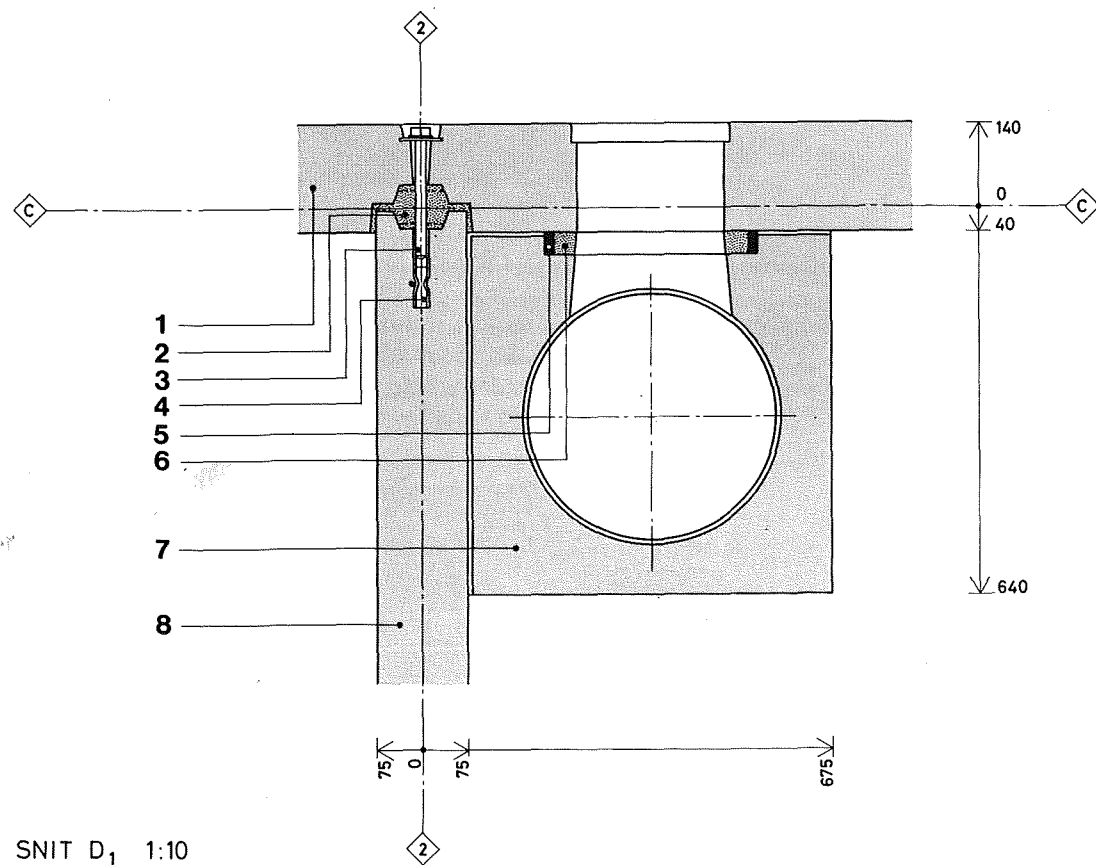
Skivekræfterne i væg C skal føres uforstyrret igennem etagekrydset, hvorfor der er anvendt den på figur 8.07 viste excentriske placering af væg C i forhold til modullinie C. Dette betyder, at dækelementet, der er sideplaceret i forhold til modullinie C, kun går ca. 40 mm ind i væggen, medens resten af etagekrydset kan udstøbes med en kraftoverførende udstøbningsbeton. De 40 mm svarer til ca. den halve tykkelse af de lette vægge, som også placeres med modullinie C 40 mm inde i væggen, se figur 8.09. Med denne placering af de langsgående lette vægge kommer trappeendevæggen bagside til at flugte med den tilsvarende side af de lette vægge; sammenlign figur 8.07 - 8.10.

Figur 8.08 viser samlingen mellem tværvæg nr. 2, trappeendevæg og nedfaldsskaktelement. De to vægge er koblet sammen med bolte og forskydningslåse ligesom i samlingen figur 8.07. Herved opnås, at hele trappehuset samt tværvæg 2 kan fungere som et stift hele i det tværafstivende, statiske hovedsystem. Skaktelementet er udført som et præfabrikeret betonelement, der indsættes i bygningen i takt med den normale vægmontage. For at undgå lugtgener i lejlighederne er det vigtigt, at den viste pakning, og en tilsvarende pakning i samlingen mellem etagerne, udføres omhyggeligt. Skaktelementet styres af indstøbte stødjern i etageadskillelserne.

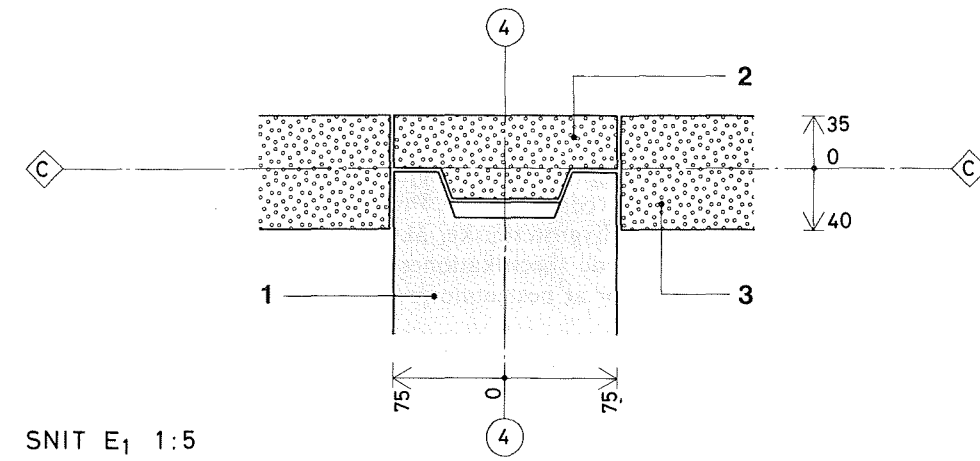
Figur 8.09 viser samlingen mellem den bærende tværvæg nr. 4 og den langsgående letbetonvæg nr. C. Den lette væg er her i projektet udført af gasbeton, og de viste samlinger er limede med speciallim. Passtykket er fremstillet i mål, således at det efter pålimning på tværvæggen danner en plan overflade på den lette væg. Der må dog regnes med spartling over alle fugerne.

Efter opklaring af de væsentligste detaljer i den bærende konstruktion, er det påvist, hvorledes bygningen kan sættes sammen af de valgte komponenter; der kan herefter udføres en moduloversigtstegning, se figur 8.10, der viser beliggenheden af disse komponenter i forhold til hinanden og til modullinierne i projektet. På tegningen er desuden beliggenheden af de forskellige detailsnit vist. Moduloversigtstegningen danner grundlag for de efterfølgende arbejdstegninger, herunder montagetegningerne for de forskellige elementkategorier, se afsnit 8.4.

Figur 8.08
Vandret snit i trappevæg, tværvæg og skakt.
1 Trappevæg, 180 mm
2 Beton 15
3 Stålbolt 3/4"
4 Insert 3/4" AM
5 Pakningsring, 10 x 50 mm, påklæbet
6 Beton 15
7 Skaktelement
8 Tværvæg, 150 mm.

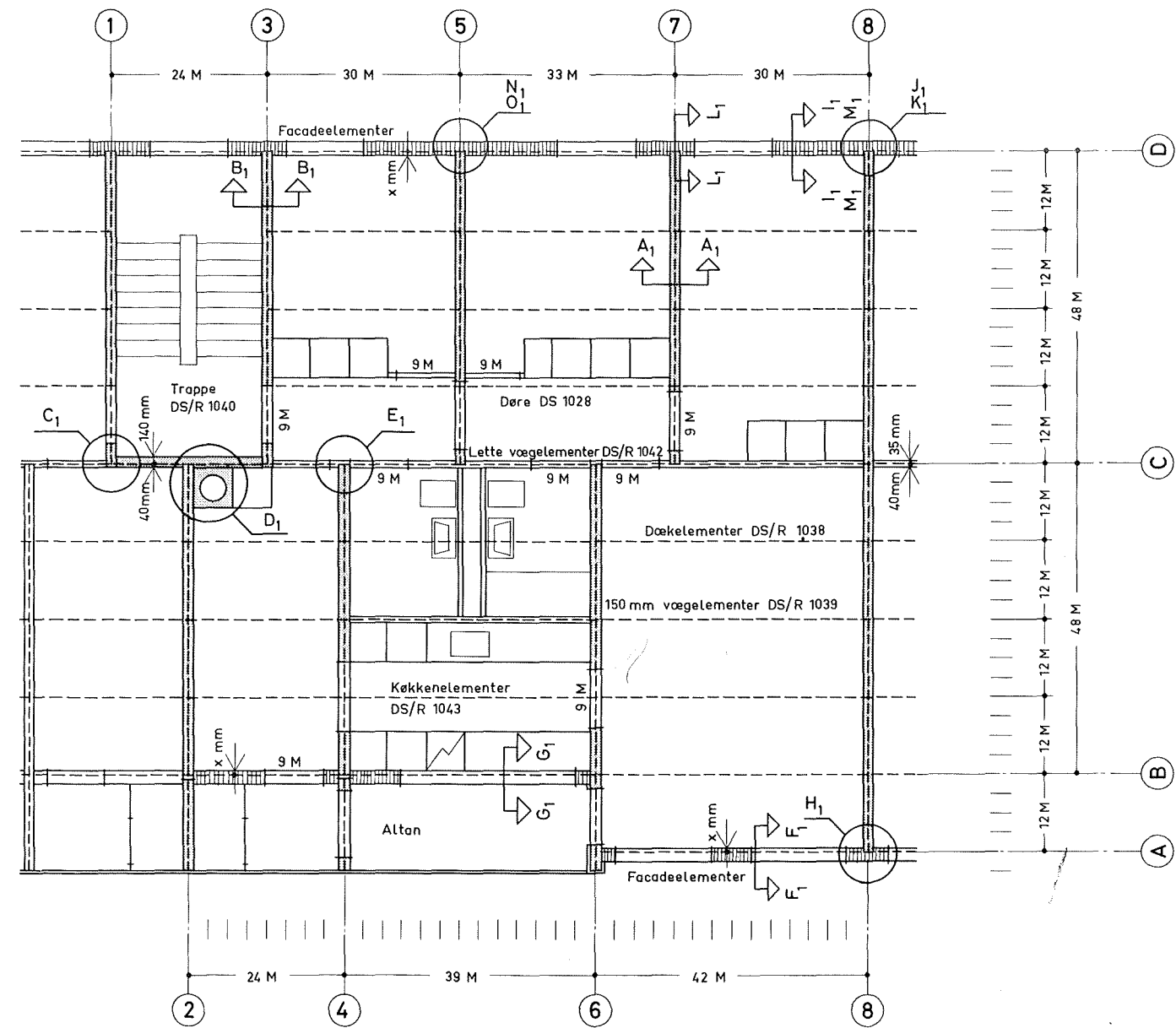


SNIT D₁ 1:10



SNIT E₁ 1:5

Figur 8.09
Vandret snit i samling mellem tværvæg og letbetonvæg.
1 Tværvæg, 150 mm
2 Passtykke
3 Letbetonvæg, 75 mm.



EKSEMPEL 1
MODULOVERSIGTSTEGNING 1:100

Figur 8.10
Moduloversigtstegningen bringer elementerne på plads i forhold til hinanden og til modullinierne.

8.4 Produktionstegninger

Procestegninger kræver totalprojektering

Med de foran gennemgåede detaljer og oversigtstegningen er geometrien i projektet lagt fast; men inden der kan udarbejdes produktionstegninger til byggeplads og fabrik, må der gennemføres en beregning og bearbejdning af hele projektet, både for konstruktioners og installationers vedkommende. Projektet analyseres og gennemregnes ud fra de relevante statiske, hygrotekniske, akustiske, brandtekniske og andre funktionskrav. Først herved kan de specifikationer for materialer og komponenter fastlægges, som er nødvendige for at bestemme projektets tekniske og økonomiske omfang tilstrækkeligt præcist.

Procestegninger

Fra de statiske beregninger hentes oplysninger om armering og betonstyrker i elementer og fuger mv, hvorefter elementtegningerne kan påføres disse specifikationer og gøres færdige. Se fx figur 4.18. På tilsvarende måde færdiggøres moduldetaljerne og bliver til samlingsdetaljer, dvs procestegninger, se fx figur 8.06 og figurerne 8.14 - 8.16.

Montagejern i fuger

Figur 8.11 viser montagetegningen for dækelementerne. Den nøjagtige beliggenhed af de viste elementer fremgår af samlingsdetaljerne. For at kunne fuldføre dækmontagen kræves yderligere en armeringstegning for de montagejern, der skal indstøbes i fugerne, se figur 4.35. På figur 8.11 er vist, hvilke modullinier, der er valgt som mål-afsætningslinier, og det er tillige markeret, hvorledes man under montagen udligner målafvigelse ved at justere grupper af dækelementer på plads mellem de afsatte modullinier.

Elementernes vægtklasser

Projektet er som vist udført med 12 M dækelementer med en egenvægt på max. ca. 1,5 t. Hvis man har krankapacitet til det, vil det ofte være økonomisk at anvende 24 M brede dæk med en egenvægt på ca. 3 t. Tungeste vægelement vejer ca. 2,3 t. Elementvægtene bør afstemmes efter hinanden.

Baderumsdæk

Dæktegningen viser to muligheder for udførelse af badeværelsesgulvene: Enten kan gulvene udføres i en plade, PE 3960, uden fuger, med en fabriksfærdig gulvbelægning. Elementvægten bliver da 2,8 t.

Eller gulvene må udføres som to plader, PE 3950 og 3951, hver på 1,4 t; men så får man en fuger i dækket og må lukke den med en tæt overgulvkonstruktion, se kapitel 5. Rørtrækningerne fra installationsgenstandene til rørsakten giver ingen større konstruktionsproblemer, da rørene i det væsentlige forløber parallelt med hovedarmeringen.

Varmerør gennem dækket

Langs facaden er der regnet med specialdæk. Gennem disse dæk skal varmeledningerne traditionelt føres; men projektet kan forenkles ved at fordele varmeledningerne under gulv fra centrale stigledninger i installationskakten. Herved forsvinder alle udspæringer i dækvarianterne 01.

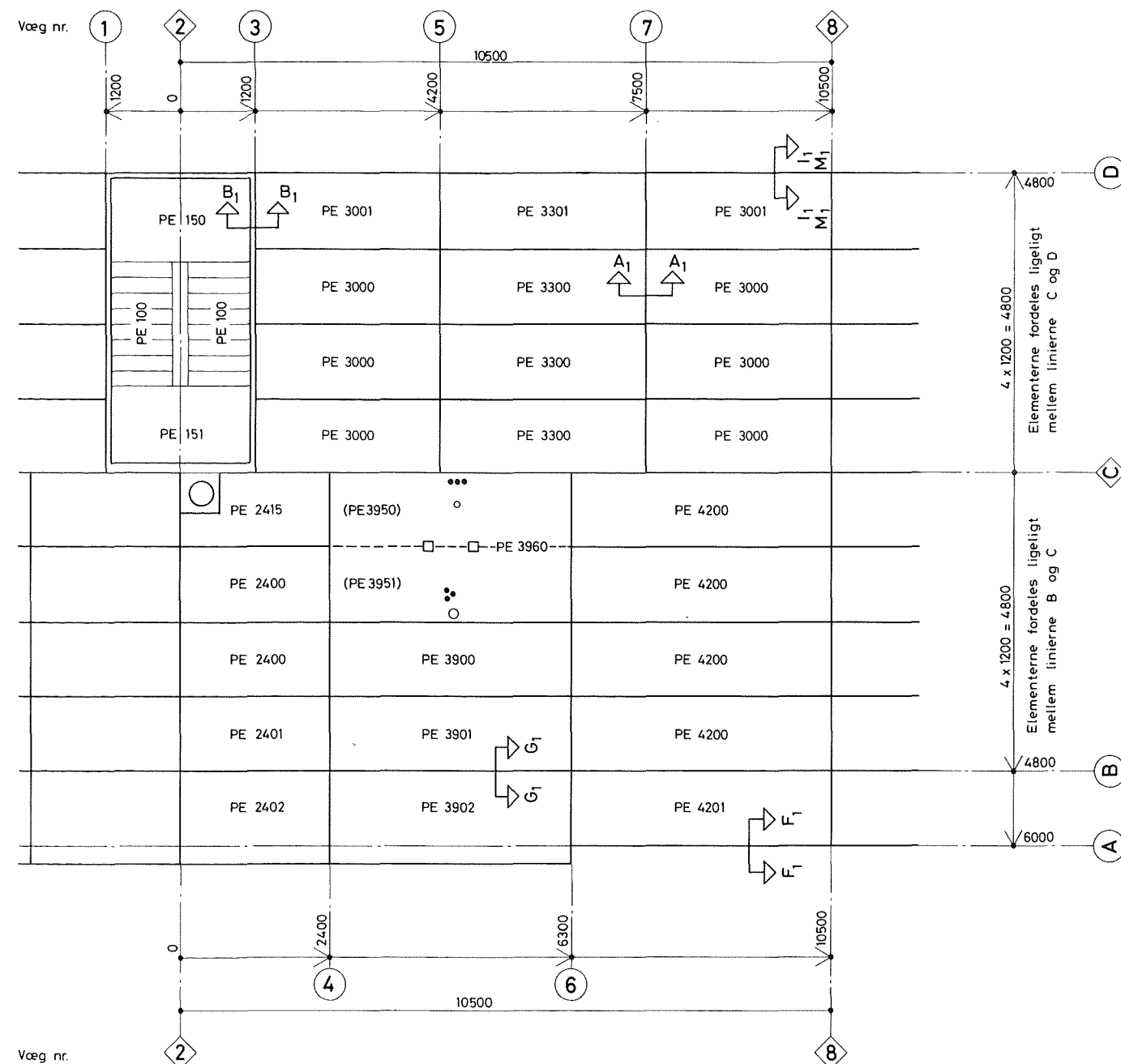
Varianter bestemmes ved totalprojektering

Figur 8.12 viser den tilsvarende montagetegning for vægelementerne. Af pladshensyn er desuden medtaget facadeelementer på denne tegning, selv om facademontagen og vægmontagen er to forskellige arbejdsprocesser. Tegningen viser en række varianter af væggene som følge af døråbningerne mm; medens varianter som følge af el-installationer ikke er taget med, da der ikke er udført projekt for disse.

Mål fra vægoverflader

Figur 8.13 viser opstillingen af de lette vægge. Væggene monteres, når råbygningen, incl. facaderne, er stillet op, og målafsætningen er derfor vist ud fra råbygningens vægoverflader. På grund af unøjagtigheder i råbygningen må der regnes med tilpasning af et let vægelement i hver vægrække. Disse elementer er mærket specielt på tegningen, og deres elementnummer angiver passtykkernes basismål i mm. Tegningen viser endvidere opstillingsretning og -rytme for montagen. Den ene af de lette vægge mellem baderummene udføres som en pladebeklædt lægtevæg, således at installationerne er tilgængelige for tilsyn og reparation.

Passtykker i hver væg



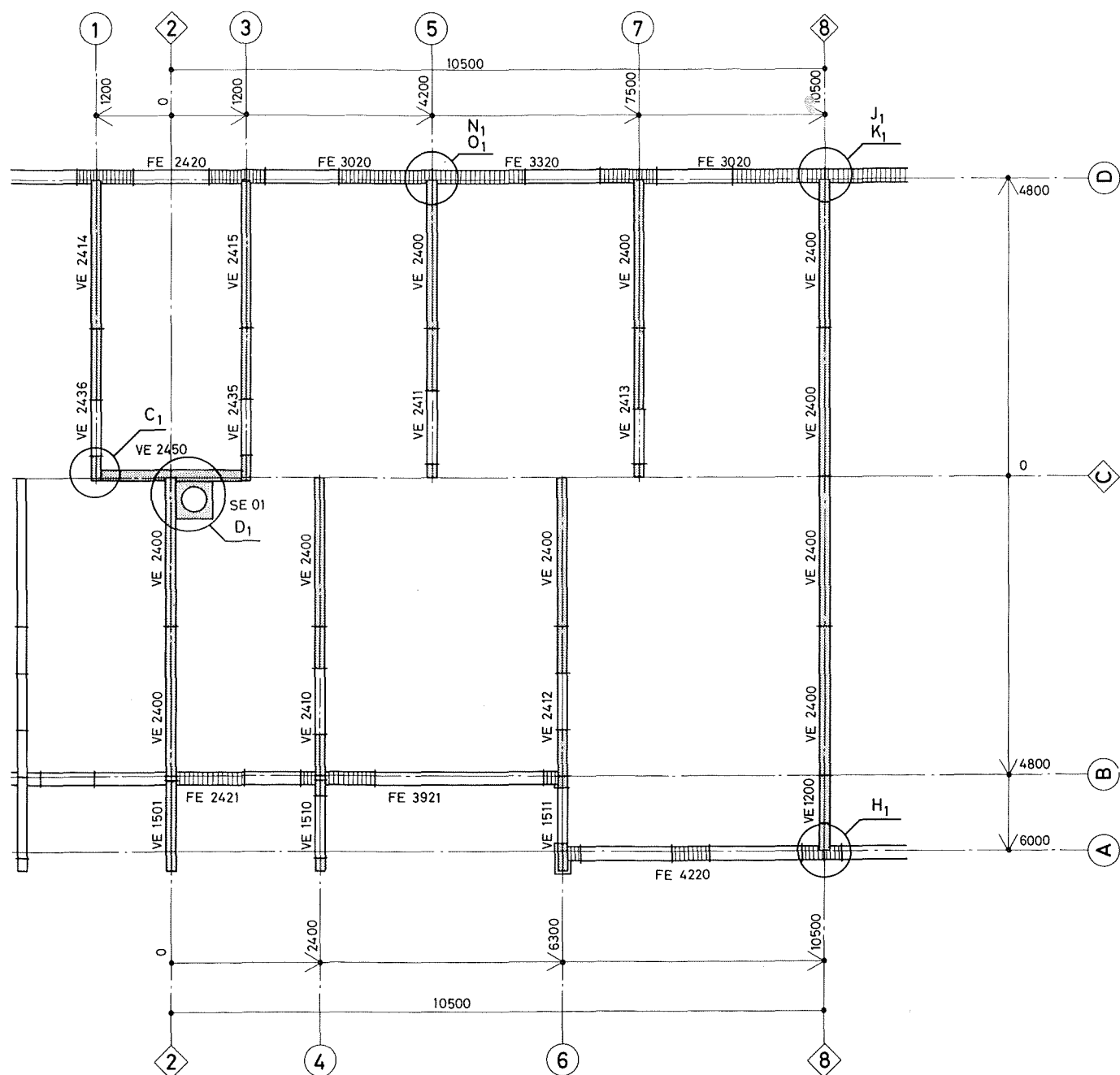
Armeringer i fuger, se tegning nr.

Fugedetaljer og dækplacering, se samlingsdetaljer, tegning nr.

EKSEMPEL 1
MONTAGETEGNING FOR DÆK 1:100

| Element nr. | Antal | Element nr. | Antal | Element nr. | Antal | | |
|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|--|---------|
| PE 100 | 2 | PE 3000 | 6 | PE 3900 | 1 | Eks : PE 100 100 = element nr. PE = pladeelement | |
| 150 | 1 | 3001 | 2 | 3901 | 1 | | |
| 151 | 1 | | | 3902 | 1 | | |
| | | 3300 | 3 | (3950) | (1) | | |
| 2400 | 2 | 3301 | 1 | (3951) | (1) | | |
| 2401 | 1 | | | 3960 | 1 | | |
| 2402 | 1 | 4200 | 4 | | | | |
| 2415 | 1 | 4201 | 1 | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Ialt | 9 | Ialt | 17 | Ialt | 4 (5) | Total | 30 (31) |

Figur 8.11
Montagetegning, dækelementer.



NB! Varianter som følge af el-installationer er ikke vist.
Fugedetaljer samt væg- og facadeplacement, se samlingsdetaljer, tegning nr.

| Element nr. | Antal | Element nr. | Antal | Element nr. | Antal |
|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|
| VE 2450 | 1 | VE 2400 | 10 | SE 01 | 1 |
| 1200 | 1 | 2410 | 1 | FE 2420 | 1 |
| 1501 | 1 | 2411 | 1 | 2421 | 1 |
| 1510 | 1 | 2412 | 1 | 3020 | 2 |
| 1511 | 1 | 2413 | 1 | 3320 | 1 |
| | | 2414 | 1 | 3921 | 1 |
| | | 2415 | 1 | 4220 | 1 |
| | | 2435 | 1 | | |
| | | 2436 | 1 | | |
| VE | 5 | VE ialt | 23 | FE ialt | 7 |

EKSEMPEL 1
MONTAGETEGNING FOR VÆG- OG FACADEELEMENTER 1:100

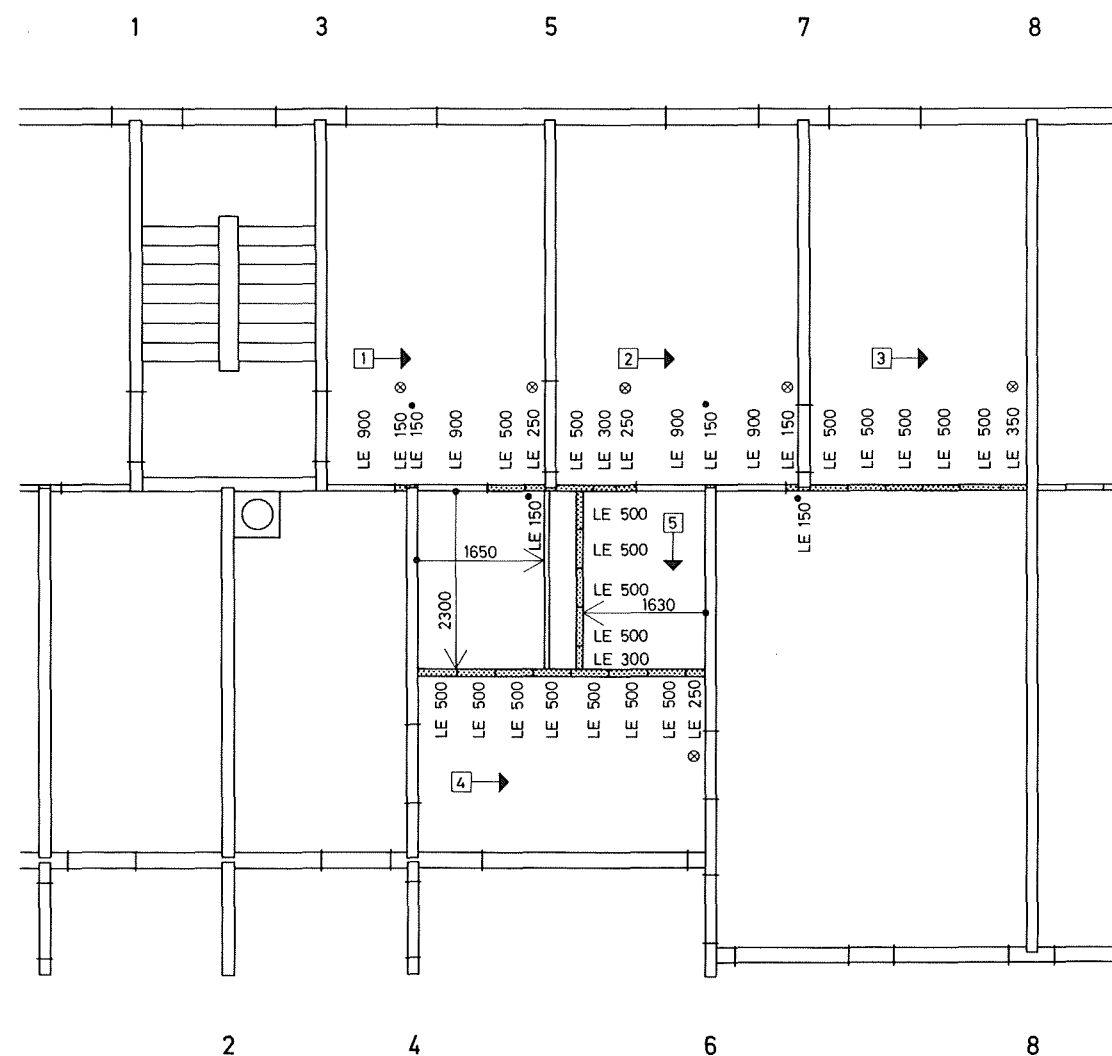
Figur 8.12
Montagetegning, væg- og facadeelementer.

Med det valgte statiske hovedsystem, bærende tværvægge og indvendige, længeafstivende vægge, er facaderne frigjort fra den bærende funktion og kan dermed udføres af lette materialer, som omtalt i afsnit 8.2.

Lette, ikke-bærende facader

Figurerne 8.14, -15 og -16 viser samlingsdetaljer mellem de lette facader, udført som snedkerpartier, og råbygningens vægge og dæk. De anvendte facadeelementer er af en ny type, udviklet på DIAB. Elementerne, som har en k-værdi på 0,3 W/m² °C, svarende til kravet i BR 82, er opbygget på mineraluldstopper, hvorved man dels undgår kuldebroer, dels får et meget begrænset træforbrug pr. element. Der henvises iøvrigt til litt. 8.3.

DIAB's lette facader



← □ ~ Opstillingsrytme
⊗ ~ Element der tildannes på stedet

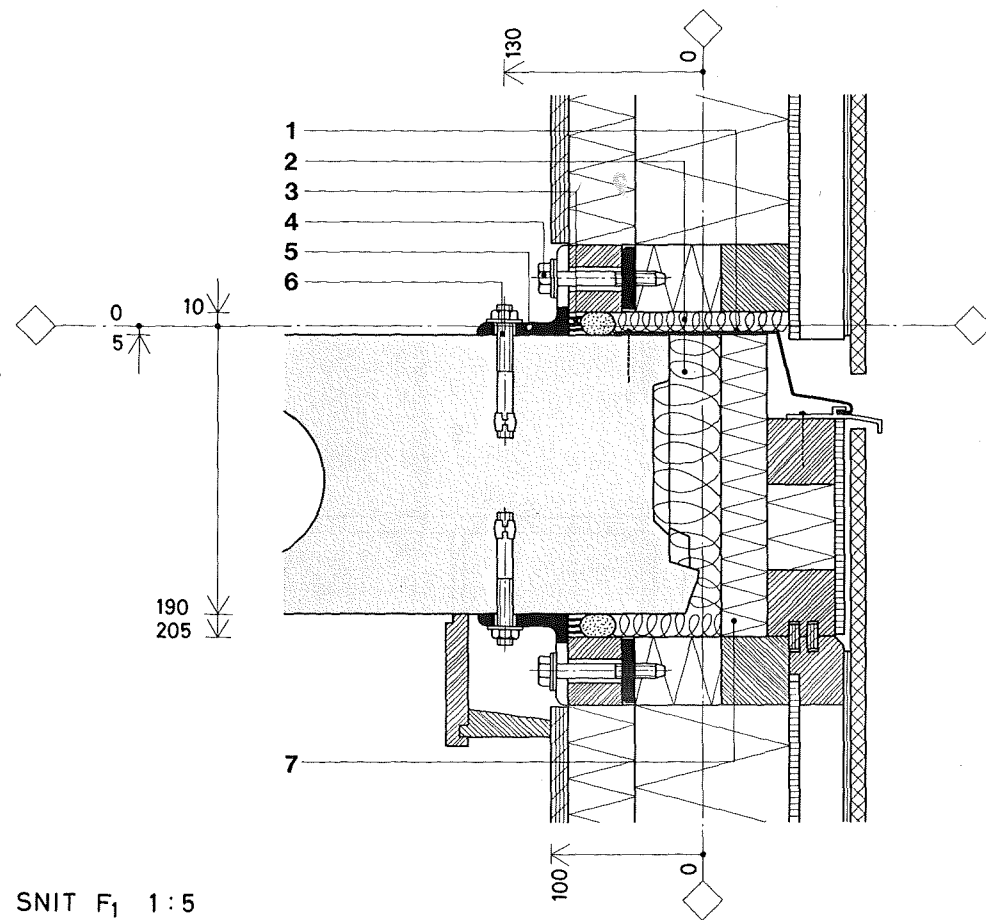
EKSEMPEL 1
MONTAGETEGNING FOR 75 MM LETBETONVÆGGE 1:100

| Element nr. | Antal | Element nr. | Antal | |
|-------------|-------|---------------------|-------|-------------------|
| LE 900 | 4 | LE 350 [⊗] | 1 | Eks. LE 900 : |
| 500 | 18 | 250 [⊗] | 3 | 900 = element nr. |
| 300 | 2 | 150* | 4 | b = 900 mm |
| | | 150 [⊗] | 2 | |
| Ialt | 24 | Ialt | 10 | Total |
| | | | | 34 |

Figur 8.13
Montagetegning, letbetonvægge.

Figur 8.14
Lodret snit i let facade og dæk.

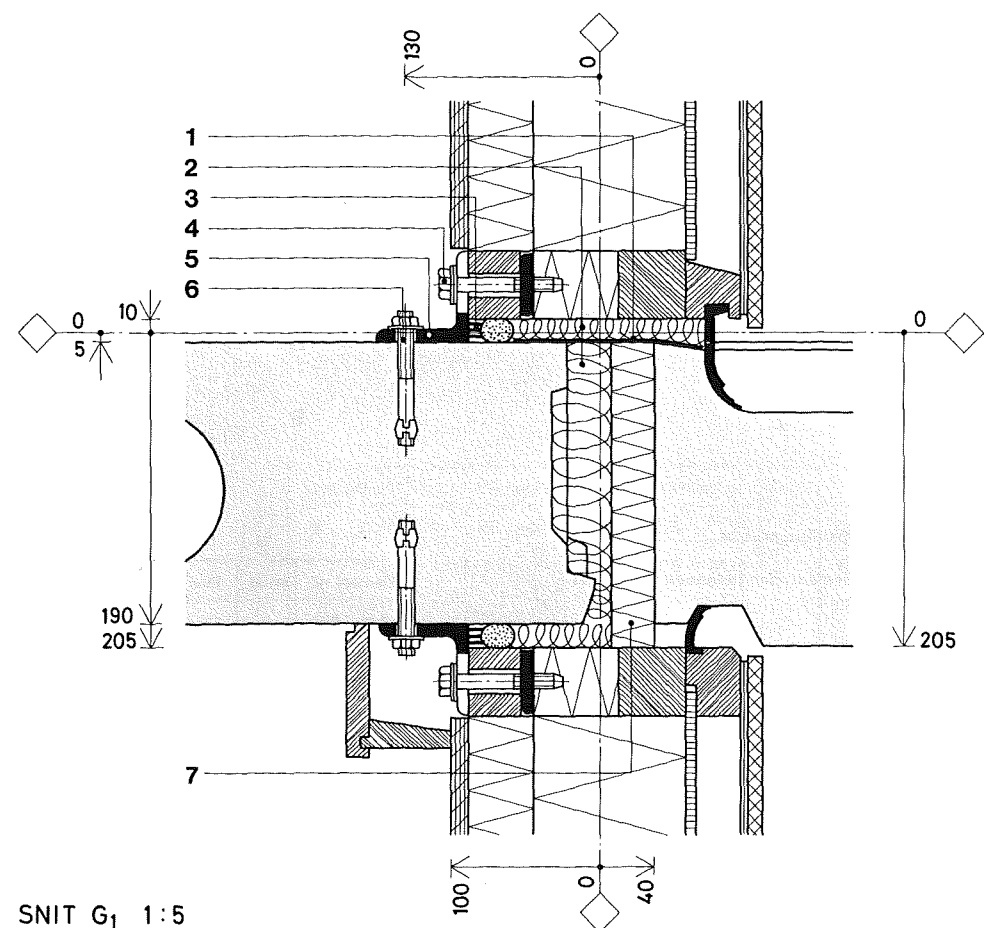
- 1 Gennemgående zinkinddækning
- 2 Mineraluldstopning
- 3 Elastisk fugemasse
- 4 M 10 galv. bolt med galv. fjederskive og underlagsplade
- 5 Galv. vinkelprofil 60 x 60 x 8 mm
- 6 M 10 parabolt, type 10 P 100 ibores på stedet
- 7 Rockwoolpladebatts type 1.



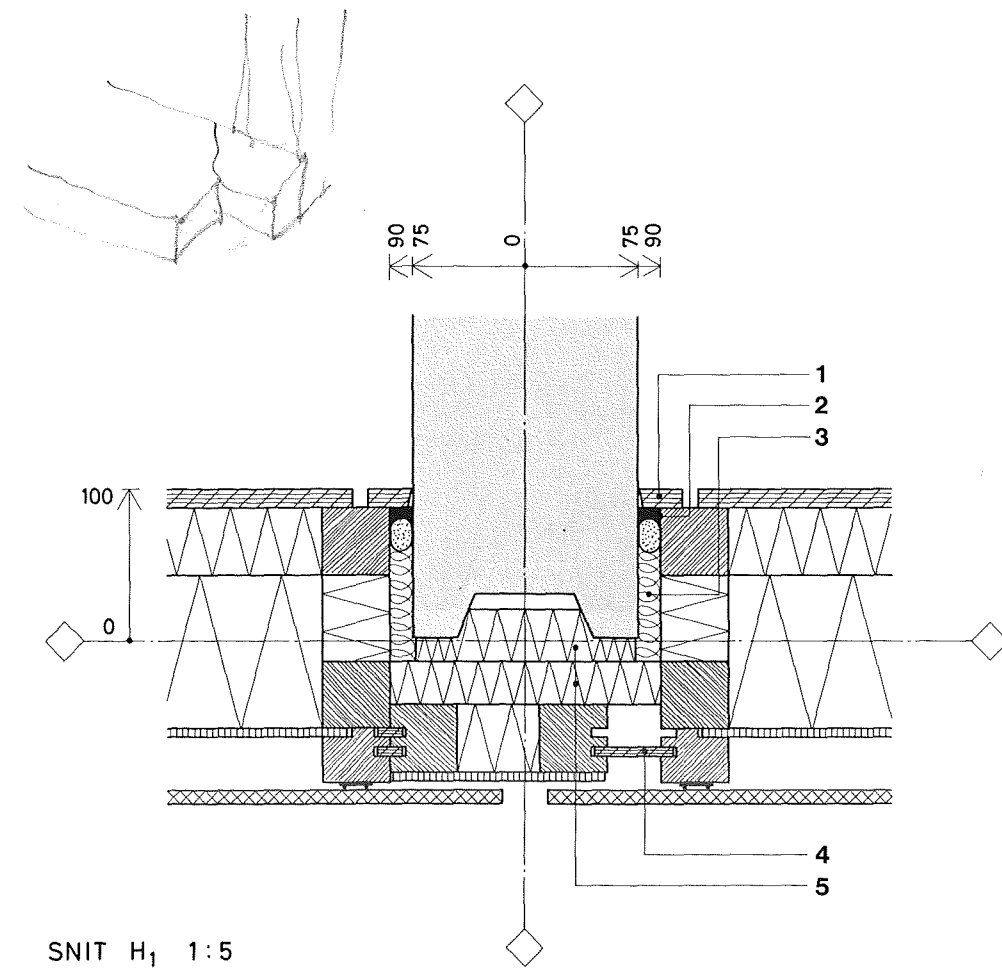
SNIT F₁ 1:5

Figur 8.15
Lodret snit i let facade, dæk og altanplade.

- 1 Gennemgående zinkinddækning
- 2 Mineraluldstopning
- 3 Elastisk fugemasse
- 4 M 10 galv. bolt med galv. fjederskive og underlagsplade
- 5 Galv. vinkelprofiler 60 x 60 x 8 mm
- 6 M 10 Parabolt type 10 P 100, ibores på stedet
- 7 Rockwoolpladebatts 30 mm type 1.



SNIT G₁ 1:5



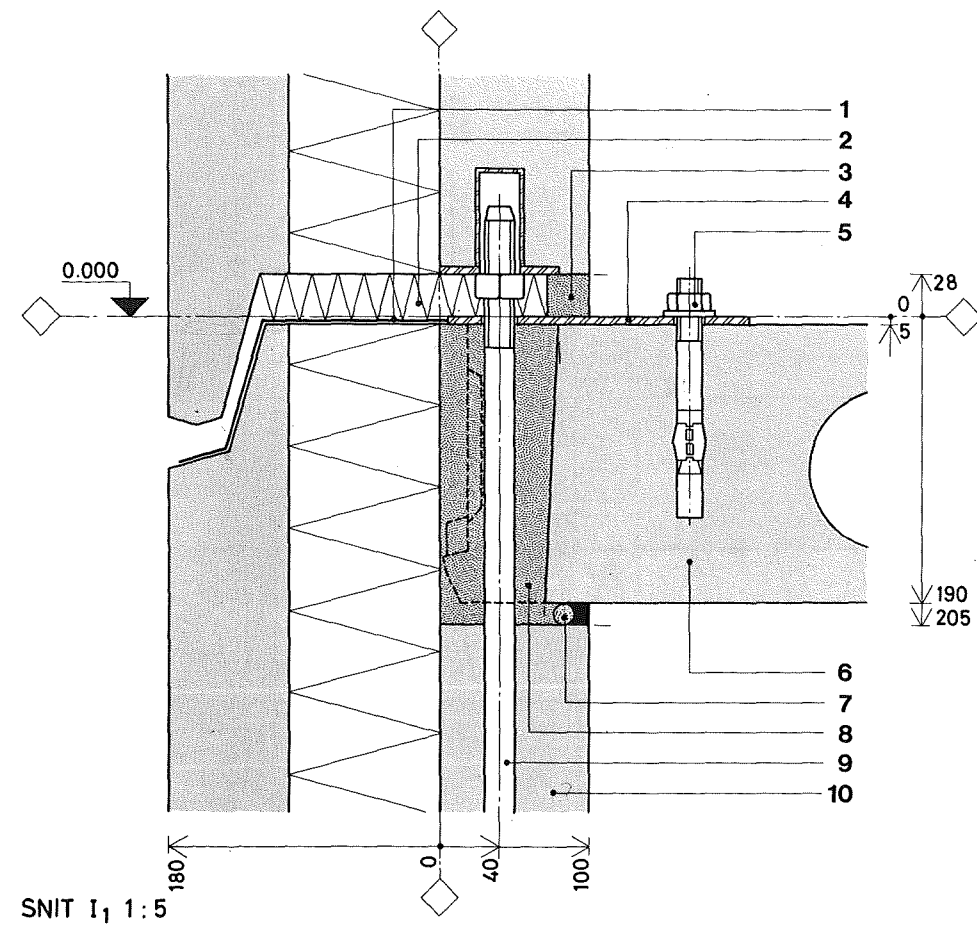
SNIT H₁ 1:5

Figur 8.16
Vandret snit i let facade og tværvæg.

- 1 Brandimpregneret krydsfiner 9 mm
- 2 Elastisk fugemasse
- 3 Mineraluldstopning
- 4 Sløjfe
- 5 Rock wool pladebatts, 2 x 30 mm type 1. Inderste lag limet på tværvæg.

Figur 8.17
Lodret snit i samling mellem betonfacade og dæk.

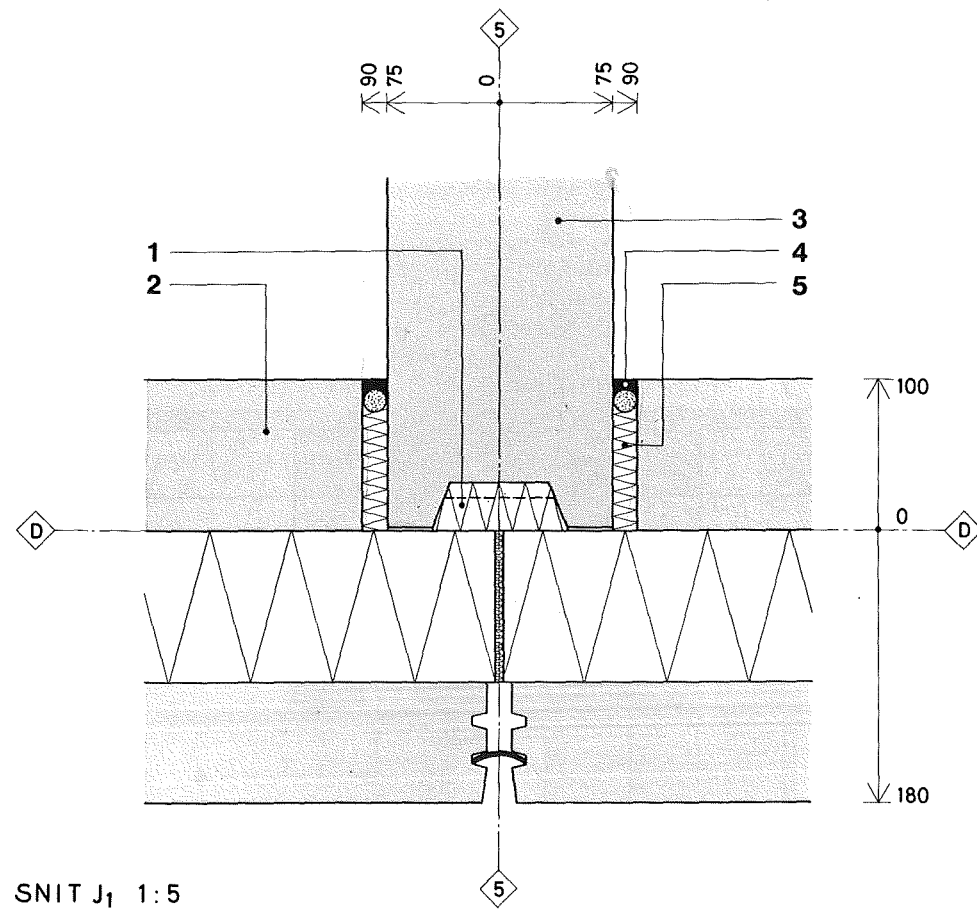
- 1 Plastfolie
- 2 Mineraluldstopning
- 3 C-mørtel
- 4 Rustfrit fladjernsanker 200 x 45 x 5 mm
- 5 Parabolt, type 16 P 130
- 6 Specialelement
- 7 Bundstopning for elastisk fugemasse
- 8 Udstøbning, beton 15
- 9 Montagebolt M 20
- 10 Ikke-bærende sandwichfacade.



SNIT I₁ 1:5

Figur 8.18
Vandret snit i samling
mellem tværvæg og
facade.

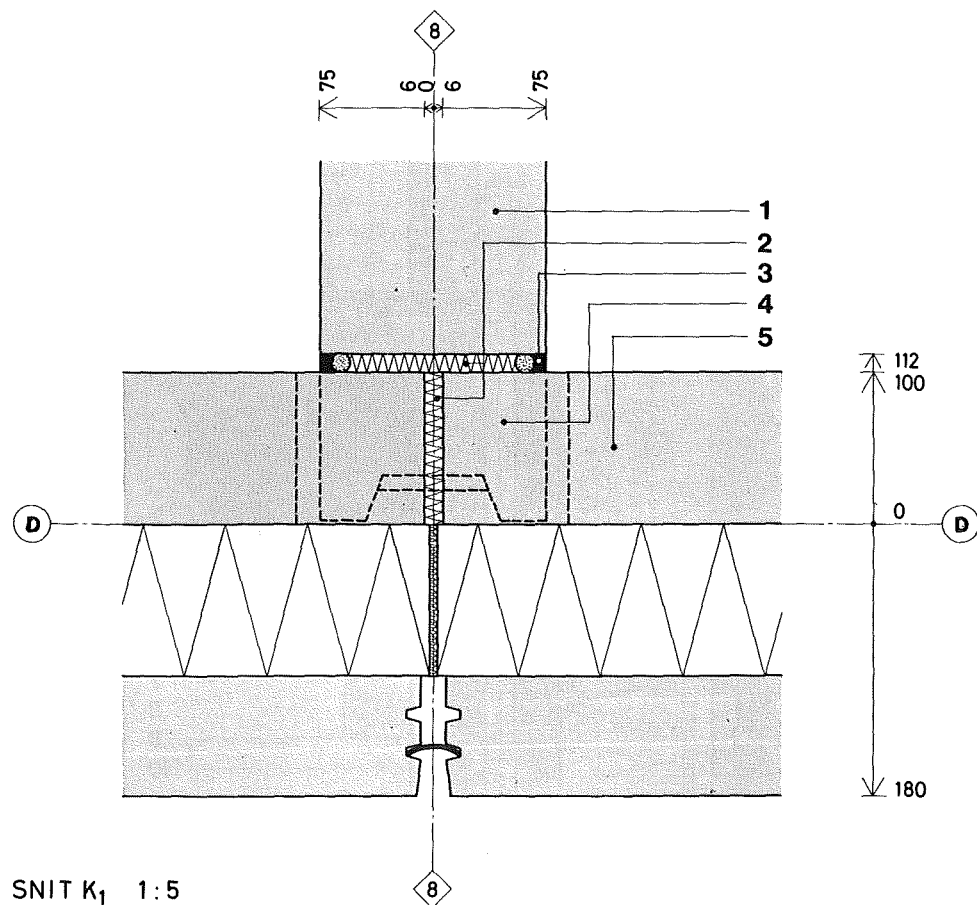
- 1 Påklæbet mineraluld
- 2 Sandwichfacade
- 3 Vægelement
- 4 Elastisk fuge
- 5 Fugestopning.



SNIT J₁ 1:5

Figur 8.19
Vandret snit i samling
mellem tværvæg og
facade.

- 1 Vægelement
- 2 Stopning med mineral-
uld
- 3 Elastisk fuge
- 4 Bæreknaest
- 5 Sandwichfacade.



SNIT K₁ 1:5

8.5 Alternative ydervægkonstruktioner

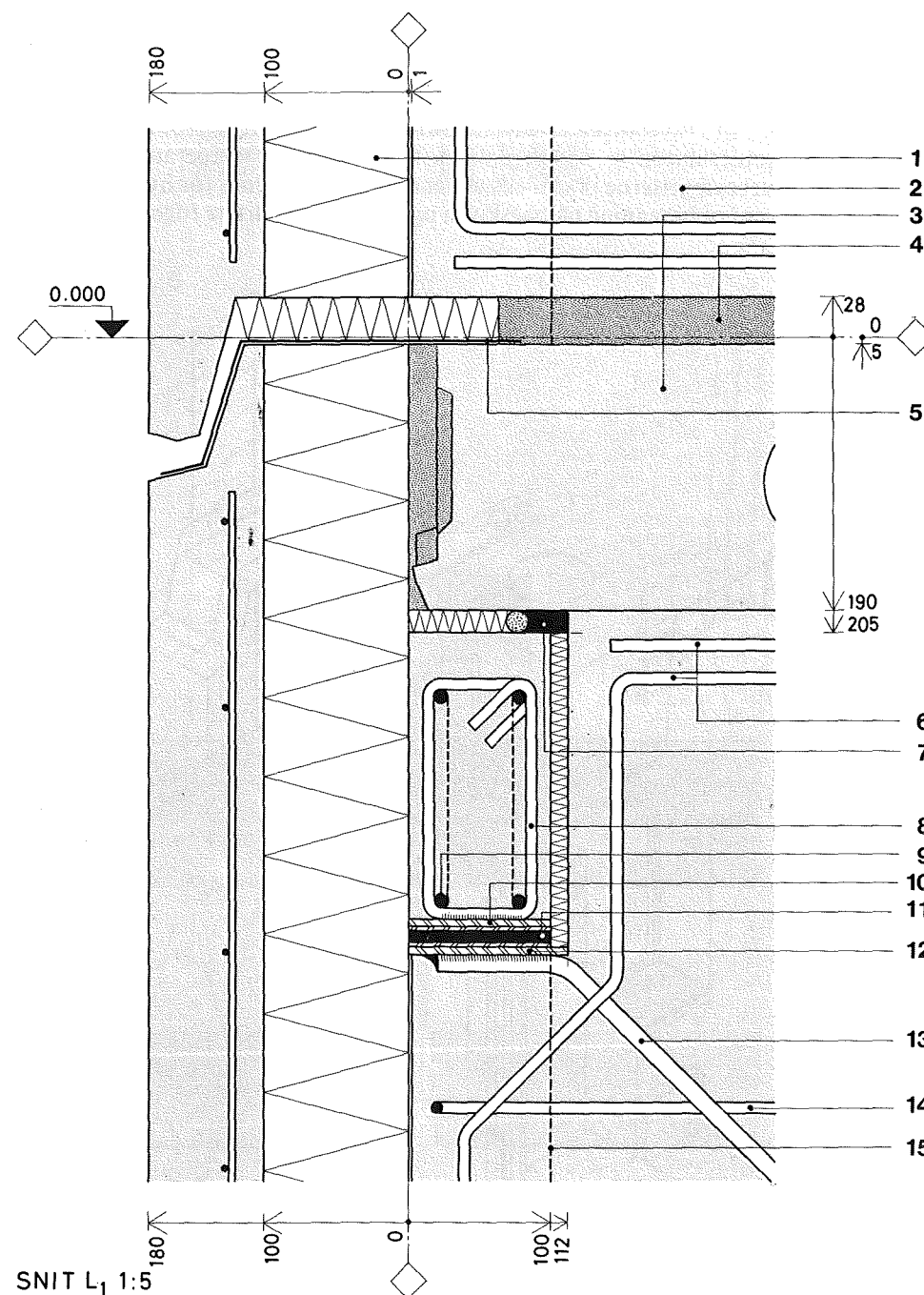
I dette afsnit omtales en række facadeløsninger, baseret på valg af følgende materia-
ler: Beton, tegl og metal.

De følgende detailsnit viser alternative løsninger med betonsandwichelementer. Også
disse elementer er isoleret svarende til kravene i BR 82, dvs med $k = 0,4 \text{ W/m}^2\text{°C}$.

Figur 8.17 viser lodret snit i samlingen mellem dæk og en ikke bærende betonsand-
wichfacade. Facaden, der hænges op på tværvæggene ved hjælp af bæreknaester, se
figur 8.20 og 8.21, monteres, ligesom almindelige vægelementer, ved hjælp af justere-
de montagebolte, som går gennem de viste udsparringer i dækkets sidekant. Fladjerns-
ankrene 4 fastholder facaden for vandrette kræfter. Den elastiske fuge 7 skal sikre
lydtæthed mellem etagerne.

Figur 8.18 viser vandret snit i samlingen mellem facade og tværvæg. Tværvæggen går
ca 100 mm ud i facaden og afskærer således lydtransmissionen mellem de to tilgræn-
sende rum, forudsat at fugerne er tætte. Bemærk, at der ikke findes stive, mekaniske
forbindelser mellem de to facader, som kunne give anledning til flanketransmission
forbi tværvæggen.

Flanketransmission



SNIT L₁ 1:5

Figur 8.20
Lodret snit i facade, bæ-
reknaest og tværvæg.

- 1 Isolering
- 2 Tværvæg
- 3 Dækelement
- 4 Understopning
- 5 Plastfolie
- 6 Randarmering
- 7 Elastisk fuge
- 8 Bøjle
- 9 Bæreknaest
- 10 Galv. plade,
100 x 70 x 5 mm
- 11 Neoprene lejeplade
- 12 Galv. plade,
150 x 110 x 5 mm
- 13 R12 påsvejst
- 14 R10
- 15 Inderside facade.

Facadeophænget

Figur 8.19 viser det tilsvarende vandrette snit i toppen af væggen. Snittet er lagt lige under dækket i facadens bæreknafter, se figur 8.20 og 8.21. Fugen mellem facade og tværvæg skal udføres meget omhyggeligt med elastisk fugemasse for at sikre lydtæthed i lejlighedsskellet. Se også litt. 8.6.

Facadens bæreknafter

Figur 8.20 viser lodret snit i samlingen, hvor facadens bæreknafter hviler af på en reces i tværvæggen. Både facade og tværvæg er specielt armeret, hvor de koncentrerede vederlagskræfter skal overføres. Der skal tætnes omhyggeligt hele vejen rundt om bæreknafterne af hensyn til lydisolationen. Plastfolien 5 er indlagt for at hindre eventuelt vand i isolationen - fx under vinterbyggeri - i at fortsætte ned igennem den underliggende etage.

Hele facadeophængningen med tilgrænsende bygningsdele og fugeløsninger er vist i isometri i figur 8.21. Figuren viser også det fladjernsbeslag, der forankrer facaden til dækket.

Ophængningen af betonsandwichfacaderne, som vist i den foregående konstruktion, kan forekomme lidt kompliceret og stiller store krav til nøjagtigheden vedrørende udførelse af armeringsdetaljer omkring bæreknafter mv.

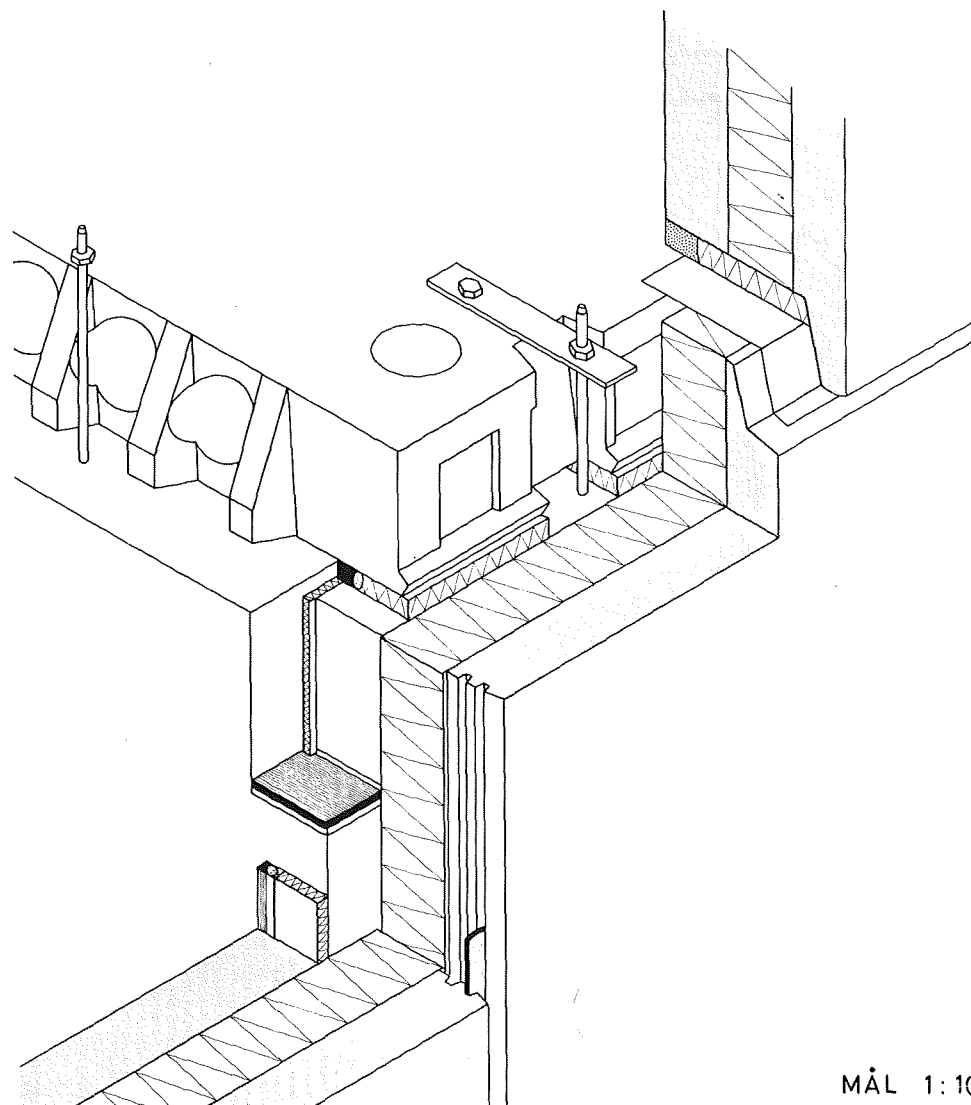
Den opstabilede betonfacade

I det følgende vises derfor en anden løsning, hvor betonsandwichelementerne stables ovenpå hinanden og således afleverer deres vægt gennem de underliggende elementer direkte til facadens fundament i jorden. Facaden er stadig forankret til hovedkonstruktionen via beslag monteret på dækelementerne, se figur 8.22, og facaden afleverer således stadigvæk sin vindbelastning til den indvendige, bærende konstruktion.

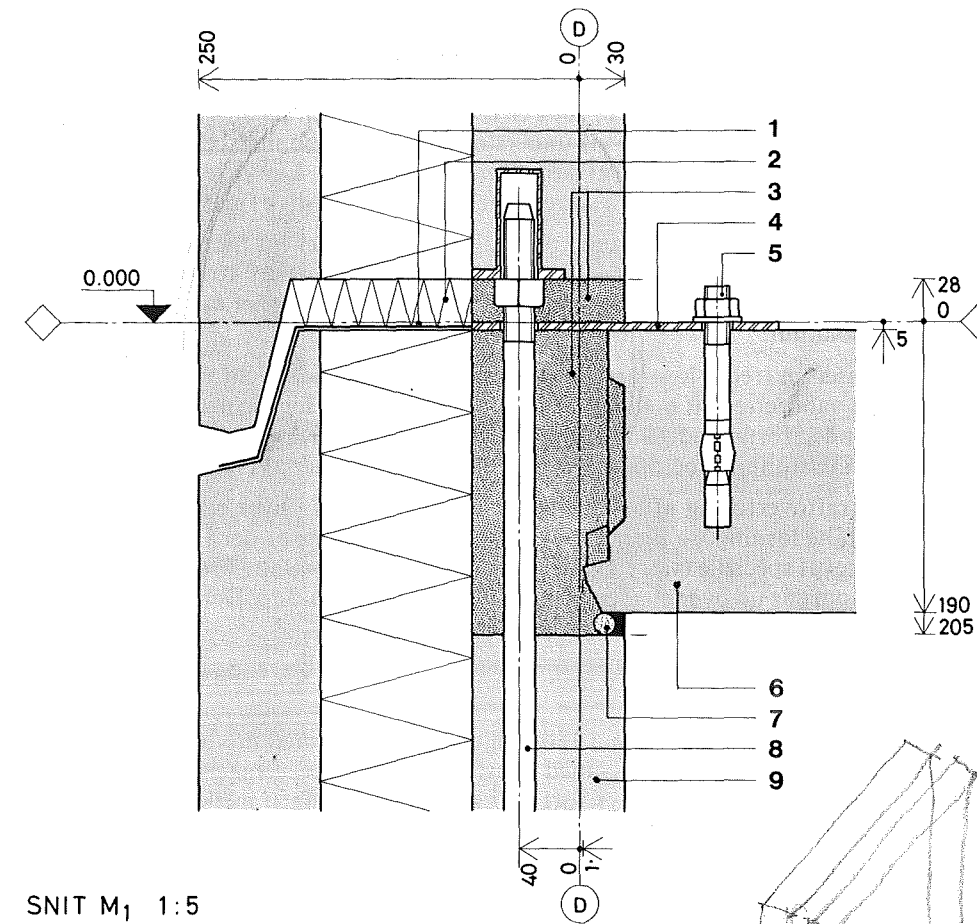
Temperaturbevægelser i facaden

Denne løsning med den opstabilede facade er kun forsvarlig, fordi forankringen af facaden foregår til den indvendige skive af sandwichelementet, der ligesom den indvendige tværvægskonstruktion er under praktisk taget konstant temperatur året igennem. Temperaturbevægelserne i facadens udvendige skive udlignes for hver etage takket være forskivens ophængning på bagskiven og de åbne, vandrette fuger.

Figur 8.21
Isometri af samlinger i facade, dæk og tværvæg.

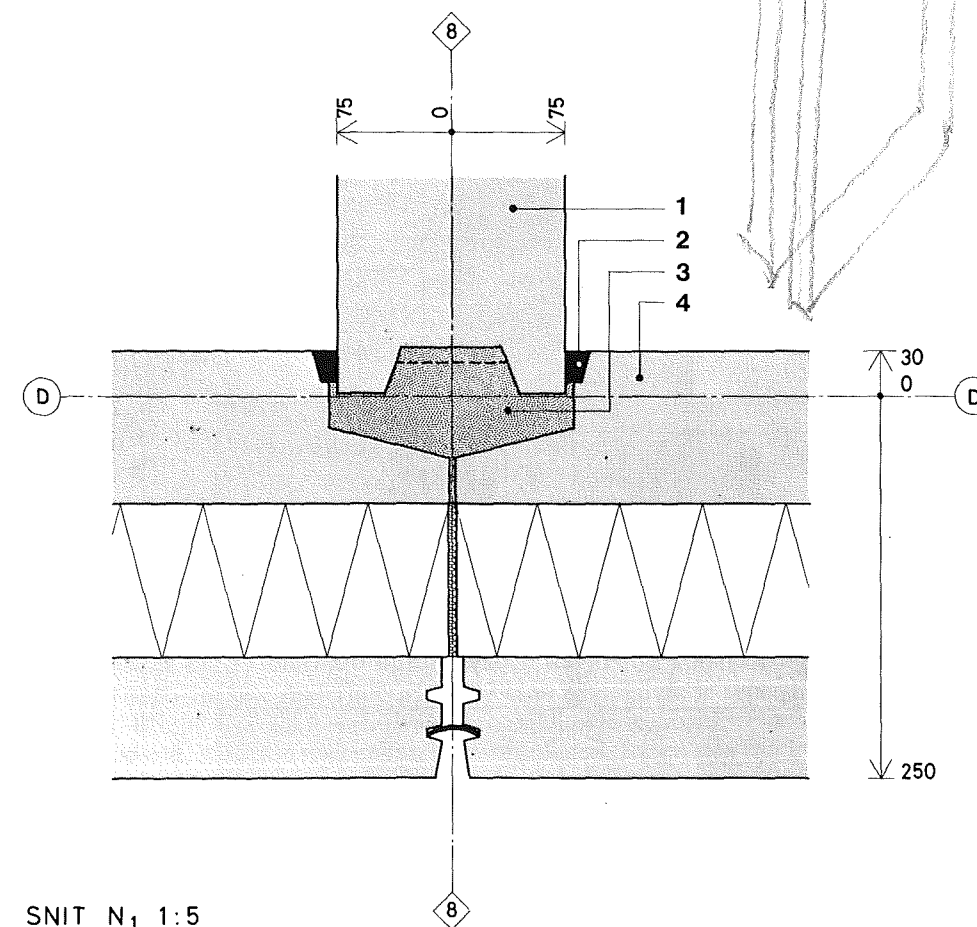


MÅL 1:10



SNIT M₁ 1:5

Figur 8.22
Lodret snit i samling mellem opstålet betonsandwichfacade og dæk.
1 Plastfolie
2 Mineraluldstopning
3 Beton 20
4 Rustfrit fladjernsanker 200 x 45 x 5 mm
5 Parabolt type 16 P 130
6 Specialelement
7 Elastisk fuge
8 Montagebolt M 20
9 Selvbærende sandwichfacade.



SNIT N₁ 1:5

Figur 8.23
Vandret snit i samling mellem opstålet betonsandwichfacade og tværvæg.
1 Tværvæg, 150 mm
2 Elastisk fuge
3 Beton 15
4 Selvbærende sandwichfacade.

Facadens forankring

Figur 8.22 viser lodret snit i samlingen mellem en sådan opstøbt facade og etageadskillelsen. Facadeelementerne monteres ved hjælp af de sædvanlige montage- og løftebolte, og forankringen af facaden sker med et fladjernsbeslag over montageboltene, fastgjort til dækket ved parabolte, som er iboret dækpladen på stedet. Den lodrette kraftoverføring i facaden foregår via understøpning og udstøbningsbeton. Med denne kraftoverføring er det væsentligt, at dækelementet, som vist, kun rager ca 30 mm ind i facadens bagskive. Lydisolationen sikres som før med en elastisk fuge.

Facadens lydtæthed

Figur 8.23 viser det tilsvarende vandrette snit i samlingen mellem facade og tværvæg. Bemærk den selvforskallende fuge, som udstøbes mellem de to konstruktioner, og som er afsluttet med en elastisk fuge på hver side af tværvæggen for at sikre tæthed og dermed lydisolation.

Facade med forskydningslås

Figur 8.24 viser en tredje løsning for montering af betonsandwichfacaderne på bygningen. I det vandrette snit mellem facade og tværvæg ses, hvorledes der er etableret selvforskallende, fortandede udstøbningsfuger, som kan overføre facadens last via forskydning i udstøbningsbetonen til de profilerede sidekanter af tværvægselementet.

Specialelementer

Ved denne kraftoverføring afleveres facadens vægt således i hver etage ligesom ved den førstomtalte løsning, se figur 8.17 - 8.21. Det bemærkes, at der i konstruktionen figur 8.24 kræves specielle tværvægselementer med den førømtalte profilering og med breddemål, som går ud over elementernes normale modulområde. Der er altså tale om specialelementer, som må støbes i særlige forme.

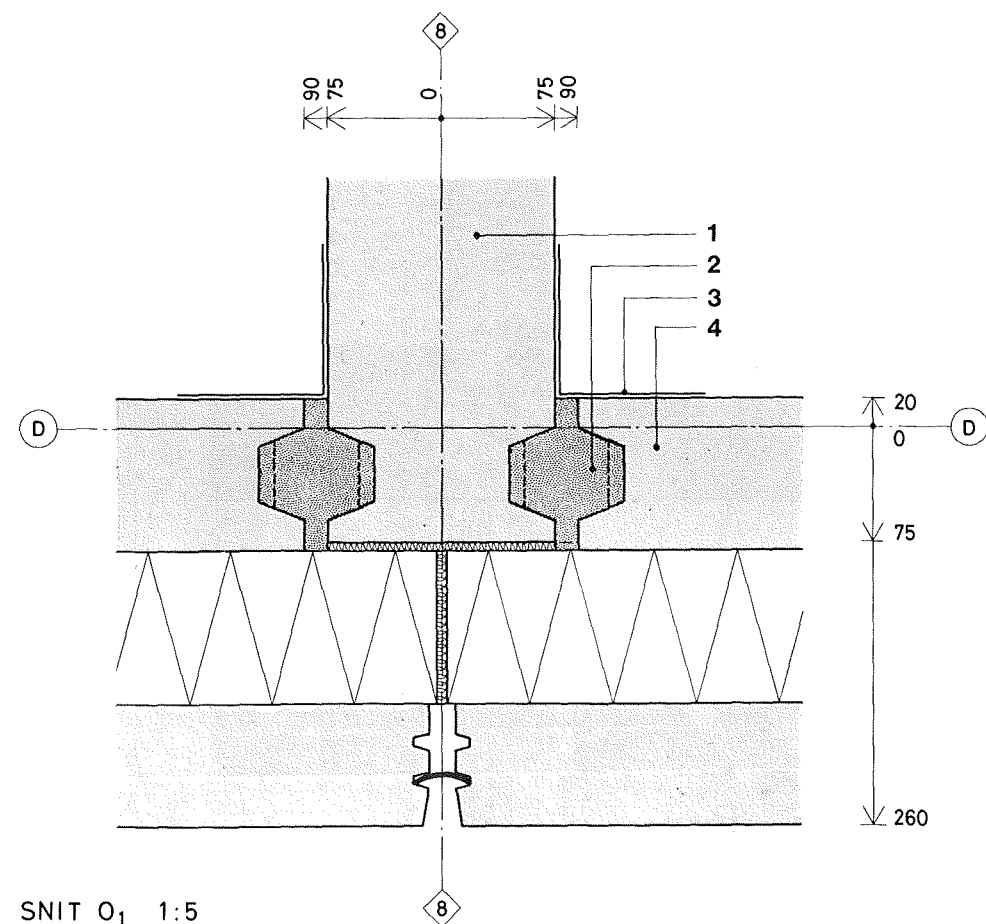
Figur 8.25 viser lodret snit i samlingen mellem dæk og den bærende gavl udført som betonsandwichvæg.

Dæk-gavl samling

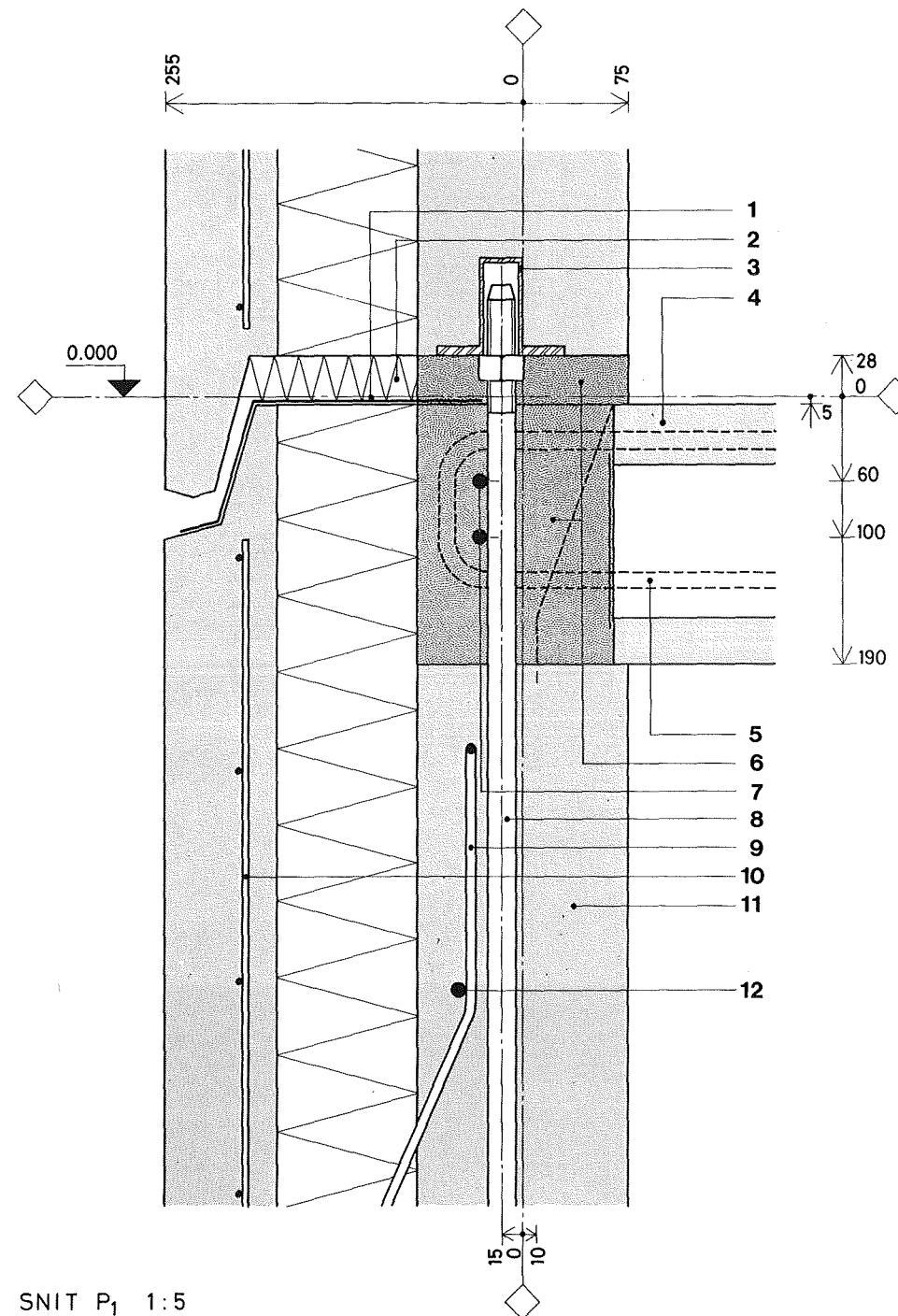
Gavlens bageste skive er en normal 150 mm tyk betonvæg med modullinien placeret aksialt. Dækelementerne oplægges med knasfuge som på tværvæggene, og fugearmeringen i form af en hårnålebøjle er ført ud i sammenstøbningen mellem dæk og gavl og forankret til en randarmering.

Montageteknik og kraftoverføring i gavlen svarer således nøje til tværvæggene, idet der dog må regnes med en excentrisk belastning fra dækket.

Figur 8.24
Vandret snit i samling mellem ophængt betonsandwichfacade og tværvæg med fortanding.
1 Tværvæg, 150 mm
2 Beton 15
3 Påklæbet glasfibervæv
4 Sandwichfacade.



SNIT O₁ 1:5



SNIT P₁ 1:5

Figur 8.25
Lodret snit i samling mellem betonsandwich-gavl og dæk.
1 Plastfolie
2 Mineraluldstopning
3 Indstøbt tophat
4 Dækelement, 185 mm
5 Fugearmering
6 Beton 20
7 Randarmering
8 Montagebolt, M 20
9 Strop R 10
10 Armeringsnet R 04
11 Sandwichgavl
12 R 08.

Gavlens yderste betonskive er ophængt i hængestropper på den inderste skive ligesom ved facadekonstruktionen, og de åbne, ventilerede gavlfuger er ligeledes udført som i facaden.

Figurerne 8.17 - 8.25 er rene betonløsninger, hvor den forreste betonskive er vist uden særlige specifikationer. For at undgå det monotone præg af en almindelig glat (eller ru) beton, er der i tidens løb udført mange forskellige forstøbninger med mønstre, profileringer, frilagte materialer, farvet beton osv. Til disse typer hører også løsningen, vist i figur 8.26 med tegl, dvs et betonsandwich-element, hvor man har indstøbt tynde teglsten, såkaldte teglskaller, i forstøbningen, for på den måde at få en virkning af teglfacade i bygningen.

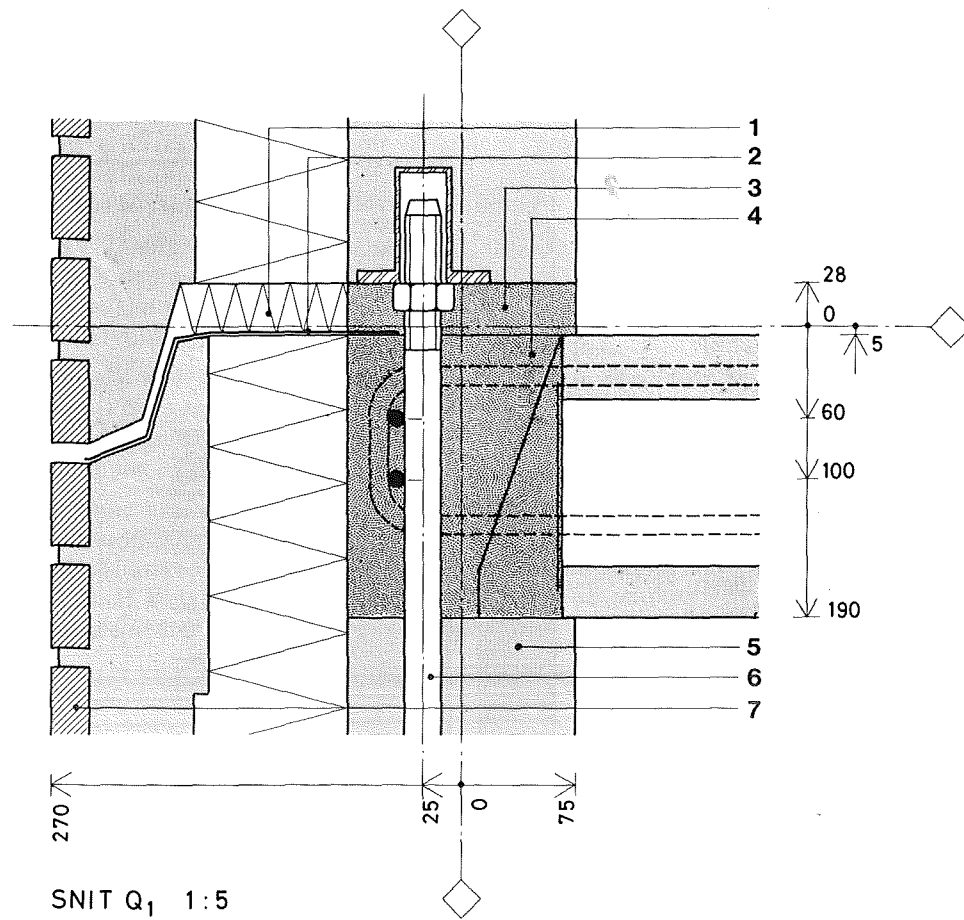
Løsningen har været anvendt med held i en del byggerier, se fx litt. 8.4 og 8.7. Den har den fordel, at man opnår en vedligeholdelsesfri facade med teglets gode egenskaber i et betonelement, som har denne byggekomponents fordele, herunder rationel produktion og kort byggetid osv.

Variationer i betonfacaderne

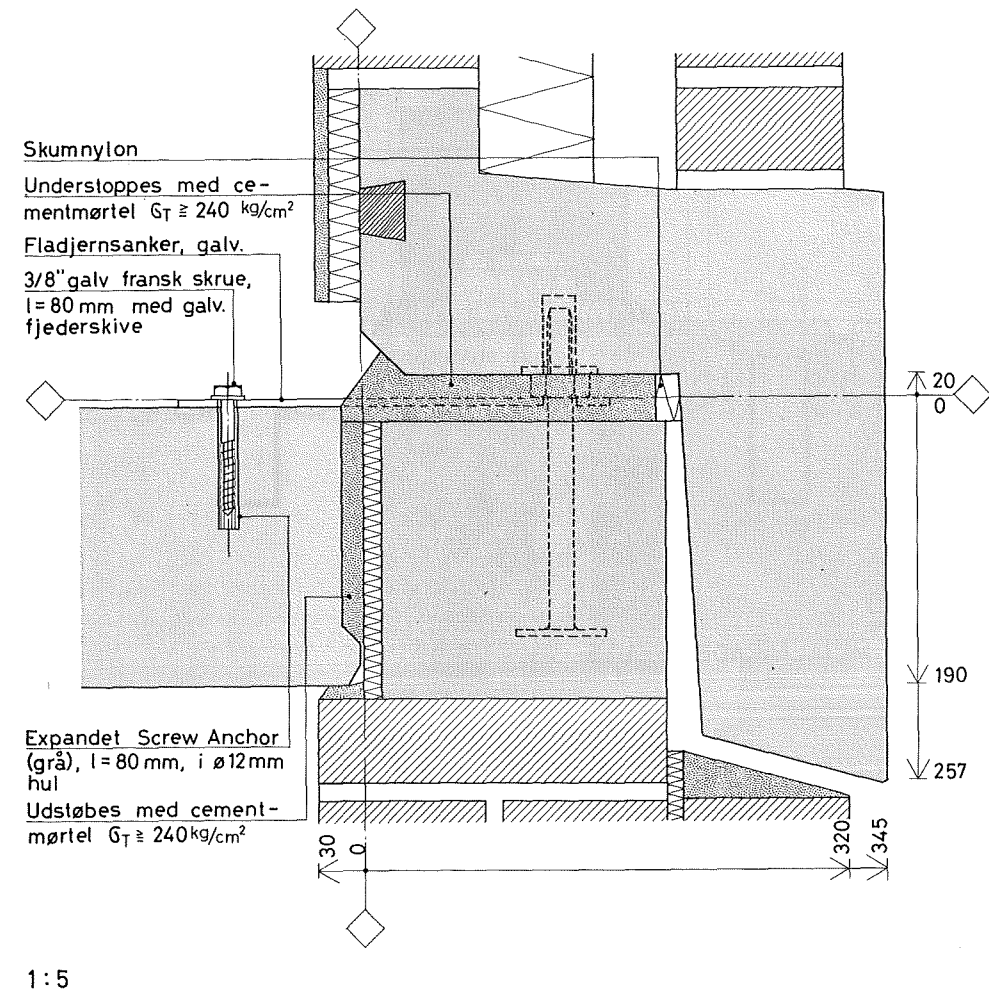
Teglelementer

Figur 8.26
Lodret snit i samling
mellem teglelement i gavl
og dæk.

- 1 Mineraluldstopning
- 2 Plastfolie
- 3 Beton 20
- 4 Beton 20
- 5 Sandwich gavl
- 6 Montagebolt M 20
- 7 Teglskaller.



Figur 8.28
Lodret snit i teglelement
og dæk fra Vollsmose-
planen. Bemærk hvorle-
des kuldebroer er søgt
undgået.



Figur 8.27
Montagebyggeriet,
Vollsmoseplanen ved
Odense er opført med
murede teglelementer.



Figur 8.29
Kontorhus med metal-
elementer.



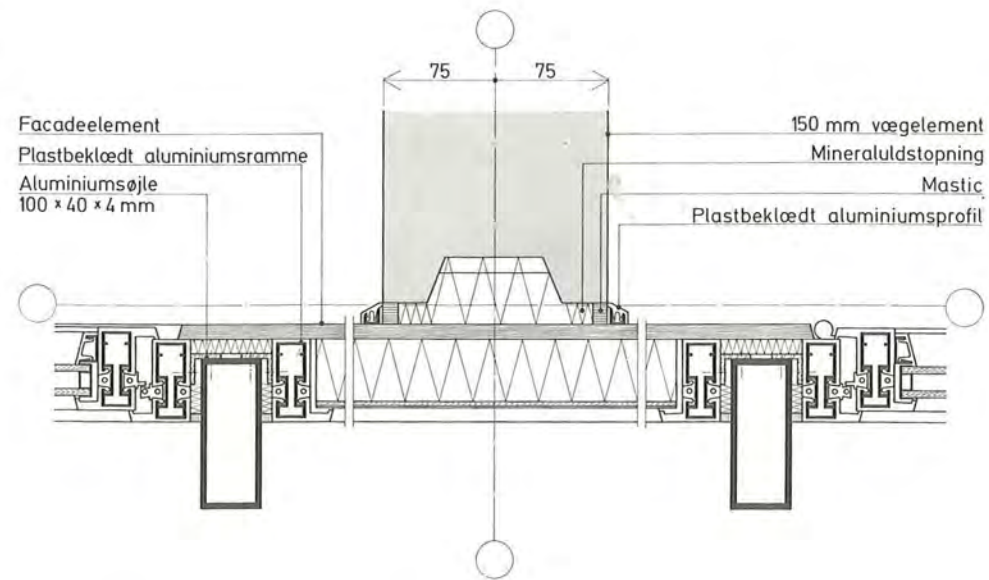
Tegl- og metalelementer

Egentlige teglelementer, hvor ydervægskomponenterne opmures af normale mursten eller udføres ved sammenstøbning af sådanne forekommer også i dansk byggeri, se figur 8.27, -28 og litt. 8.2. Problemet med disse elementer såvel med facadeløsninger i metal, se figur 8.29, er at fremstille rationelle konstruktioner uden kuldebroer. For teglelementerne henvises desuden til kapitel 16.

Med disse sidste eksempler har vi her i kapitel 8 været igennem projekter med facekonstruktioner i beton, træ, diverse byggeplader, metal og tegl, hvilket viser omfanget af denne tekniks variationsmuligheder. Montagebyggeriet er ikke en byggemetode, der er bundet til et enkelt materiale, som man under tiden hører.

Montagebyggeriets
variationsmuligheder

Figur 8.30
Vandret snit i metalfacade
og tværvæg. Der vil være
stor flanketransmission
ved facaden.



SNIT I METALFACADE 1:5

8.6 Litteratur

- | | |
|------------------------|--|
| 8.1 SBI-Anvisning 68: | God bolig i etagehuse. SBI 1967 (udsolgt). |
| 8.2 »Byggeindustrien«: | Vollsmoseplanen. Teknisk Forlag Kbh. 1969.15. |
| 8.3 »Byggeindustrien«: | Lette facader, BR 77. Teknisk Forlag Kbh. 1979.3 og 1980.6. |
| 8.4 »Byggeindustrien«: | Vinkelvej i Lyngby. Teknisk Forlag Kbh. 1980.7. |
| 8.5 SBI-Meddelelse 19: | Bedre Boligplaner. SBI 1982. |
| 8.6 SBI-Anvisning 112: | Bygningers lydisolering. 2. udgave. SBI 1983. |
| 8.7 DIAB Husbygning: | »Aktuelle byggerier«. Særtryk af »Byggeindustrien«. DIAB 1969-1983. Kbh. |
| 8.8 SBI-Anvisning 98: | Boligbebyggelse for alle. 2. udgave. SBI 1983. |

Teglværksovne i Iran. Har bygningerne aner
fra Babelstårnets dage?



9

9. Muret etagehus med dækelementer

Modulprojekt, eksempel 2

9.1 Projekteringsforudsætninger

Håndværk og industri.
Tegl og beton

Udviklingen af montagebyggeriet i 1950'erne og 60'erne bragte en ny teknologi og nye industrielle metoder ind i byggesektoren. Dette var en udfordring til det traditionelle byggeri, og specielt håndværket følte sig truet. Det murede byggeri, som hidtil havde domineret markedet, tog denne udfordring op, og en betydelig rationalisering påbegyndtes i faget. Foruden en selvstændig udvikling af murerfagets teknik, materialer og metoder, skete der en vekselvirkning mellem de to byggemåder, hvilket førte til en større anvendelse af præfabrikerede komponenter i det murede byggeri og desuden til anvendelse af teglelementer i betonelementbyggeriet, sml. kapitel 8 og 16. Her i eksempel 2 vises, hvorledes hule dækelementer, som er udviklet til betonelementbyggeriet, kan anvendes i forbindelse med traditionelt murværk i et 3-4 etagers boligbyggeri.

Industrialisering af fær-dighusets komponenter

I eksemplet er der lagt vægt på at vise, hvorledes et håndværksmæssigt fremstillet muret hus kan forsynes med så mange præfabrikerede, modulære komponenter som muligt, og derved fremme og billiggøre produktionen af det samlede bygværk. Byggeriets industrialisering er nemlig ikke blot et spørgsmål om at udfinde nye byggesystemer til råhuset; det drejer sig i lige så høj grad om at indpasse præfabrikerede, industrielt fremstillede, kompletterende bygningsdele i råhuset og således producere den færdige bygning på et økonomisk og rationelt grundlag og med et udstyr af en tilfredsstillende kvalitet.

9.2 Byggeprogram og byggesystem

Lejlighedens brugsværdi
og dens installationer

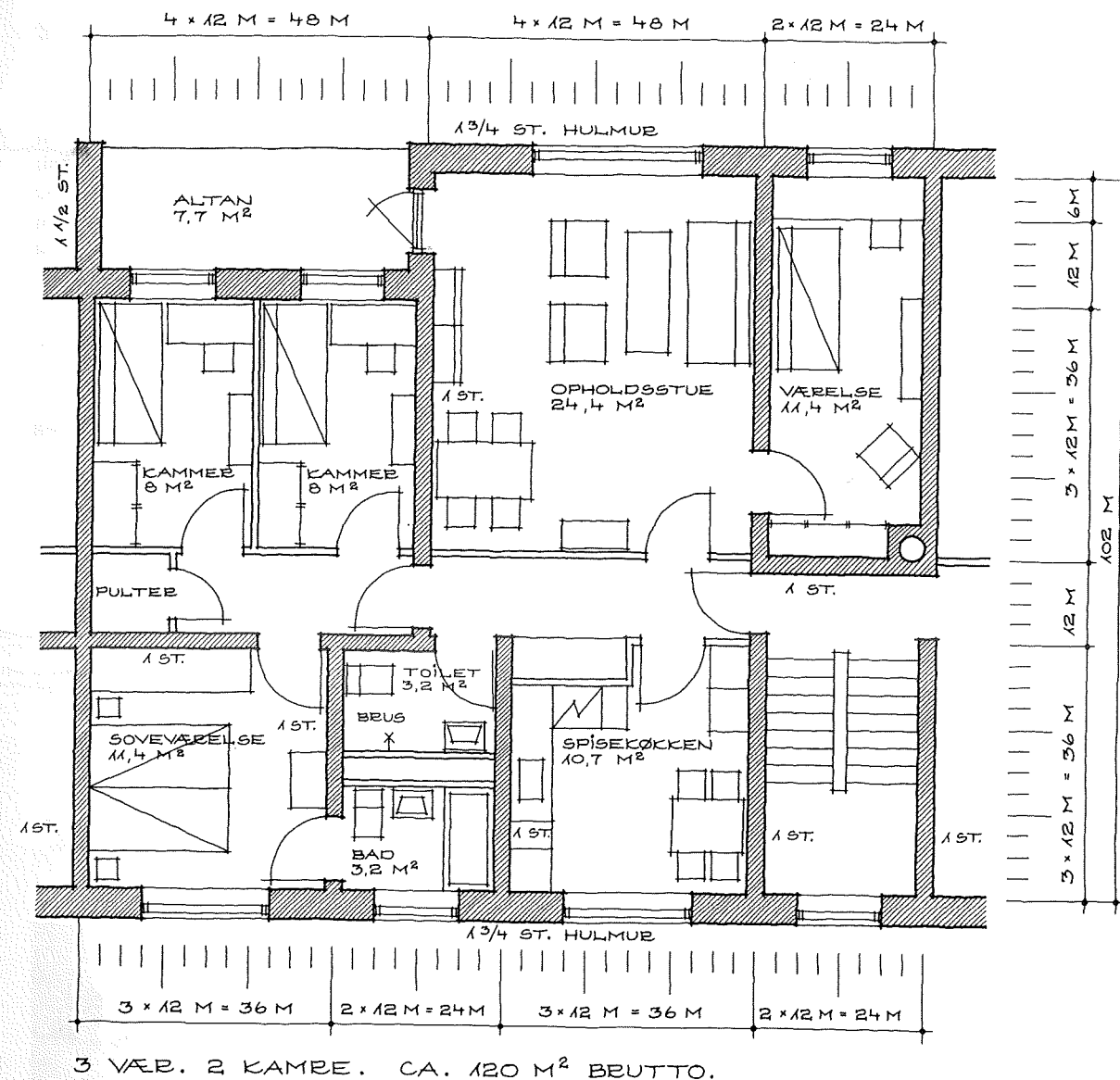
Lejlighedsplanen i eksempel 2 er en rummelig familiebolig på 120 m² med 3 værelser, 2 kamre, spisekøkken, bad, gæstetoilet og altan; se figur 9.01. På planen er der anført nettoarealer for de enkelte rum. Planen er delt i en opholdsafdeling og en soveafdeling, og baderummene er dimensioneret så rigelige, at det ene kan forbeholdes forældrene. Væggen mellem de to kamre udføres som en flytbar, let væg, således at kamrene eventuelt kan lægges sammen til et værelse på 16 m². Installationsrummene er samlede omkring en installationsvæg, hvor alle rør kan fremføres skjult. Denne placering af installationsrummene koncentrerer disse støjende rum på et sted i planen, hvor de ikke medfører gener i opholdsafdelingen. Der kan udføres fordeling under gulv af varmestrenge fra centrale stigledninger i dobbeltvæggen til samtlige rum; alternativt udføres lodrette strenge ved rummenes facader. Dette kræver specialelementer til facadedækkene, hvilket der er regnet med på dækmontagetegningen, se figur 9.09.

Pladskrav efter SBI -
meddelelse 19 og BR.82

Møbleringen er udført efter SBI - meddelelse nr. 19, ligesom rumstørrelserne opfylder de i BR 82 stillede krav. Den viste udførelse af altanen med 18 M brede dækelementer er valgt, fordi den normale pladebredde på 12 M ikke er tilstrækkelig ud fra brugskravene. Da altaner, som vist på planen, bliver naboaltaner, bør der udføres altanskabe for at opnå en passende akustisk skærmning. Naboledigheden kan iøvrigt udføres med en anden planløsning, der placerer naboaltanen i større afstand. Dette spørgsmål hænger naturligvis sammen med en arkitektonisk afklaring af facaden, hvilket ikke er behandlet i denne fremstilling.

Murværk og præfabrike-
rede elementer

Materialevalget til den bærende konstruktion omfatter foruden murværket, hule dækelementer efter DS 1038 til etageadskillelsen, mens tagkonstruktionen kan vælges frit. Der er dog regnet med et betondæk også over øverste etage, for at give tilstrækkelig last på denne etages murværk, hvor der ellers med en let tagkonstruktion ville blive problemer med at optage vindlasten på facader og gavle. Beregningen af murværket er gennemført efter DS 410, lastnormen, og DS 414, murværksnormen, se litt. 9.1. Kombinationen af murværk og dækelementer er blevet ret almindelig i dansk byggeri i løbet af 1960'erne, idet denne byggeteknik repræsenterer en gunstig kombination af teglets gode hygrotekniske og æstetiske egenskaber og de præfabrikerede elementers rationelle produktionsteknik.



EKSEMPEL 2
SKITSE AF LEJLIGHEDSPÅN 1:100

Figur 9.01
Skitse af modular lejlighedsplan med 3 værelser og 2 kamre. Bruttoareal ca. 120 m².

Figur 9.02 viser et foto fra et forsøgsbyggeri udført i Skive i Jylland. Byggeriet er et eksempel på anvendelsen af murværk kombineret med præfabrikerede dæk. Ydervæggene er isoleret med 100 mm mineraluld, som giver en k-værdi på ca 0,35 W/m² °C. Der er i forbindelse med byggeriet gennemført andre energibesparende foranstaltninger, fx opsætning af solfangere og systematiske målinger af varmeforbrug mv. Se litt. 9.2.

Eksempler fra praksis

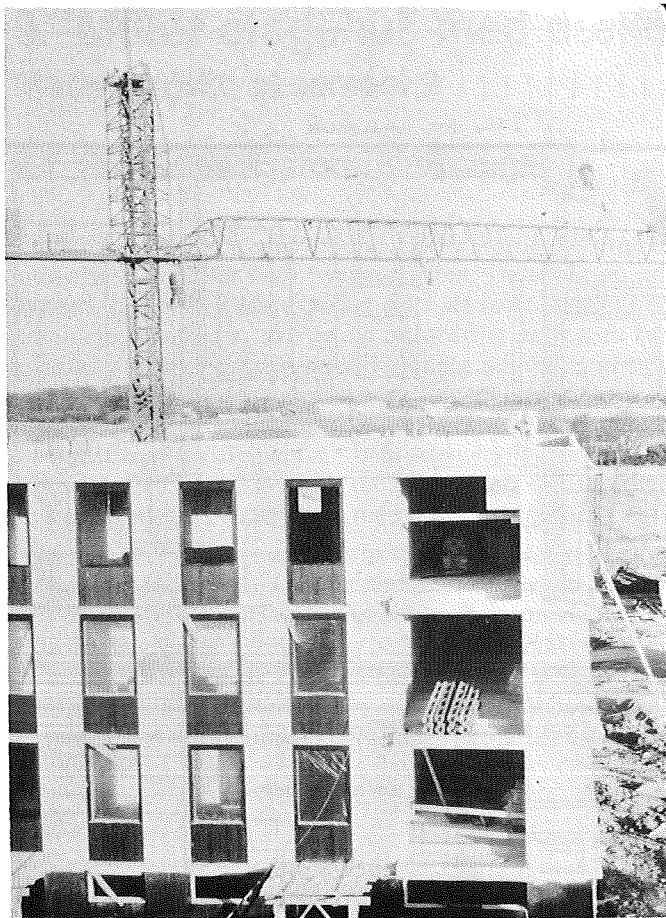
Figur 9.03 viser sammenbygningen af dækelementer med de murede vægge. Dækkene er oplagt på en afrettet vederlagsfuge af cementmørtel, hvilket i forbindelse med dæktykkelsen 220 mm giver særlige betingelser for koordinering af højdemålene. Dette forhold er beskrevet i afsnit 9.5.

Sammenbygning af dæk
og vægge

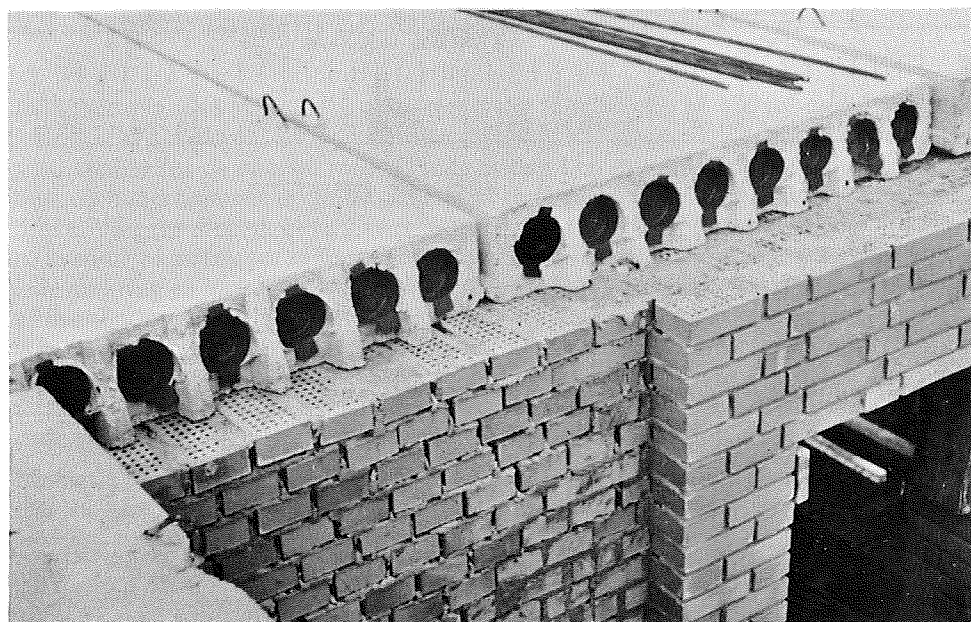
Det bærende hovedsystem i bygningen består af simpelt understøttede plader på bærende tværvægge, se figur 9.01. Vindlasten på facaderne optages ved pladevirkning i disse, og her har det betydning, at der i murværket er tilstrækkeligt store trykspændinger, som kan overlejlre de trækspændinger, der hidrører fra bøjningspåvirkningen. Dette er især et problem i øverste etage, hvor den lodrette last er mindst. Lasten fra

Konstruktivt hovedsystem

Figur 9.02.
Muret forsøgsbyggeri i Albertslund anvender kalksandstensmurværk kombineret med hule dækelementer af beton.



Figur 9.03.
Hule dækelementer på murede vægge uden vederlagsfuge.



egenvægten i en let tagkonstruktion vil normalt ikke være tilstrækkelig til at klare dette forhold, og derfor må der i projektet enten anvendes en tung tagkonstruktion eller på anden måde, fx ved forspænding, sikres det nødvendige tryk i ydervæggen. Når vindlasten er overført til dækskiven, fordeles den herfra til bygningens tværvægge, som leder kræfterne til jorden via fundamentene.

Vandrette laster i bygningens længderetning, som normalt vil være masselast, optages på tilsvarende måde ved skivevirkning i dækkene. Herfra føres kræfterne til de langsgående vægge, indvendige skillevægge plus eventuelt facaderne, og går ved skivevirkning til fundamentene. Også for disse vægge er det afgørende, at der er tilstrækkeligt store trykspændinger tilstede. Især kan forskydningspændinger i væggene blive et problem, hvis disse ikke har tilstrækkeligt store lodrette laster. Beregningseksempler, baseret på DS 414, er givet i litt. 9.7.

Længdestabilitet

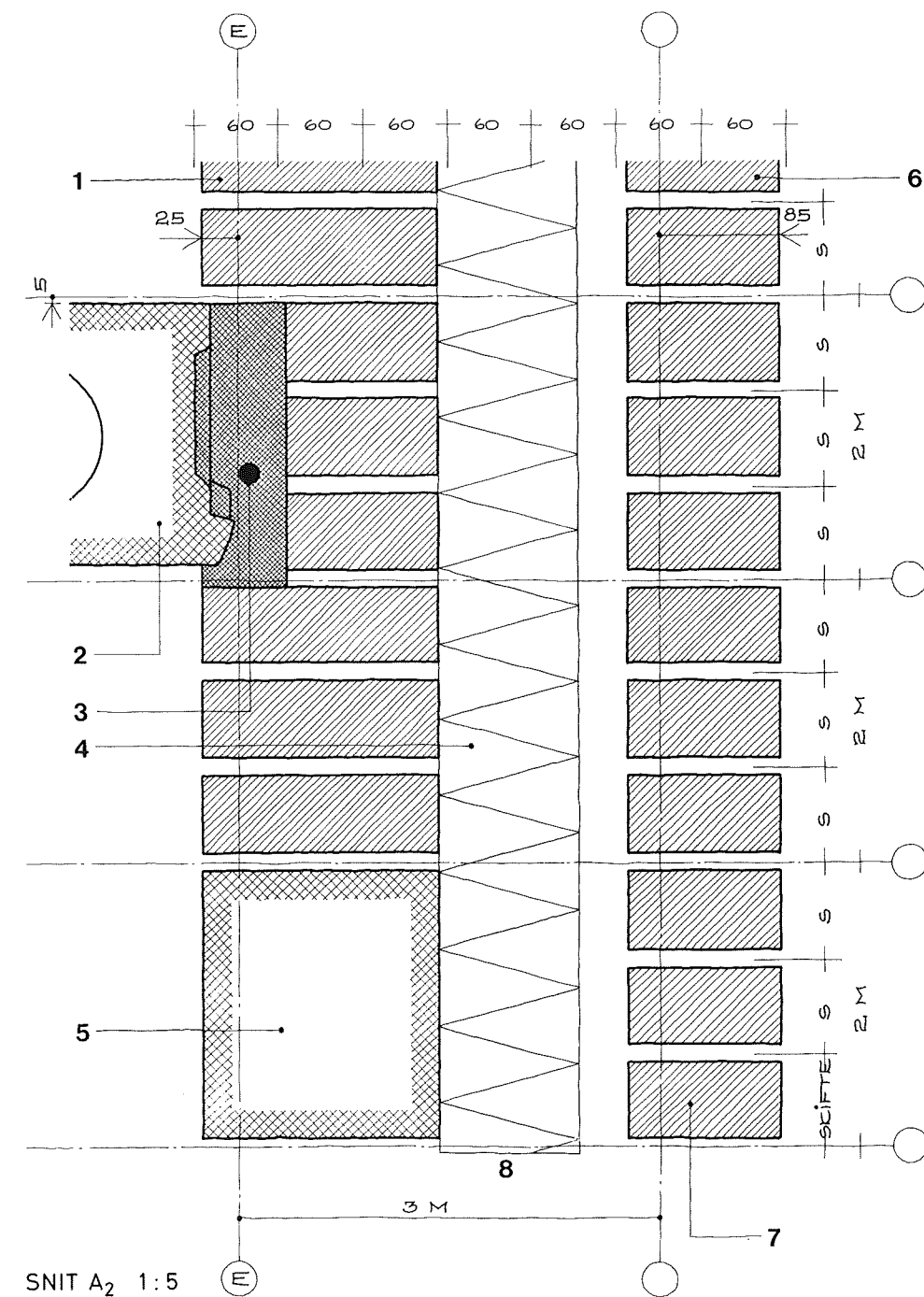
9.3 Modulplanlægning

Hovedprincippet i modulkoordineringen af et muret projekt består i at kombinere murværkets eget modul 60 mm, som er baseret på 1/4 stens forbandter, med det standardiserede planlægningsmodul 3 M. Sammenhængen mellem disse to måleenheder er beskrevet i kapitel 2 samt i standardbladene DS 1048, Normalmurværk og modulprojektering, og DS 1049, Placering af bærende og afstivende byggekomponenter i modulnet. Der henvises til disse standardblade.

Bygningens 1 stens tværvægge placeres efter akseprincippet, mens facaderne og de langsgående vægge placeres excentrisk, betinget af de byggetekniske krav i samlingerne. Blandt de generelle detaljer fra afsnit 4.7 kan følgende anvendes: Snit H₀ til de bærende tværvægge; snit K₀ til hovedskillevæggen; snit N₀ og O₀ i trappevæggene. Alle disse samlinger udføres uden neutral zone. I facaderne kan anvendes snit P₀, og i gavlen snit Q₀.

Murværksmodul 60 mm
og planlægningsmodul
3 M

Generelle moduldetaljer



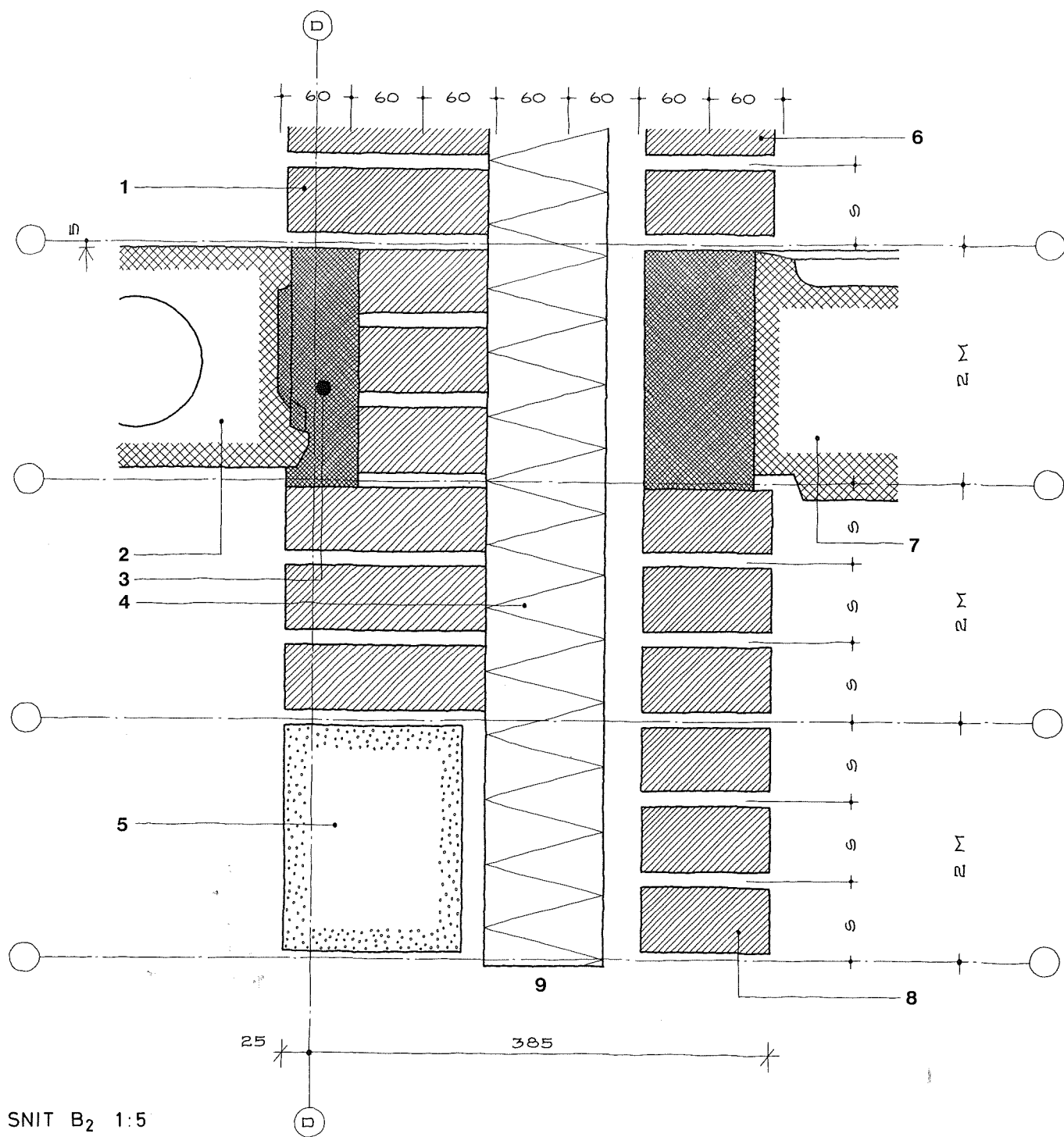
Figur 9.04
Lodret snit i samling mellem dæk og facade.
Moduldetalje.
1 Bredsten
2 Dækelement
3 Fugearmering
4 Mineraluld, 100 mm
5 Betonbjæleke
6 Skalmur 1/2 sten
7 Stålteglbjælke
8 Vinduesåbning.

Etagekryds og neutrale zoner

Akseplaceringen af tværvæggene hænger sammen med spørgsmålet om kraftoverføring i de murede etagekryds, jvnf. afsnit 4.5 og 4.6. Det antages her i kapitel 9, at de statiske beregninger har vist, at etagekrydset kan holde, uden at der udføres neutrale zoner i væggene. Der henvises tillige til kapitel 10, som viser et projekterings eksempel med neutrale zoner i tværvæggene.

Detailmål

De generelle detaljer, der alle er vist som moduldetaljer, kræver en nærmere bearbejdning under totalprojekteringen, specielt ved de statiske og termiske beregninger, hvor materialestyrker, isolans, fugebeton og armering mv. må bestemmes. Optegning af detaljerne forudsætter, at man kender de nøjagtige mål på de anvendte bygningsdele. Dækelementernes mål fremgår af figurerne 4.17 og 4.18, og murværkets mål af figur 2.08.



Figur 9.05
Lodret snit i samling mellem dæk, ydervæg med vinduesåbning og altan. Moduldetalje.
1 Bredsten. 2 Dækelement. 3 Fugearmering. 4 Mineraluld 100 mm. 5 Letbetonbjælke. 6 Skalmur 1/2 sten. 7 Altanplade. 8 Stålteglsbjælke. 9 Vinduesåbning.

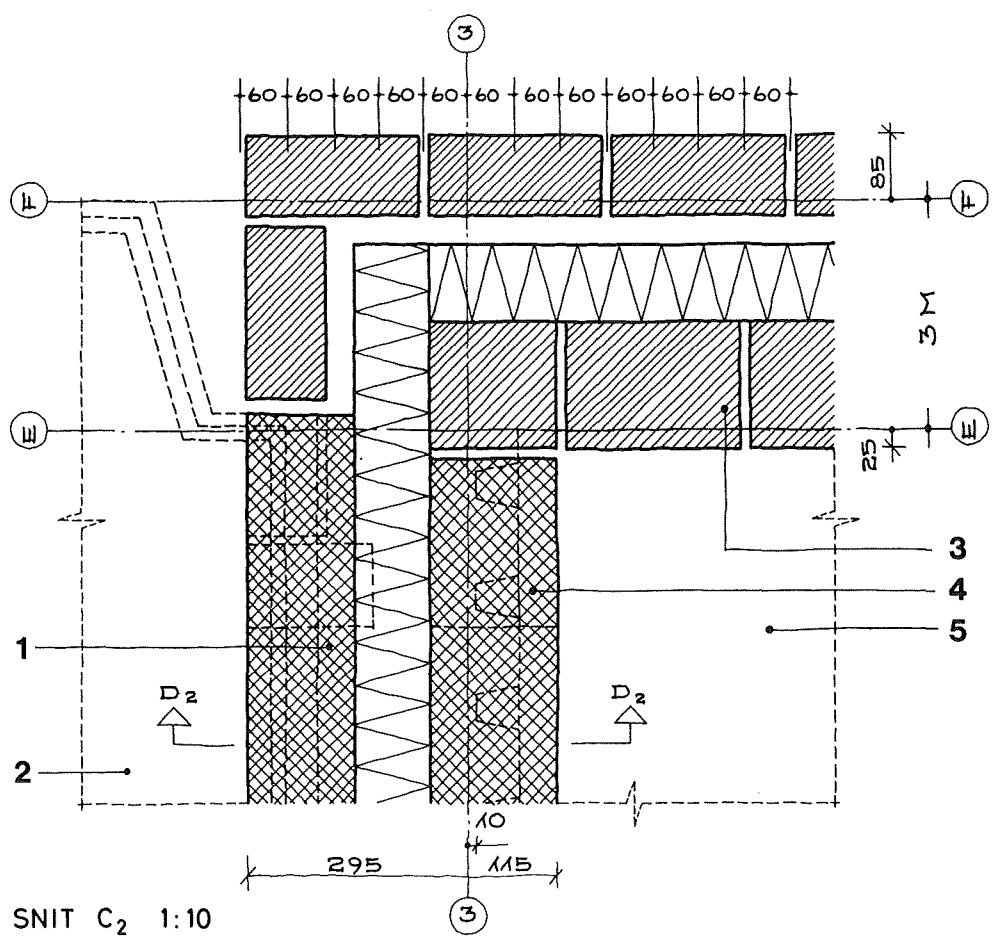
SNIT B₂ 1:5

Figur 9.04 viser samlingen mellem dæk og ydervæg ved en vinduesåbning i opholdsstuen facade. De vigtigste funktionskrav til denne samling er de statiske og de varmetekniske, - og de forlignes som sædvanlig ret dårligt. Ydervæggen består af en 3/4 stens bagmur, 1/2 stens hulrum med 100 mm isolering og 1/2 stens formur. Jernbetonbjælken skal dimensioneres for lasten fra egenvægt af mur, bjælke og vindue, mens dæklasten ikke bidrager. Varmeisoleringen er tilgodeset ved at adskille formur og bagmur totalt, og formuren må derfor bæres selvstændigt, fx af den viste stålteglsbjælke.

Dækkets modullinie E er som vist placeret 25 mm inde i væggen regnet fra dennes inderside. Herved er der skabt plads til den viste udstøbning og fugearmering, og kræfterne i væggen kan føres uforstyrret forbi dækket. Modullinie E er placeret midt i et murstensmodul på 60 mm, og da denne situation gentages ved den modstående facade, bliver husets breddemål nominelt et multiplum af 60 mm, hvorved murværkets forbandtmål er tilgodeset. Modullinie E kunne være placeret i murværkets 60 mm takt, men så ville der ikke være plads til den viste 1/2 stens udmuring ved siden af dækket; derfor er den førstnævnte løsning valgt.

Figur 9.05 viser den tilsvarende samling ved altanpladen. Til de førnævnte funktionskrav, som også optræder i denne samling, kommer problemerne omkring altanpladens tilslutning og tætning ved ydervæggen. Med den indbyggede (overdækkede) altan er klimapåvirkningerne dog ikke store, og altanpladen udføres som en massiv specialplade med færdigpudset overflade og hulkel imod murværket som vist. Vinduesåbningen er her overdækket med en præfabrikeret letbetonbjælke, som dels giver en bedre isolation end den før viste jernbetonbjælke, og desuden er mere bekvem for arbejde med søm og skruer til gardinophæng og lignende.

Figur 9.06 viser et udsnit af planen ved hjørnet i modullinierne E og 3. Disse to modullinier afgrænser det viste dækelements modulområde, og det ses hvorledes modullinierne kobles ind i murværkets 60 mm takt. Tegningen viser også, hvorledes ydervæggens isolering føres om hjørnet uden kuldebroer, og hvorledes normaldæk og altanplade oplægges på de bærende betonbjælker over altandørens åbning. Tegninger af denne type er nyttige dels for at afklare komponenternes sammenbygning, dels for at analysere murværkets forbandtmål i sådanne specielle samlinger. Fra tegningen



Funktionskrav i facaden

Modullinien i facaden

Altanpladen og facaden

Hjørne ved altan

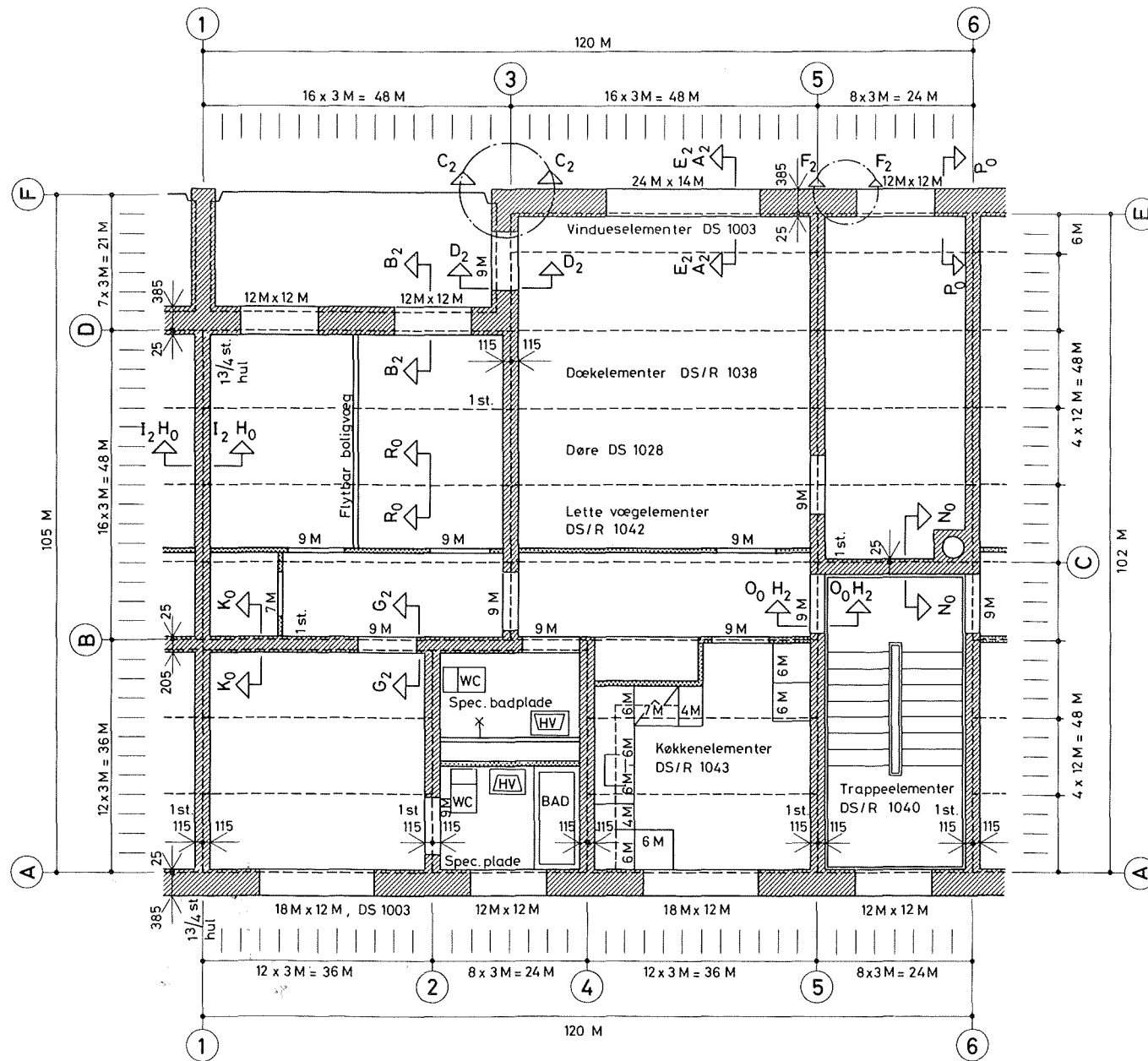
Figur 9.06
Detailplan af muret hjørne ved altan. Moduldetalje.
1 Jernbetonbjælke 140 x 190 x 1500 mm
2 Altanplade
3 Hulmur 410 mm
4 Jernbetonbjælke 168 x 190 x 1360 mm
5 Dækelement.
Bjælke 4 kan evt. udføres af letbeton.

SNIT C₂ 1:10

kan tillige hentes oplysninger om de bærende konstruktioners geometri, bl.a. til brug for de statiske beregninger af bjælker, plader, murværk mv. Når disse og de varmetekniske beregninger er gennemført, kan der udføres arbejdstegninger af samlingerne; disse tegninger er vist i det følgende afsnit.

Med gennemtegning af de foregående detaljer, herunder de generelle detaljer fra afsnit 4.7, er modulliniernes beliggenhed i alle de murede vægge fastlagt, og planens nøjagtige geometri er dermed bestemt. Der kan derfor nu udføres en moduloversigtstegning, som viser alle komponenterne og de murede vægge i korrekt beliggenhed i forhold til modulliniernes, og denne plan danner herefter grundlag for de efterfølgende arbejdstegninger. Figur 9.07 viser moduloversigtsplanen. Det ses af den, hvordan modulliniernes beliggenhed varierer i de forskellige vægge. Deres beliggenhed er, som nævnt, bestemt af de byggetekniske forhold i samlingerne, og kun gennem arbejdet med disse detaljer kan man foretage denne bestemmelse. Moduloversigtsplanen viser desuden beliggenheden af de omtalte detailsnit, såvel modul- som samlingsdetaljer.

Modulliniernes forskellige placering i væggene



EKSEMPEL 2
MODULOVERSIGTSTEGNING 1 : 100

Figur 9.07
Moduloversigtstegning. Tegningen viser beliggenheden i planen af samtlige murede vægge i forhold til modulnettet.

Af tegningen fremgår også, at der overalt i facaderne er valgt 3 M-modulære murpiller og åbninger. Det væsentlige er, at muråbningerne vælges 3 M-modulære, således at de passer til standardvinduer og -døre. Murpillerne derimod behøver kun at dimensioneres efter murværkets eget modul, dvs $n \times 60 \text{ mm} - 10 \text{ mm}$. Denne mere flexible mulighed kan undertiden nyttiggøres, når vinduesplacering og rummål analyseres ud fra fx møbleringskravene.

Af planen fremgår også, at de to badeværelser tilsammen spænder over bredden $3 \times 12 \text{ M}$. Der er regnet med at udføre specialplader, hver på ca. 18 M's bredde, således at fugen mellem dem placeres i installationssskakt mellem de to baderum. Herved opnås bl.a., at badeværelsesgulvene kan laves uden fuger med færdig overflade, fx af terrasso, fliser eller andet.

9.4 Produktionstegninger

Ud fra moduloversigtstegningens mål kan der nu udføres en opmuringstegning, se figur 9.08. Denne tegning indeholder afsætningsmål til de murede vægge og til falsene i væggens åbninger. Som målafsetningslinier er valgt de to facadeflugter, linie A og E, som ikke falder sammen med nogen modullinie; men som svarer til sædvanlig praksis. Vinkelret på facaden vælges modulliniernes 1 og 6, som er centerlinier i de respektive tværvægge. Ud fra disse 4 linier foregår al målafsetning til murværket med fortløbende mål, der kan etableres på byggepladsen, fx med målelæger.

Opmuringstegningen er udført efter DS 1012, og alle mål er angivet i mm. Til orientering og kontrol er der desuden afsat mål på alle åbninger, idet det er vigtigt, at også disse mål bliver overholdt, af hensyn til indbygningen af vinduer og døre. Trapperne og de lette vægge, som ikke direkte er omfattet af opmuringen, er taget med, for at man lettere kan orientere sig på planen. 1 stens vægge er kun målsat til den ene overflade, der da bliver snorsiden. Dette er sket for at undgå overbestemmelse i målafsetningen. Facaderne, der er hulmure, er målsat til begge overflader, idet fuger og hulrum giver mulighed for måludligning.

Alle facader er vist med 3/4 stens bagmur og 1/2 stens formur, som forankres til bagmuren med metalbindere. Alle indvendige vægge er vist som 1 stens mure. Disse vægdimensioner kan anvendes i almindeligt boligbyggeri op til ca. 4-6 etager, afhængigt af spændvidder, vindlast mv. Væggene nr. 2, 3 og 4, hvortil der ikke stilles akustiske krav som ved lejlighedsskellene, kan eventuelt udføres i 3/4 sten. Spørgsmålet afgøres ved en dimensionering af væggene, herunder af dækelementernes vederlag på væggene, jvf. DS 414.

Opmuringstegningen skal sammenholdes med detailtegningerne, der bl.a. viser murværkets sammenbygning med de øvrige komponenter, samt angiver sten- og mørtelkvalitet mv; se fx figur 9.11 - 9.15. Disse samlingsdetaljer er også udført som proces-tegninger, og de giver alle de nødvendige specifikationer, herunder detailmål, som indgår i de arbejdsprocesser, der bygger samlingen op.

Figur 9.09 viser en plan for dækmontagen. Dækelementerne, der er nummererede, oplægges i deres respektive modulområder med de fra samlingsdetaljerne kendte fugeandele. Derfor må denne proces-tegning vise de samme systemlinier, som er anvendt i de øvrige proces-tegninger, se fx målafsetningslinierne A, E, 1 og 6, samt centerlinierne 5, B og C. Beliggenheden af detailsnittene er vist på planen.

Planen viser også fordelingen af normale og specielle elementer og giver en optælling af disse til brug for planlægning af leverance og montage. Nummereringen af dækelementerne følger principperne fra kapitel 7 og 8. I nærværende eksempel 2 er dækspændvidden begrænset til 48 M. Det tungeste element er altanpladen, som vejer ca 26 kN. Hvis man har krankapacitet til det, kan de normale 12 M brede dækelementer erstattes med 24 M elementer, hvis maximale vægt i dette projekt ville være 35 kN. Facadedækkene er, som det fremgår af figur 9.04, uden kantisolering og kunne være almindelige normalelementer, hvis man udførte fordeling af varmestrengene over gulv, som tidligere omtalt. Den viste pladefordeling skyldes udsparinger i alle facadedæk for gennemføring af varmestrengene.

Dæktegningen må ledsages af en oversigtstegning over de fugejern, der skal indstøbes i dækfugerne, for at sammenlase elementerne til en skive. Denne tegning er ikke udført til dette projekt, men der henvises til afsnit 4.5.

Murpillemaal:
 $n \times 60 \text{ mm} - 10 \text{ mm}$.
Muråbningmaal:
 $n \times 60 \text{ mm} + 10 \text{ mm}$

Installationsrum

Målafsetning

Afsætnings-, orienterings- og kontrolmål

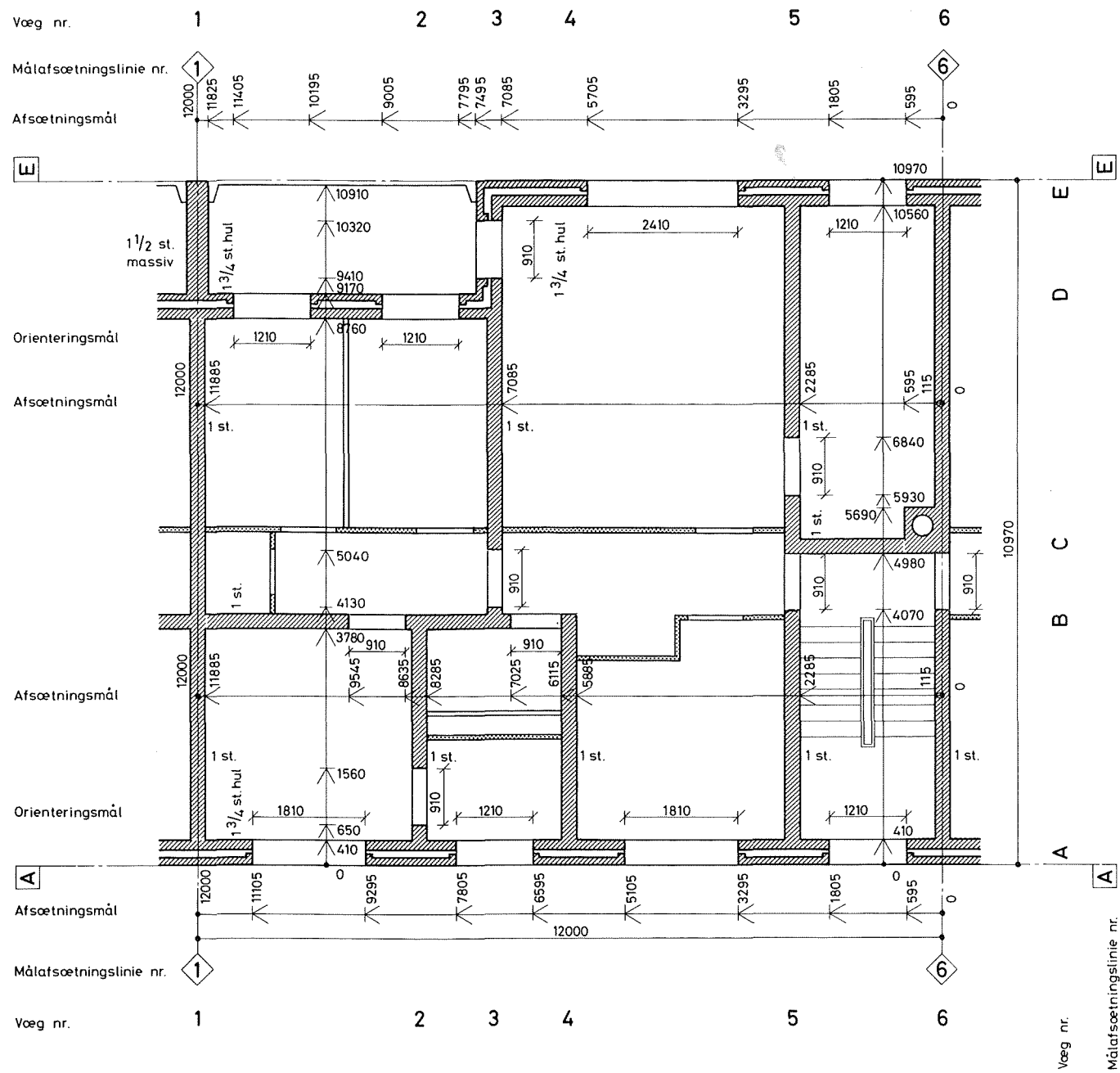
Vægdimensioner

Materialespecifikationer

Dækmontage

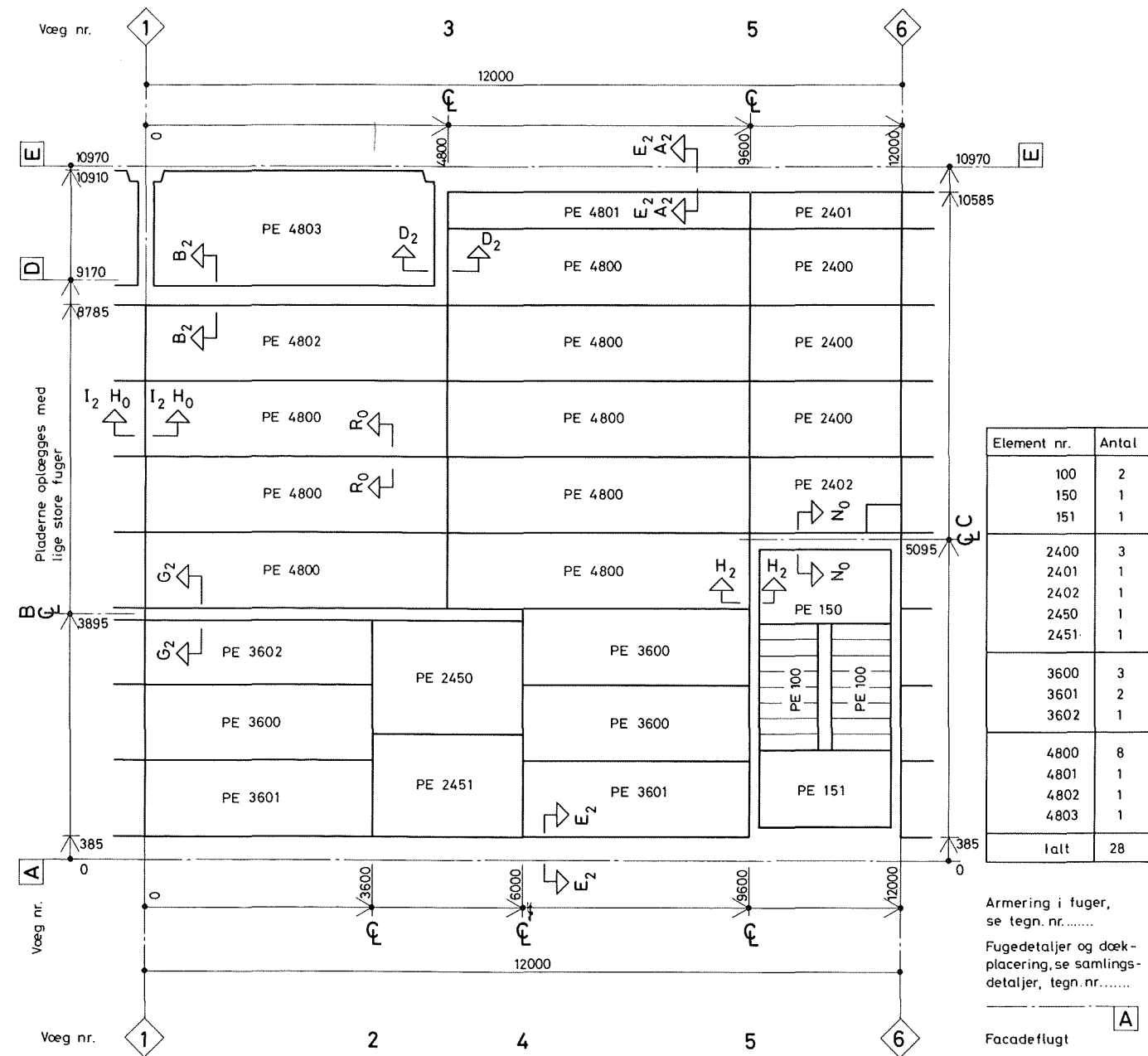
Elementfortegnelse, dækvarianter

Fugearmring



EKSEMPEL 2
OPMURINGSTEGNING 1:100

Figur 9.08
Opmuringstegning, procestegning. Tegningen viser placeringen af samtlige murede vægge og deres åbninger i forhold til målafsetningslinierne.



EKSEMPEL 2
MONTAGETEGNING FOR DÆK 1:100

Figur 9.09
Montagetegning for dækelementer, procestegning. Planen viser sammen med de tilhørende detailsnit placeringen af samtlige dækkomponenter i forhold til målafsetningslinierne.

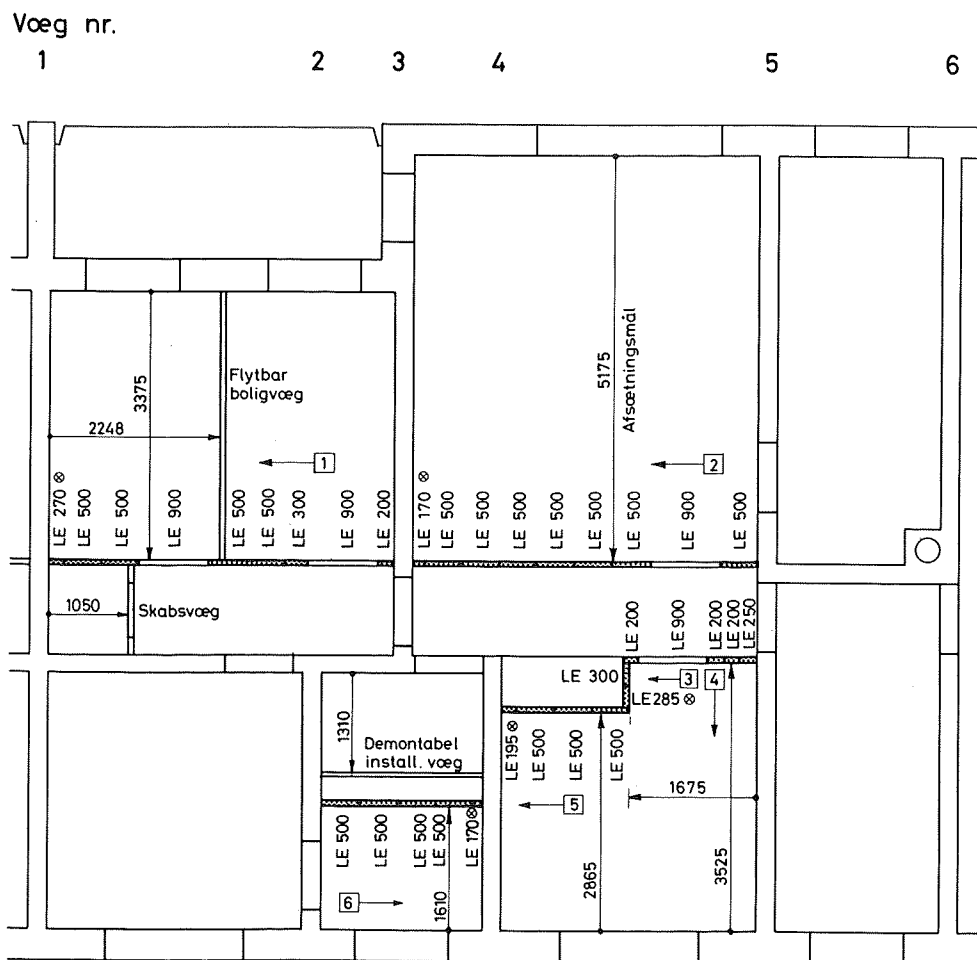
Opstilling af lette vægge

Facadens samlingsdetaljer

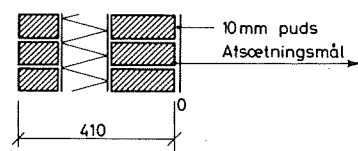
Figur 9.10 viser montagetegningen for de lette vægge. Disse opstilles på betondækket inden pudsearbejdet af de murede vægge udføres, og målaf sætningen er derfor vist ud fra de upudsede murflader; se skitsen på figur 9.10. Tegningen svarer iøvrigt til figur 8.13 i eksempel 1.

Figur 9.11 viser samlingen mellem dæk, facade, altanplade og altandør. Facaden, som er en del af tværvæg nr. 3, er bærende og optager laster både fra dækket og altanpladen. Beregningen af den bærende konstruktion har ført til de viste jernbetonbjælker, som er lagt op over døråbningen og adskilt termisk med 100 mm isolering. Tegningen, som viser et snit i den færdige bygning, indeholder alle de nødvendige specifikationer for de arbejdsprocesser, som indgår i samlingen. De viste jernbetonbjælker kan enten støbes på stedet eller være udført præfabrikeret. Af hensyn til en glidende arbejdsrytme på byggepladsen vil man formentlig vælge præfabrikerede bjælker.

Figur 9.10
Montagetegning for lette vægelementer, proces-tegning. Tegningen viser placeringen af samtlige lette vægge i forhold til de murede vægges overflader.



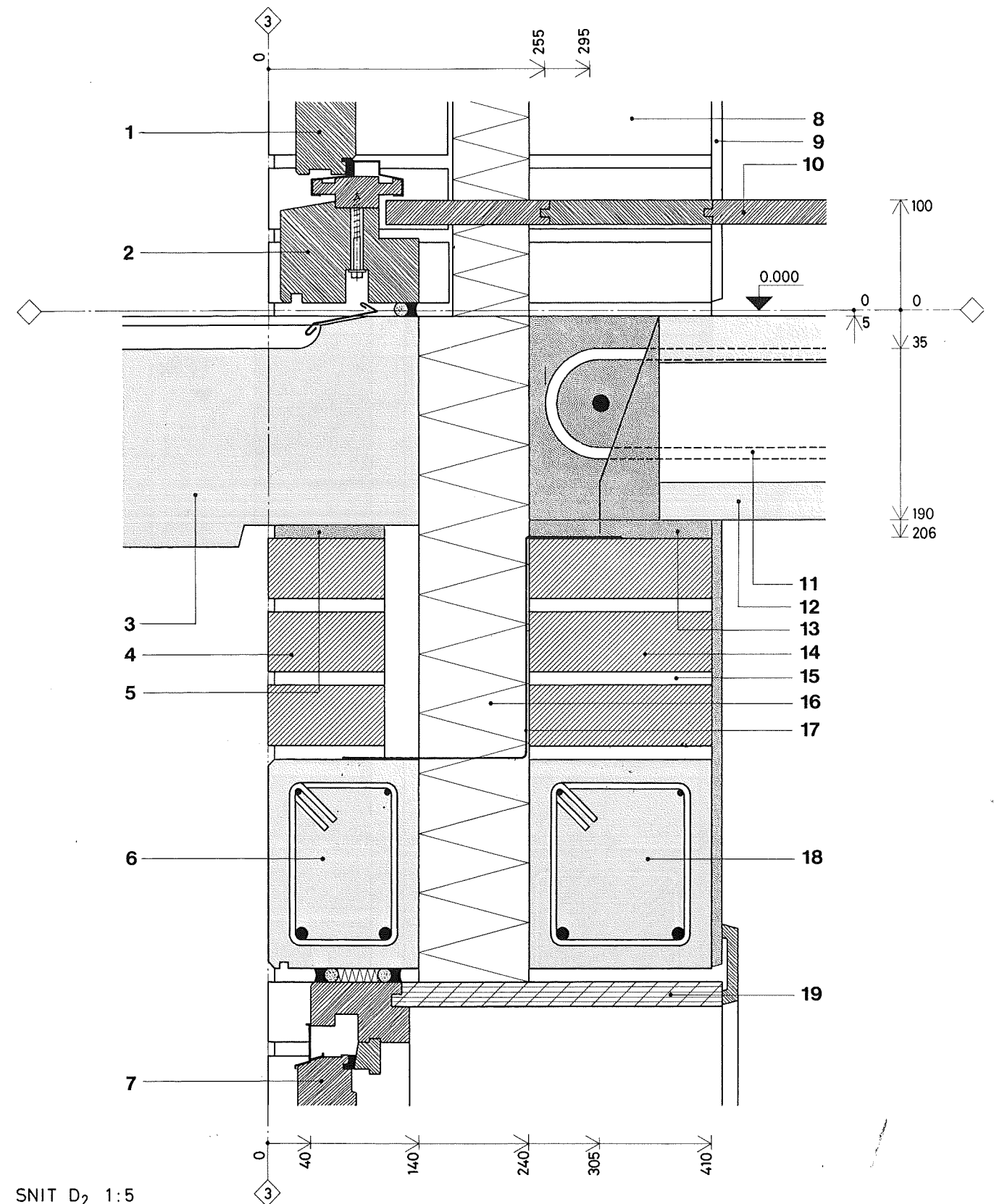
□ ~ Opstillingsrytme
⊗ ~ Element der tildannes på stedet, elementnummeret angiver passtykkets basismål, som kan variere ± 15 mm
Tolerance på opstilling ± 5 mm



Elementfortegnelse:

| Betegnelse | Antal |
|------------|-------|
| LE 900 | 4 |
| LE 500 | 18 |
| LE 300 | 2 |
| LE 250 | 1 |
| LE 200 | 4 |
| LE 170 | 2 |
| LE 195 | 1 |
| LE 270 | 1 |
| LE 285 | 1 |
| Ialt | 34 |

EKSEMPEL 2
MONTAGETEGNING FOR 75 MM LETBETONVÆGGE 1:100



SNIT D₂ 1:5

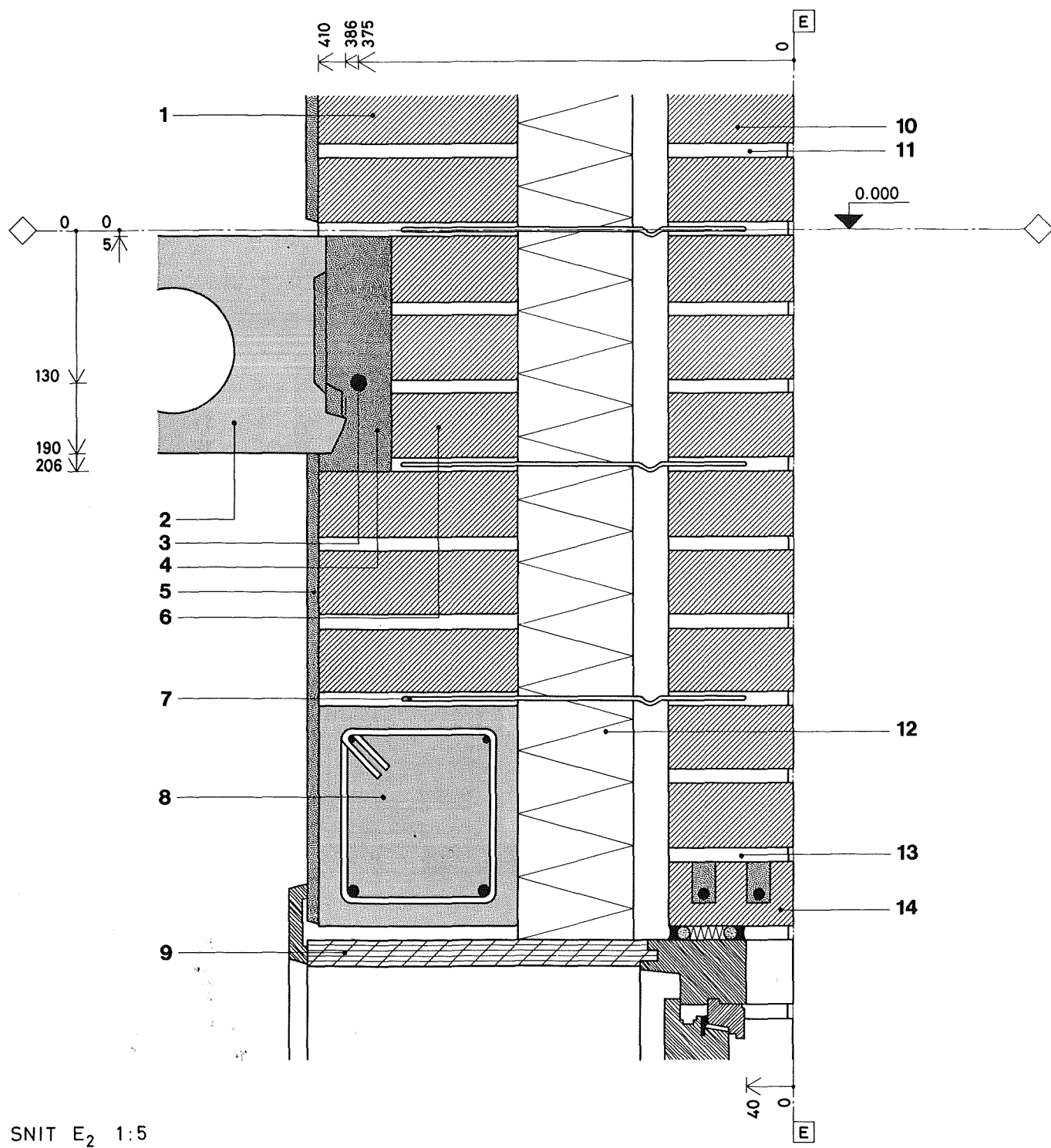
Figur 9.11
Lodret snit i samling mellem altan, ydervæg med altandør og dæk. Samlingsdetalje. 1 Hævedør. 2 Bundstykke. 3 Altanplade. 4 Skalmur ½ sten T 30. 5 Vederlagsfuge C 100. 6 Betonbjælke 140 x 190 x 1500 mm. 7 Hævedør. 8 Bredsten T 30. 9 Puds 10 mm. 10 Parket på strøer. 11 R 10. 12 Dækelement. 13 Vederlagsfuge C 100. 14 Bredsten T 30. 15 KC Mørtel klasse A. 16 Pladebatts 100 mm type A. 17 Asfalt-pap. 18 Betonbjælke 168 x 190 x 1360 mm. 19 Beklædning 22 mm klasse 1.

Målafsætning

Horisontale detailmål afsættes ud fra målafsætningslinie nr. 3, som falder sammen med facadeflugten. Højdemål afsættes ud fra rådækmodulplanet, beliggende 5 mm over dækket; sml. DS 1049.

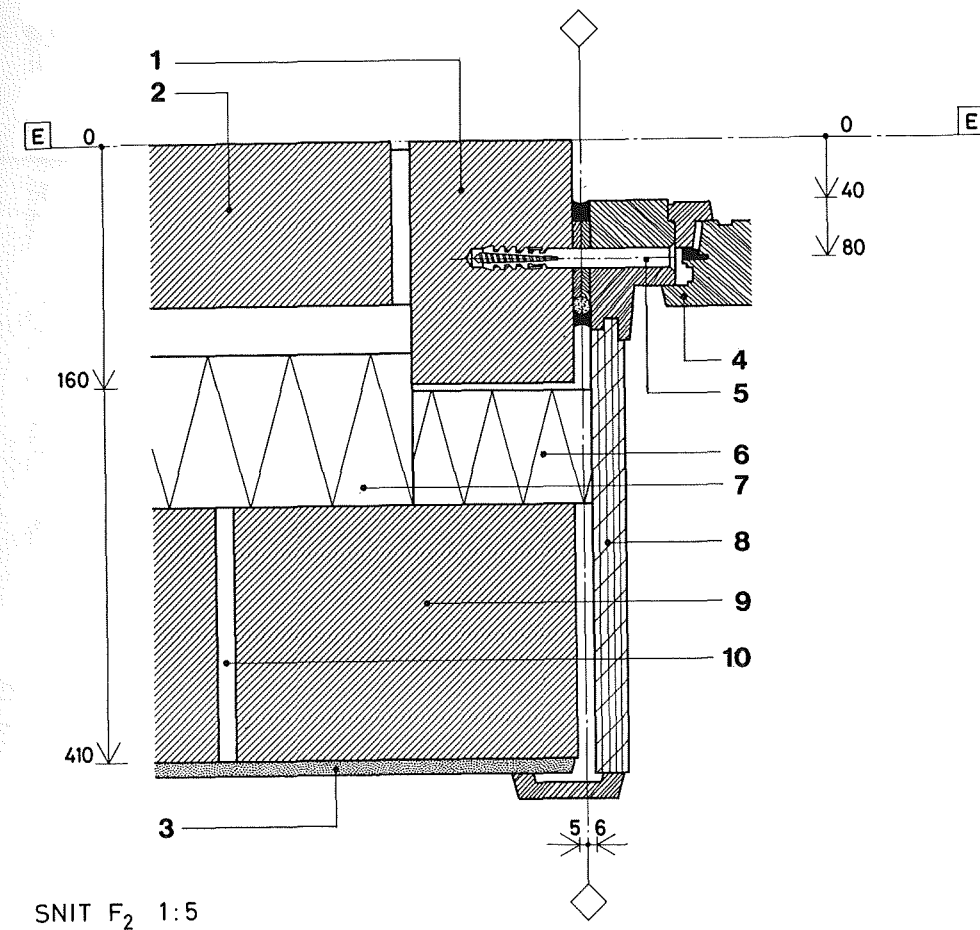
Dæk, facade og vindue

Figur 9.12 viser lodret snit i samlingen mellem dæk, facade og vindue. Tegningen svarer til moduldetaljen, figur 9.04. Specifikationerne vedrørende fugearmering, jernbe-



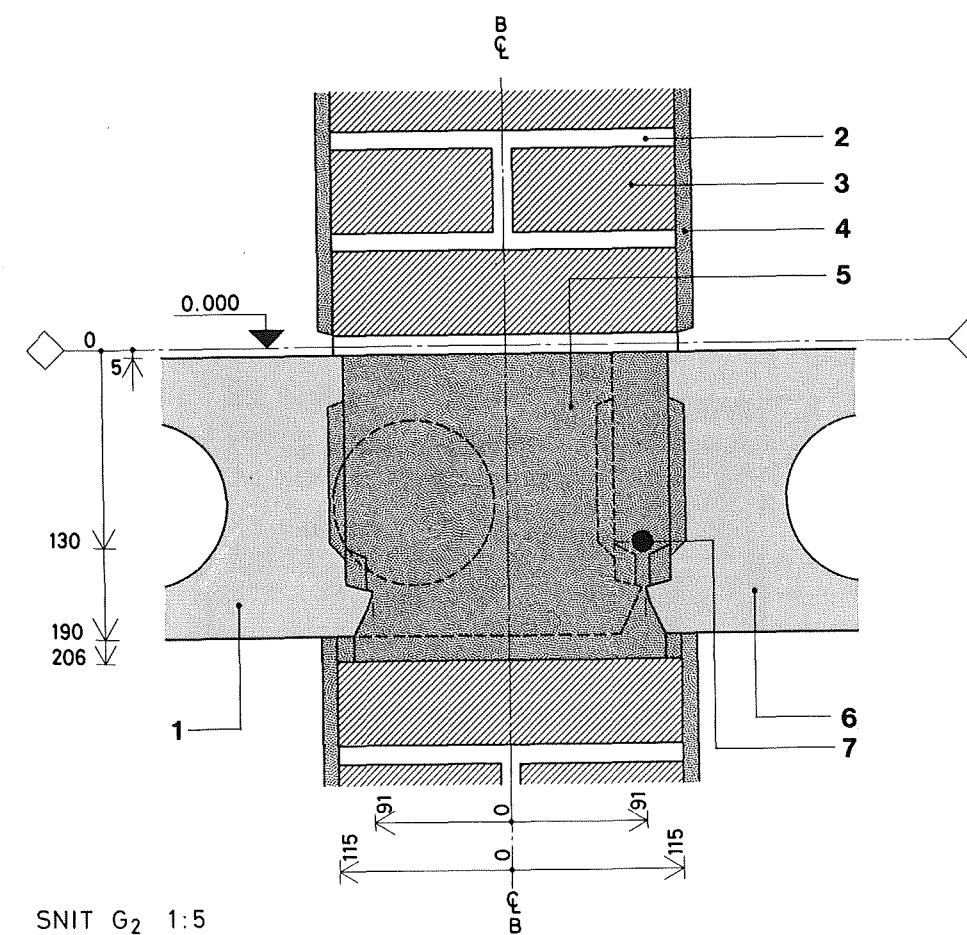
Figur 9.12
Lodret snit i samling mellem dæk og ydervæg med vindue. Samlingsdetalje.
1 Bredsten T 30. 2 Dækelement. 3 T 12. 4 Beton 15. 5 Puds 10 mm. 6 1/2 sten T 30. 7 Murbinder \varnothing 4 stål 18/8. 8 Betonbjælke 168 x 190 x 3300 mm. 9 Beklædning 22 mm klasse 1. 10 Skalmur 1/2 sten T 30. 11 KC Mørtel klasse A. 12 Pladebatts 100 mm type A. 13 6 skifter opmuret i C 100 Mørtel. 14 Ståltegl.

Figur 9.13
Vandret snit i samling mellem ydervæg og vindue. Samlingsdetalje.
1 Tilhugget sten T 30 i hvert andet skifte
2 Skalmur 1/2 sten T 30
3 Puds 10 mm
4 Standardvindue
5 Karmbefæstelse fx Dübel S 10 RS-135
6 Pladebatts 75 mm type A
7 Pladebatts 100 mm type A
8 Beklædning 22 mm klasse 1
9 Bredsten T 30
10 KC Mørtel klasse A.



SNIT F₂ 1:5

Figur 9.14
Lodret snit i samling mellem dæk og afstivende længdevæg. Samlingsdetalje.
1 Specialelement
2 KC Mørtel klasse A
3 T 30
4 Puds 10 mm
5 Beton 15
6 Dækelement
7 Fugearmering T 12.



SNIT G₂ 1:5

ton, ståltegløverliggerer mv kommer fra de statiske og hygrotermiske beregninger i projektet. Tegningen viser således bl.a. hvorledes 1/2 stens skalmuren er fastholdt til bagmuren med rustfri stritter.

Vinduer

Figur 9.13 viser vandret snit i samlingen mellem facade og vindue. Det ses, hvorledes hulmurisoleringen på 100 mm Rockwool kun er reduceret til 75 mm i vinduesfalsene. Formuren er forsynet med en tilhugget sten i hvert andet skifte til fastgørelse af de ankre, der fastholder vindueskarmen. Vindueslysningen er afdækket med den viste 22 mm beklædning.

Afstivende længdevæg

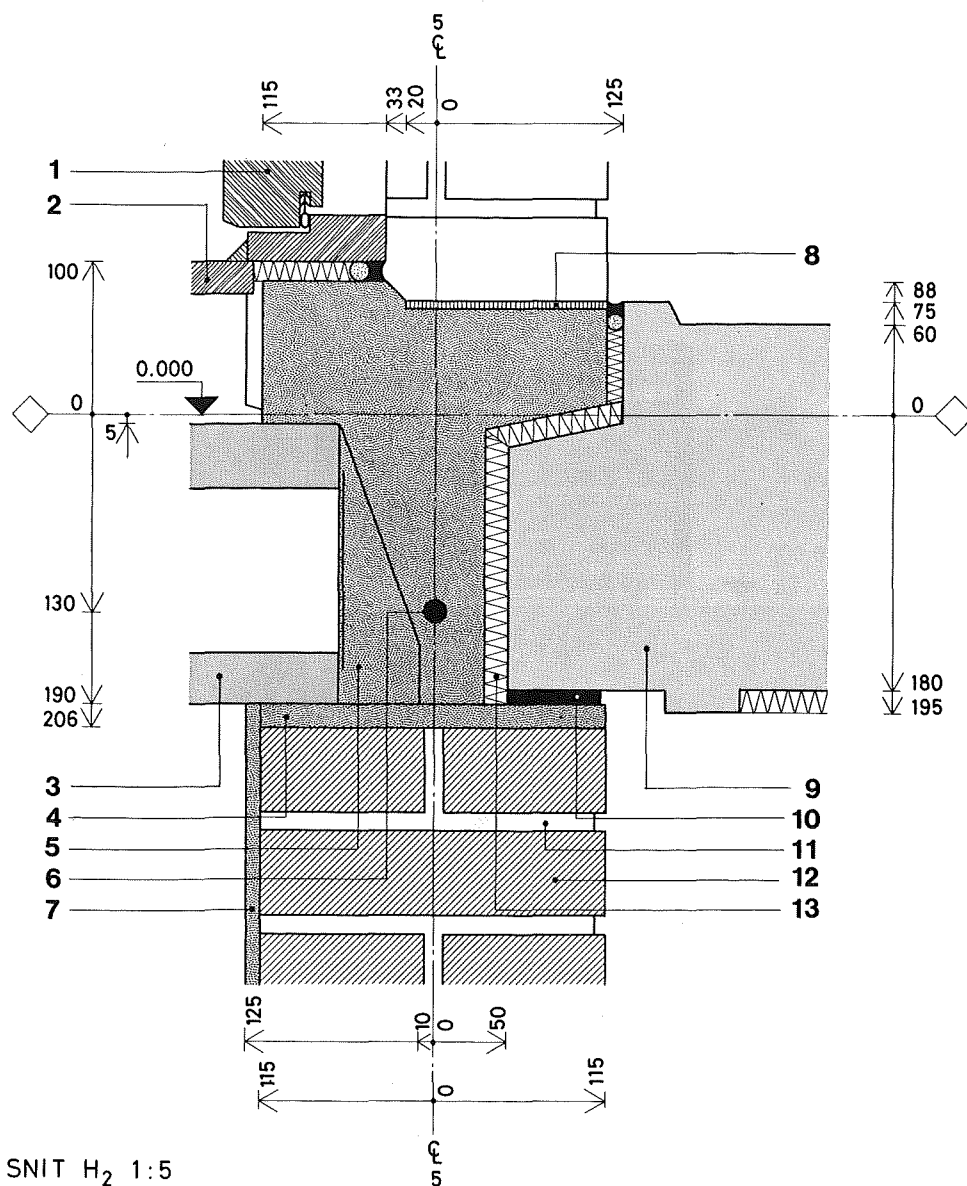
Figur 9.14 viser lodret snit i den afstivende 1 stens længdevæg. Samlingen er udført med en excentrisk placering af det normale dækelement til højre i figuren; mens venstre dækelement er afskåret for at give plads til den viste udstøbning med beton 15 mellem dækkomponenterne. Herved sikres en god kraftoverføring fra den overliggende væg gennem udstøbningen til den underliggende. Væggen er, som tidligere omtalt, en del af bygningens længdeafstivende hovedsystem. Horisontale detailmål er afsat udfra væggenes symmetrilinie, mens højdemål afsættes udfra rådækmodulplanet.

Trappen

Figur 9.15 viser lodret snit i samlingen mellem trappens hovedrepos, trappesidevæg og etageadskillelsen. Tegningen viser desuden snit i færdigt gulv og entredør. Reposen er oplagt på Neoprene brikker for at dæmpe trinstøjen fra trappen. Endvidere er reposens bæreknafter pakket ind i 15 mm isolering for at undgå lydbroer ved sammenstøbningen. Reposens underside er forsynet med en porøs, påklæbet mineraluldplade, som bevirker en dæmpning af luftlyden i trapperummet, således at BR-kravet om en efterklangstid på 1.3 sek. kan opfyldes. Målsætningen i samlingsdetaljen følger de hidtil anvendte principper, og centerlinie nr. 5 er = modullinie 5.

Figur 9.15
Lodret snit i samling mellem dæk, trappevæg, hovedrepos og entredør. Samlingsdetalje.

- 1 Entredør
- 2 Parket 22 mm
- 3 Dækelement
- 4 Vederlagsfuge C 100
- 5 Beton 15
- 6 Fugearmring T 16
- 8 Vinyl
- 9 Hovedrepos
- 10 Neoprene brik 90 x 150 x 13
- 11 KC Mørtel klasse A
- 12 T 30
- 13 Isoleringsplader 15 mm klæbet på bæreknafter.



9.5 Alternative konstruktioner

Boligplanen i eksempel 2 rummer som vist moderate spændvidder med største dækspænd = 48 M. Dette medfører et relativt stift hovedsystem uden større fleksibilitet i husets planløsninger. Hvis man ønsker større afstand mellem de tunge, bærende væg og dermed mere fleksibilitet i planens indretning, kan man arbejde med de såkaldte langspænddæk med 215-220 mm tykkelse, ofte i forspændt beton.

Figur 9.16 viser et lodret snit i en samling mellem langspænddæk og en 1 stens teglmur. Konstruktionen adskiller sig fra den normale løsning, vist i figur 4.59 snit H₀, særlig vedrørende højdemålene og dækladernes indpasning i murværket. I stedet for den i de forrige detaljer viste placering af rådækket 5 mm under modullinien er der her brugt en placering med en 10 mm fugeandel. Samtidig er fugen under dækket vokset fra 16 mm til 48 mm, og dækelementet optager nu 4 skifter i murværket, hvis skiftegang iøvrigt derved kan bevares. En tilsvarende gavnløsning er vist i figur 4.71, se denne.

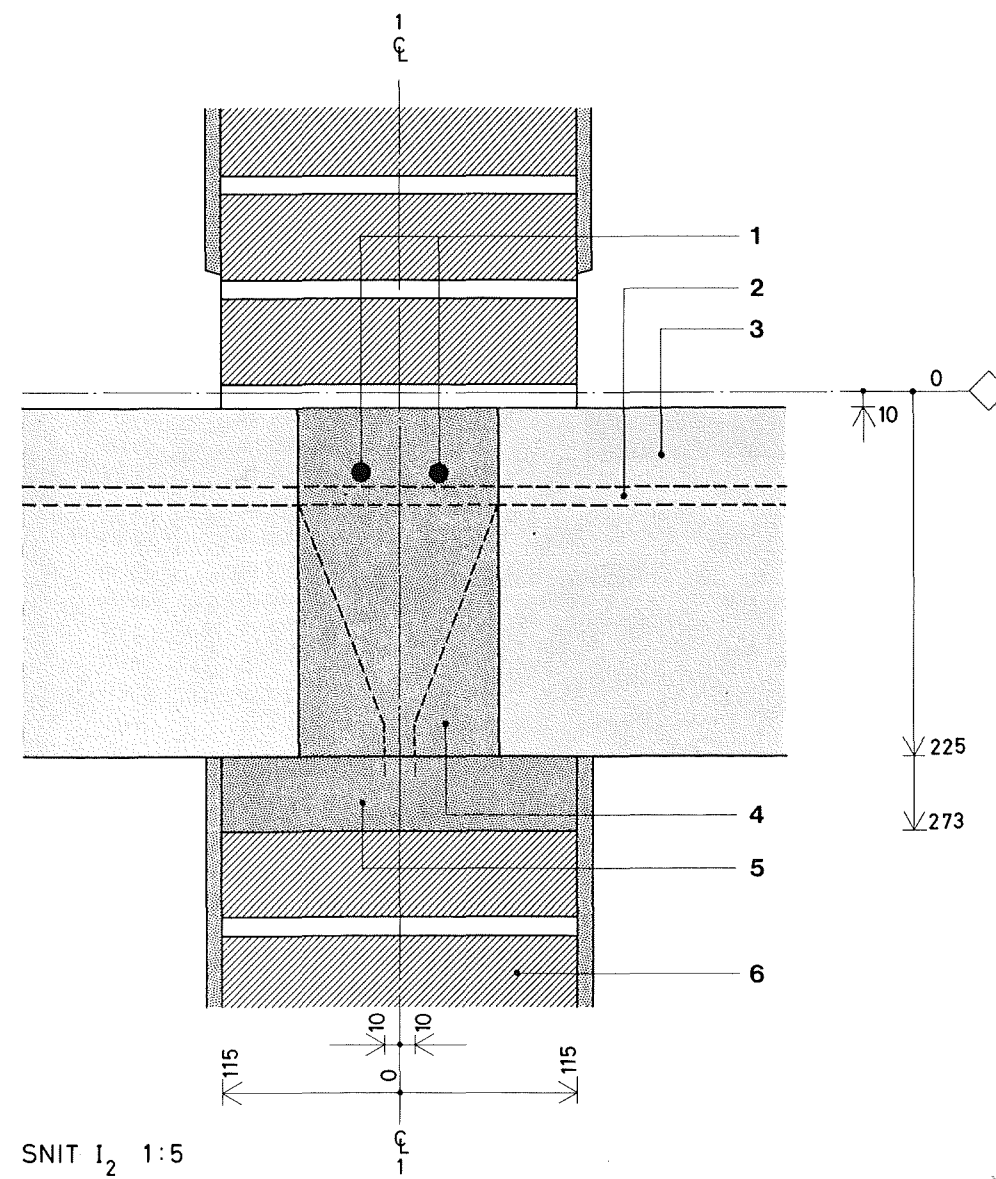
Konstruktionerne har været anvendt i det i indledningen omtalte byggeri i Skive, se litt. 9.2 og 9.6. Med denne konstruktion kan der opnås dækspændvidder i det almindelige boligbyggeri op til ca. 8-10 m, hvorved alle ønsker om en fleksibel planløsning kan tilgodeses.

Muret byggeri med langspænddæk

Muret forsøgsbyggeri i Skive

Figur 9.16
Muret etagekryds med langspænddæk, bærende vederlag.

- 1 Fugearmring 2 T 12
- 2 Fugearmring T 16
- 3 Langspænddæk, t = 215 mm
- 4 Beton 15
- 5 C 100, t = 48 mm
- 6 Tværvæg T 30.



9.6 Litteratur

- 9.1 Dansk Ingeniørforening: DS 414 Murværk. Kbh. 1977, ny udgave under forberedelse til 1983. Tillæg om skalmure. 1975, bliver indarbejdet i den ny udgave af DS 414.
- 9.2 »Byggeindustrien«: Muret forsøgsbyggeri i Skive. Teknisk Forlag, Kbh. 1979.6.
- 9.3 SBI-anvisning 101: Trådbindere til forankring af skalmure. SBI 1977. Nyt tillæg er under forberedelse.
- 9.4 SBI-meddelelse 19: Bedre boligplaner. SBI 1982.
- 9.5 Mondorf, P.E.: Murværkskonstruktioner. Polyteknisk Forlag 1972.
- 9.6 Murerfagets Oplysningsråd: Konstruktionstegninger for det murede byggeri. Kbh. 1979. Indeholder projektmateriale fra muret forsøgsbyggeri i Skive; smlgn. litt. 9.2.
- 9.7 Murerfagets Oplysningsråd: Standardberegning for murværk. Kbh. 1979.

Forbandtmål, eller som her et stenmønster, danner ensartede målspring i murværket. Disse målspring er murværkets egne moduler.



10

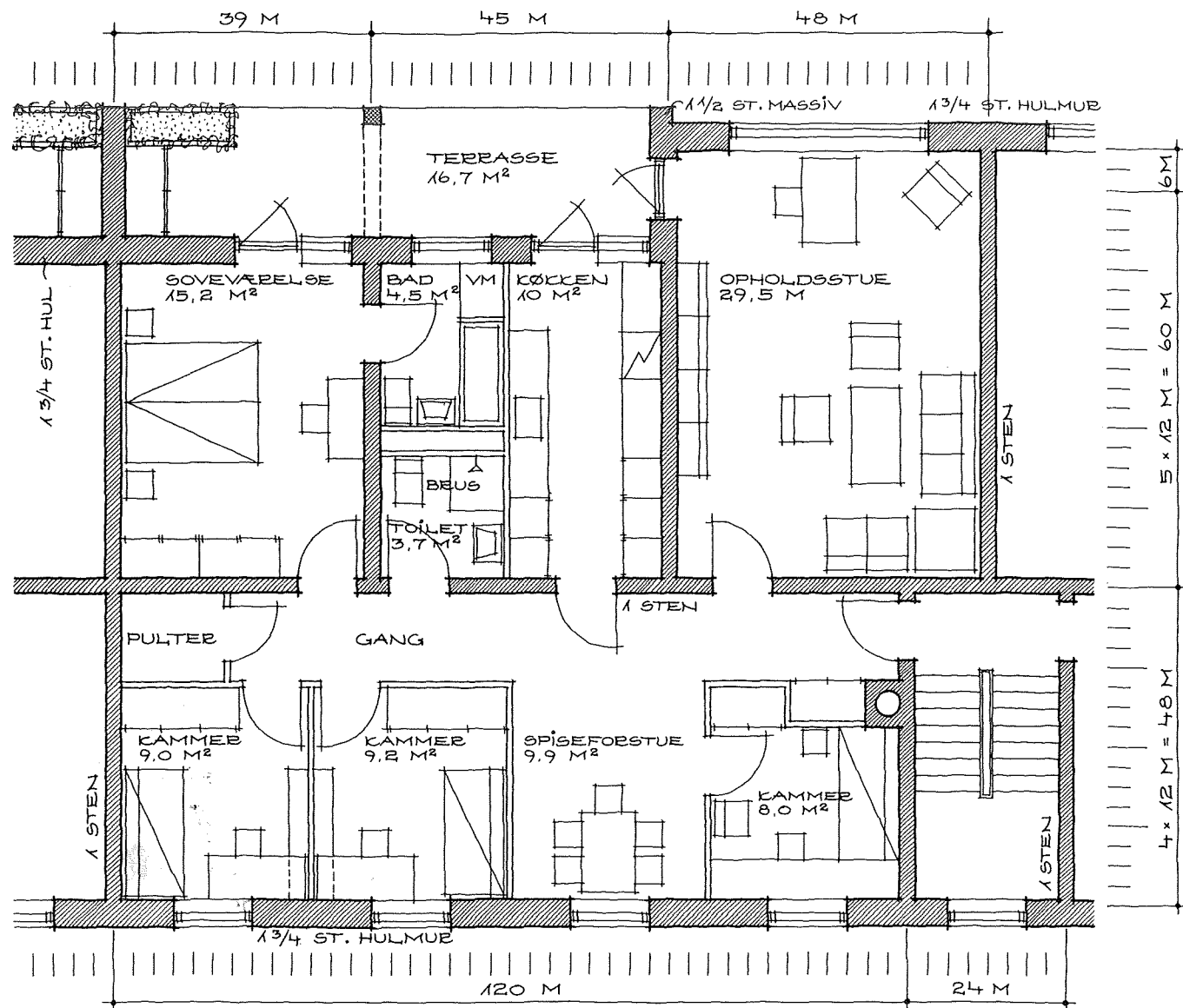
10. Muret etagehus med dækelementer

Modulprojekt, eksempel 3

10.1 Projekteringsforudsætninger

Muret byggeri med neutrale zoner

Eksempel 3 viser et modulprojekt udført med samme komponenter og samme byggeteknik som eksempel 2. Forskellen mellem de 2 projekter er først og fremmest den, at der i eksempel 3 er indlagt neutrale zoner i de bærende og afstivende 1 stens vægge. Dvs. at der anvendes bærende dækvederlag på 85 mm nominelt og sidevederlag på 25 mm nominelt. Dækelementerne rykkes herved fra hinanden, således at der skabes plads til en solid udstøbningsbeton mellem elementerne, og derved sikres en god kraftoverføring i etagekrydsene; jvf. figur 10.04 og afsnit 4.6. De øvrige forskelle mellem eksempel 2 og 3 viser sig i lejlighedsplanen, og i at dækelementerne i indgangssiden bærer på facade og hovedskillevæg. Der er således 2 bæreretninger i planen.



2 VÆR. 3 KAMRE M. SPISEFORSTUE, CA. 146 M² BRUTTO.

EKSEMPEL 3
SKITSE AF LEJLIGHEDSPLAN 1:100

Figur 10.01
Lejlighedsplan af en 146 m² familiebolig.

10.2 Byggeprogram og byggesystem

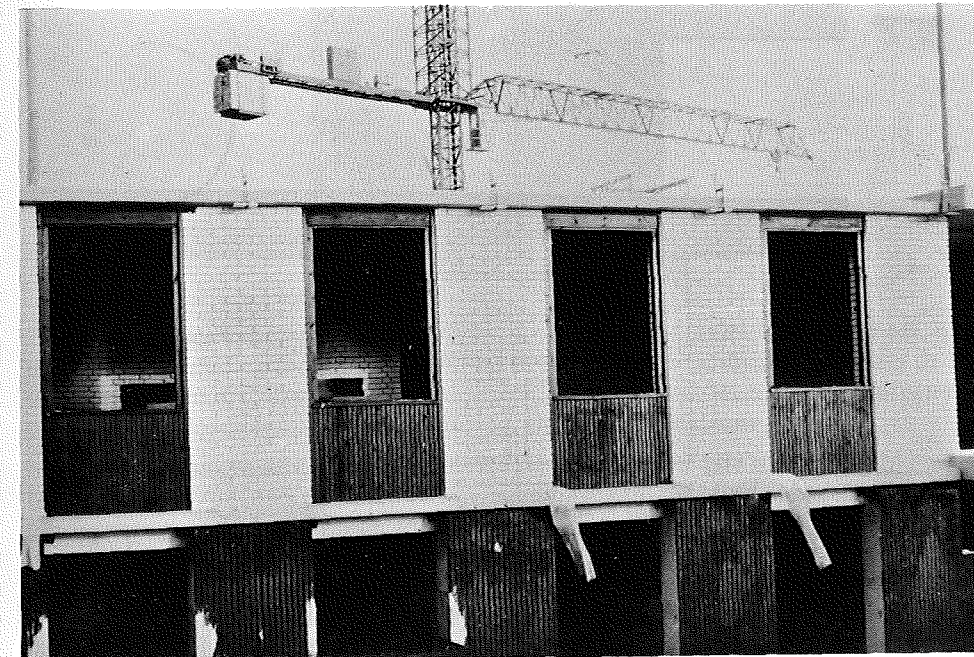
Lejlighedsplanen i eksempel 3 viser en stor familiebolig på 146 m² med 2 værelser, 3 kamre, spiseforstue, 2 badeværelser og en altan på 17 m²; se figur 10.01, der ligeledes viser nettoarealer og møblering.

Installationsrummene er som i eksempel 2 samlet om en installationsvæg, og den koncentrerede placering giver foruden lettelse i rørarbejdet en begrænsning af installationsstøjen i lejligheden. Som i eksempel 2 må der vælges mellem lodrette varmenstrengene ved facaderne eller centrale stigledninger i installationsskakten med horisontal fordeling under gulv. Spørgsmålet har også relation til valg af gulvkonstruktion, se senere.

Altanen er med sine 17 m² og adgangsmuligheder fra 3 forskellige rum et samlende uderum i boligen, med muligheder for mange forskellige aktiviteter. Naboaltanerne bør adskilles med altanskabe, som vist. Den delvise indbygning giver gode læmuligheder.

Planens indgangsside, hvor dækelementerne bærer vinkelret på facaden, giver mulighed for en relativ fri placering af de lette vægge i denne halvdel af huset. Der er derfor regnet med demontable vægge opstillet på den færdige gulvoverflade, og i sidste del af dette kapitel er mulighederne for fleksibilitet diskuteret og illustreret. De lette vægge kan fx udføres med gipsplader eller lignende, mens de øvrige komponenter kan være som i eksempel 2.

Figur 10.02 viser et foto fra et muret forsøgsbyggeri i Albertslund, hvor der er anvendt neutrale zoner i 1stens væggene, ligesom her i eksempel 3.



Figur 10.02
Muret byggeri med neutrale zoner.

Det bærende hovedsystem i eksempel 3 består af simpelt understøttede plader, oplagt på 1stens tværvægge i altansiden, og på facade og hovedskillevæg i trappesiden. Bygningens længde- og tværstabilitet klares af dæskiverne i forbindelse med de murede vægge, herunder facaderne. Der udføres murværksberegninger efter DS 410 og 414. Som det ses af planen, figur 10.01, skal vindlast på facaderne optages ved pladevirkning i disse. På trappesiden, hvor der kun er få tværstivninger, afleveres vindlasten hovedsageligt som reaktioner i dæskiverne. For at skabe den nødvendige trykspænding i facadernes bagmure, må der regnes med at udføre bygningen med en tung tagkonstruktion. Facadepillerne i øverste etage vil være kritiske, som i eksempel 2.

Statisk hovedsystem

10.3 Modulplanlægning

Modulkoordinering med neutrale zoner

Generelle detaljer

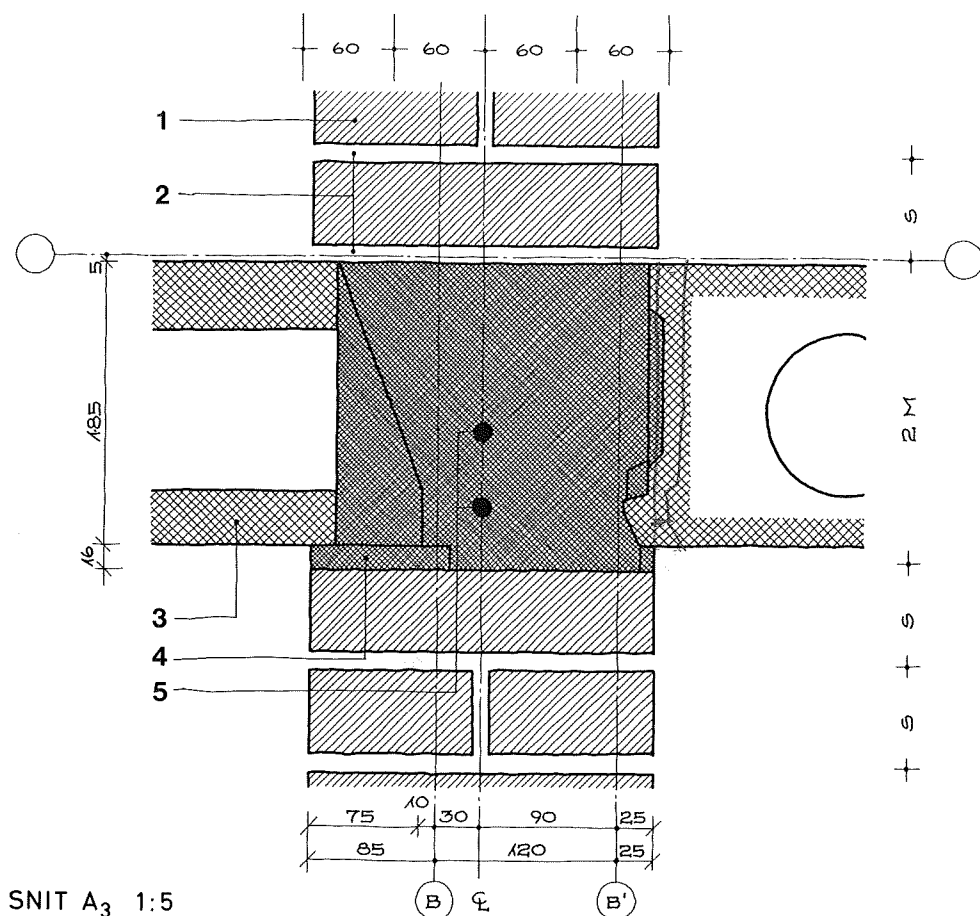
Murværksberegninger

Modulkoordineringen i eksempel 3 med neutrale zoner i alle indvendige 1stens vægge gør projektets geometri temmelig kompliceret. Dækelementernes 2 bæreretninger forøger komplikationerne; der bliver eksempelvis ikke mindre end 4 forskellige modullinier i væg nr. 1. Men eksemplet er valgt dels for at vise, hvorledes arbejdet med moduldetaljerne kan opklare projektets geometri, og dels fordi den før omtalte frarykning af dækelementerne i de bærende vægge giver en sikrere kraftoverføring i disse. Dette forhold har især betydning for højt byggeri med store spændvidder.

Blandt de generelle detaljer fra afsnit 4.7 kan følgende anvendes: snit G₀ og L₀ i de indvendige 1stens vægge med henholdsvis bærende dækvederlag og dæksidekant. Snit P₀ og snit Q₀ i facader og gavle.

Fra eksempel 2 kan anvendes detaljerne snit A₂, B₂, E₂ og F₂. Der gennemføres beregninger af alle kritiske konstruktioner i murværket, hvorefter moduldetaljerne udføres som samlingsdetaljer.

Figur 10.03
Lodret snit i samling mellem dækelementer og hovedskillevæg. Moduldetalje.
1 Hovedskillevæg
2 Normalfuger
3 Dækelement
4 Vederlagtfuge
5 Fugearmring.



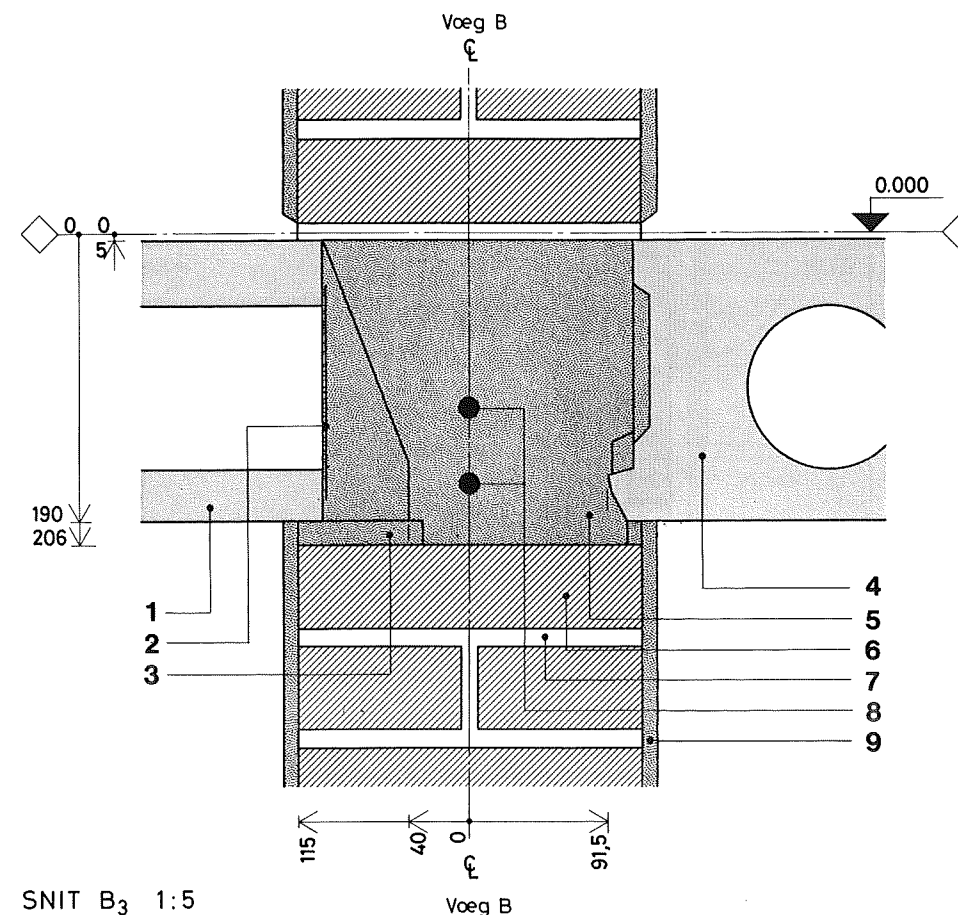
SNIT A₃ 1:5

Snit i hovedskillevæg

Samlingsdetalje

Figur 10.03 viser lodret snit i samlingen mellem dæk og hovedskillevæg. Tegningen er udført som moduldetalje, og den viser hvorledes elementerne er placeret efter de tidligere omtalte regler med 85 og 25 mm nominelle vederlag. Tegningen viser desuden, hvorledes de vertikale mål er koordineret, idet man med 5 mm-reglen har indpasset de 185 mm tykke dæk i murværkets skiftegang.

Figur 10.04 viser samme detalje udført som samlingsdetalje med nødvendige materialspecifikationer. Da hovedskillevæggen indeholder 2 modullinier, B og B', som er upraktiske til afsætningsformål, se figur 10.03, er væggenes centerlinie anvendt til målafsætningen. Denne linie går igen på planerne for opmuring og dækmontage, se figur 10.13 og 10.14.



SNIT B₃ 1:5

Figur 10.04
Lodret snit i samling mellem dækelementer og hovedskillevæg. Samlingsdetalje.
1 Dækelement
2 Afdækning
3 Vederlagtfuge C 100
4 Dækelement
5 Beton 15
6 T 30, klasse A
7 Normalfuge, KC
8 Fugearmring T 12
9 Puds 10 mm.

Figur 10.05 viser vandret snit i murværket omkring altandøren i væg 3. Det ses, hvorledes forbandtmål og modulmål koordineres i denne sammenbygning mellem de hule og de massive mure. Tegningen er principielt en moduldetalje, hvis mål omregnes og overføres til procestegningen for opmuring, figur 10.13, se denne.

Med gennemgangen af de ovenfor nævnte detailsnit ligger alle målene i råbygningen fast, og der kan udføres en moduloversigtstegning, se figur 10.06. Modulliniernes meget forskellige beliggenhed i de forskellige vægge er vist og målsat, og det ses, hvor kompliceret planen bliver på grund af de neutrale zoner. I væg nr. 1 er der, som nævnt, hele fire modullinier, og i væggene 4, 6, og B ligger modullinierne usymmetrisk. Det har derfor været ubetinget nødvendigt at undgå disse modullinier på arbejdstegningerne, hvor der i stedet for anvendes centerlinier og murflugtlinier.

De neutrale zoner rejser desuden det problem, at deres sum i begge sider af huset skal være ens pr. opgang, evt. pr. lejlighed, da planen ellers ville blive skævvinklet. Summålet for de neutrale zoner i trappesiden bliver:

$$S_t = \frac{1}{2} \times 180 + 90 = 180 \text{ mm}$$

I altansiden:

$$S_a = \frac{1}{2} \times 60 + 2 \times 60 + \frac{1}{2} \times 60 = 180 \text{ mm}$$

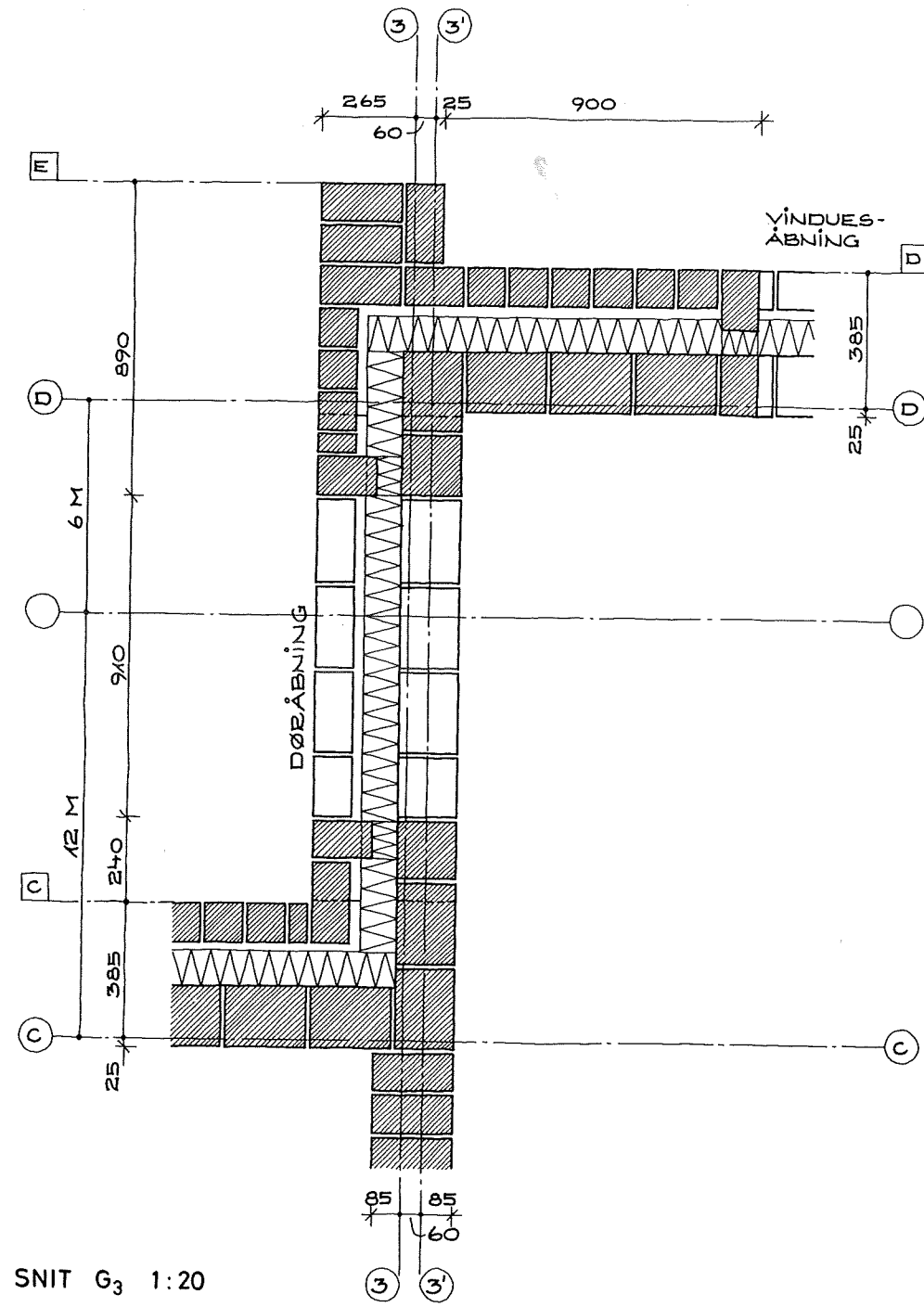
Dette forhold betyder en ekstra binding i planløsningen. Gennemgangen af de neutrale zoners problemer og virkninger i eksempel 3 skulle gøre det klart, hvorfor det er ønskeligt at kunne projekttere uden neutralzoner; men som påvist i DIAB's murforsøg i afsnit 4.6, har etagekrydset med neutralzone nok en lidt større bæreevne end etagekrydset uden.

Murede altanvægge

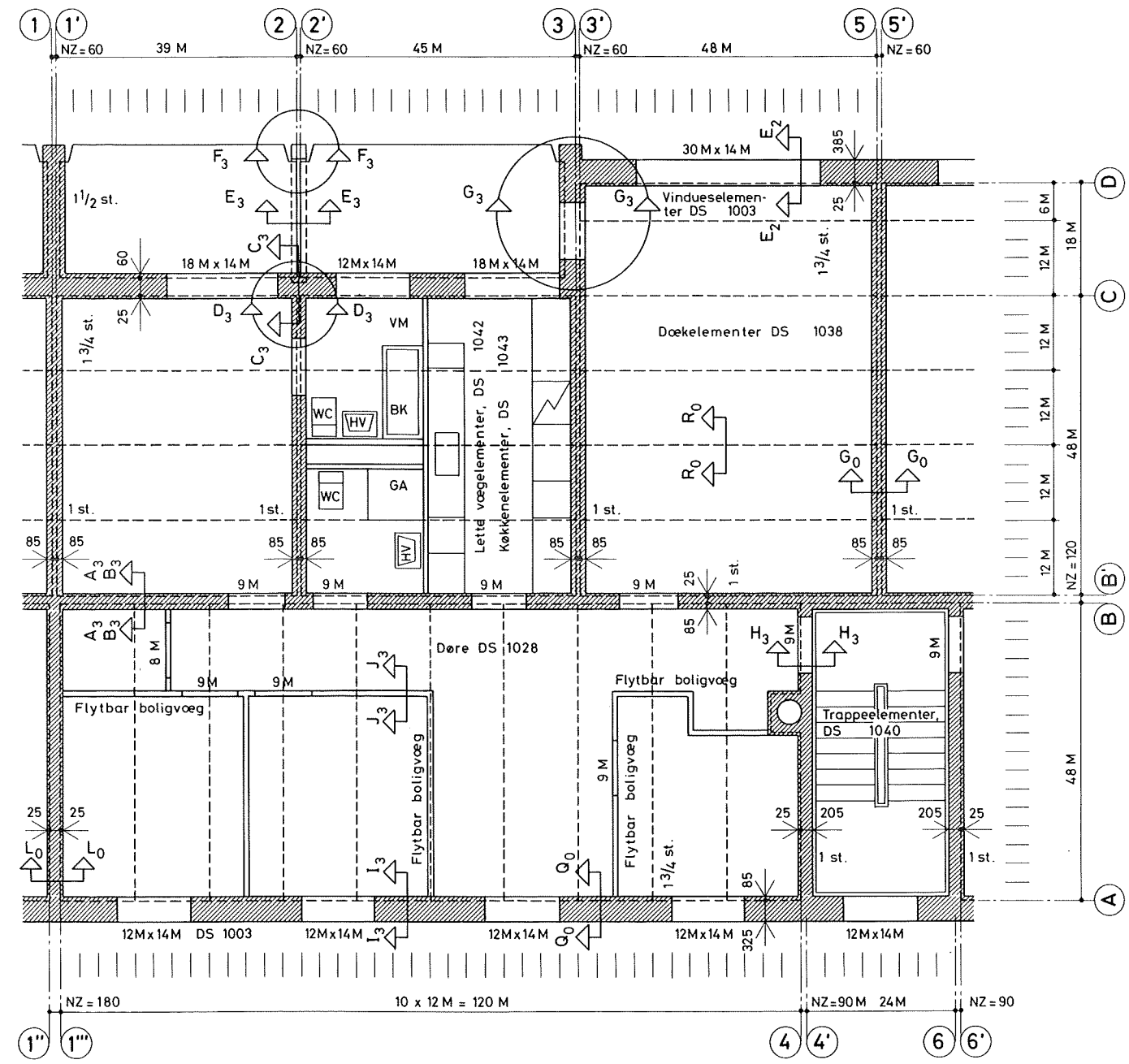
Moduloversigtstegning

Komplicationer fra de neutrale zoner

Figur 10.05
Moduldetailplan af muret hjørne ved altan.



SNIT G₃ 1:20



EKSEMPEL 3
MODULOVERSICHTSTEGNING 1:100

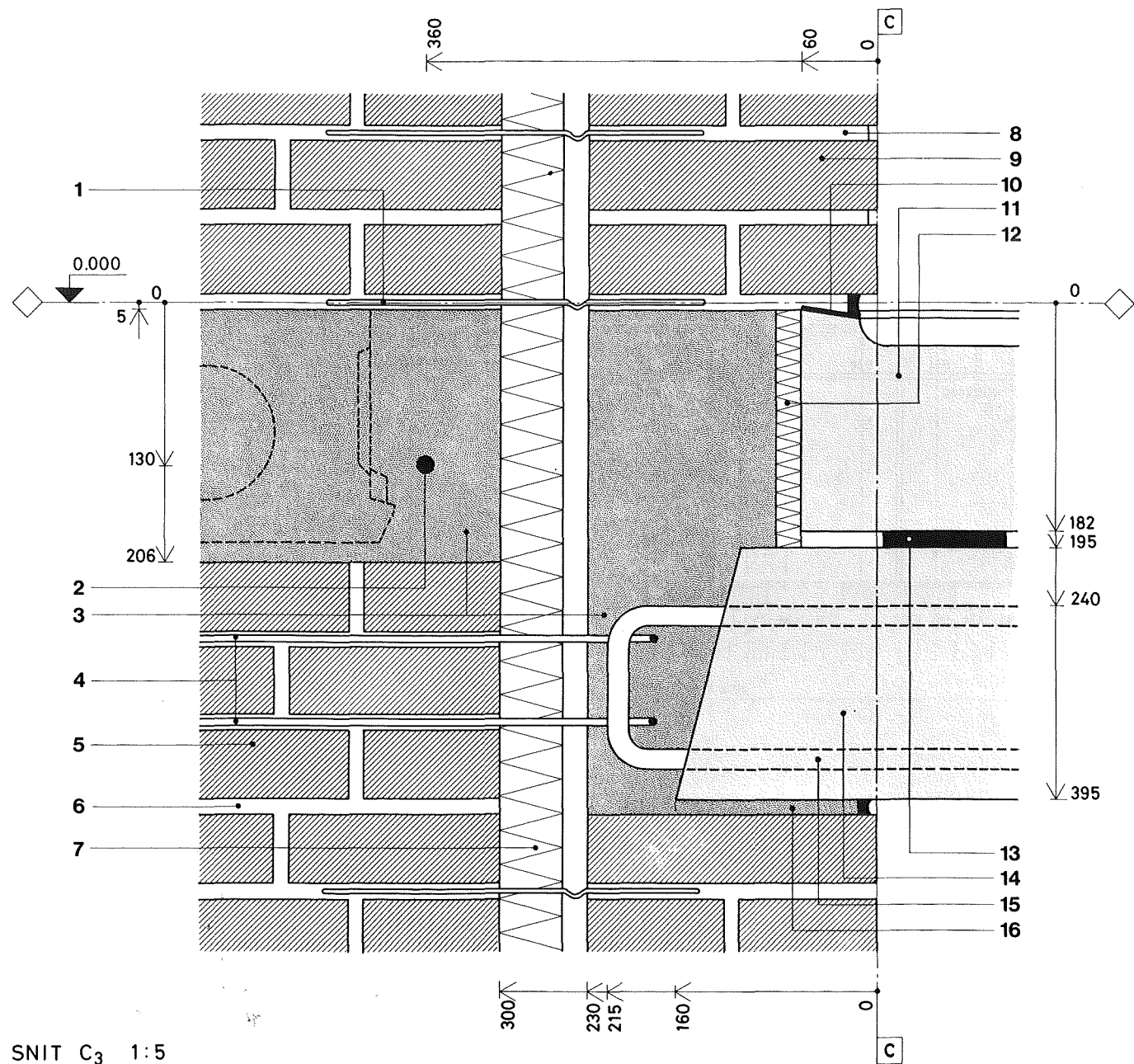
Figur 10.06
Moduloversigtstegning.

10.4 Produktionstegninger

I det følgende vises dels en række detailsnit udført som samlingsdetaljer, dels opmurings- og montage- og tegning for dækelementer. Alle disse proces- og montage- tegninger målsættes horisontalt ud fra systemet bestående af målafsætningslinierne nr. 1-5 og A-E. I de mellemliggende vægge benyttes disse centerlinier.

Figur 10.07 viser lodret snit i samlingen mellem dæk, ydervæg og altankonstruktion. Vertikale mål er afsat ud fra rådækkets modulplan. Horisontale mål er afsat ud fra murflugten, linie C, som vist. Tegningen indeholder specifikationer til alle de arbejds-

Facadesnit

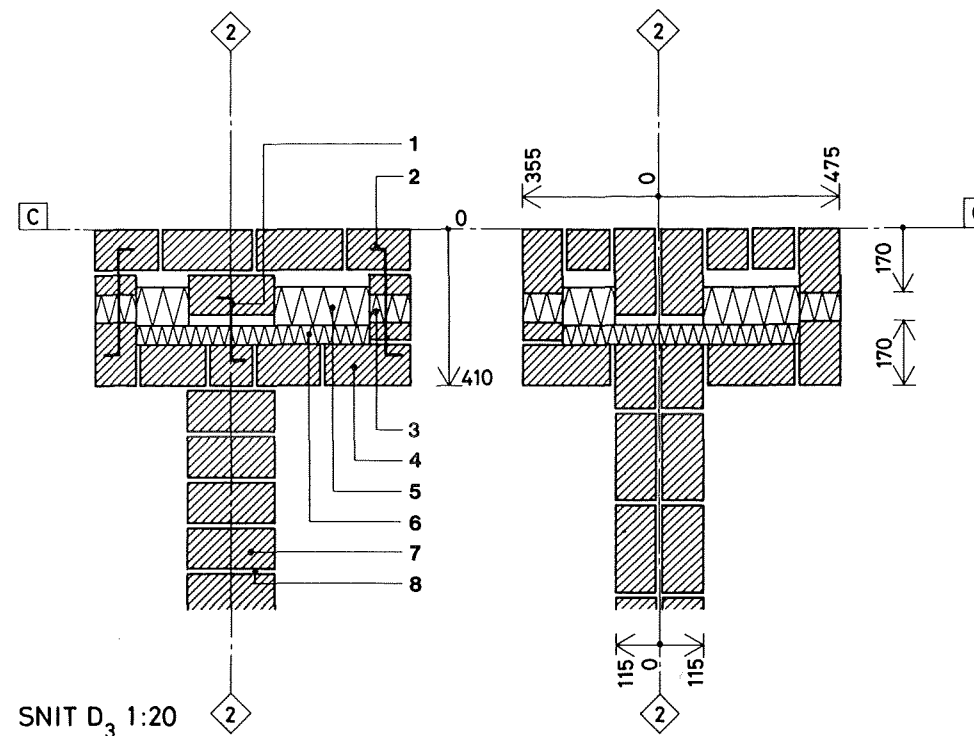


Figur 10.07
Lodret snit i samling mellem dæk, ydervæg, altanplade og altansøjle. Samlingsdetalje.
1 Murbinder \varnothing 4 stål 18/8. 2 Fugearmering T 14. 3 Beton 15. 4 R 8 stål 18/8. 5 Tværvæg, 1 sten T 30. 6 KC mørtel, klasse A. 7 Pladebatts 50 mm type A. 8 KC mørtel, klasse A. 9 Tegsten T 30. 10 Neoprene 3 mm. 11 Altanplade. 12 Hård isolering 20 mm. 13 Neoprene 100 x 100 x 13 mm. 14 Halvramme. 15 Fugearmering R 16. 16 Vederlagsfuge C 100.

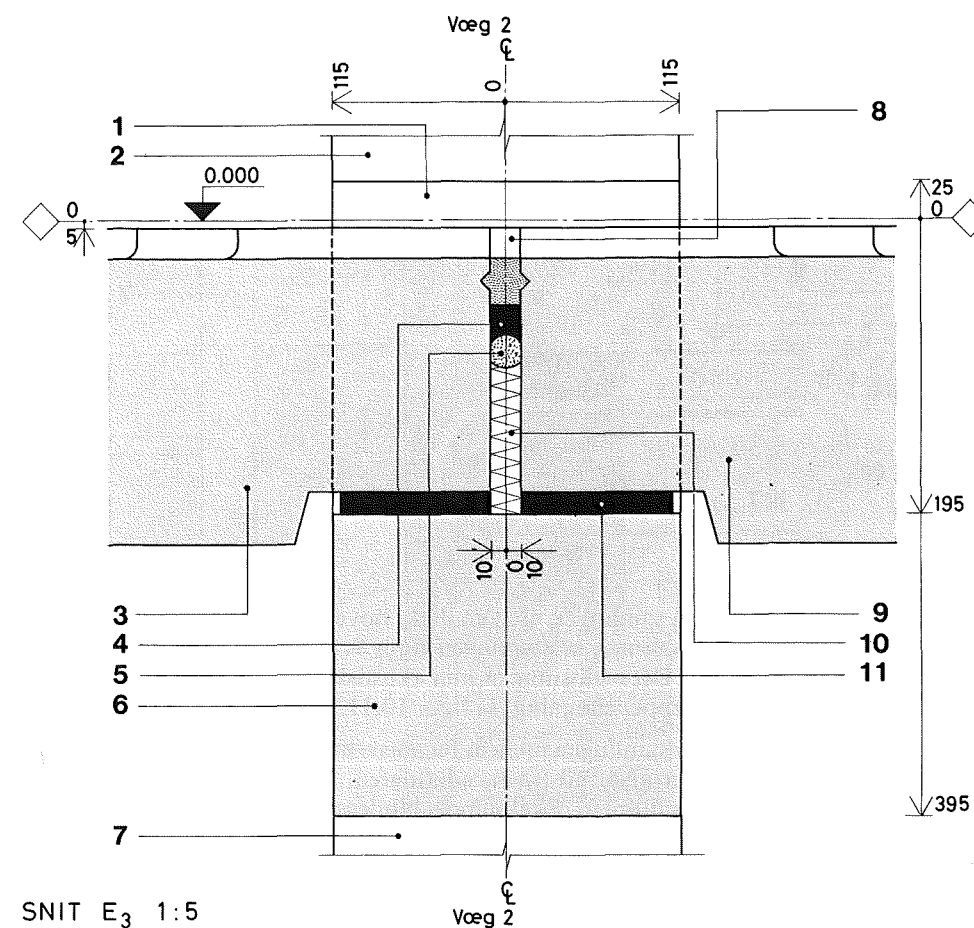
processer, der indgår i samlingen. Specielt ses forankringen med rustfrit stål af altanens halvramme og facadens skalmur, som er forstærket til 1stens tykkelse ved rammevederlaget, sammenlign figur 10.08.

Figur 10.08 viser vandrette snit i skiftegangen for murpillen ud for væg 2. Denne murpille skal bære altanens halvrammer, uden at etablere kuldebroer til den indvendige bærende konstruktion. Halmurens isolering er derfor ført igennem, som vist, og formuren er forstærket til 1stens tykkelse og forankret til bagmuren med de viste stritter.

Bærende murpille i facaden



Figur 10.08
Vandrette snit i facade-pille og tværvæg nr. 2. Skiftegangstegning.
1 Murbinder \varnothing 4 stål 18/8 L = 260
2 Murbinder \varnothing 4 stål 18/8 L = 380
3 Hård isolering 75 mm
4 Bagmur T 30
5 Mineraluld type A 100mm
6 Mineraluld type A 50mm
7 Skillevæg T 30
8 Fuge KC, klasse A.



Figur 10.09
Lodret snit i samling mellem altanplader og halvramme. Samlingsdetalje.
1 Understopningsfuge C 100
2 Søjlefod
3 Altanplade
4 Elastisk fuge
5 Skumnylonbånd
6 Halvramme, rigel
7 Halvramme, søjle
8 Cementmørtel profileres som vaskekant
9 Altanplade
10 Mineraluldværk
11 Neoprene 100 x 100 x 13 mm.

SNIT C₃ 1:5

SNIT E₃ 1:5

Konstruktionen er et kompromis imellem de statiske og termiske funktionskrav til ydervæggen. Eftervisning af den statiske ydeevne er vanskelig, og kan ikke udføres efter DS 414 alene.

Figur 10.09 viser lodret snit i samlingen mellem altanpladerne og altanrammen. Altanpladerne er, som det ses, oplagt på Neoprene brikker, dels for at reducere trinøj fra altanen, dels for at give pladerne mulighed for at udføre temperaturbevægelser. Da altanpladerne ligger muret inde imellem de omgivende facader, er der ikke regnet med en horisontal forankring af pladerne.

Figur 10.10 viser vandret snit over altanplader, igennem altansøjle. Søjlen styres ved hjælp af en dornsamling i forhold til den underliggende søjle. Mellem de 2 altanplader er der udført en elastisk fuger, se snit E₃ forrige figur.

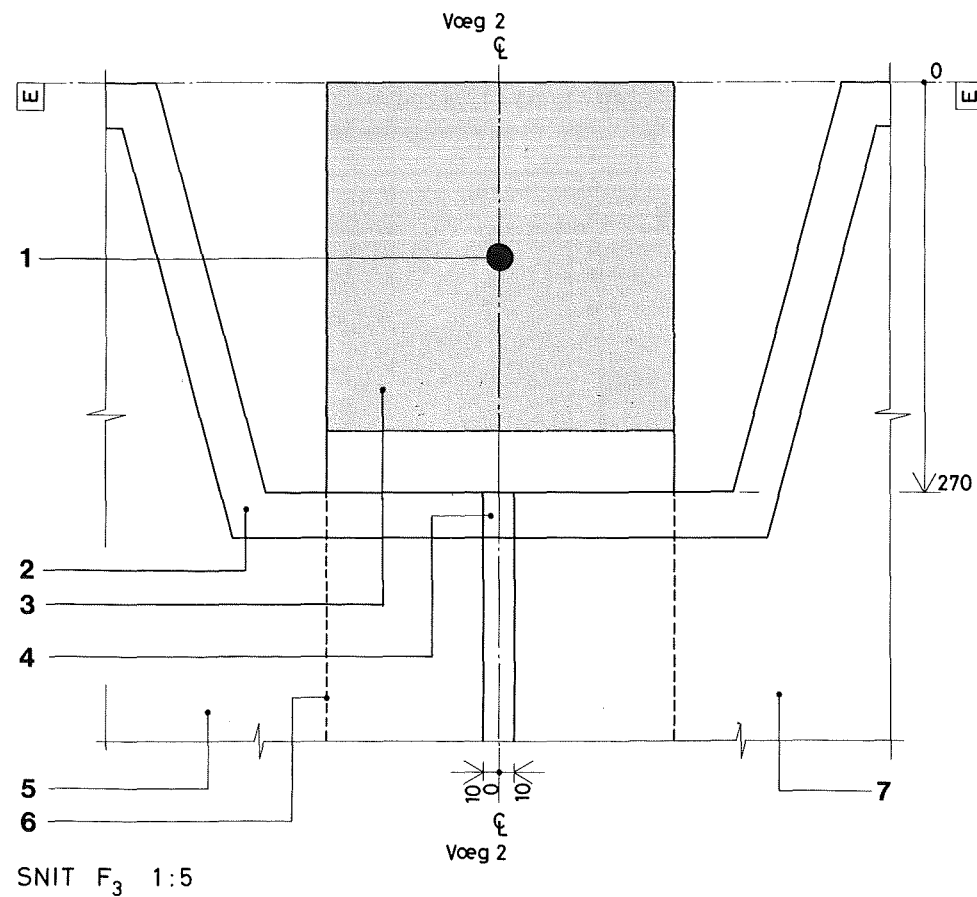
Altanpladevederlag

Altansøjle

Figur 10.10

Vandret snit i samling mellem altanplader og søjle. Samlingsdetalje.

- 1 Dorn \varnothing 16
- 2 Vaskekant
- 3 Søjle understoppes med cementmørtel
- 4 Cementmørtel profileres efter vaskekant
- 5 Altanplade
- 6 Halvramme, rigel
- 6 Altanplade.



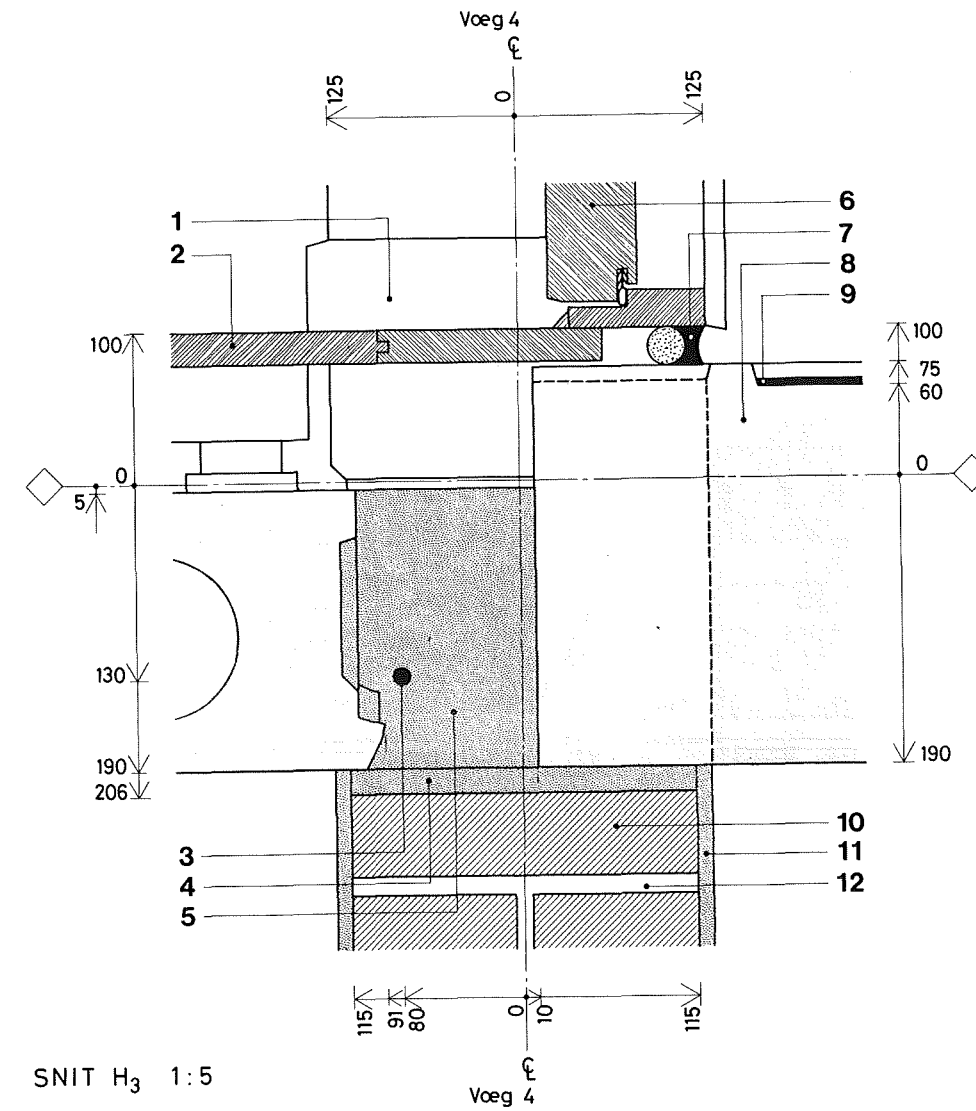
Trappevæg

Den bærende facade

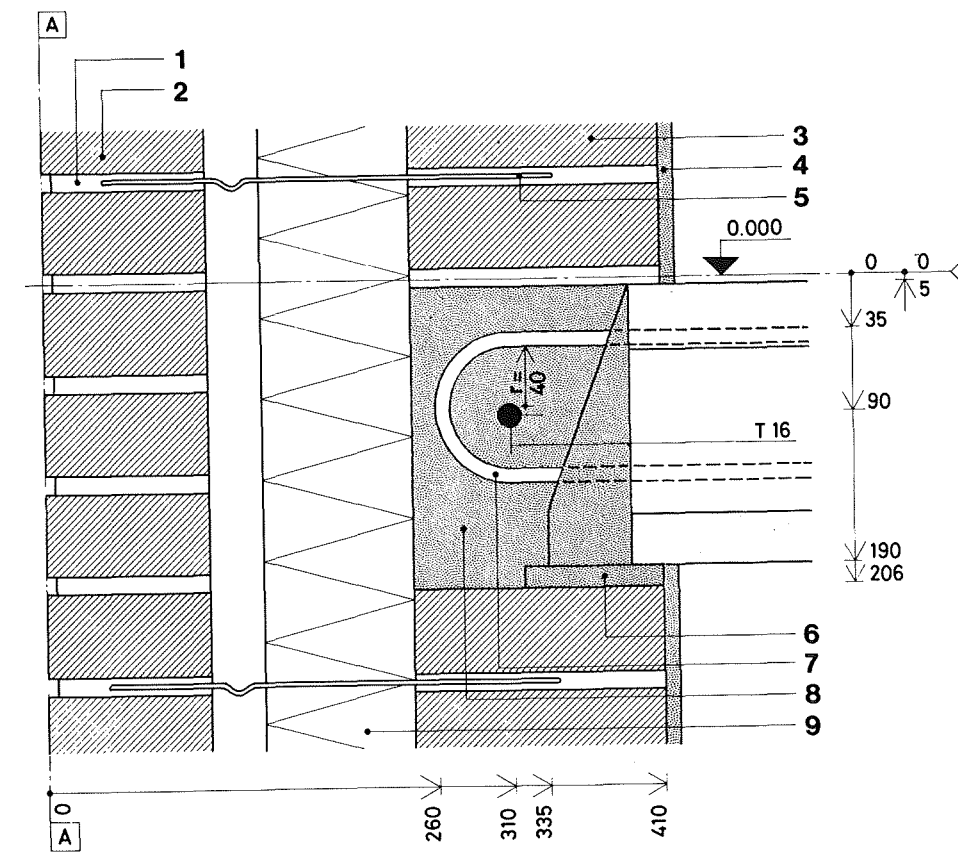
Figur 10.11 viser lodret snit i samlingen mellem dæk, hovedrepos og trappesidevæg. I denne samling er der i modsætning til samlingen figur 9.15 vist en indmuring af hovedreposen i trappevæggen. Denne løsning er kun akustisk forsvarlig med en blød belægning på trappen, fx en tæppebelægning, se figur 10.11, pkt. 9.

Figur 10.12 viser lodret snit i samlingen mellem facadens bærende bagmur og etageadskillelsen. Horisontale mål er afsat ud fra facadeflugten, linie A; mens vertikale mål er afsat ud fra rådækkets modulplan. Skalmurens bindere beregnes ud fra DS 410 og DS 414 samt SBI-anvisning 101, se litt. 9.3.

Tegningen viser desuden, hvorledes dækskiven ved hjælp af en hårnålebøjle R 10 er forankret til randarmeringen T 16 i bagmuren.



SNIT H₃ 1:5



SNIT I₃ 1:5

Figur 10.11
Lodret snit i samling mellem dæk, hovedrepos og trappesidevæg. Samlingsdetalje.

- 1 Fodpanel
- 2 Parket 22 mm på strøer
- 3 Fugearmering T 12
- 4 Vederlagsfuge C 100
- 5 Beton 15
- 6 Entredør
- 7 Elastisk fuger
- 8 Hovedrepos
- 9 Blød belægning
- 10 Trappevæg T 30
- 11 Puds 10 mm
- 12 KC mørtel, klasse A.

Figur 10.12
Lodret snit i samling mellem bærende ydervæg og dæk. Samlingsdetalje.

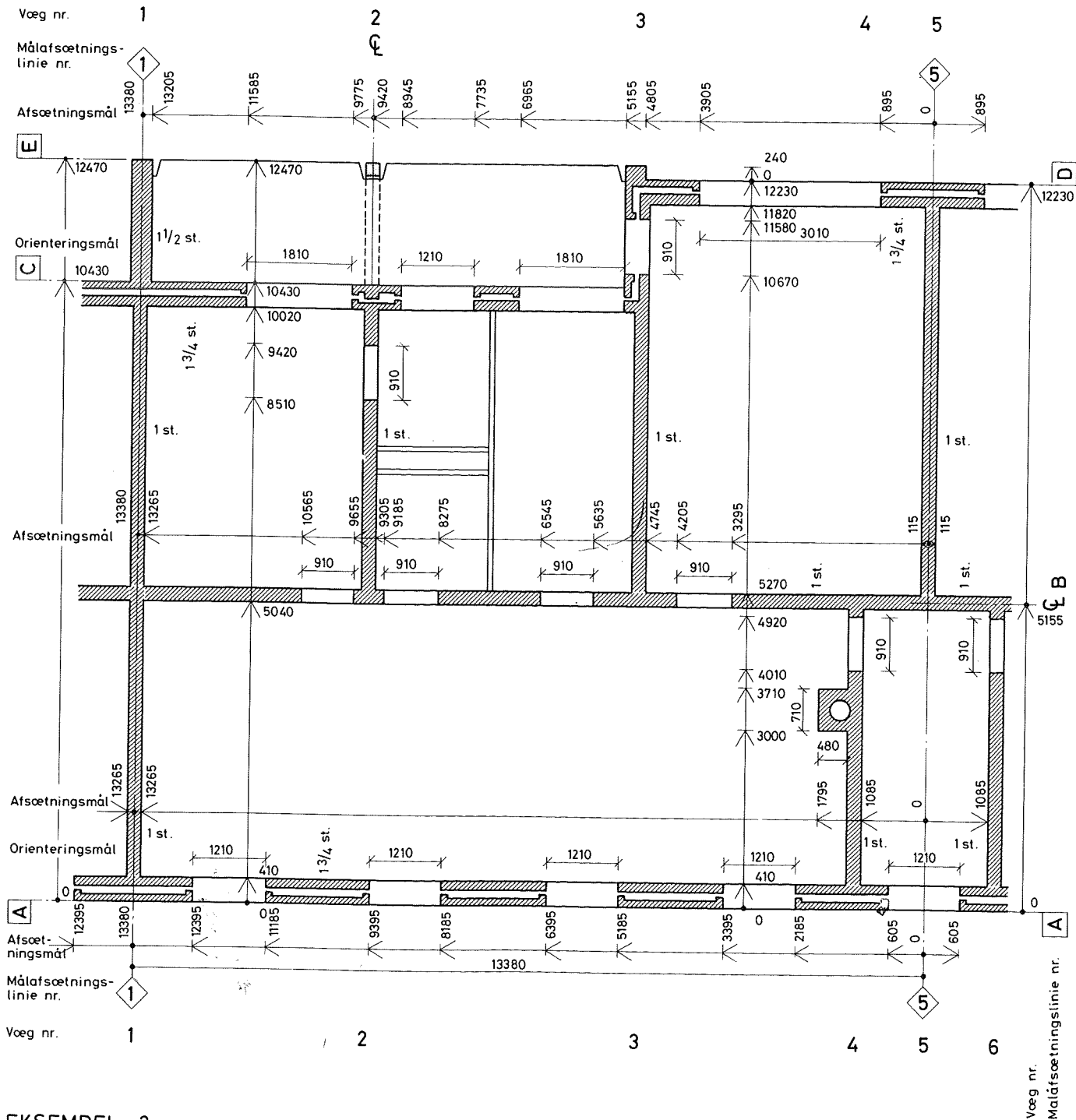
- 1 KC mørtel, klasse A
- 2 Formur 1/2 sten T 30
- 3 Bagmur bredsten T 30
- 4 Puds 10 mm
- 5 Murbinder \varnothing 4 stål 18/8
- 6 Vederlagsfuge C 100
- 7 Bøjle R 10
- 8 Beton 15
- 9 Pladebatts 100 mm type A.

Opmuringsplan

Figur 10.13 viser opmuringstegningen, med målaf sætning ud fra det tidligere omtalte afsætningssystem. Som i eksempel 2 sættes der mål af til samtlige vægoverflader og murede false, således at alt murværk er entydigt geometrisk bestemt.

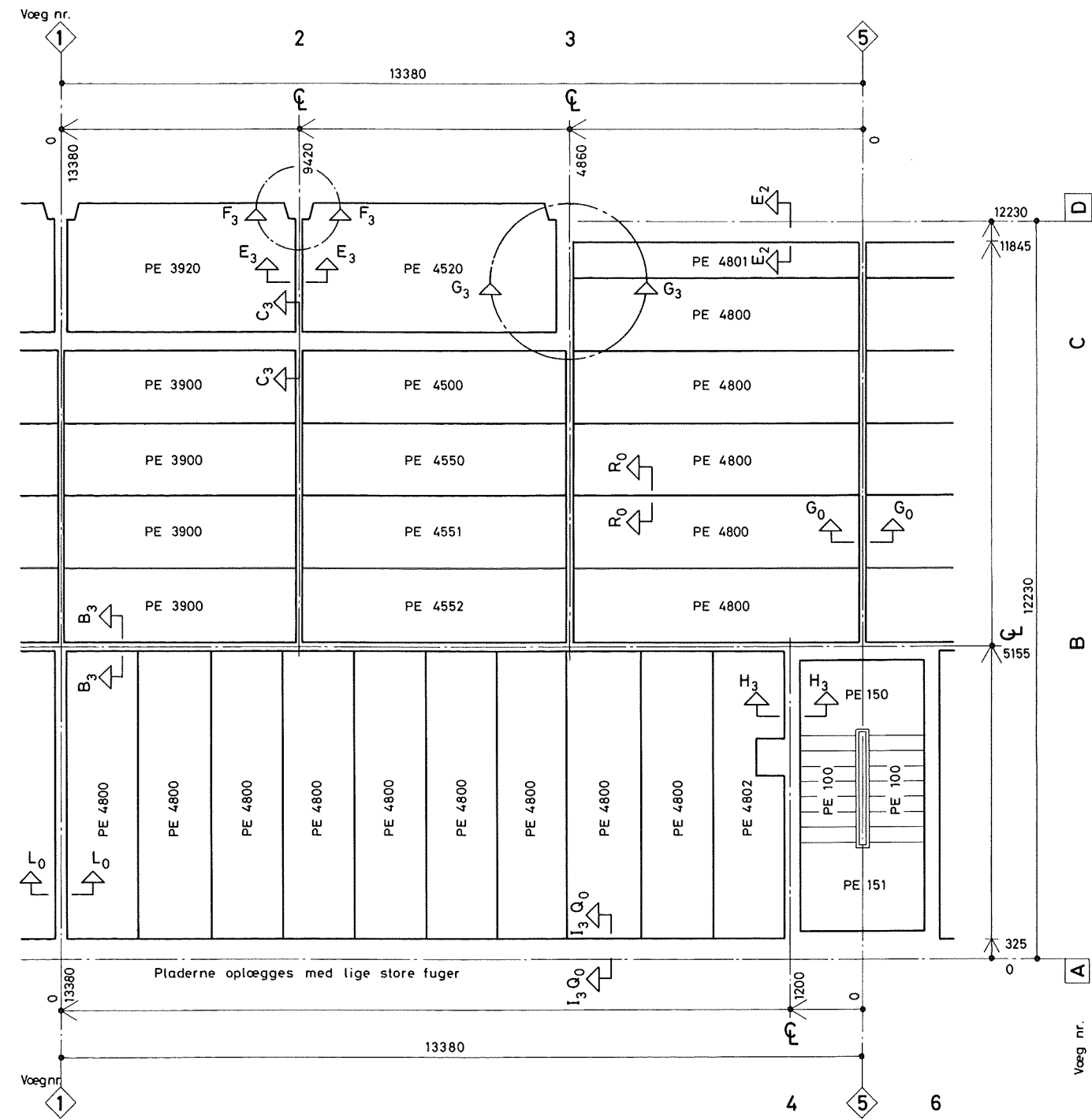
Dækmontage

Figur 10.14 viser montagetegningen for dækelementerne. Der er her anvendt de samme målaf sætningssystemer 1, 5 A og D, som ved opmuringstegningen; men dækelementernes nøjagtige placering i forhold til disse linier kan ikke aflæses af planen. Der må henvises til detailtegningerne, se snitpilene på planen. En del af detaljerne (fx G₀ og Q₀) foreligger kun som moduldetaljer. I praksis må de omarbejdes til samlingsdetaljer.



EKSEMPEL 3
OPMURINGSTEGNING 1:100

Figur 10.13
Opmuringstegning.
Alle mål er afsat ud fra systemlinierne 1, 5, A, C og E, jvnf. DS 1012.



- 1 — Målaf sætningssystem
- A — Målaf sætningssystem, murflugt
- B — Centerlinie for væg

Armering i fuger, se tegning nr.....
Fugedetaljer og dækplacering, se
samlingsdetaljer, tegning nr.....

EKSEMPEL 3
MONTAGETEGNING FOR DÆK 1:100

Figur 10.14
Montagetegning for dækelementer.

| Element nr. | Antal |
|-------------|-------|
| PE 100 | 2 |
| PE 150 | 1 |
| PE 151 | 1 |
| 3900 | 4 |
| 3920 | 1 |
| 4500 | 1 |
| 4520 | 1 |
| 4550 | 1 |
| 4551 | 1 |
| 4552 | 1 |
| 4800 | 14 |
| 4801 | 1 |
| 4802 | 1 |
| Ialt | 30 |

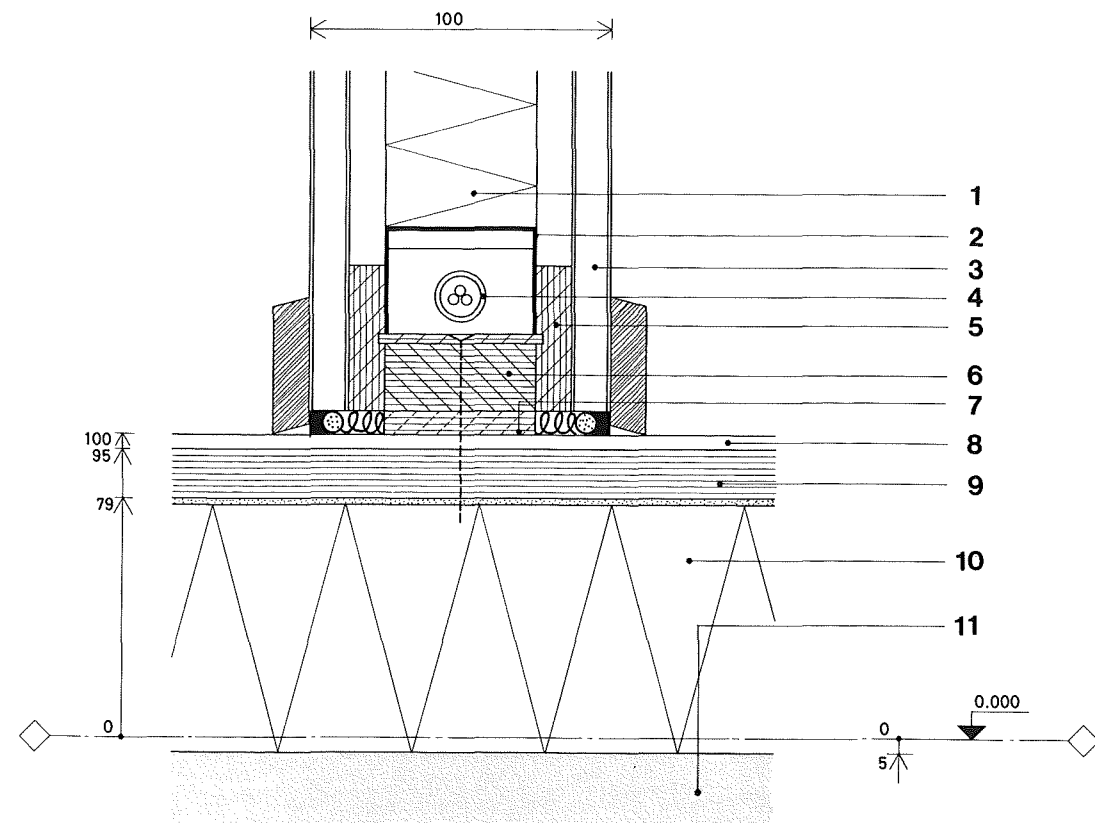
Udligning af mål i fuger

Ved oplægning af dækkrækker som fx mellem væg 1 og 4 er kun de 2 yderste elementer i rækken bundet ved målangivelser, og de mellemliggende elementer fordeles derfor med lige store fuger over den disponible plads. For denne måldjævning var det ønskeligt at have nogle systemlinier afsat på væggene, og i praksis vil man derfor nok markere enkelte mellempunkter, da dækkene i reglen må oplægges ensidigt fra den ene ende af hensyn til kranarbejdet.

10.5 Flexibilitet i planen

Flytbare, lette vægge

Med det valgte konstruktionsprincip er den ene halvdel af planen fri for bærende vægge, og her kan således udføres variationer i opstilling af de lette vægge. Med egnede vægkomponenter kan der udføres demontering og flytning til nye opstillinger efter behov. Planen er således et praktisk eksempel på den i disse år stærkt diskuterede fleksible bolig.



SNIT J₃ 1:2,5

Figur 10.15

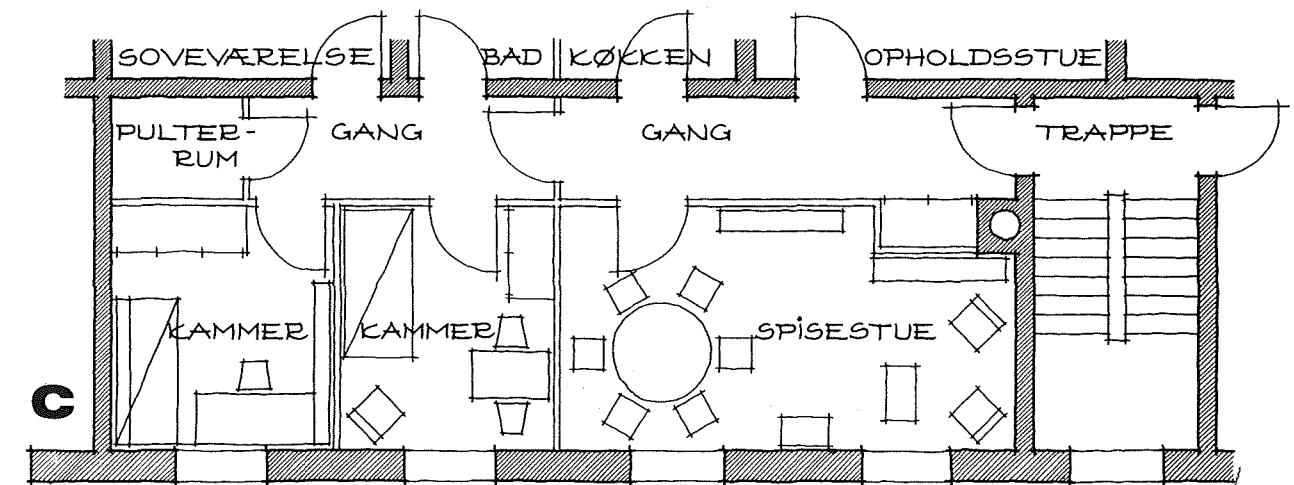
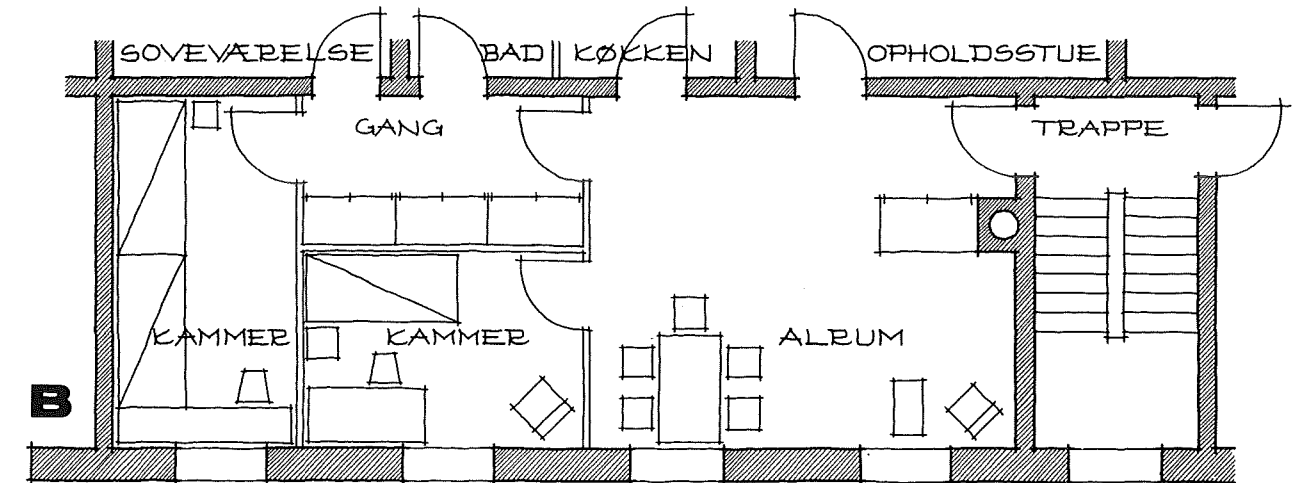
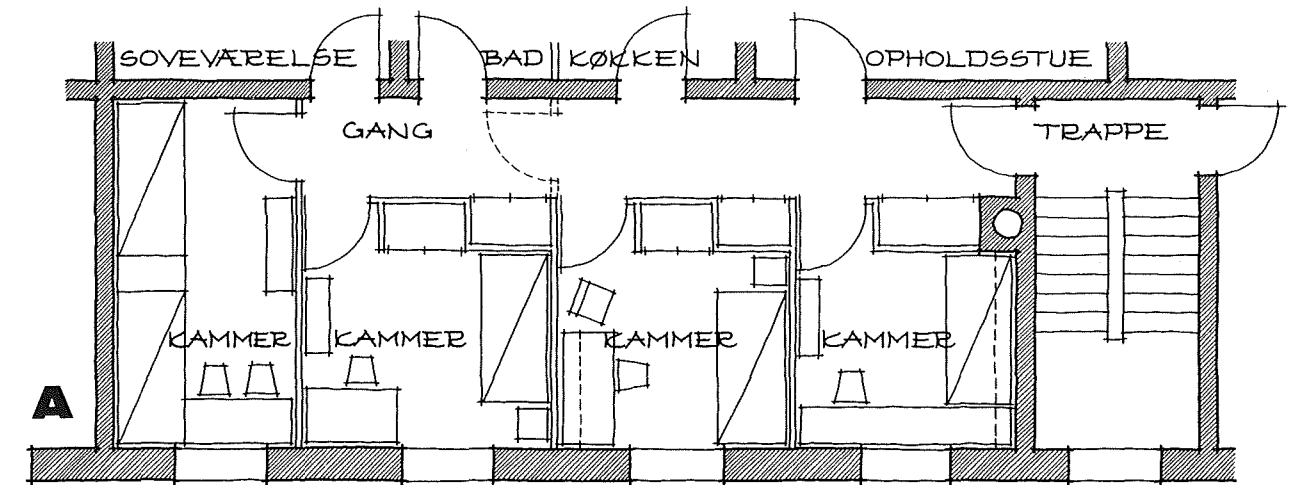
Lodret snit i samling mellem let væg og gulv.

Samlingsdetalje.

1 Pladebatts 50 mm type A. 2 Samlebeslag. 3 Gipsplade 13 mm. 4 Elrør. 5 Træfiberplader 48 x 73 mm. 6 Krydsfiner 22 mm. 7 Blød træfiberplade 8 mm. 8 Linoleum 5 mm. 9 Spånplade 16 mm. 10 Rockwool-lamelgulv 84 mm. 11 Betondæk. Den viste vægtype kan ikke genanvendes efter en eventuel demontering.

Svømmende gulv

Figur 10.15 viser lodret snit i samlingen mellem gulv og let væg udført som gipspladevæg. For at begrænse lydbroen ved gulvet er det sædvanlige trægulv på strøer erstattet med et svømmende gulv, således at den samlede etageadskillelse stadig opfylder bygningsreglementets krav til lydisolationskrav, herunder til dæmpning af trinstøj. Det skal dog bemærkes, at gulvets gennemgående 16 mm spånplade vil bevirke en vis transmission mellem de to naborum. Da disse ligger indenfor samme lejemål, er der ingen lovkrav til rummenes indbyrdes lydisolationskrav. Den viste gulvkonstruktion gør



EKSEMPEL 3
PLANVARIANTER 1:100

Figur 10.16

Variationsmuligheder i planløsningen.

det også vanskeligt at nedlægge rør i gulvet, sammenlign bemærkningerne herom i afsnit 10.2. Spånpladen 9, kan eventuelt gennemskæres for at bryde lydbroen, under væggen.

Figur 10.16 viser en række muligheder for planvariationerne. Løsningerne er, som det ses, noget begrænsede af facadens udformning, hvor især vindues- og radiatorplacering

Planvariationer

ringen virker bindende; men dette kan næppe undgås i praksis. Det viser sig ofte - som det også fremgår her af eksempel 3 - at det er vanskeligt og dyrt at opnå den eftertragtede fleksibilitet. Og den ofte begrænsede fleksibilitet, som kan indbygges i et projekt, opnås som regel på bekostning af god lydisolations mellem rummene. Litt. 8.7 omtaler nogle byggerier fra de senere år, hvor man har indbygget en vis fleksibilitet i boligerne.

Litteratur

- se kapitel 8 og 9.

Jespersen Systemet er pioneren inden for dansk industrialiseret byggeri. Systemet, som blev udviklet i 1950'erne er prototypen på det danske, åbne byggesystem. Systemet er eksporteret til en række lande i Europa, Asien og Amerika.



11