

UPL 69.07.7

PRAKTISK MODULPROJEKTERING



Denne bog indeholder anvisninger på modulprojektering af boligbyggeri. Modulordningen er ikke længere noget nyt i dansk byggeri – dens enkle, geometriske grundregler er tilmed ældgamle – og bogen giver derfor kun en kort oversigt over modulordningens baggrund i afsnit 1, der besvarer spørgsmålet: modul – hvorfor? De næste 12 afsnit giver svar på spørgsmålet: modul – hvordan? med 5 gennemtegnede eksempler og en oversigt over hvad der hører med til et modulprojekt i landsbyggelovens forstand.

TILHØRER
INSTITUT FOR BYGNINGER OG ENERGI
DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET
S75 nr. 0299855
781

PRAKTISK MODULPROJEKTERING

af ingeniørdocent Henrik Nissen 1966 Teknisk Forlag

1. Modul - hvorfor?	side 5	8. Modulprojekt, eksempel 3	side 86
1.1 Byggeriet i velfærdssamfundet, 5		Montagebyggeri, etagebyggeri med bærende tværvægge af betonelementer	
1.2 Målkoordinering, 7		8.1 Skitseprojekt og valg, 87	
1.3 Variantbegrænsning, 10		8.2 Opklaring af detaljer, 89	
1.4 Standardisering, 10		8.3 Moduloversigtstegning, 95	
1.5 Præfabrikering, 11		8.4 Arbejdstegninger, 96	
1.6 Byggeriets industrialisering, 12			
1.7 Større produktivitet, 12			
1.8 Landsbyggeloven, 15			
2. Modulordningens grundlag	side 16	9. Modulprojekt, eksempel 4	side 100
2.1 Byggemodul og planlægningsmodul, 16		Ballerupplanen	
2.2 Præferencemål, 19		9.1 Det fælles projekteringsgrundlag valg af byggesystem, 101	
2.3 Modulnet, 19		9.2 Modulære rummål, 102	
2.4 Modulære rummål, 23		9.3 Skitseprojekt, typeplaner, 104	
2.5 Byggemål og tilvirkningsmål, 23		9.4 Opklaring af detaljer, 106	
2.6 Tolerancer, 25		9.5 Facadeelementer, 107	
		9.6 Moduloversigtstegninger arbejdstegninger, 113	
3. Modul og standardisering	side 28	10. Modul og eenfamiliehus	side 116
3.1 Dansk Standardiseringsråd, 28		10.1 Individuelle huse, gruppe A, 117	
3.2 Standardiseringsudvalg, 28		10.2 Typehuse, håndværksmæssigt udført, gruppe B, 118	
3.3 Rekommandationsudvalg, 29		10.3 Typehuse som montagebyggeri gruppe C, 119	
3.4 Oversigt over standardblade og rekommandationer, 29		10.4 Arkitekternes Typehuskontor, 120	
4. Projekteringsforudsætninger	side 31	11. Modulprojekt, eksempel 5	side 123
4.1 Byggeprogram, 31		Eenfamiliehus	
4.2 Valg af hustype, materialer og metoder, 31		11.1 Skitse og valg, 124	
		11.2 Opklaring af detaljer, 125	
5. Projektmateriallets tegninger	side 34	11.3 Moduloversigtstegning, 131	
5.1 Skitser, 36		11.4 Arbejdstegninger, 132	
5.2 Moduldetailler, 37			
5.3 Moduloversigtstegninger, 39		12. Modul og statik	side 134
5.4 Tilvirkningstegninger, 40		12.1 Bygværkets bærende funktioner, 134	
5.5 Samlingsdetaljer, 42		12.2 Kræfternes vej fra angrebspunkt til fundament, 136	
5.6 Montagetegninger, 44		12.3 Dimensionering af afstivende konstruktioner ved hjælp af bygningsreglementet, 139	
5.7 Signaturer og målaf sætning, 45		12.4 Beregningseksempel. Dimensionering af afstivende konstruktioner i boligblok, 141	
5.8 Tegningsoversigt til modulprojekt, 46		12.5 Kraftoverføring i etagekryds, 144	
		12.6 Neutral zone, 146	
6. Modulprojekt, eksempel 1	side 51	13. Modul og installationer	side 150
Muret etagehus med bærende hovedskillevæg		13.1 Målangivelse af installationer, 150	
6.1 Skitseprojekt og valg, 51		13.2 Installations-units, 153	
6.2 Opklaring af detaljer eksempel 1A, 53			
6.3 Moduloversigtstegning, 60			
6.4 Arbejdstegninger, 61			
6.5 Alternative valg, 65			
6.6 Kraftoverføring i etagekrydsene eksempel 1B, 66			
7. Modulprojekt, eksempel 2	side 72		
Muret etagehus med bærende tværvægge			
7.1 Skitseprojekt og valg, 72			
7.2 Opklaring af detaljer, 73			
7.3 Moduloversigtstegning, 78			
7.4 Arbejdstegninger, 79			
7.5 Alternative valg, 82			

UDK 721.013

Udgivet med støtte af A. Jespersen & Sønns Fond

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: PRAKTISK MODULPROJEKTERING".

Boligbyggeri - at skaffe en rimelig ramme om dagligdagens livsform - er nok en af velfærdsstatens største opgaver. Næsten alle samfundslag er opmærksomme på, at denne opgave kun kan løses, såfremt boligbyggeriet industrialiseres. Men desværre gør man sig ikke altid klart, at boligbyggeriets industrialisering vil lade vente på sig, hvis der ikke gøres en betydelig indsats fra alle sider. En forudsætning for at denne indsats kan lykkes er, at man har et fælles målsystem. Før man har det, er der ikke skabt grundlag for en industriel produktion af de komponenter, som skal danne rygraden i fremtidens industrielle boligproduktion.

Nu har man dette målsystem i modulordningen, både på nordisk og på internationalt grundlag, men benyttelsen af det skal læres.

Denne bog om modulprojektering er skrevet på baggrund af mine erfaringer som modulkonsulent for Boligministeriets Produktivitetsudvalg siden 1961. På dette tidspunkt var de grundlæggende modulregler nedfældet i danske standarder, og SBI's Modulkomite havde udsendt en foreløbig vejledning i modulprojektering, SBI-anvisning 47.

Erfaringer fra den byggetekniske undervisning har imidlertid godtgjort, at der savnes et læremiddel med aktuelle eksempler på modulprojekter - særligt af boligbyggeri. Dette behov meldte sig efterhånden også på de praktiserende teknikeres tegnestuer, hvor man stod over for at skulle opfylde landsbyggelovens krav om modulprojektering.

"Praktisk Modulprojektering" er skrevet for at imødekomme disse behov. Hovedvægten er lagt på de gennemtegnede eksempler, i hvilke en aktuel byggeteknik er søgt indarbejdet. Hovedparten af stoffet - og frem for alt den fælles metodik, der er anvendt i samtlige eksempler - er afprøvet ved de modulkurser, som siden maj 1964 har været afholdt af modulkonsulent-tjenesten i samarbejde med Byggecentrum. Bogen anvendes i undervisningen i husbygning på

Ingeniørdocent Henrik Nissens lærebog er et fortrinligt redskab til denne tillæring. Henrik Nissen har medvirket ved udarbejdelsen af modulordningens grundlag inden for standardiserings- og rekommandationsudvalgene under Fagrådet for byggeri. Som konsulent i modulprojektering for Boligministeriet har han afprøvet modulordningen i praksis. Erfaringerne fra dette arbejde er nu udnyttet i den foreliggende lærebog. Jeg mener, at denne lærebog med sine mange gennemtegnede eksempler kan få stor betydning både for den byggetekniske undervisning og for de projekterende, som skal modulprojektere efter bestemmelserne i den nye landsbyggelov.

Held og lykke!

Svenn Eske Kristensen
Formand for Fagrådet for byggeri
Formand for den nordiske Modulkomite

Danmarks Ingeniørakademi, og den er anbefalet af Undervisningsministeriet til brug på bygningskonstruktørskolerne.

Forfatteren takker de tekniske tegnere fru A. Beeken og fru A. Borup, som har udført hovedparten af tegningsmaterialet. En speciel tak også til min tidligere medarbejder arkitekt Mogens Jacobsen, som ligeledes har medvirket ved en del af tegningerne. Tegningsmaterialet kan rekvireres til undervisningsformål for reproduktionsprisen ved henvendelse til Danmarks Ingeniørakademi, husbygningsafdelingen. Særlig detailtegningerne, som er udført i målestok 1:1 (ca. 50 x 60 cm) kan være nyttige til dette formål.

De valgte lejlighedsplaner vil muligvis blive kritiseret - det er jo altid interessant at diskutere planløsninger - og visse byggesystemer vil man måske savne, f.eks. bjælke-søjlehuset. Men har man først fået fat i den metodik, der ligger bag gennemtegningen af alle eksemplerne, fra Balle-rupplanen til det lille enfamiliehus, kan man også modulprojektere andre hustyper på det samme grundlag.

Henrik Nissen København i december 1965
Modulkonsulent
Ingeniørdocent i husbygning ved
Danmarks Ingeniørakademi.



1. Modul - hvorfor?

1.1 Byggeriet i velfærdssamfundet

De vestlige landes økonomiske og sociale udvikling er karakteriseret ved en stærk ekspansion af produktionsmidlerne. Den håndværksmæssige produktion er afløst af industriel masseproduktion, og herved er samfundets produktionskapacitet vokset i en stadigt stigende takt.

Samfundet og den enkelte har øget sit forbrug på alle områder; levestandarden stiger, og nationalbudgettet vokser.

Den øgede velstand lægger pres på byggeriet, og byggeriet kan ikke følge med. Byggepriserne stiger. Samfundet har brug for flere bygninger af enhver art: boliger, fabrikker, skoler, institutioner, kontorhuse og meget andet; men byggeriet domineres stadig af en håndværksmæssig produktionsteknik og et utidssvarende organisationsmønster.

Derfor er dets kapacitet for lille til at dække efterspørgselen, og derfor har vi boligmangel og skolemangel mm., selv om vi råder over flere lejligheder og flere m² etageareal pr. indbygger end før krigen - uden boligmangel.

Det er på denne baggrund, man skal se de senere års bestræbelser på at industrialisere byggeriet. Rationelt byggeri, montagebyggeri, industrialiseret byggeri osv. er slagord, der afspejler disse års anstrengelser for at *få byggeriet til at følge med*. Og modulordningen er en lille, men vigtig brik i dette sammensatte mønster.

Med modulordningen søger vi at opnå følgende fordele for byggeriet:

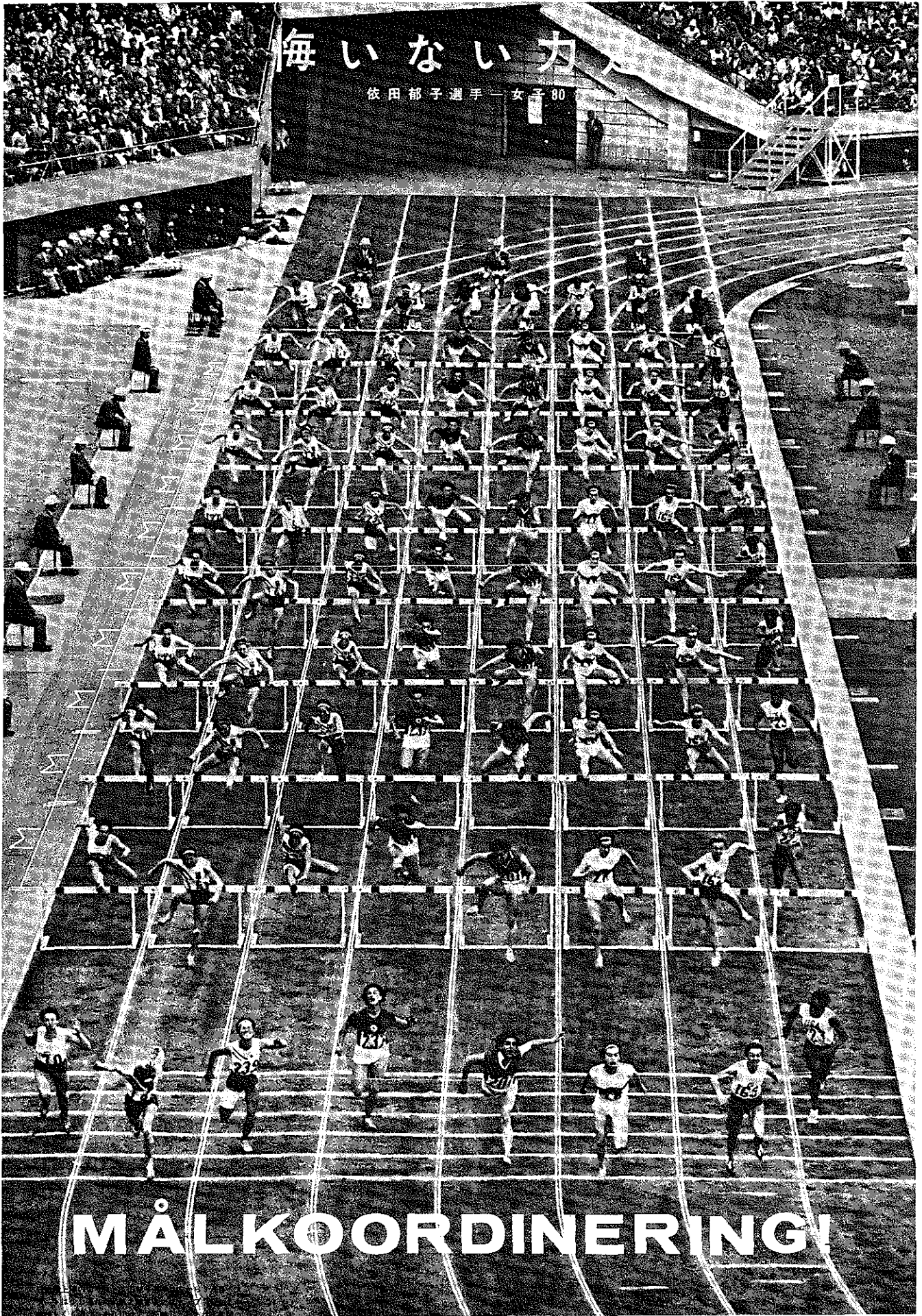
1. MÅLKOORDINERING i projektet for at forenkle og afklare dette.
2. VARIANTBEGRÆNSNING af mål, der ikke nødvendigvis behøver at være forskellige. Herigennem fremmes
3. STANDARDISERING af bygningsdele og konstruktioner, og der bliver mulighed for
4. PRÆFABRIKERING af et stigende antal bygningsdele, således at en
5. INDUSTRIALISERING af byggeprocessen kan finde sted i voksende omfang.

Bag alt dette ligger hovedformålet: En større produktion i byggesektoren gennem en større produktivitet. Modulordningen er således kun et middel blandt flere andre til hjælp for udviklingen i byggeriet, og modulordningen må aldrig gøres til et mål i sig selv.

Økonomisk vækst og dynamik karakteriserer det moderne industrisamfund.

Boligmanglen - idag en følge af den store efterspørgsel

Modulordningen er et led i byggeriets industrialisering



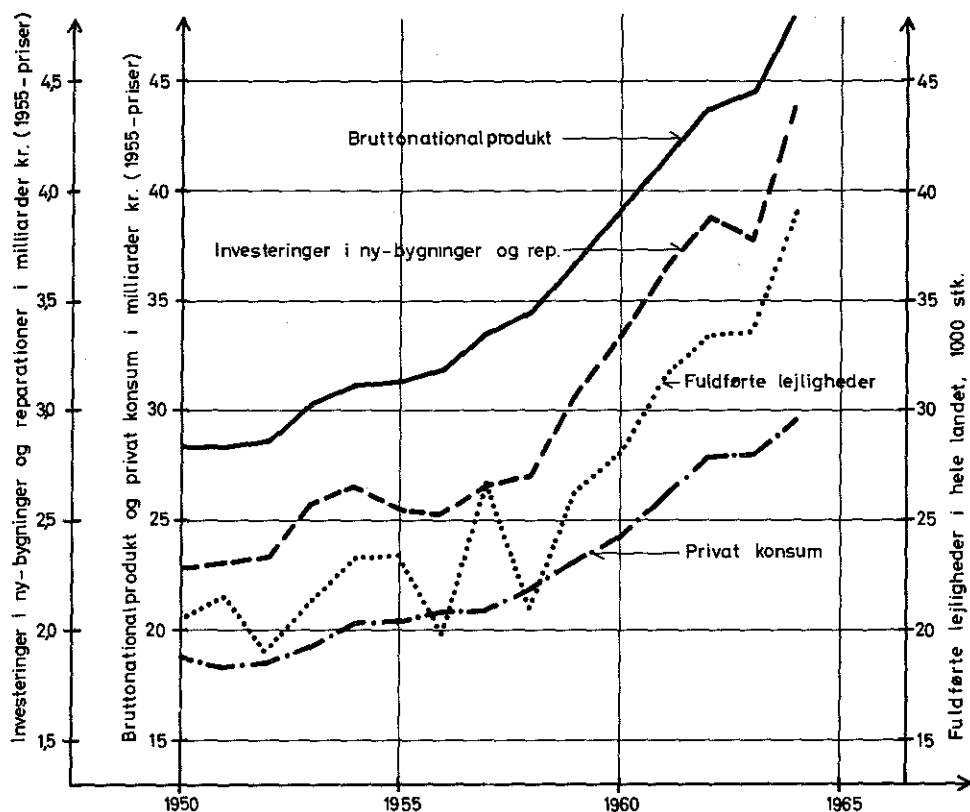


Fig. 1.1. Byggeri og samfundsøkonomi. På kurverne kan Koreakrigen, "Helhedsløsningen" og en stærkt svingende boligpolitik aflæses.

1.2 Målkoordinering

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

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

BRUGSFUNKTIONEN, der bestemmer størrelser på hovedmål og rummål mm. og

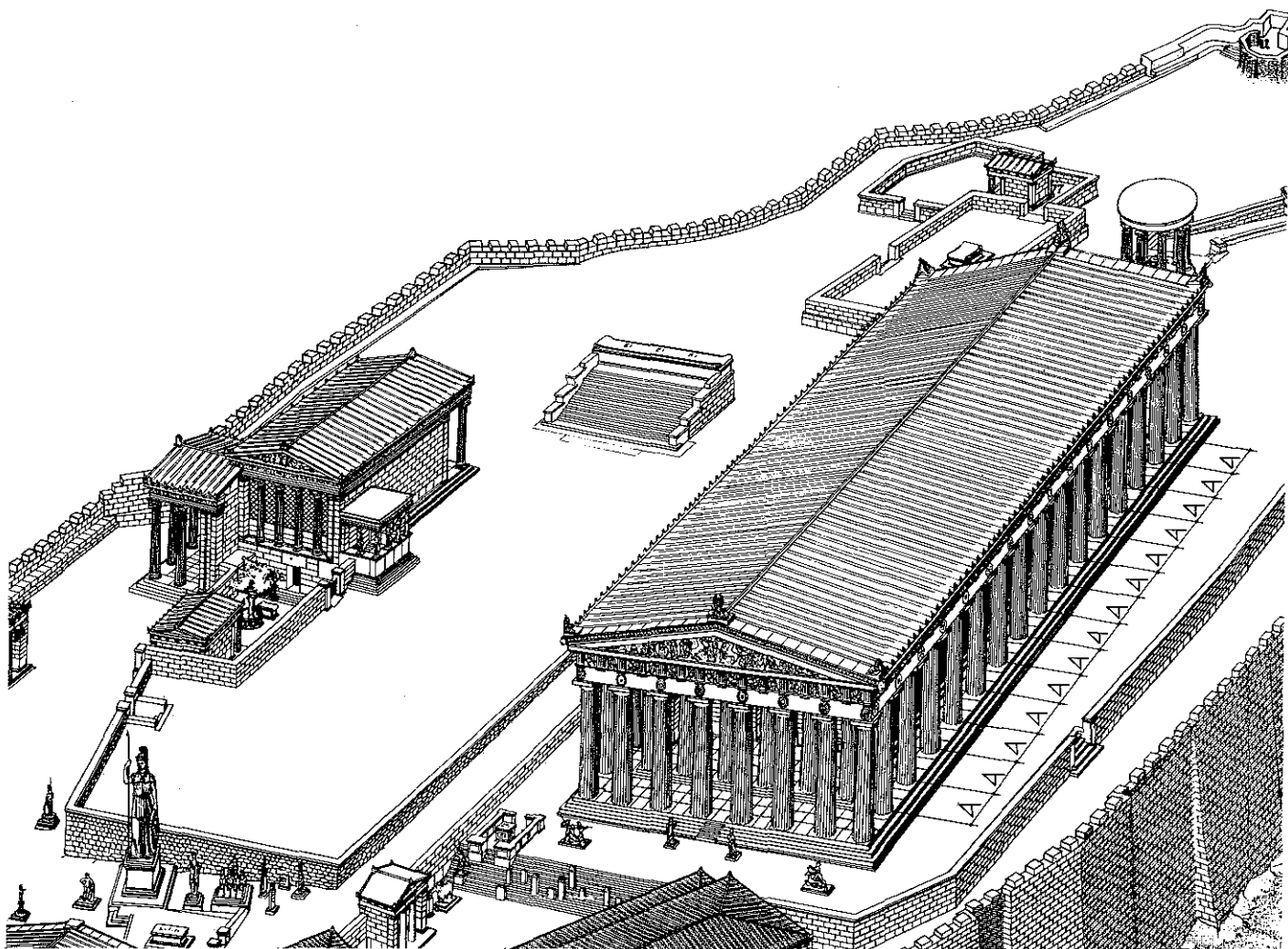
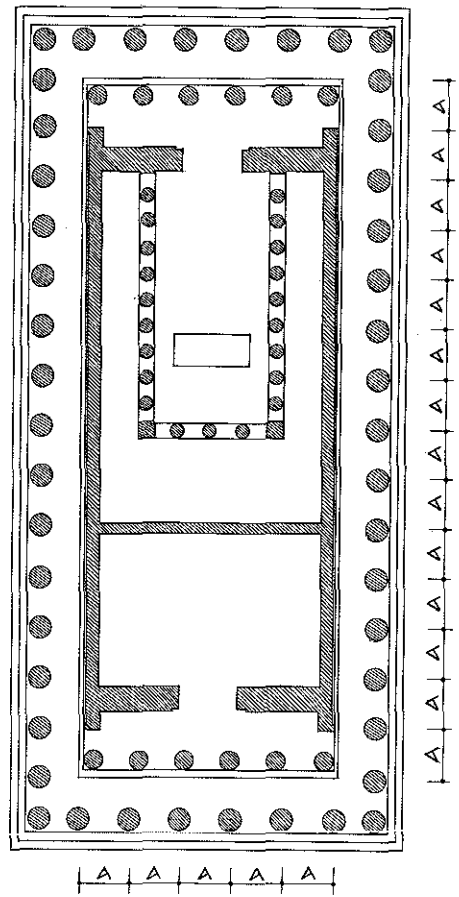
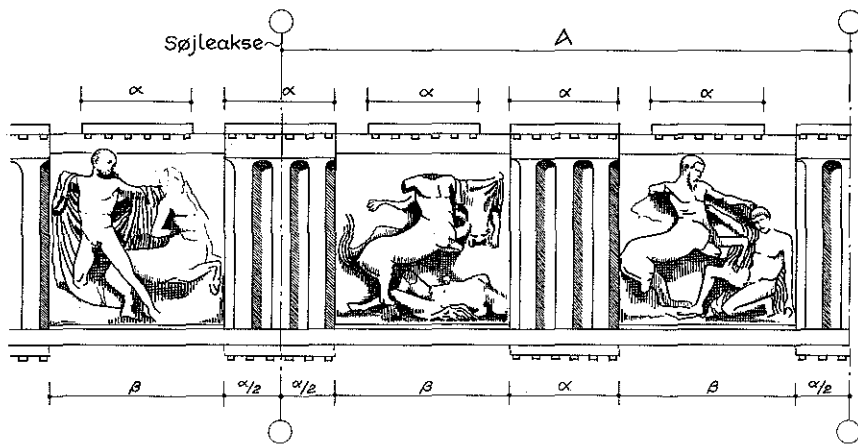
BYGGETEKNIKKEN, der bestemmer dimensioner på de enkelte bygningsdele og samlinger mv.

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 gentages. Ensartede størrelser optræder i rum med samme brugsfunktion, og mange konstruktive led har ens funktion og får derfor samme dimensioner. Gentagelsesprincippet kan således være begrundet både af brugskrav og af konstruktive forhold. Men princippet har også mange andre motiver: En gentagelse medfører lettelse 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.

Gentagelse af ensartede mål forenkler byggeriet

ΑΚΡΟΠΟΛΙΣ ΤΩΝ ΑΘΗΝΩΝ



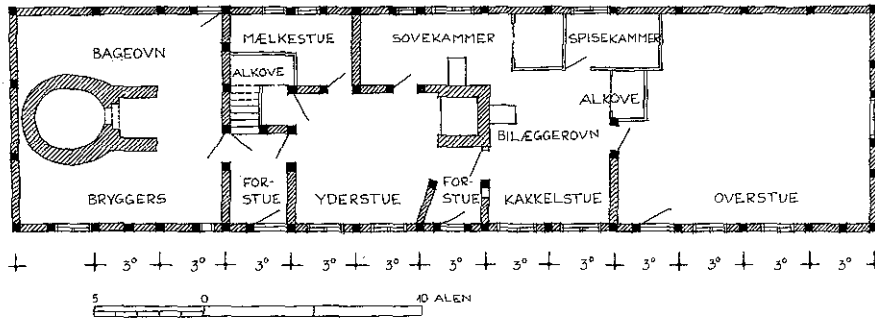
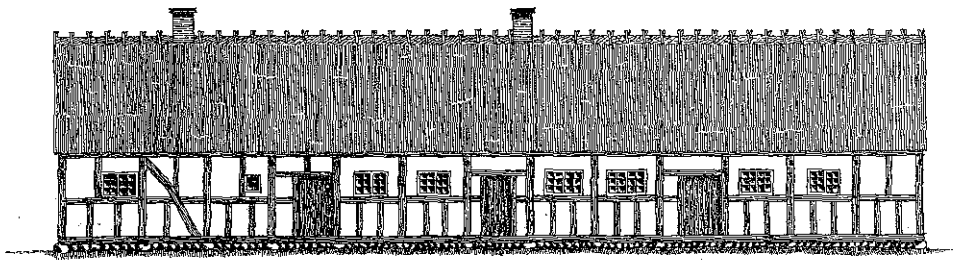


Fig. 1.4. Dansk eetplanhus fra 1690. Den strenge modultakt i facaden brydes kun i yderfaget ved bageovnen, som er fra en senere tilbygning. Også de to modsatte yderfag, som er helt identiske med de oprindelige, er fra en tilbygning, og her har bygherren altså kunnet bestille sin ombygning hos bygmesteren således: "Jeg vil gerne have udvidet mod øst med to fag i standardudførelse". Typehus med fleksibel plan, anno 1700!

Endelig skal det anføres, at gentagelse af ensartede størrelser kan være af betydelig værdi for bygningens arkitektur og skabe ro og harmoni i billedet. Omvendt rummer gentagelser naturligvis også en fare for ensformighed. Men princippet er i sig selv neutralt; anvendes det med talent, giver det gode resultater, misbruges det, kan det medføre monoton og uniformering.

Hvor gentagelser i et projekt er særlig udpræget, benyttes ofte et akse-system, der styrer hovedmålene og danner et net over hele planen. De klassiske epokers bygningskunst kan fremvise talrige eksempler herpå, og det beskedne danske bindingsværkshus, hvor en bestemt fagvidde på to eller tre alen går igen i hele bygningen, er et hjemligt eksempel på samme ordensprincip.

Fig. 1.3. (Modstående side). Græsk eetplanshus fra 448 f. Chr.

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

Facaderne er projekteret over en planlægningsmodul, $A = 4$ Athene-fod. Hjørnefagene er kortere for at få samme opdeling af metope-triglyf-friksen: 2 metoper + 2 triglyffer = søjleafstanden, A . Bygningen opfylder kravene til modulprojektering efter den danske landsbyggelov af 1960, idet man har fremmet anvendelsen af målstandardiserede bygningsdele.

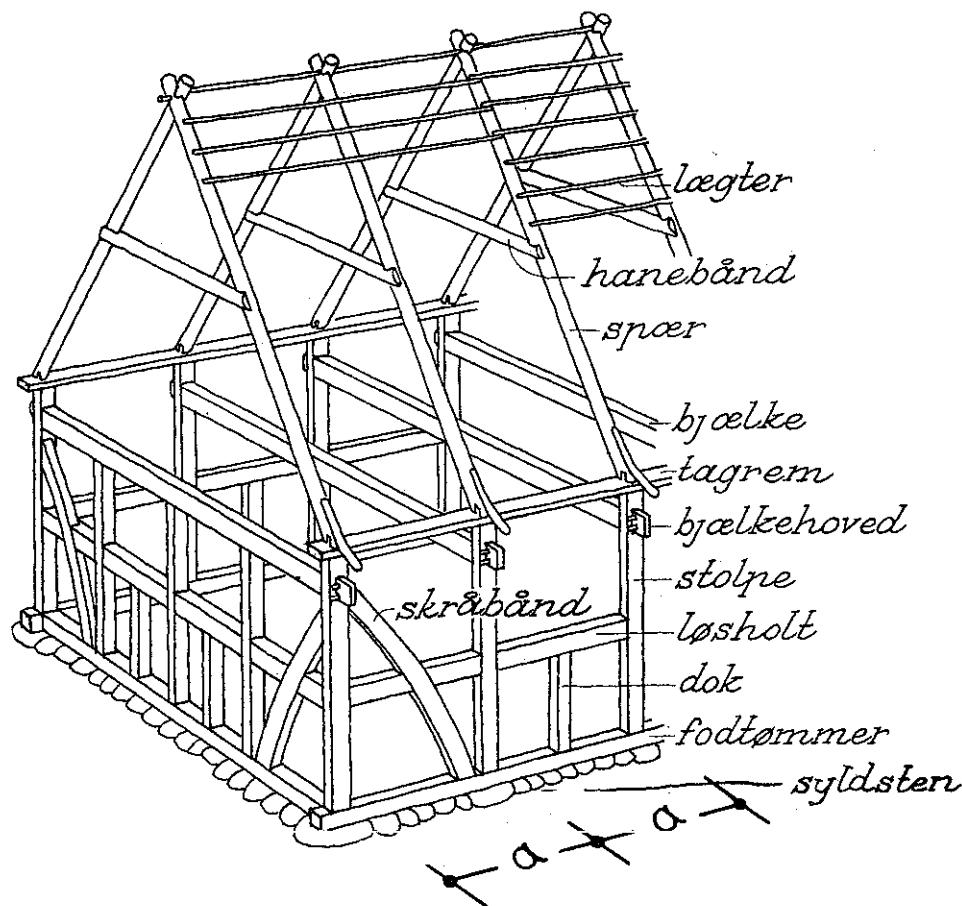


Fig. 1.5. Bindingsværkets komponenter. Modulmålet a er oftest 2 eller 3 alen

1.3 Variantbegrænsning

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

Det bedst kendte eksempel inden for byggeriet er vel nok standardiseringen af "Faste etagehøjder i bygninger", der kom som DS 1000 i 1958 og fastlagde bruttoetagehøjden til 280 cm. Se fig. 1.6.

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 280 cm, og forskellene var oftest enten rent tilfældige eller begrundet i historiske forhold, der ikke længere var aktuelle.

I afsnit 2.2, præferencemål, vil andre eksempler på begrænsning af målvariationer for forskellige bygningsdele blive nærmere omtalt.

1.4 Standardisering

Variantbegrænsning fører som nævnt i forrige afsnit direkte over i standardisering, men standardiseringen har et videre sigte. Når man gennem et standardblad har fastlagt nøjagtige og detaljerede mål og kvalitetskrav for en række produktioner, kan disse fremstilles på flere

DS 1000 - side 3

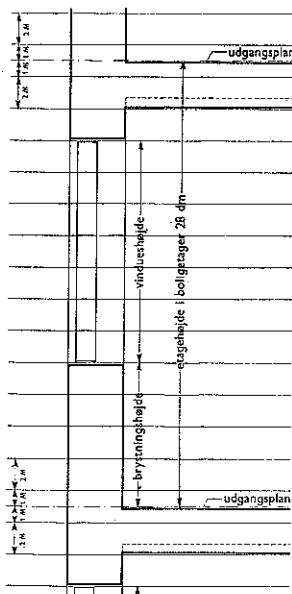


Fig. 1.6. Højdemål fra DS 1000.

forskellige virksomheder - og alligevel anvendes i samme konstruktion. Dette muliggør tre ting, som er vigtige og karakteristiske for al industriel udvikling:

1. Nogle virksomheder (underleverandører) *specialiserer* sig i fremstilling af enkelte 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.

Arbejdsdeling og specialisering forøger industriens produktivitet

Gennem en sådan arbejdsdeling vokser produktiviteten i industrien og velstanden i samfundet. Standardiseringsarbejdet inden for byggesektoren er nærmere omtalt i afsnit 3.

1.5 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. 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 målet passende nøjagtighed.

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

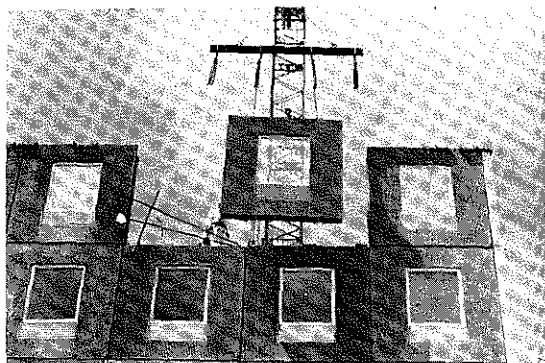


Fig. 1.7. Montagebyggeri er passtykkernes byggeteknik

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

Præfabrikering kræver aftale om produktionens nøjagtighed: Tolerancer

Dette er ideen med et tolerancesystem: at fastlægge grænser inden for hvilke alle variationer på et opgivet målkantolereres. Se nærmere herom i afsnit 2.6.



Fig. 1.8. 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.

1.6 Byggeriets industrialisering

Det moderne samfunds velstand og stadigt voksende forbrug hviler på effektive industrier, hvor virkningsgraden bestandig øges gennem rationalisering af enhver art: 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 en stadig voksende produktion af bygninger af enhver art. Men vore ressourcer er begrænsede. Vi mangler både kapital og ikke mindst arbejdskraft, og vi må derfor lære at udnytte vore midler bedre, det vil sige opnå større produktion gennem større produktivitet.

1.7 Større produktivitet

Højere produktivitet i byggeriet betyder flere huse med færre mand-timer

Ved produktivitet forstår vi resultatet af en indsats målt i forhold til denne. Indsatsen består i materialer, produktionsmidler - og arbejde - både fra mennesker og maskiner. I den aktuelle situation, hvor samfundet mangler arbejdskraft, bliver produktionen pr. mand særlig afgørende, og vi udtrykker derfor ofte byggeriets produktivitet i m² etageareal pr. mandtime eller ved at angive mandtime-forbruget pr. lejlighed. Dette produktivetsbegreb kaldes arbejdsproduktiviteten.

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 produktivetsstigninger, hvor produktionen er mangedoblet i forhold til indsatsen.

I byggeriet, hvor håndværket stadig er den dominerende faktor, er produktiviteten langt mere konstant. Der er dog sket en vis stigning i de senere år, hvilket følgende udregninger på basis af den officielle statistik vil vise.

Tallene i hosstående tabel er hentet fra Statistisk Årbog 1965, tabel 332 m.fl. og giver oplysninger, dels om produktionen i byggeriet - linie 1, 3, 5 og 7, dels om den arbejdskraft, der har frembragt denne produktion - linie 10, 12 og 14. Herved bliver det muligt at udregne stigningen i arbejdsproduktiviteten ved hjælp af de anførte index, der udtrykker de relative størrelser med året 1950 som basisår.

Beregning af arbejdsproduktiviteten

Nr.	Betegnelse	1950	1958	1962	1963	1964
1	Etagearealer i nybygninger, 1000 m ²	3000	3550	6400	6110	8030
2	Index	100	118	214	202	268
Bruttoinvesteringer i bygninger 1955-priser, mill. kr.:						
3	Nybygninger	1490	1730	2910	2800	3400
4	Index	100	116	195	188	228
5	Reparation + vedligeholdelse	790	975	970	980	975
6	Index	100	123	122	124	123
7	Ialt nybygninger + reparationer + vedligeholdelse	2280	2705	3880	3780	4375
8	Index	100	119	170	166	192
9	Beskæftigede ved byggeri og anlægsarbejde, ialt	79300	88500	109000	102900	109000
10	Beskæftigede ved nybyggeri + reparation + vedligeholdelse	~56000 ¹⁾	~63000 ¹⁾	77500	72600	76100
11	Index	100	112	138	130	136
12	Beskæftigede ved reparation og vedligeholdelse	23200 ²⁾	28500 ²⁾	27900	28400	28600
13	Index = Index 6	100	123	122	124	123
14	Beskæftigede ved nybyggeri	32800 ²⁾	34500 ²⁾	49600	44200	47500
15	Index	100	105	151	135	145
16	Produktionsindex for nybygninger efter m ² , linie 2 : linie 15	100	113	142	150	185
17	Produktionsindex for nybygninger efter prisen, linie 4 : linie 15	100	110	129	139	157
18	Produktionsindex for reparationer efter prisen, linie 6 : linie 13	100	100	100	100	100
19	Produktionsindex for bruttoinveste- ringer efter prisen, linie 8:linie 11	100	106	123	128	141

Etagearealet er beregnet som middeltallet af fuldført byggeri og igangværende byggeri ved årsskiftet.

1) Tallene fra 1950 og 1958 er ikke optalt i den officielle statistik og er derfor anslået til 71% af samtlige beskæftigede ved byggeri og anlægsarbejder i lighed med 1962 og 1964, hvor optælling har fundet sted.

2) Antal beskæftigede ved reparation og vedligeholdelse er ikke optalt i 1950 og 1958 og er derfor anslået fra tallet i 1962 og investeringerne med antagelse af konstant arbejdsproduktivitet for dette arbejde. Derfor bliver index 13=index 6, og index 19=100.

Index for arbejdsproduktiviteten i nybygninger, udregnet efter produktionen i m² etageareal, er således steget

$$\text{fra 1950 til 1958 med: } \frac{113-100}{8} = 1,6\% \text{ pr. år}$$

$$\text{fra 1958 til 1962 med: } \frac{142-113}{4} = 7,3\% \text{ pr. år}$$

$$\text{fra 1962 til 1964 med: } \frac{185-142}{2} = 21,5\% \text{ pr. år *)}$$

Se linie 16 i tabellen.

Produktivitetsstigningen er afbildet grafisk i fig. 1.9.

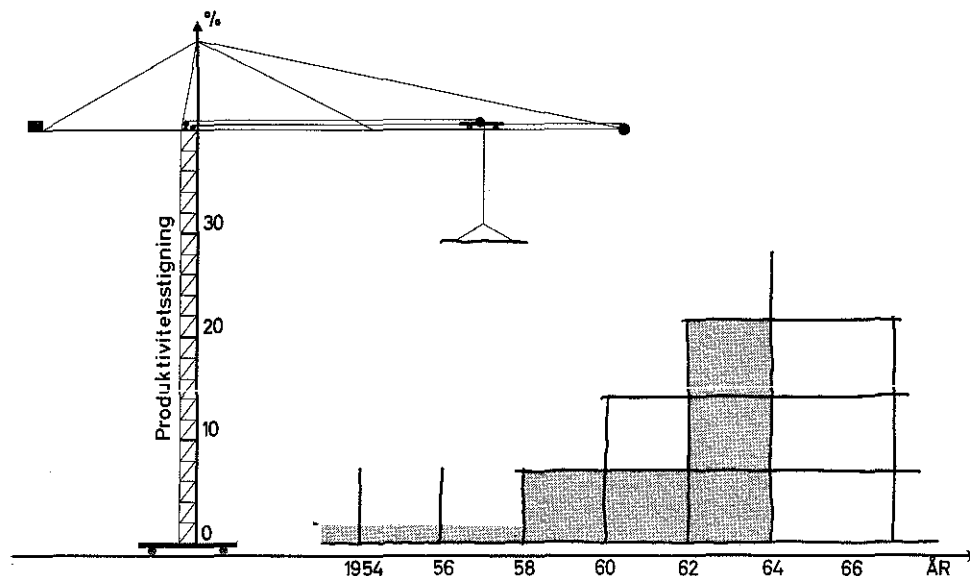


Fig. 1.9. Rationaliseringsbestræbelserne i dansk byggeri har ført til en mærkbar produktivitetsstigning i de senere år

Byggeriets produktivitetsstigning er altså en realitet og kan ses som et resultat af rationaliseringsbestræbelser på en lang række områder. Der må dog advares mod at lægge andet end blot en tendens i ovenstående udregninger, idet de er behæftet med en betydelig usikkerhed, sammenlign fodnoten.

Statens Byggeforskningsinstitut (SBI) har i øjeblikket en undersøgelse i gang med det formål at finde mere pålidelige talværdier for produktivitetsstigningen i dansk byggeri.

Udviklingen i byggeriet går i den rigtige retning, men tempoet i byggeriets produktivitetsstigning tåler næppe sammenligning med hastigheden i den egentlige industri. For de mest avancerede byggerier tegner billedet sig dog ret opmuntrende. På Gladsaxeplanen ligger antallet af mandtimer pr. lejlighed således på 967 fordelt med 417 timer på byggepladsen og 550 timer på fabrikker og værksteder, mens gennemsnittet for hele landets boligbyggeri i 1962 lå på 1.600 - 1.700 mandtimer pr. lejlighed. Denne store forskel er selvfølgelig ikke nået uden betydelige investeringer i arbejdskraftbesparende maskineri og materiel på Gladsaxeplanen.

Gladsaxeplanens mandtimeforbrug: 967 timer pr. lejlighed. Ballerupplanen: 865 timer pr. lejlighed. Gennemsnit for hele landet i 1962: 1600 timer pr. lejlighed

1.8 Landsbygge-loven

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 bygningslovgivningen, der indeholder bestemmelser om byggeriets art, placering og udførelse mm.

På baggrund af det voksende behov for byggeri indførtes i landsbygge-loven af 10. juni 1960 for første gang i dansk bygningslovgivnings 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".

I bygningsreglementet fra marts 1961, hedder det i kapitel 4.1.4, stk. 4: "Beboelsesbygninger, der opføres med udleje for øje, skal projekteres i overensstemmelse med "Modulregler for byggeriet" DS 1011.1 (Bygge-modul) og DS 1011.2 (Planlægningsmoduler)."

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

Et modulprojekt i landsbygge-lovens forstand er et projekt, i hvilket der kan anvendes flest mulige præfabrikerede, standardiserede bygningsdele.

Dette er så at sige modulordningens formålsparagraf. 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.

Landsbygge-lovens
modulkrav

Modul - hvordan?

2. Modulordningens grundlag

Modulordningens vigtigste træk er den fælles længdeenhed. I forrige afsnit har vi set eksempler på forskellige måleenheder valgt i forskellige perioder af bygningskunstens historie. I dag er en byggemodul på 10 cm standardiseret i Danmark og i en lang række lande, der anvender det metriske målsystem.

Byggemodulen
M = 10 cm

10 cm contra 12 cm

Diskussionen om modulens størrelse hører nu historien til. Det var naturligt, da man stod over for at skulle vælge en modulstørrelse at undersøge muligheden for, at bruge murværkets byggemål på 12 cm, som siden fremkomsten af den danske normalmursten har fungeret som planlægningsmodul i det murede byggeri. Men modulordningen skulle være international for at muliggøre handel med bygningsvarer tværs over landegrænserne, og da hvert land har sit eget murstensformat, blev decimeteren valgt som en passende størrelse. Til held for det danske byggeri lader murværkets byggemål sig forholdsvis let indpasse i et modulsystem med 10 cm som byggemodul.

2.1 Byggemodul og planlægningsmodul

Byggemodulen, 10 cm er standardiseret som DS 1011.1, se fig. 2.1. Enheden er passende lille til at kunne tilfredsstille de fleste krav til målspring på gængse bygningsdele. Kun for tykkelser af vægge, søjler og tilsvarende kan enheden være "for stor", det vil i reglen sige uøkonomisk, og der vælges derfor ofte til danne dimensioner umodulære mål. For vægtykkelser er de umodulære mål 15 og 18 cm eksempelvis standardiserede.

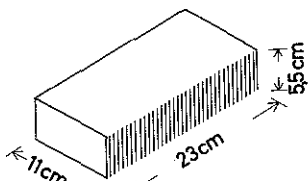
Væg- og søjletykkelse
er ofte umodulære

Men byggemodulen kan også være "for lille" en enhed til at opnå den tilsigtede forenkling og variantbegrænsning. Dette gælder særlig de større bygningsdele, dæk- og vægelementer mv. der indgår i råbygningen,

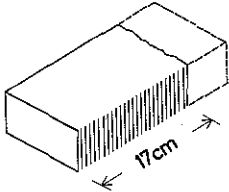
DSSE DANSK STANDARDISERINGSRÅD	Modulregler for byggeriet Byggemodul <i>Modul: ritet, basic module</i>	Dansk Standard DS 1011.1 2. udg. 1963 UDC 718.013	DSSE DANSK STANDARDISERINGSRÅD	Modulregler for byggeriet Planlægningsmoduler <i>Modul: ritet, Planning module</i>	Dansk Standard DS 1011.2 2. udg. 1963 UDC 718.013
	<p>«Modulregler for byggeriet er en serie af byggestandarder, der omhandler de elementære regler for modulordningens anvendelse.» Angående den teoretiske grundlag for disse regler henvises til DS 1010: Modulordning for byggestandarder.</p>			<p>«Modulregler for byggeriet er en serie af byggestandarder, der omhandler de elementære regler for modulordningens anvendelse.» Angående den teoretiske grundlag for disse regler henvises til DS 1010: Modulordning for byggestandarder.</p>	
	<p>1. Byggemodulen (betegnet M)</p> <p>er den grundlæggende længdeenhed, som anvendes ved fastlæggelse af byggelementers generelle tilslutningsmål. Byggemodul M er 1 dm (100 mm)</p>			<p>1. Planlægningsmoduler</p> <p>er længdeenheder, som er multipla af M. Planlægningsmoduler anvendes fortrinvis ved projektering af råbygningen. a) når der i et byggeri forekommer gesættelser af de samme funktionsenheder. b) når det f.eks. af tekniske, økonomiske eller æstetiske grunde er hensigtsmæssigt at begrænse målsættet for større byggelementer.</p>	
	<p>2. Byggemodulnet</p> <p>er kvadrater med sidevidde M. Netlinerne benævnes modulnetlinier.</p> <p>Modulelementer placeres således at samlinger mellem dem principielt finder sted omkring lodrette og vandrette modulnetlinier. I praksis kan det være motiveret at arbejde med flere indbyrdes forskudte byggemodulnetlinier i samme rum eller bygning.</p>			<p>2. Planlægningsmodulnet</p> <p>er net med kvadratiske eller rektangulære masker og med planlægningsmoduler som maskesidder. Netlinerne benævnes planlægningsmodulnetlinier. I praksis kan det være motiveret at arbejde med flere indbyrdes forskudte planlægningsmodulnetlinier i samme bygning.</p>	
				<p>3. Planlægningsmoduler for råbygning i boligbyggeri *)</p> <p>for lodrette mål: 2M eller multipla af 2M for vandrette mål: 3M eller multipla af 3M</p>	
				<p>*) Planlægningsmodulnet 2M og 3M svarer til de regelmæssige modulregler, der kan opnås i murværk af normalmursten. *) Oplysning om Danske Standard og DS-tilkommendelser med udbygning til modulordningen kan fås ved henvendelse til Dansk Standardisierungsråd.</p>	

Fig. 2.1. I de danske standards 1011.1 og 1011.2 er måleenhederne M, 2M og 3M fastlagt. Disse standards er optaget i landsbygningsreglementet

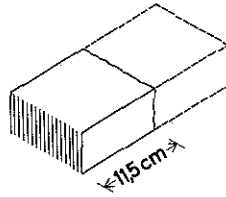
MURSTEN
MÅL 1:10



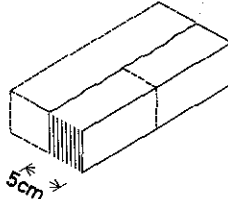
NORMALSTEN: 1/1 STEN



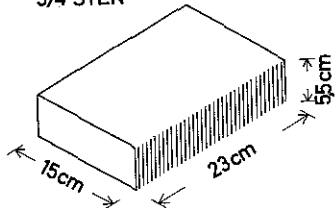
TILHUGNINGER AF NORMALSTEN:
3/4 STEN



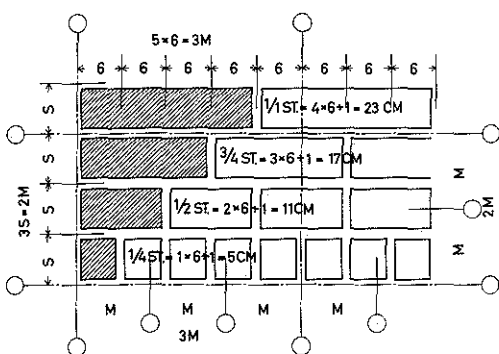
1/2 STEN
KNÆKKET KOP



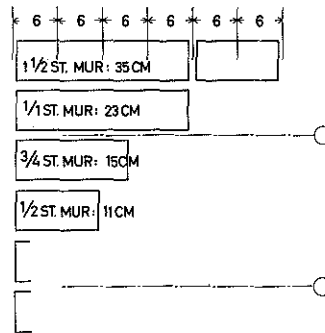
1/4 STEN
PETRING



SPECIAL-STEN: 6" STEN - TREKVARTER



FORBANDMÅL 1:10



MURTYKKELSER 1:10

Fig. 2.2. Mursten og murværksmål med danske normalsten. Stenenes tilvirkningsmål og murværkets byggemål. For byggemålene er 5/4 sten = 3 M i planen og 3 skifter = 2 M i højden.

og derfor har man indført de såkaldte planlægningsmoduler, der anvendes ved planlægning af råbygningens hoveddimensioner: Fagvidder, etagehøjder mv. Planlægningsmodulerne er multipla af byggemodulen.

Planlægningsmodulerne er standardiseret i DS 1011.2, se fig. 2.1. For boligbyggeriet er 3 M (eller multipla heraf) standardiseret som planlægningsmodul for vandrette mål, og 2 M for lodrette mål. Det vil sige, at alle bærende og afskærmende led i bygningen planlægges ved hjælp af disse enheder.

Planlægningsmodulerne 2 M og 3 M passer med byggemålene for murværk af danske normalsten, se fig. 2.2-2.4. Sammenbygningen af normalmurværk med modulære komponenter vil blive vist og omtalt i afsnit 6 og 7, se f.eks. fig. 6.8 og følgende.

MURSTEN. FORBANDTER MÅL 1:20

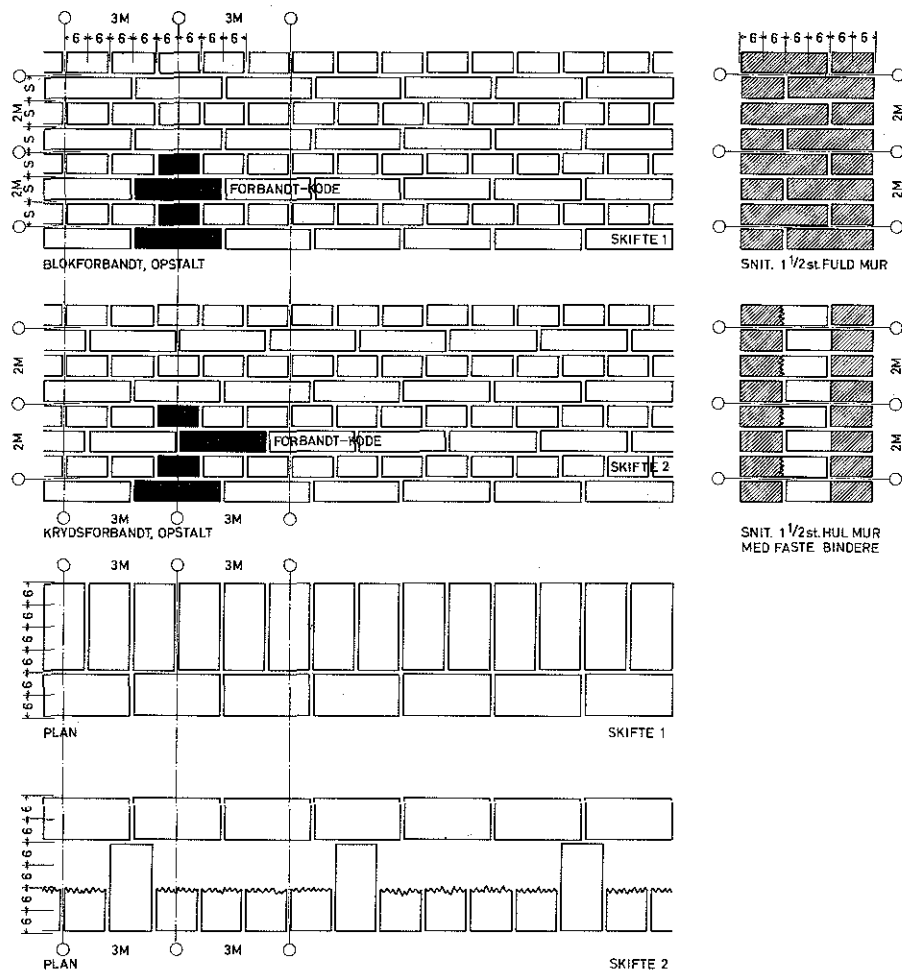


Fig. 2.3. Forbandterne skal være 1/4-stens forbandter for at kunne passe med 3 M-takten. De almindelige kryds- og blokforbandter egner sig bedre til fulde mure end til hule mure på grund af kopskifterne, se skifte 2, der kræver hugning af kopperne.

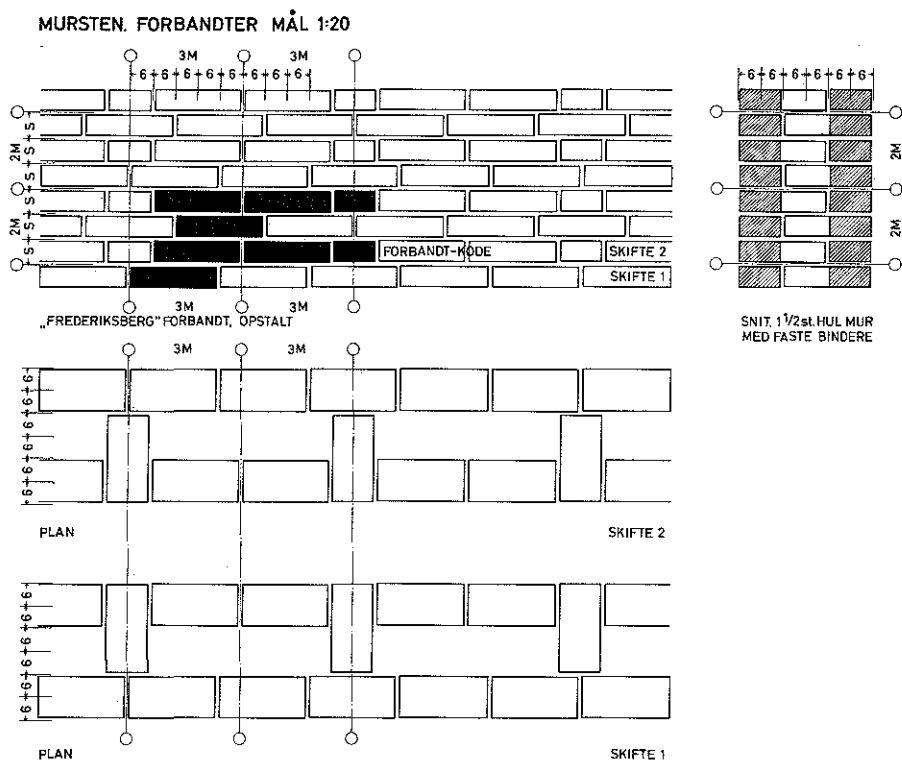


Fig. 2.4. "Frederiksberg forbandtet" er vel-egnet til hule mure. Ingen hugning af stenene.

2.2 Præferencemål

Ligesom planlægningsmodulerne for råbygningen begrænser variationerne på eksempelvis spændvidder og højdemål til spring på 3 M, henholdsvis 2 M, kan man for de større bygningsdele vælge multipla af grundmodulen for at opnå en variantbegrænsning. Tænker man sig f.eks. dækelementer udført med breddemålene 60, 90, 120 og 150 cm samt længdemålene 240, 270, 300..... 480 cm i overensstemmelse med planlægningsmodulet 3 M, ville man få en serie på 36 forskellige dækelementer. En sådan serie kan ikke danne grundlag for en rationel industrialiseret produktion.

I standardrekommandationsbladet for hule dækkomponenter af beton har man derfor valgt følgende breddemål:

I den lette vægtklasse	60 cm
I den middeltunge vægtklasse	120 og 150 cm
I den tunge vægtklasse	180, 210 og 240 cm

Disse mål kaldes præferencemål. Præferencemål er foretrukne multipla af grundmodulen.

Inden for den enkelte byggeopgave kan man i reglen klare sig med dækkomponenter fra kun een vægtklasse, og der findes mange eksempler på byggerier, der er gennemført alene med 60 cm eller 120 cm brede dækelementer. De mest industrialiserede elementfabriker herhjemme anvender 120 cm som præferencemål for deres dækproduktion.

Andre eksempler på præferencemål kendes fra køkkeninventarets bredder på 20, 40 og 60 cm, lette skillevægge på 50 cm bredde, og døre med breddemålene 70, 80 og 90 cm.

Præferencemålene skal vælges ud fra hensyn til elementernes funktion, konstruktion og materiale, og tillige således at der opnås en økonomisk produktion.

2.3 Modulnet

Af byggemodul og planlægningsmoduler dannes modulnet, som kan anvendes under projekteringen til støtte for planlægning og placering af de forskellige bygningsdele.

Bygningsdele med modulmål, såkaldte modulelementer - eller modulkomponenter, placeres normalt i modulnettet med kanterne langs modullinier. Området mellem disse modullinier kaldes elementets modulområde, se fig. 2.6.

Normalt skal en modulkomponent holde sig inden for sit modulområde, men byggetekniske forhold kan medføre, at visse samlinger må udføres således, at komponenterne overskrider deres modulområde. Eksempel: Fjer og not, bolteforbindelser o.lign.

Modulnettene har ofte givet anledning til misforståelser. Både i dansk og udenlandsk modullitteratur er de blevet fremhævet for kraftigt, og mange projekterende har taget dem så bogstaveligt, at de har søgt at indpasse samtlige bygningsdele i et ubrudt rumligt net, der omfattede hele projektet. Se fig. 2.7.

Denne fremgangsmåde kan kun gennemføres, hvor man har set bort fra de byggetekniske vilkår: fugeteknik, målafvigelse, økonomiske dimensioner kraftoverføring mm.

Præferencemål giver variantbegrænsning

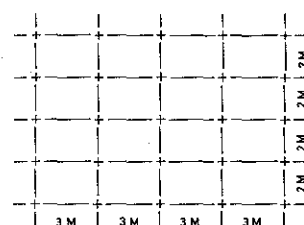


Fig. 2.5. Modulnettet kan være til stor nytte under projekteringen; - men

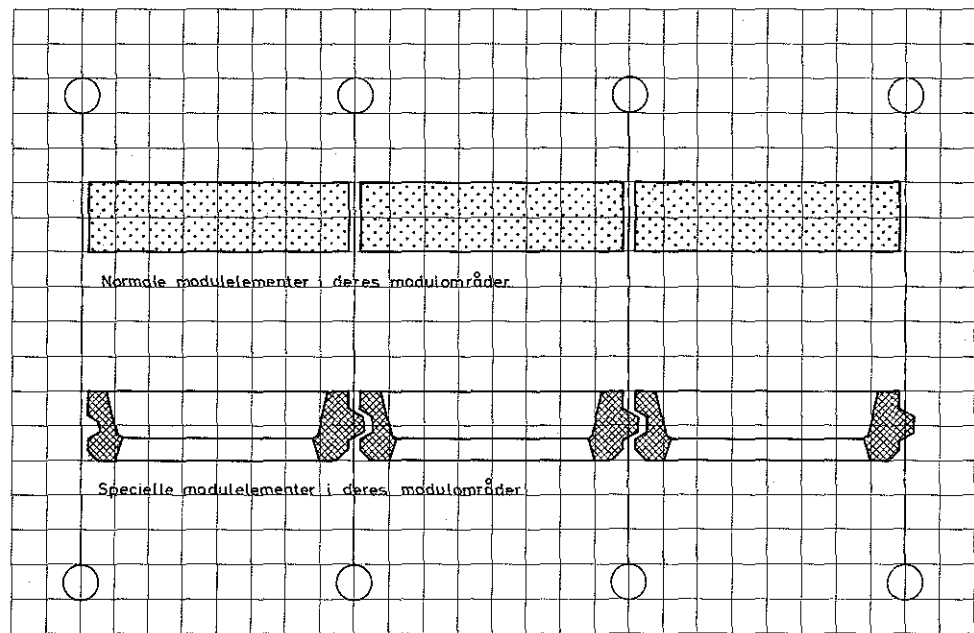


Fig. 2.6. Modulelementer og modulområder.

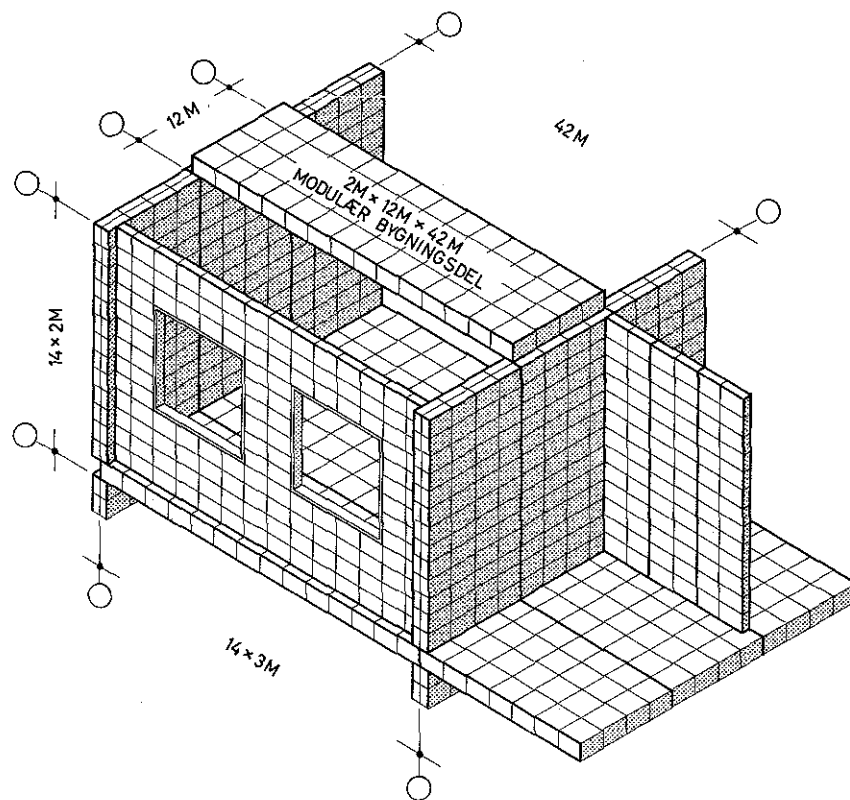
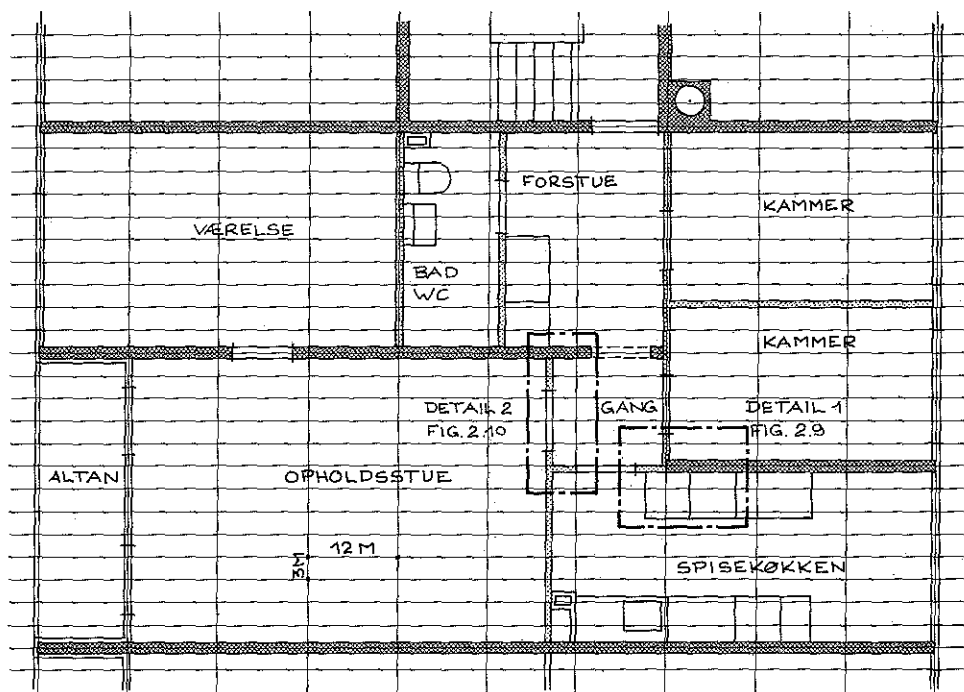


Fig. 2.7. Alle bygningsdelene i denne model ligger korrekt i deres modulområde i det rumlige modulnet. Men den byggetekniske detaljering af samlingerne fører i reglen til, at nettet brydes på et eller flere steder.

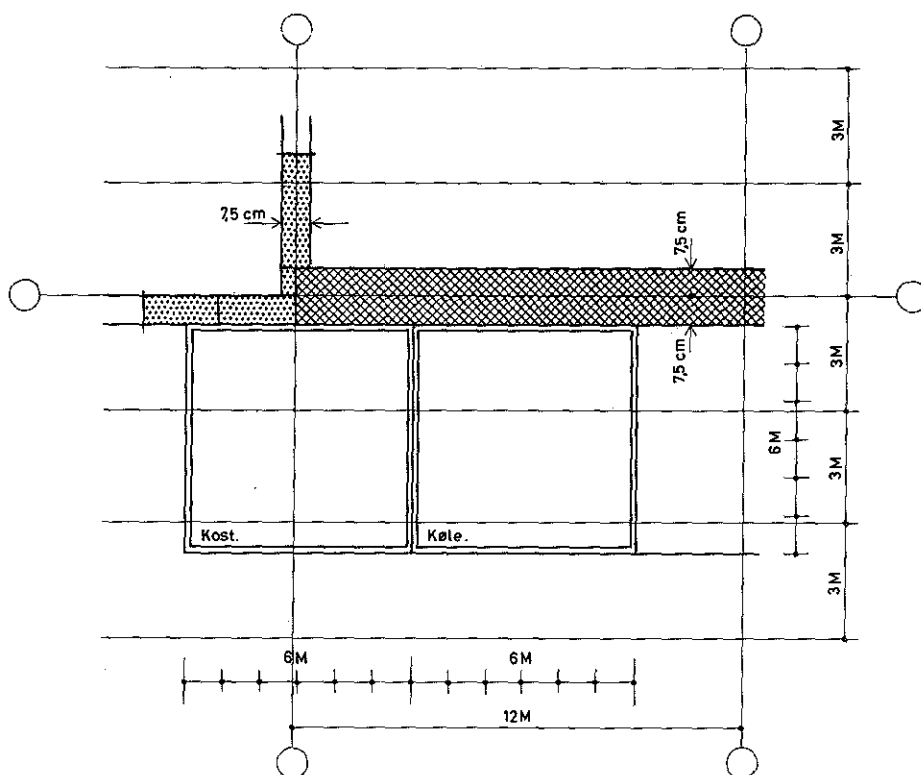
En model kan opbygges over et sådant rumligt net, men i praktisk byggeteknik vil man næsten aldrig kunne anvende modulnettet til placering og dimensionering af *samtlig*e bygningsdele. Et par eksempler vil tydeligst vise hvorfor.

I planen fig. 2.8 er de bærende konstruktioner bygget op over et planlægningsmodulnet på 30 x 120 cm. Dette net bestemmer således råbygningens komponenter, der alle får modulmål, og samlingerne mellem dem ligger overalt i modullinierne. Men da tykkelserne på de bærende vægge er 15 cm - bestemt som den mest økonomiske tykkelse ud fra funktionskravene i projektet - kan indbygningsdelene, lette vægge og køkkeninventar, ikke



1:100

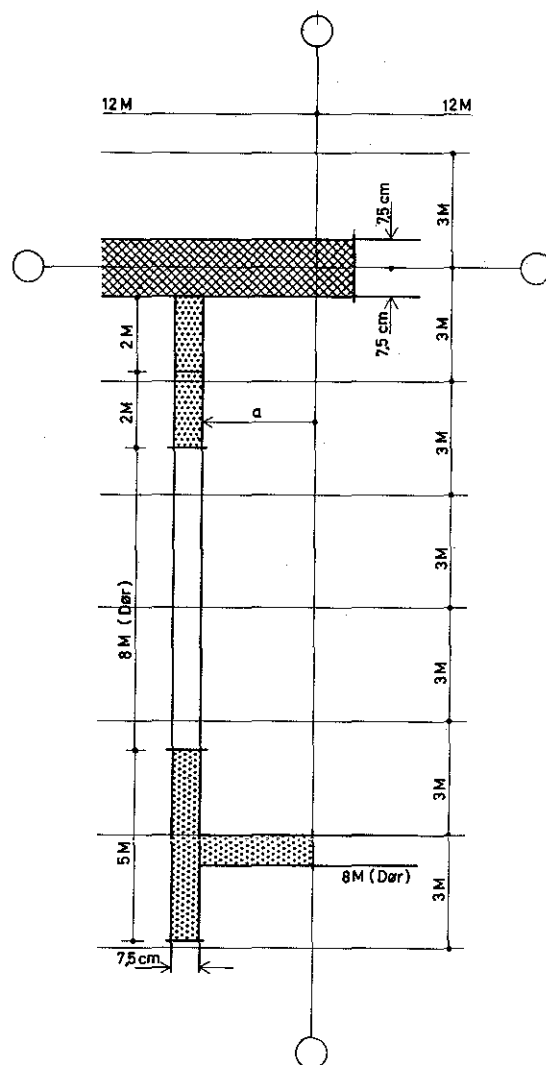
Fig. 2.8. Lejlighedsplan i 3 M x 12 M planlægningsmodulnet.



DETAIL 1, 1:20

Fig. 2.9. Et udsnit af køkkeninventaret er stillet op langs den bærende 15 cm betonvæg. Køkkeninventarets modulmål passer ikke ind i råbygningens 30 x 120 cm net. Og det gør ikke noget. Tegningen er en principtegning. På en arbejdstegning bør man ikke indskrive modulmål, M-mål.

placeres med deres fuger i modullinjerne, se detaillerne fig. 2.9 og 2.10. Både de lette vægge og køkkeninventaret har i sig selv modulmål, dvs. at deres samlinger danner en ny modultakt - et modulnet, om man vil. Man har derfor tidligere i modularbejdet talt om "forskudte net" for indbygningsdelene og endda været i gang med at standardisere disse netforskydninger til $\frac{1}{2}$ M = 5 cm, se første udgave af DS 1011.1 fra 1958. Dette er ren modulformalisme. Man skal ikke indføre nye net i planerne bare for at stille et køkkenskab på plads. Skabet og de lette vægge skal



DETAIL 2, 1:20

Fig. 2.10. De lette vægge, der produceres med modulbredderne $n \times M$ opstilles i planen ud fra funktionshensyn. Målet a kan vælges frit. Der er intet behov for, at de lette vægges modultakt skal passe ind i planlægningsmodulnettet. Ved afslutning af hver række lette vægge må der regnes med et passtykke, sammenlign afsnit 6, figur 6.16.

stå, hvor der er brug for dem, og dertil behøves ingen modullinier, men kun simpel byggeteknisk viden om samlingernes udførelse.

Køkkeninventar og lette vægge har modulmål, for at produktionen kan standardiseres og industrialiseres, men ikke for at komponenterne skal tvinges ind i et modulnet.

Modulnet - hvorfor?

Hvortil anvendes da modulnettene, og hvilken berettigelse har de? Modulnettene - og det vil i reglen sige planlægningsmodulnettene - anvendes under skitseringen til at fastlægge projektets hoveddimensioner og forbedre det for anvendelse af modulære komponenter, og nettene har deres berettigelse derved, at de styrer hovedmålene: Fagvidder, etagehøjder m.v. og muliggør at et væsentligt antal bygningsdele kan få modulmål. Ved detailprojekteringen, når man har valgt sine komponenter, kan det som vist i de foregående eksempler ske, at man må frigøre sig fra nettet og udforme sine samlingsdetaller alene ud fra de byggetekniske hensyn. Hvor langt man i hvert enkelt tilfælde kan anvende nettet afhænger af det valgte byggesystem og materialerne. Dette vil blive nærmere illustreret med eksemplerne i afsnittene 6-10.

2.4 Modulære rummål

Når de bærende vægge som vist i afsnit 2.3 placeres med deres midtlinie i en modullinie, kan den frie afstand mellem væggene ikke få modulmål, hvis vægtykkelserne er umodulære. For betonvægge er tykkelsen 2 M uøkonomisk, og for murede vægge giver stenformaterne umodulære vægtykkelser, se fig. 2.11.

Dette forhold påvirker målene for de bygningsdele, der skal bygges ind imellem de bærende vægge, lette vægge, inventar og indbygningsfacader, og det medfører - når man producerer disse komponenter med modulmål - at der må anvendes passtykker eller anden form for måludligning, hvor indbygningsdelene slutter sig til de bærende vægge.

Dette er imidlertid et ganske normalt byggeteknisk forhold ved montering af bygningsdele, der indbygges, og det medfører ikke problemer, der er nye for byggeteknikeren. Da endvidere råhus-komponenterne altid har større målafvigelse end indbygningskomponenterne, må der alligevel af denne grund foretages en tilpasning. Og det betyder altså, at vi alligevel ikke ville kunne udnytte de modulære rummål, selv om vi havde dem. Virkningerne heraf for projekteringen ses bedst af eksemplerne i afsnit 6 m.fl., se således procestegninger for opstilling af de lette vægge, afsnit 6.5.

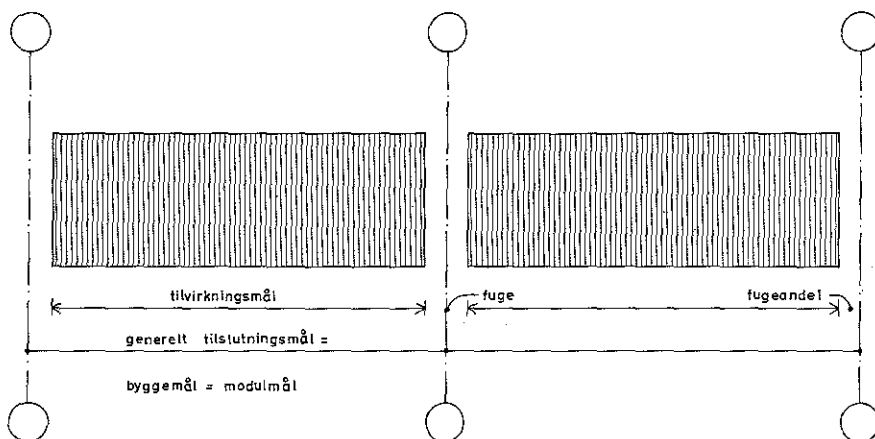
2.5 Byggemål og tilvirkningsmål

Byggemodulen er den grundlæggende længdeenhed, der anvendes ved fastlæggelse af byggeelementers generelle tilslutningsmål. *)

De generelle tilslutningsmål er de mål, der er afgørende for elementernes sammenbygning. Ved sammenbygning opstår der fuger, hvis størrelse og art er afhængig af materialer og byggeteknik, og disse fuger indvirker igen på elementets eget mål, dets tilvirkningsmål. *)

Det hyppigst forekommende sammenbygningstilfælde er det velkendte, hvor en række ens elementer stilles sammen med en mørtelfuge eller lignende imellem.

Hvert element inclusive en fuge udfylder en vis del af rækkens længde, se fig. 2.12 og denne længde kaldes elementets byggemål eller det generelle tilslutningsmål. Det er disse generelle tilslutningsmål, der skal have modulmål, dvs. de skal være delelige med 10 cm.



*) Generelle tilslutningsmål, tilvirkningsmål, byggemål mv. er defineret nærmere i DS 1010: MODULORDNING FOR BYGGEINDUSTRIEN, til hvilken der henvises.

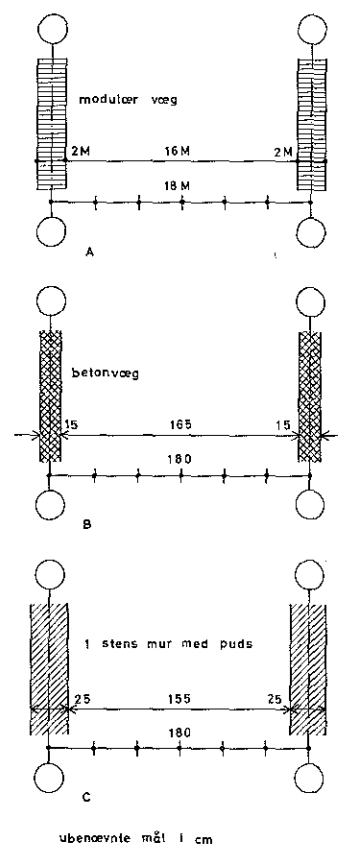
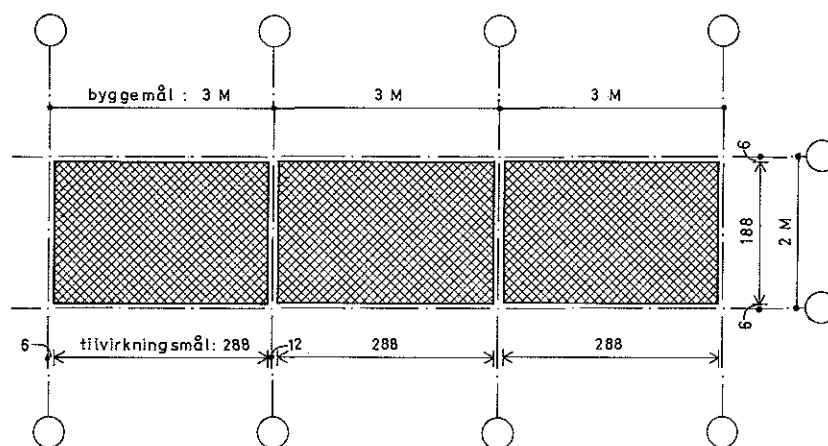


Fig. 2.11. A. Modulære vægtykkelser giver modulære rummål, men er oftest uøkonomiske, og de modulære rummål kan normalt ikke udnyttes ved indbygning på grund af målafvigelser. B og C. Gængse vægtykkelser giver umodulære rummål, og passtykker må anvendes ved indbygning.

Fig. 2.12. Tilvirkningsmål + fuge = byggemål, som skal være deleligt med M.

Fig. 2.13. Modulære byggeblokke.



1: 10

Eksempel A.
Blokstensvæg

Eksempel A.

En væg af byggeblokke, der opmures med almindelig mørtelfuge kan have følgende mål: (se fig. 2.13)

Vandret byggemål	3 M = 300 mm
Fuger	12 mm
Vandret tilvirkningsmål	288 mm
Lodret byggemål	2 M = 200 mm
Fuger	12 mm
Lodret tilvirkningsmål	188 mm

Tilvirkningsmål på blokkene og fugemålene er bestemt af materialerne og den anvendte byggeteknik: Her opmuring med mørtelfuge.

Eksempel B.
Elementdæk

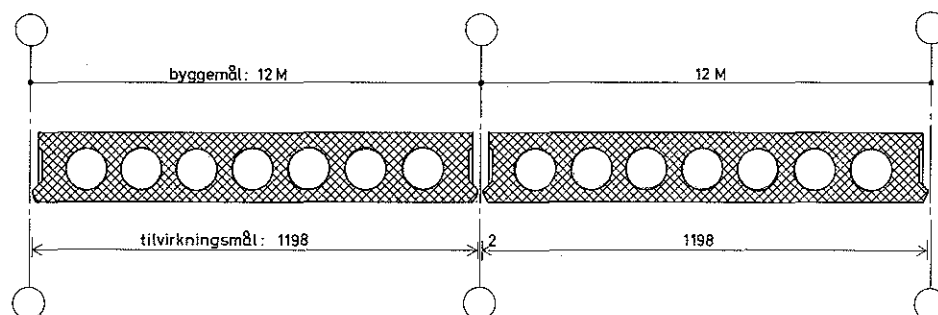
Eksempel B.

En etageadskillelse udføres af dækelementer, og fugerne mellem dem udstøbes fra oven uden anvendelse af forskalling og uden at fugerne skal efterbehandles på dækkets underside: (se fig. 2.14)

Vandret byggemål	12 M = 1200 mm
Fuger	2 mm
Vandret tilvirkningsmål	1198 mm

Fugemålet er her bestemt af, at fugen skal være selvforskallende.

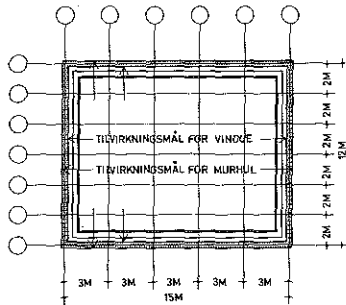
Fælles for de to eksempler A og B er, at tilvirkningsmålet på de enkelte elementer er mindre end det tilsvarende byggemål (modulmål). Det samme er tilfældet for en gruppe af sådanne elementer.



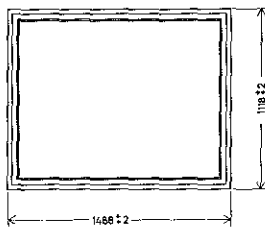
1: 20

Fig. 2.14. Modulære dækplader.

MODULMÅL/TILVIRKNINGSMÅL
(SKEMATISK)



TILVIRKNINGSMÅL FOR VINDUE



TILVIRKNINGSMÅL FOR MURÅBNING

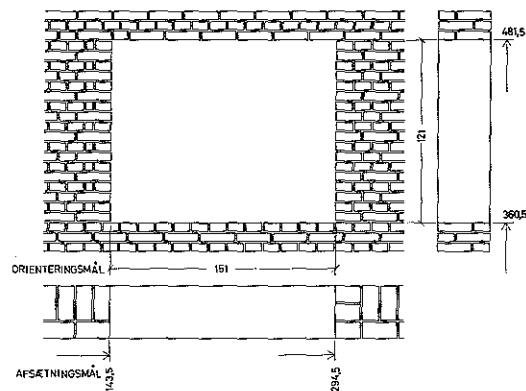


Fig. 2.15. Modulært vindue i modulær muråbning

Derimod vil åbninger imellem elementerne få tilvirkningsmål, der er større end byggemålet. Princippet er velkendt fra murværket, hvor alle piler skal være $n \times 6 \text{ cm} \div 1 \text{ cm}$ fuger, og alle åbninger $n \times 6 \text{ cm} + 1 \text{ cm}$ fuger.

Hvor vinduer indsættes i muråbningerne bestemmes vinduets tilvirkningsmål analogt med ovenstående af byggemålet \div en passende fugestørrelse, se fig. 2.15.

Vi siger at vindue og murhul har samme modulmål $B \times H = 15M \times 12M$, men de har forskellige tilvirkningsmål:

15M x 12M vindue:

$b = 1488 \text{ mm}$

$h = 1188 \text{ mm}$

15M x 12M åbning:

$b = 1510 \text{ mm}$

$h = 1210 \text{ mm}$

Åbningers tilvirkningsmål

2.6 Tolerancer

Forudsætningen for at vinduet kan komme på plads i murhullet, er at tilvirkningsmålene er overholdt med en passende nøjagtighed.

Variationer i fugestørrelsen fra det ene vindue til det andet kan tolereres, men de må holdes inden for visse grænser, for at vinduet kan indsættes og fugen udføres tilfredsstillende. Det samme gælder ved sammenbygning af mange andre bygningsdele: Hvis samlingerne skal fungere tilfredsstillende, og tildannelse af bygningsdele på stedet undgås, må målene overholdes med en passende nøjagtighed afhængig af de byggetekniske vilkår. Grænserne for de tilladelige afvigelser bestemmer tolerancerne, idet *en tolerance simpelthen betyder en tilladt afvigelse.*

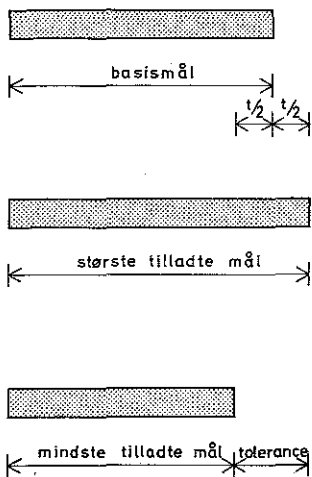


Fig. 2.16. Tolerance = største tilladte mål - mindste tilladte mål.

Tolerancebegrebet er nyt inden for 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 tilvirkning og montage. I maskinindustrien har man i mange år arbejdet med tolerancer, der her er blevet en uundværlig del af målspecifikationer og kvalitetskrav.

For at få tolerancebegrebet gjort almindelig kendt og anvendt i byggeriet, har Dansk Standardiseringsråd nedsat et udvalg med den opgave at udarbejde en standardrekommendation for anvendelse af tolerancer i byggeriet. Arbejdet i udvalget vil formentlig kunne afsluttes i 1965, og den følgende fremstilling af emnet bygger på udvalgets hidtidige resultater.

Afvielser fra foreskrevne mål fremkommer ved alle byggeprocesser. De er uundgåelige, men de kan begrænses, så de ingen skade gør, og dette er formålet med at indføre tolerancer. I byggeindustrien angives tolerancer med \pm afvielser fra det foreskrevne mål, der kaldes *basismålet*.

Tolerancen defineres da som hele forskellen mellem største tilladte og mindste tilladte mål. Se fig. 2.16. Basismålet er middeltallet mellem største og mindste tilladte mål.

Eksempel: En længde er opgivet med målet 1190 mm = basismålet. Det kan tillades, at den varierer mellem grænserne 1185 mm = mindst tilladte mål og 1195 mm = størst tilladte mål, og tolerancen bliver derfor $1195 \div 1185 = 10$ mm. Basismålet med tolerance skrives da som 1190 ± 5 mm.

Størrelsen af tolerancerne afhænger af de byggetekniske forhold, specielt fugeteknikken, og tolerancerne må derfor fastlægges i hvert enkelt tilfælde. Det gælder normalt om at vælge sine tolerancer så store som forholdene tillader, da nøjagtighed lige som andre kvalitetskrav koster penge. Efterhånden som standardiserede bygningsdele i større omfang vil dominere byggemarkedet, må det blive et ufravigeligt krav, at fabrikernes specifikationer også kommer til at omfatte tolerancer, først og fremmest på de mål, der er afgørende for bygningsdelenes sammenbygning.

Fastlæggelse af tolerancernes størrelse ud fra de byggetekniske hensyn vises bedst gennem et par eksempler:

Eksempel A
Tolerance på dækelementer

Ved sammenbygning af de i afsnit 2.5 omtalte dækelementer forudsattes det, at fugen skulle være selvforskallende: Det vil sige, at den skal kunne udstøbes ovenfra uden forskalling, og uden at mørtelen løber igennem. Det kan opnås med fugestørrelser fra 0 til ca. 4 mm. Vi må endvidere forlange, at dækelementerne skal overholde deres byggemål 12 M = 1200 mm, hvilket vil sige, at de under ingen omstændigheder må blive bredere end 1200 mm. Tilvirkningsmålet 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

Eksempel B
Tolerancer på mursten

Murværk af danske normalsten giver som vist i fig. 2.2 vandrette byggemål, der er delelige med 6 cm = $1/4$ sten. Forudsætningen for at byggemålene kan holdes under opmuringen, er at stenene fremstilles med en passende nøjagtighed.

I et almindeligt løberskifte med 1 sten og tilhørende lodfuger, se fig. 2.17, kan stenens grænsemål bestemmes således: Byggemålet holdes fast på

240 mm. Største tilladte fuge er ca. 16 mm, mindste tilladte fuge er ca. 8 mm, idet grænserne for fugestørrelsen er betinget dels af hensyn til fugens rette håndværksmæssige udførelse, dels af hensyn til dens funktion og et anstændigt udseende. Ud fra disse antagelser bliver

øvre grænsemål for stenen: $240 - 8 \text{ mm} = 232 \text{ mm}$, og
 nedre grænsemål for stenen: $240 - 16 \text{ mm} = 224 \text{ mm}$

Stenens tilvirkningsmål (basismål) bør derfor være:

$$\frac{232 + 224}{2} = 228 \text{ mm, og tolerancen}$$

$$232 - 224 = 8 \text{ mm, eller } \pm 4 \text{ mm.}$$

For at kunne overholde murværkets eget byggemål på 240 mm for hver sten, skal normalstenen med de valgte grænser for fugemålet leveres med en længde på $228 \text{ mm} \pm 4 \text{ mm} = 228 \text{ mm} \pm 1,8\%$.

Der er leveret mange sten og opført adskillige murede huse, hvor disse stenmål er overholdt, men alligevel er den sædvanlige specifikation på mursten i dag $230 \text{ mm} + \frac{4\%}{8\%}$, som giver følgende grænsemål:

Største sten: $230 \text{ mm} + 4\% = 239 \text{ mm}$, hertil svarer en fuge på 1 mm, hvis byggemålet 240 mm skulle overholdes, se fig. 2.18.

Mindste sten: $230 \text{ mm} - 8\% = 212 \text{ mm}$, hertil svarer en fuge på 28 mm, hvis byggemålet 240 mm skulle overholdes.

Ingen af disse fugemål er anvendelige, og teglbranchen bør derfor nok snarest se at få revideret sine "tolerancer".

Det må bemærkes, at denne revision er nødvendig alene for at kunne fastholde teglets egne byggemål - uanset om der modulprojekteres eller ej.

De to eksempler A og B illustrerer toleranceprincippet ide: TOLERANCER ER VALGTE, TILLADTE AFVIGELSER PÅ ET FORESKREVET MÅL.

Grænserne for afvigelserne kan ikke vælges frit, men er, som det fremgår af eksemplerne, afhængige af de byggetekniske forhold ved samlingernes udførelse.

En udførligere behandling af emnet gives i det tidligere omtalte rekommandationsblad fra Dansk Standardiseringsråd, til hvilket der henvises.

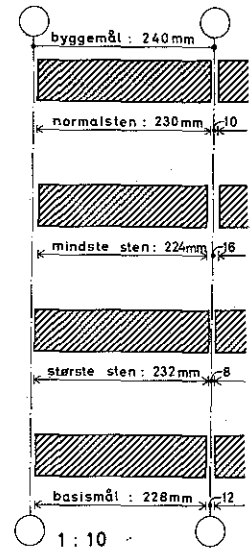


Fig. 2.17. Normalstens mål og det principielt største og mindste tilladte mål.

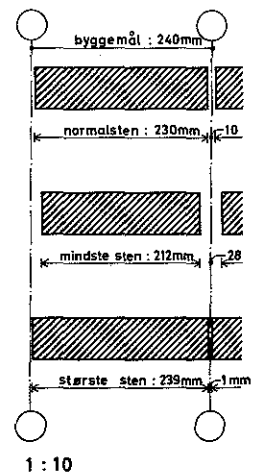


Fig. 2.18. Normalstens mål og største og mindste sten udregnet efter generalbeskrivelsens "tolerancer".



3. Modul og standardisering

Det er standardiseringens opgave at forenkle og billiggøre produktionen gennem klare specifikationer af produktet. Standardisering kan således omfatte krav til materialer, til funktionsbestemte egenskaber hos et færdigt produkt, og til målene på produktet. Det er dette sidste standardiseringsområde, der er særlig aktuelt for byggeriet i disse år, og det er her forbindelsen mellem modulordning og standardisering etableres.

I det industrialiserede samfund med et stort antal uafhængige producenter er det almindeligt, at et bestemt produkt udvikles og forhandles i et meget 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.

Professor Rambøll skriver herom i sin bog, Rationelt Byggeri: "Den engelske bilindustri har fornylig vedtaget at reducere et fuldkomment urimeligt og nyttelyst 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 f.eks. at have en af 5 startere i sin vogn i stedet for en 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.

3.1 Dansk Standardiseringsråd

I industrien har disse forhold været erkendt i mange år, og alle industrilande har oprettet standardiseringsorganer, der samarbejder internationalt.

Herhjemme oprettedes Dansk Standardiseringsråd i 1926, og i dag er over 800 standardblade udsendt. På det byggetekniske fagområde varetages standardiseringsopgaverne af Fagrådet for Byggeri, der sørger for nedsettelse af de forskellige udvalg, som udarbejder forslag til standardbladene. Når forslagene er færdige fra udvalgene, behandles de i fagrådet, som videresender dem til standardiseringsrådets forretningsudvalg, der så kan offentliggøre dem til kritik. Efter en kritikperiode på 1 eller 2 måneder behandles den indkomne kritik i udvalget, alle kritikerne får skriftligt svar og efter en eventuel revision og en fornyet behandling i fagrådet kan standardiseringsrådet udsende bladet som Dansk Standard.

3.2 Standardiseringsudvalg

Til standardiseringsudvalgene udpeges medlemmer af alle de myndigheder, institutioner og brancher mv., som bliver berørt af udvalgets forslag. Herved sikres en grundig og alsidig behandling af emnet, således at standardbladet kan blive til gavn for samfundet som helhed.

Med denne solide baggrund bliver udarbejdelse af standardblade ofte en temmelig langvarig opgave. Undertiden kan det være ønskeligt at fremskynde den vejledning standardiseringen kan give, og rådet kan i sådanne

Standardisering sigter mod forenkling

Fagrådet for byggeri

Standardiseringsarbejdet udføres ud fra hensyn til helheden

Alle interesser er repræsenteret i et standardiseringsudvalg

tilfælde vælge at udsende de såkaldte standardrekommendationer, hvis udarbejdelse kan foregå hurtigere, mens de så til gengæld kun har en gyldighedsperiode på 3 år.

3.3 Rekommandationsudvalg

Rekommandationsudvalgene har kun 4-8 personlige medlemmer, der som særligt sagkyndige på området udpeges direkte af rådets forretningsudvalg.

På det byggetekniske område, hvor udviklingen i disse år går hurtigt, har rekommandationsformen vist sig særlig anvendelig, og et flertal af standardiseringsopgaverne med tilknytning til modulområdet er derfor blevet behandlet i rekommandationsblade.

Både rekommandationerne og de egentlige standardblade skal opfattes som gode råd, udarbejdet af specialister på området. Man har ingen pligt til at rette sig efter et standardblad, medmindre det er forlangt direkte i myndighedernes love og cirkulærer mv. Sammenlign bygningsreglementets krav om modulprojektering, der henviser til DS 1011.1 og 1011.2. Men også disse standards kan som alle de øvrige tages op til revision, når der er behov herfor.

3.4 Oversigt over standardblade og rekommandationer

Pr. 1.10.1965 er udsendt følgende blade med tilknytning til modulordningen:

Modulblade med generelt indhold

DS 1010 **MODULORDNING FOR BYGGEINDUSTRIEN**
 redegør alene for det principielle grundlag for modulordningen og de dertil hørende definitioner. Denne standard er udarbejdet inden for rammerne af INSTA - de nordiske standardiseringsorganisationers samarbejdsorgan - og foreligger også som finsk, norsk og svensk standard.

DS 1011.1 **BYGGEMODUL**

DS 1011.2 **PLANLÆGNINGSMODULER FOR BOLIGBYGGERIET**

DS 1011.3 **DIMENSIONERING AF MODULELEMENTER**
 Disse tre standards hører til en serie af byggestandards, der omhandler de elementære regler for modulordningens anvendelse.

DS 1000 **FASTE HØJDER I BYGNINGER**
 angiver visse modulariserede højdemål i råbygningen i boligbyggeri, samt principper for højdemålenes indbyrdes koordinering.

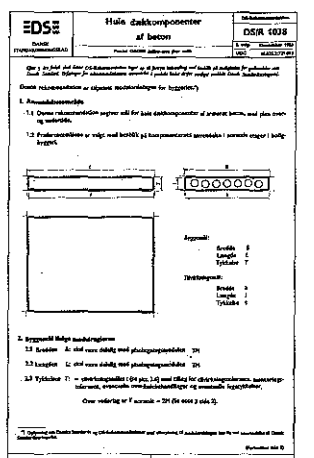
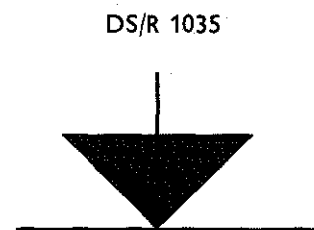
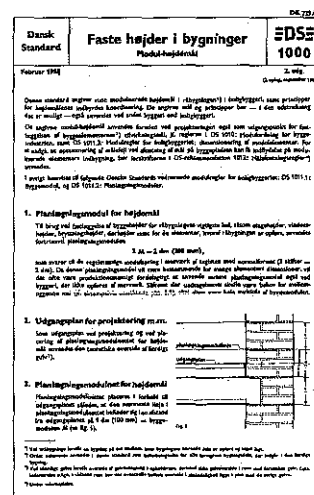
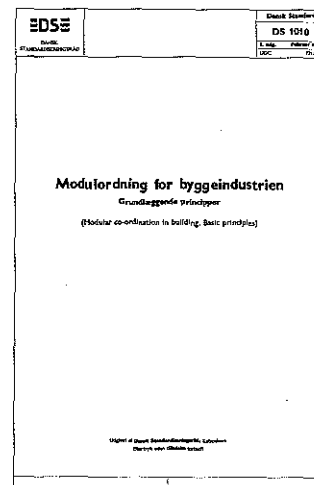
DS/R 1035 **AFSÆTNING AF HØJDEMÅL FOR INSTALLATIONER OG INDBYGNINGSKOMPONENTER**
 indfører "meterstregen" som fast udgangslinie i alle etager for alle fag og giver anvisning på dens placering og mærkants udformning.

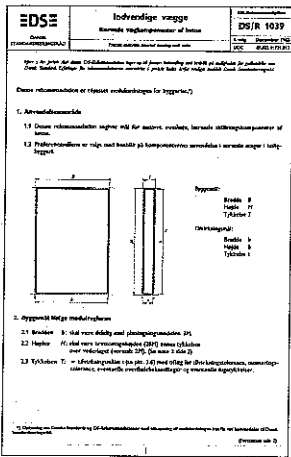
Modulblade vedrørende råbygningen

DS/R 1038 **HULE DÆKKOMPONENTER AF BETON**

DS/R 1039 **INDVENDIGE VÆGGE - BÆRENDE VÆGKOMPONENTER AF BETON**
 Disse to blade angiver byggemål og visse præferencemål.

DS/R 1040 **TRAPPERUM FOR TOLØBSTRAPPER**
 angiver præferencemål for trapperum og toløbstrapper i almindeligt boligbyggeri.





DS/R 1041 BYGGEBLOKKE - MÅL OG FORBANDTER
omhandler byggeblokke til opførelse af vægge med samme tykkelse som byggeblokkens bredde.

Modulblade vedrørende lette vægge og inventar

DS/R 1042 IKKE BÆRENDE INDVENDIGE VÆGGE - LETTE VÆGKOMPONENTER, BYGGEMÅL
angiver byggemål for rumhøje, lette vægkomponenter, fortrinsvis i etageboligbyggeri.

DS/R 1043 KØKKENELEMENTER AF TRÆ

Modulblade vedrørende installationer

DS/R 1036 MÅLANGIVELSE AF RØRINSTALLATIONER - RØRAFSTANDE OG RØRLÆNGDER
indfører midte-midte målreglen og definerer byggemål for rørinstallationer.

DS/R 1037 MÅLANGIVELSE AF RØRINSTALLATIONER - TOLERAN-
CEUDLIGNING
behandler problemerne, hvor rårhuset og rørinstallationerne mødes.

DS/R 1044 EL-INSTALLATIONER I ETAGEBOLIGBYGGERI
omhandler antal og placering af montagegenstande for stærkstrøm.

DS 1022 SØJLERADIATORER AF STÅLPLADE

DS 1023 SØJLERADIATORER AF STØBEJERN
angiver modulariserede tilslutningsmål mm. samt regler for placering i forhold til gulve og vægge.

Modulblade vedrørende vinduer og døre

DS 1003 VINDUER AF TRÆ - MODULMÅL, HULMÅL OG KARM-
YDERMÅL

DS 1004 FACADEVINDUER - TYPEBETEGNELSER

DS 1005 VINDUER AF TRÆ - TERMINOLOGI OG MÅLBENÆVNELSER
Disse tre standards danner grundlaget for følgende fire produktstandards for normalvinduer.

DS 1006 NORMALVINDUER AF TRÆ - TYPE B. 3.0

DS 1007 NORMALVINDUER AF TRÆ - TYPE B. 4.0

DS 1008 NORMALVINDUER AF TRÆ - TYPE B. 4.9

DS 1009 NORMALVINDUER AF TRÆ - TYPE D. 2.05
Disse blade omhandler anvendelse, beslagliste, beslåning, beslagoversigt, profilering mm. samt detaljer i mål 1:1 (som løse bilag til opklæbning på stokke).

DS 1028 ENFLØJEDE INDVENDIGE DØRE AF TRÆ
omhandler mål på færdigbeslåede døre i karm og giver ligesom ovennævnte blade for vinduer komplette arbejdsanvisninger mv. på udførelse samt kvalitetsbestemmelser, leveringsbetingelser osv.

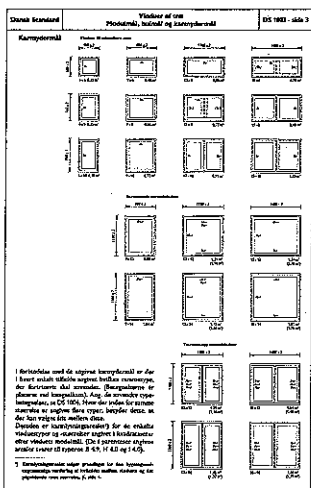
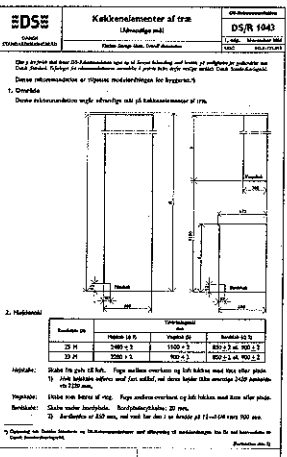
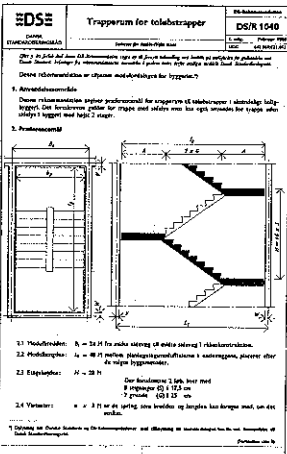
DS 1015 DØRE TIL BRANDSIKRING - KLASSE BSD

DS 1016 DØRE TIL BRANDSIKRING - KLASSE BDD

DS 1017 DØRE TIL BRANDSIKRING - KLASSE BHD

Disse blade indeholder rammebestemmelser for materialevalg, konstruktion og størrelse for henholdsvis brandsikre, branddrøje og brandhæmmende døre.

Ialt 28 modulblade pr. 1.10.1965.



4. Projekteringsforudsætninger

Projektering af byggeri afhænger af en række forhold, som har afgørende indflydelse på projekternes udformning og gennemførelse. Udvalget af byggematerialer vokser, og byggeteknikken udvikles hastigt i disse år. Byggetraditionen, der stadig spiller en stor rolle, påvirkes i stigende grad af den industrielle udvikling. Lovgivningen griber kraftigt ind i byggeriet, og de økonomiske konjunkturer bringer bestandig byggeriet i søgelyset.

Disse forhold øver indflydelse på projekteringen og diskuteres til stadighed i byggekredse og i fagpresse. Her skal vi kort beskæftige os med byggeprogrammet som projekteringsforudsætning.

4.1 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. Efterhånden tager byggeprogrammet form, men på et meget tidligt tidspunkt af dets tilblivelse træffes der en række valg, som er afgørende for projektets udførelse. Der skal vælges bygningstyper, planløsninger, bærende konstruktioner, materialer, byggemetode og meget andet.

Det er bygherrens vanskelige opgave at formulere byggeprogrammet og at træffe de beslutninger, der er nødvendige for dets realisering

4.2 Valg af hustype, materialer og metoder

Denne fase af projekteringen er afgørende for projektet som modulprojekt. Og det er her, man skal leve op til landsbyggelovens krav om anvendelse af flest mulige standardiserede bygningsdele. De projekterende - og bygherren - må hele tiden bestræbe sig på at fremme anvendelsen af standardiserede, modulære bygningsdele i projektet.

Allerede på projektets skitsestadium afgøres dets skæbne som modulprojekt

Ikke alle bygningsdele forekommer idag i standardiseret udgave, men udvalget er hastigt voksende - hvilket også kan ses af det voksende antal byggestandards, som er tilpasset modulordningen. Heller ikke alle byggeopgaver kan med rimelighed anvende de foreliggende standardiserede produkter, og derfor må der nødvendigvis forekomme projekter, hvor de standardiserede bygningsdeles andel er beskednen.

Hvis byggemarkedet ikke kan tilbyde egnede modulære produkter, kan der blive tale om at udvikle nye bygningsdele til det pågældende byggeri. Dette er gjort i en række tilfælde, men det er naturligvis kun de større byggeopgaver, der økonomisk kan bære et sådant udviklingsarbejde. Normalt vil vi derfor finde den højeste grad af modulstandardisering på de store samlede byggeplaner som f.eks. de seneste års montageplaner: Ballerupplanen, Gladsaxeplanen, osv. Men også de mindre byggeopgaver skal modulprojekteres, og det bliver de ved, at man "fremmer anvendelsen af standardiserede bygningsdele, installationsdele og inventar" (citater fra landsbyggelovens kapitel 1).

Kun de større projekter giver mulighed for udvikling af nye modulære komponenter

For at give et overblik over hvilke præfabrikerede, standardiserede bygningsdele, der idag er på markedet til brug fortrinsvis for boligbyggeriet, er der i fig. 4.1 vist en isometri af en normaltagetage med en enkel planløsning og i simpel konstruktiv udførelse. Som det fremgår af figuren, foreligger næsten samtlige bygningskomponenter i standardiseret og/eller præfabrikeret udgave.

Mulighederne for at opfylde landsbyggelovens krav om at fremme anvendelsen af standardiserede bygningsdele mv. er altså allerede i dag gode, og nye produkter kommer stadig frem. Samtidig må der i de kommende

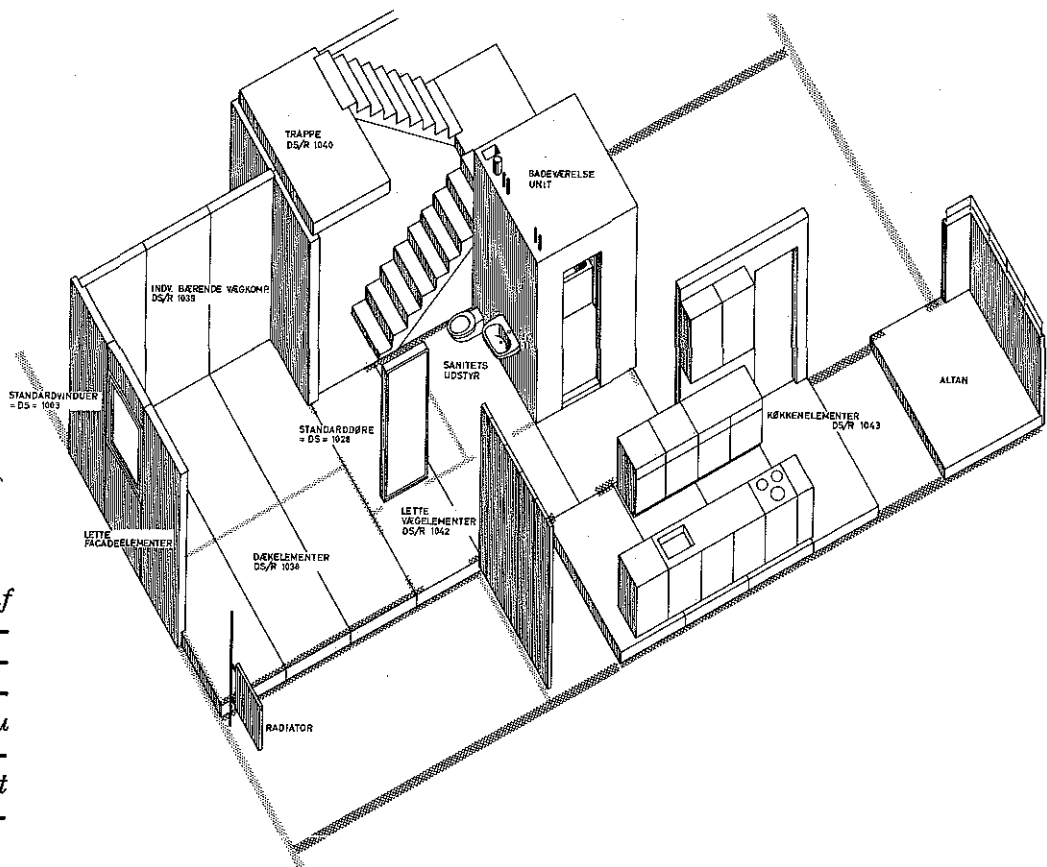


Fig. 4.1. Isometri af lejlighedsplan med præfabrikerede bygningsdele. Til den normale etagebolig foreligger nu standardblade og rekommandationer til et flertal af komponenterne.

INDUSTRIALISERINGENS TEKNIK OG INDHOLD

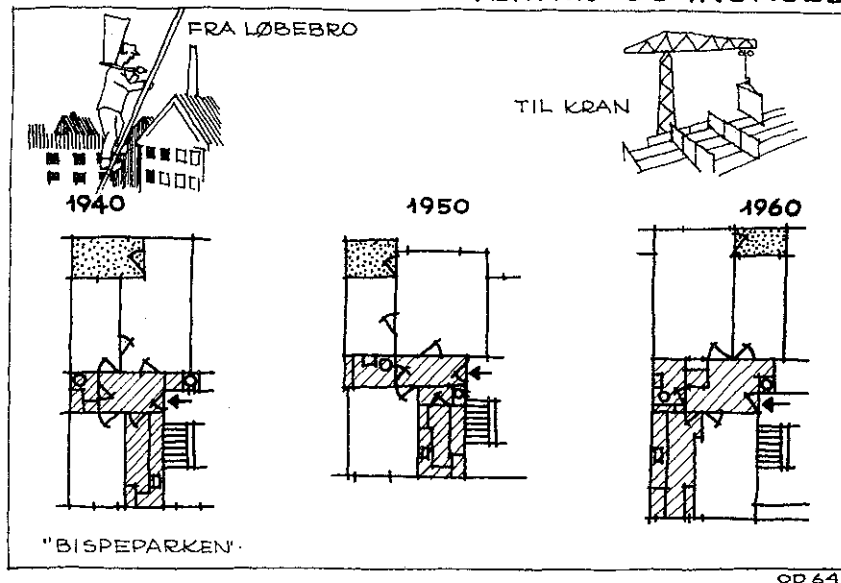


Fig. 4.2. Medens teknikken i boligbyggeriet er blevet revolutioneret fra 1940 til 1960, ligger lejlighedsplanerne fast i nogenlunde det samme mønster. Vil samfundet ofre midlerne til et øget boligforbrug?

år forventes en stærk udvikling af vore lejlighedstyper, hvis planløsninger har ligget i et overordentligt fast mønster i en lang årrække - sammenlign arkitekt Ole Dybbroes artikler i "Byggeindustrien" i september-november 1964. Der vil således hele tiden være behov for at træffe valg mellem forskellige muligheder for hustyper, materialer og metoder.

For at registrere disse valg har arkitekt Klaus Blach fra SBI udarbejdet "valgskemaet" i fig. 4.3, hvor man gennem en simpel afkrydsning kan markere de trufne valg.

Når det er gjort, har man samtidig en skematisk bygningsbeskrivelse af projektet.

Skematisk bygningsbeskrivelse

Enfamiliehus	Etagebolig	1 2 3 4 5							Åbent	Lukket
Fabrik	Institution	6 7 8 9 10								
		11 12 13 14								
Byggeri		Etager	Konstruktionsprincip				System			

VÆGGE	TAG	Tagdækning	Tegl på lægter Tegl på brædder og pap Pap på brædder Asbestcement bølgeplader Skifer Metalplader Plasticplader
		Tagkonstruktion (se også tagdæk)	Hønebåndspærrefag Gitterspærrefag Plader Bjælker Buer
		Langsgående facadevæg	Tunge stående Tunge ophængte Lette udfyldningsvægge Lette beklædningsvægge (curtain walls)
		Tværgående facadevæg (gavl)	Tunge stående Tunge ophængte Lette udfyldningsvægge Lette beklædningsvægge (curtain walls)
		Langsgående skillevæg	Murværk, normalstensformat Murværk, blokstensformat Beton in situ Betonkomponenter, etagehøje Letbetonkomponenter, etagehøje
		Tværgående skillevæg	Murværk, normalstensformat Murværk, blokstensformat Beton in situ Betonkomponenter, etagehøje Letbetonkomponenter, etagehøje
		Trapperums-væg	Murværk, normalstensformat Murværk, blokstensformat Beton in situ Betonkomponenter, etagehøje Letbetonkomponenter, etagehøje
FUNDA-MENTER	Lø- og støtte-væg	Murværk, normalstensformat Murværk, blokstensformat Beton in situ	
		Beton in situ Betonkomponenter Punktfundering Fundamentsbjælker	

DÆK	Tagdæk	Træbjælkelag Letbetonkomponenter Betonkomponenter Beton in situ Hulstensdæk Specialdæk
	Normaldæk	Træbjælkelag Letbetonkomponenter Betonkomponenter Beton in situ Hulstensdæk Specialdæk
	Kælderdæk (evt. sikringsdæk)	Træbjælkelag Letbetonkomponenter Betonkomponenter Beton in situ Hulstensdæk Specialdæk
	Terrændæk Bunderdæk	Klapiag Folie
TRAPPER		Trætrapper Beton in situ Betonkomponenter (Løb og reposer) Metaltrapper
DIVERSE	Opvarmning	Varmluftanlæg Centralvarmeanlæg
	Sanitet	
	Inventar	

Forenklet oversigt over vigtige valgmuligheder ved projektering. Simpel afkrydsning kan angive foretagne valg, og fremtræde som en grov beskrivelse af det foreliggende projekt.

Fig. 4.3. SBI's "valgskema".

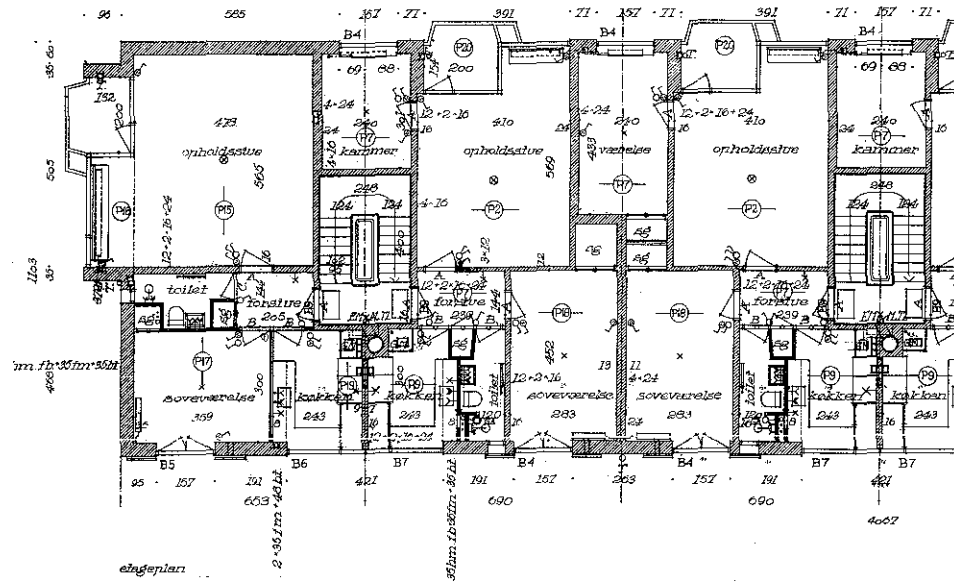
5. Projektmaterialiets tegninger

Den hastige udvikling, vore byggemetoder gennemløber i disse år, ledsages af en tilsvarende udvikling i projektmaterialiet.

Hovedtegninger

De traditionelle hovedtegninger i målestok 1:100 (fig. 5.1), der redegør for udførelsen af samtlige entrepriser, og søger at illustrere hele det færdige hus, kommer til kort som arbejdstegninger over for en stadig mere specialiseret produktionsteknik.

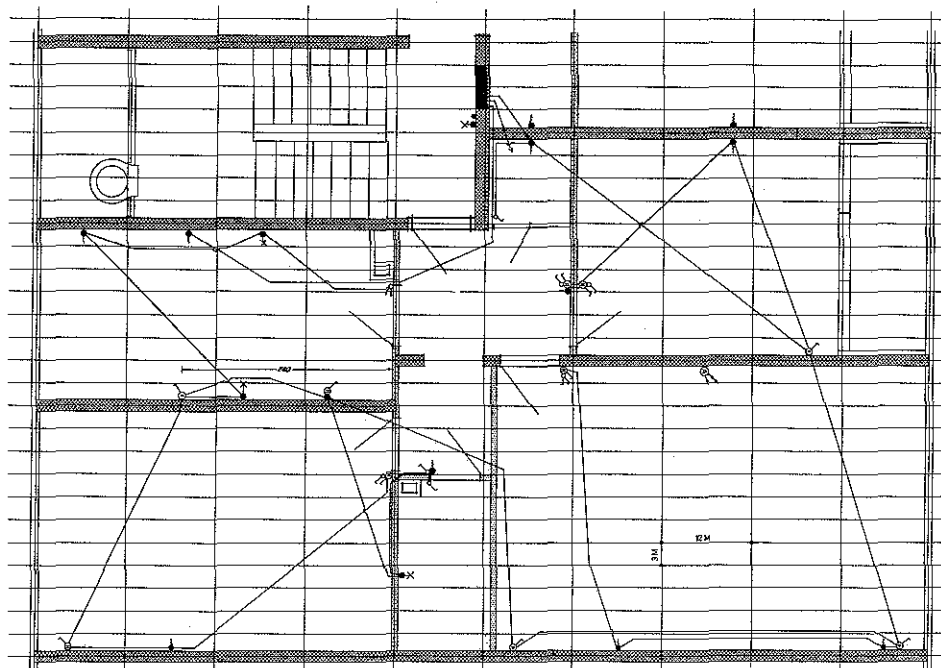
Fig. 5.1. Hovedtegning i traditionel udførelse. Tegningen søger at give et billede af det færdige hus. Den er arbejdstegning for følgende entrepriser: Murer, jernbeton, tømrer, snedker, el-installation, varme og sanitet. Tegningen er her gengivet i mål 1:200.



Procestegninger

Alene det voksende antal installationer i vore bygninger nødvendiggør specielle tegninger, der beskriver de hertil hørende arbejdsprocesser. Men også råbygning og inventar kræver i dag særlige tegninger, og i de mest avancerede projekter har samtlige delarbejder deres egne procestegninger.

Fig. 5.2. Procestegning for el-installation i lejlighedsplan fra Ballestrup-planen. Tegningen indeholder kun oplysninger til brug for el-installatøren.



Eksempler herpå kendes fra den svenske HALTH-gruppens arbejder*), og i Danmark fra projektmaterialer til f.eks. Ballerupplanen; også projektmaterialer fra Arkitekternes Typehuskontor er udarbejdet som procestegninger.

Arkitekternes typehuskontor

Ligesom de enkelte delarbejder kræver procestegninger, må vi under projekteringen arbejde med forskellige tegningstyper, der tjener hver sit formål under projekteringsprocessen.

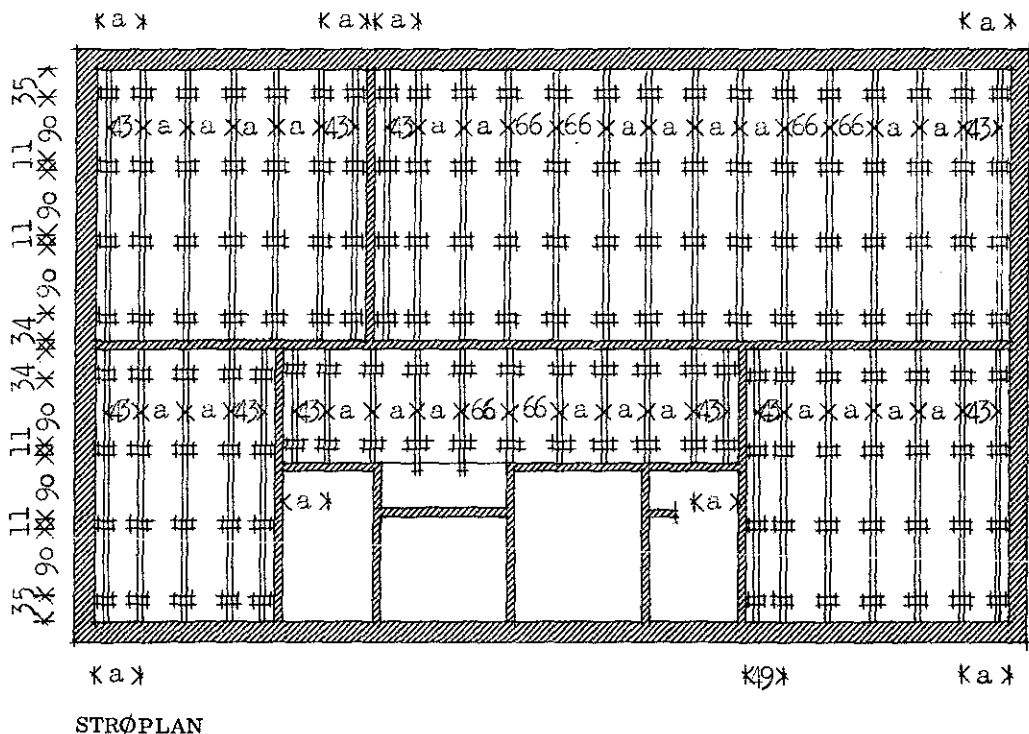


Fig. 5.3. Procestegning for tømreventreprise - strøplan. Arkitekternes typehuskontor.

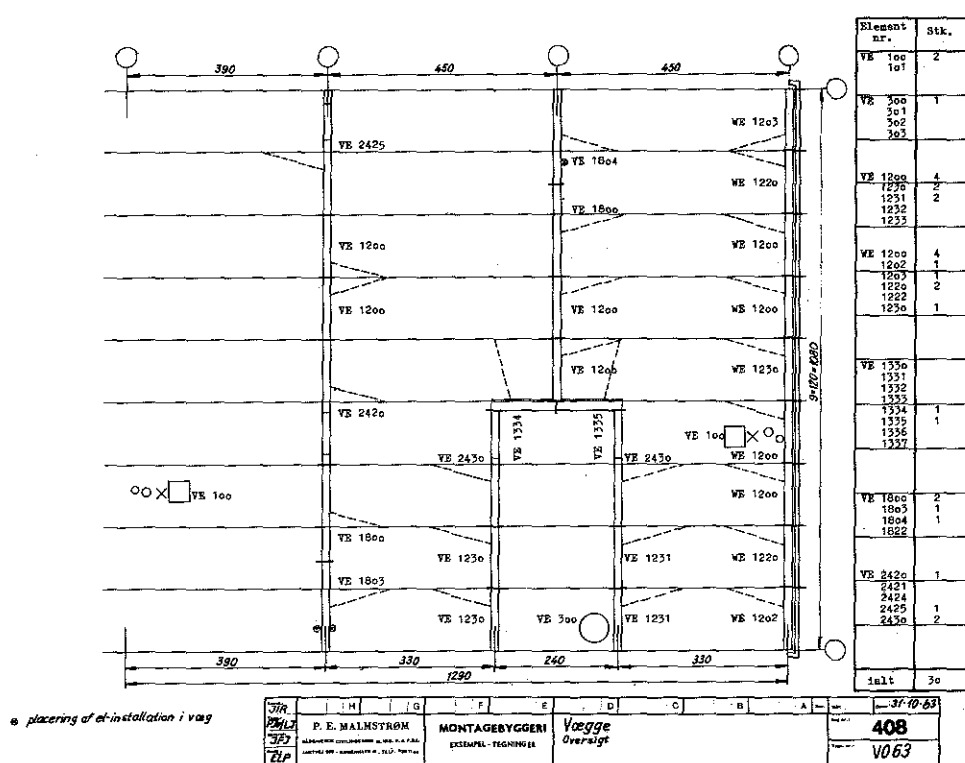


Fig. 5.4. Procestegning for montage af vægelementer. De skrå punkterede linier angiver vægafstivninger, der anvendes under opstillingen.

*) Se SNB-anvisning 53, Stockholm 1959. Halth-gruppen har sit navn efter forbogstaverne på de fem ingeniører, der har udarbejdet anvisningen.

Traditionelle tegnings-
typer

Fra gammel tid er vi fortrolige med de tre tegningstyper:

SKITSER
HOVEDTEGNINGER
DETAILTEGNINGER

Hertil kommer i modulprojekteringen særlige tegninger, der anvendes til at klarlægge modulproblemerne i projektet:

Særlige tegninger til
modulprojekter

MODULOVERSIGTSTEGNINGER og
MODULDETAILTEGNINGER

5.1 Skitser

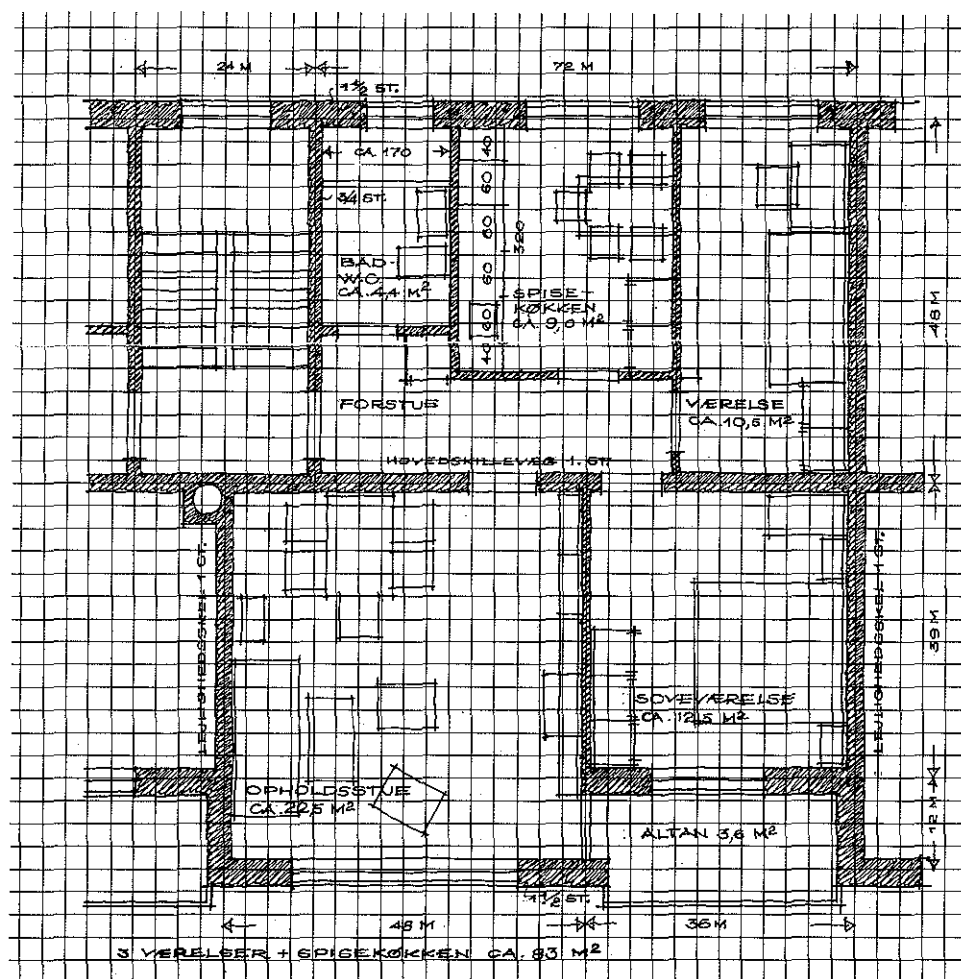


Fig. 5.5.

EKSEMPEL 1 SKITSE AF LEJLIGHEDSPLAN. 1:100

Under skitseprojekteringen fastlægges byggeriets hoveddispositioner og -mål i overensstemmelse med byggeprogrammet. Desuden foretages valg af konstruktioner, materialer og metoder, som omtalt i afsnit 4.2. De fleste projekterende er vant til at anvende kvadreret papir under skitseringen, og for boligbyggeri med 30 cm planlægningsmodul vil et papir med 6 mm kvadratnet netop give planlægningsmodulnettet i målestok 1:50. Alle planerne i de følgende eksempler er tegnet i denne målestok, hvorefter de af pladsmæssige grunde er nedfotograferet til 1:100. Modulpapir med 6 mm maskevidde fås i handelen.

Under skitseringen optegnes råhusets komponenter, bærende og afstivende vægge, trapper og facader mv. over 3M-modulnettet. Den nøjagtige placering af disse bygningsdele i forhold til nettet kan imidlertid først bestemmes ved den følgende gennemtegning af detaljerne.

5.2 Moduldetailler

Skillevæggene er vist med puds på begge sider. De er anbragt midt i modulfeltet.
Ydermurene er vist med puds på den indvendige side. De er anbragt således i modulfeltet, at ydersiderne flugter.
Som man vil se, varierer afstanden fra murens inderside til nærmeste modullinje betydeligt.
Mål 1:10.

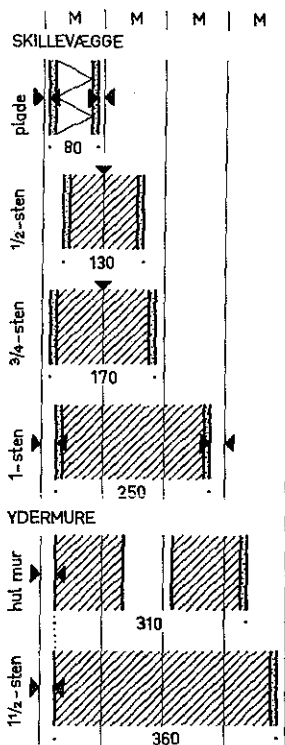


Fig. 5.6. Skille- og yder-vægge i modulnet, fra SBI-anvisning 47. Modulliniernes placering er valgt uden hensyn til sammenbygningen med andre komponenter. Det går ikke.

Hvor ligger modullinierne i forhold til konstruktionerne? Dette spørgsmål har man tidligere ment at kunne besvare generelt, f.eks. således: "modullinierne placeres midt i de bærende vægge" og "modullinierne lægges principielt M , eventuelt $\frac{1}{2}M$, inde i facaderne", se fig. 5.6.

Man opdagede så, at de byggetekniske forhold gang på gang førte til konflikt med disse regler, hvorefter man opstillede undtagelser i form af "neutrale zoner" og $\frac{1}{2}M$ -netforskydninger mm. Hermed var de generelle regler brudt, og stor forvirring opstået blandt de projekterende.

Der kan ikke gives faste regler for, hvor modullinierne skal ligge i forhold til konstruktionerne; men der findes et generelt princip, der med sikkerhed altid kan føre til en bestemmelse af den nøjagtige beliggenhed i hvert enkelt projekt:

En afklaring af byggeteknisk korrekt udførte samlinger mellem (modul)komponenterne.

Hertil bruger vi moduldetailleringerne, der bringer komponenterne på plads i forhold til hinanden, og i forhold til modullinierne. Se fig. 5.7 og detailtegningerne i de følgende afsnit. Moduldetailleringerne bør tegnes i målforhold 1:1, således at alle enkeltheder omkring samlinger og fugeandele mm. træder tydeligt frem, og en helt nøjagtig målsætning kan foretages.

Fig. 5.7. Moduldetaille af samling mellem let facade og dæk. Tegningen bringer samlingens komponenter på plads i forhold til hinanden og til modullinierne. Desuden anvendes den ved totalprojekteringen til udførelse af samlingsdetaller som proces-tegninger. Se fig. 5.8 og afsnit 5.5.

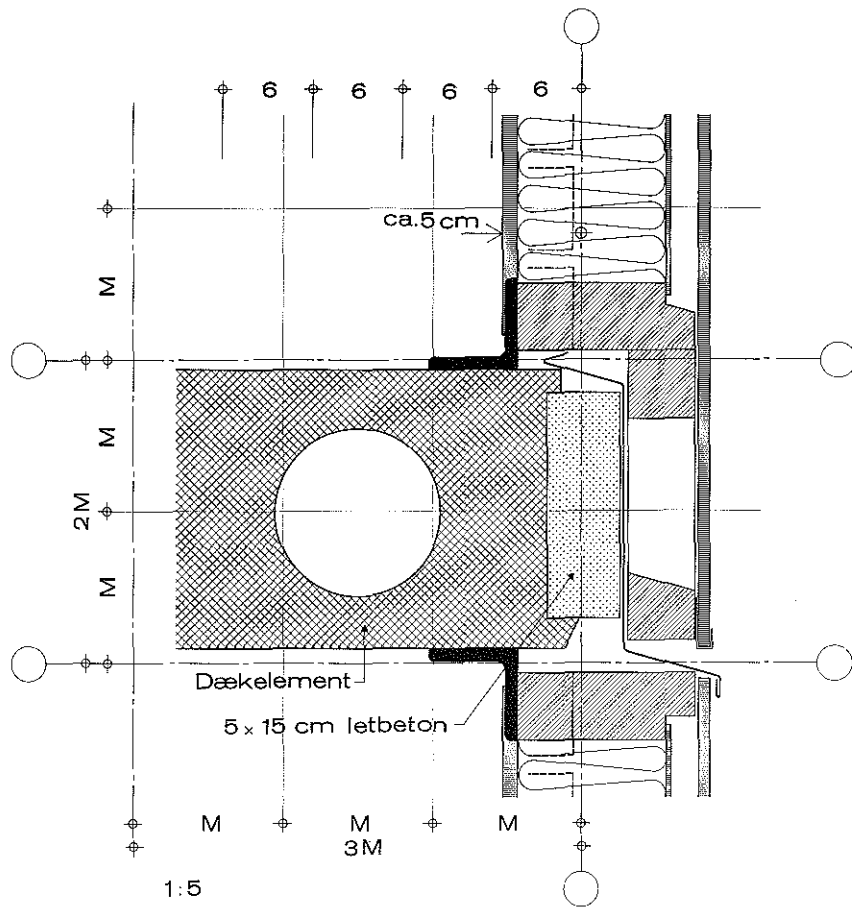
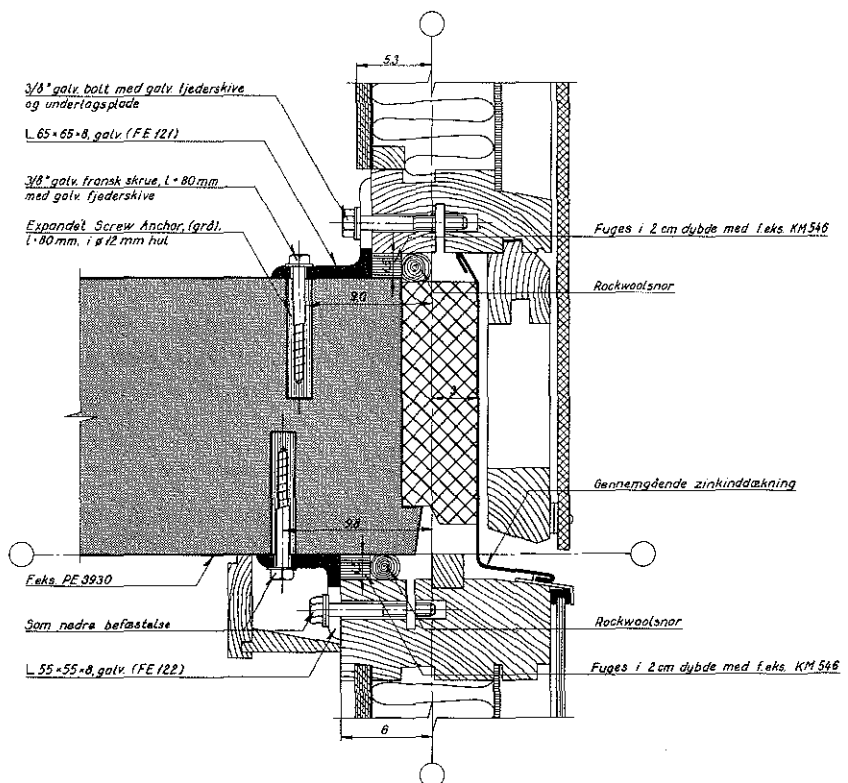


Fig. 5.8. Samlingsdetalle af let facade og dæk. Tegningen er udarbejdet som proces-tegning under totalprojekteringen, og indeholder alle nødvendige specifikationer for montagearbejdet. Samtidig er modulmål og net forsvundet og erstattet af afsætningsmål og -linier. Sammenlign afsnit 5.5.



Tegningerne kan udføres som skitser og danne grundlag for de senere samlingsdetaljer til byggepladsen, se fig. 5.8 og afsnit 5.5. Alle detailtegninger i denne bog er udført i mål 1:1, hvorefter de er nedfotograferet.

5.3 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 fig. 5.9.

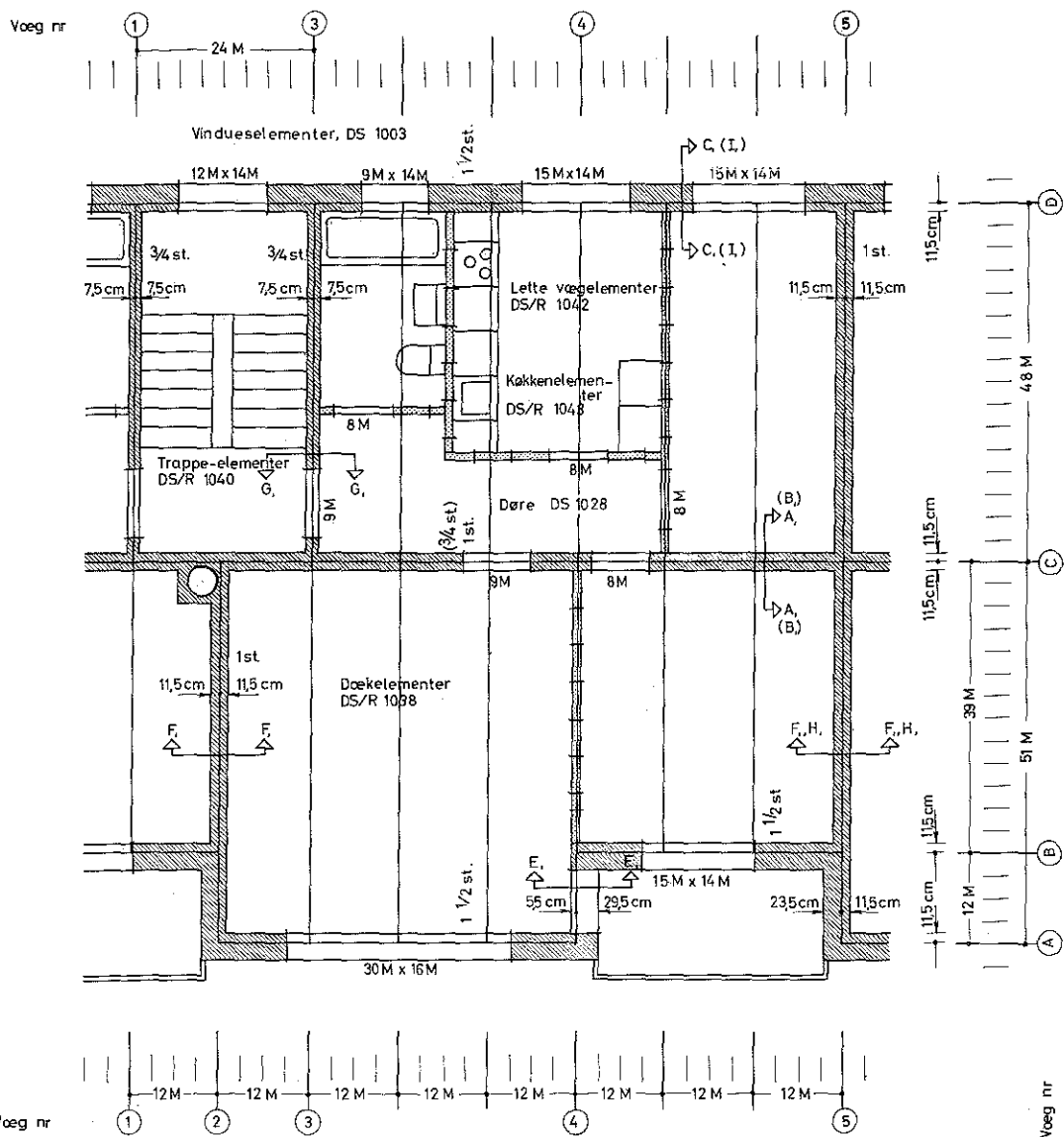


Fig. 5.9.

EKSEMPEL 1 A
MODULOVERSIGTSTEGNING. 1:100

Modulmålene bliver på tegnestuen

Ingen moduler på byggepladsen

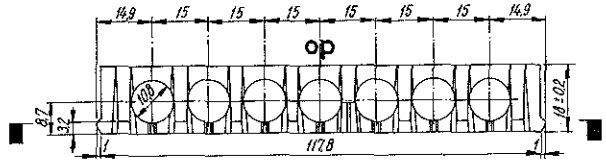
Målene på moduloversigtstegningerne er fortrinsvis modulmål (M-mål), og tegningerne er ikke bestemt for byggepladsen, hvor M-mål ikke har noget at gøre. Tegningerne tjener kun til at give tegnestuen - og eventuelt bygningsmyndighederne, se herom i afsnit 5.8 - en oversigt over, hvilke modulkomponenter, der er anvendt i projektet.

5.4 Tilvirkningstegninger

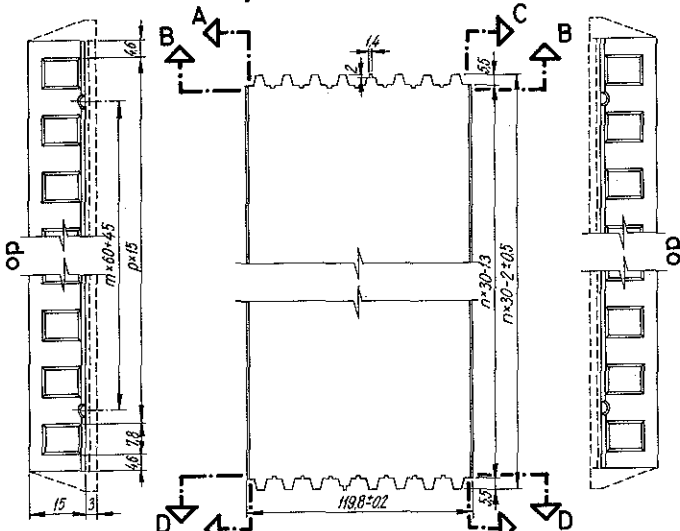
Tilvirkningstegningerne består af produktionstegninger til fabrik og værksted - elementtegninger - og produktionstegninger til byggepladsen for de arbejdsprocesser, der kræver tildannelse på stedet, f.eks. opmuring og støbning.

Elementtegningerne skal i detaljer redegøre for alle de mål og kvalitetskrav, der er nødvendige for at producere elementerne. Målene angives i mm eller cm, og der forekommer ingen modulmål på disse tegninger, selv om de modulære elementers hovedmål, f.eks. længde og bredde er afledt af modulmålene. Målene bestemmes ud fra funktionskrav til elementerne og ud fra oplysninger fra detailtegningerne om deres sammenbygning med andre bygningsdele. Se endvidere D.S. 1011.3 Dimensionering af modulelementer. Nogle samlinger kan være af så generel karakter, at de kan standardiseres, og standardiseringsrådet har derfor nedsat et udvalg med den opgave, at udarbejde et rekommandationsblad for generelle samlinger mellem råbygningens bærende komponenter: etagekryds og lignende. Bladet forventes udsendt i begyndelsen af 1966.

Generelle moduldetaljer



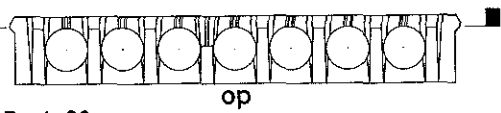
Snit B-B, 1:20



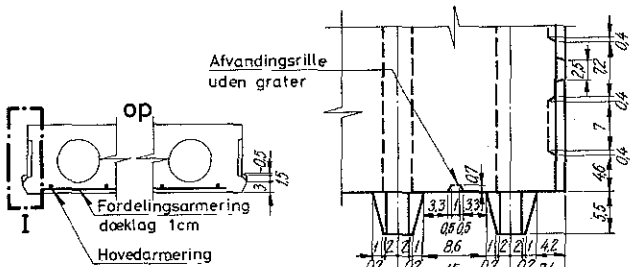
Snit A-A, 1:20

Form, 1:40

Snit C-C, 1:20
(Mål som snit A-A)

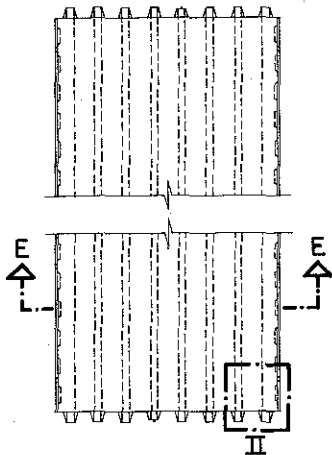


Snit D-D, 1:20
(Mål som snit B-B)



Snit E-E, 1:40

Detail II, 1:10



Opside, 1:40

Armering, 1:40

Detail I, 1:5

■ ■ på snit B-B og snit D-D angiver bundformens udstrækning
Alle ubenævnte mål er cm

Principtegning, dækkelement

Fig. 5.10. Tilvirkningstegning af dækkelement. Procestegning for elementproduktionen. Tegningen indeholder mål mv. til den viste hulpladetype. Specifikationer om armering og udspæringer mv. findes på de særlige tegninger af hvert elementnummer

5.5 Samlingsdetaller

De sædvanlige detailtegninger til brug for byggepladsen skal også udføres som procestegninger, dvs. at de skal alene give de nødvendige oplysninger om den arbejdsproces, hvorved komponenterne bygges sammen på stedet. Tegningerne skal således indeholde oplysninger om placering, om fugedørelse, eventuelle montagejern, inddækninger, isolering mm. Se fig. 5.11.

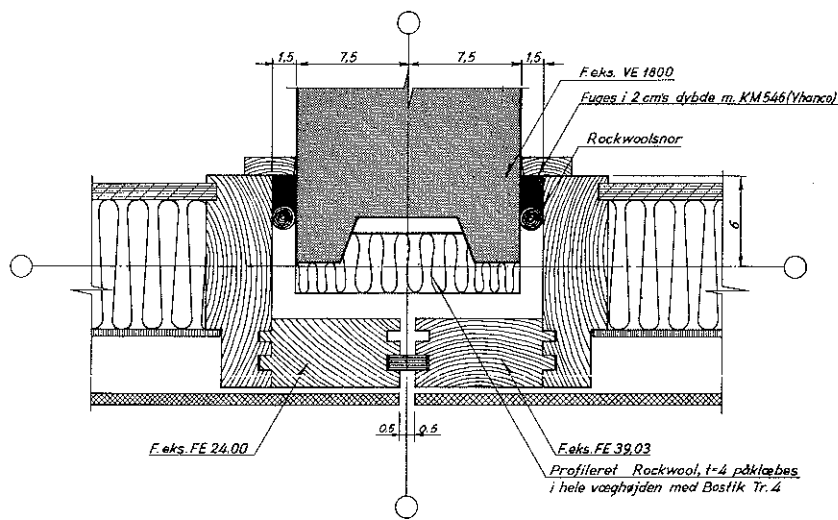


Fig. 5.11. Samlingsdetail, Ballerupplanen. Vandret snit i facade ud for tværvæg. Mål 1:5.

Målfætningslinier

Placeringen af samlingernes elementer skal vises i forhold til de på byggepladsen anvendte målfætningslinier, der kan være udvalgte modul-linier i projektet, men ikke altid behøver at være det. (Se herom i eksemplerne i afsnit 6 og 7). Placeringsmål og detailmål opgives i mm eller cm, og der forekommer heller ikke moduler på disse tegninger.

Moduldetaller contra samlingsdetaller

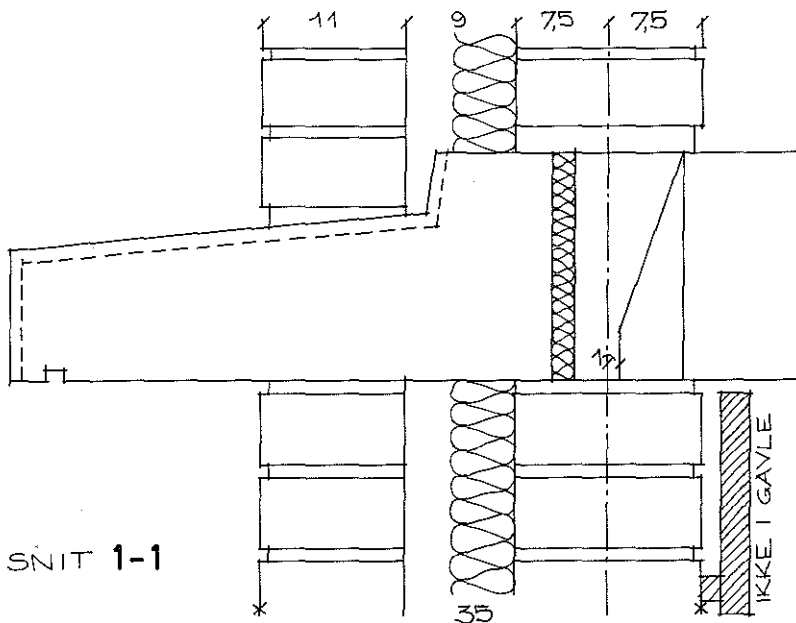
Det har været diskuteret, om det er rimeligt at opretholde begrebet modul-detailtegninger, når de er så nært beslægtede med de egentlige samlingsdetaller til arbejdspladsen.

Moduldetaller er standardiseret i DS 1010

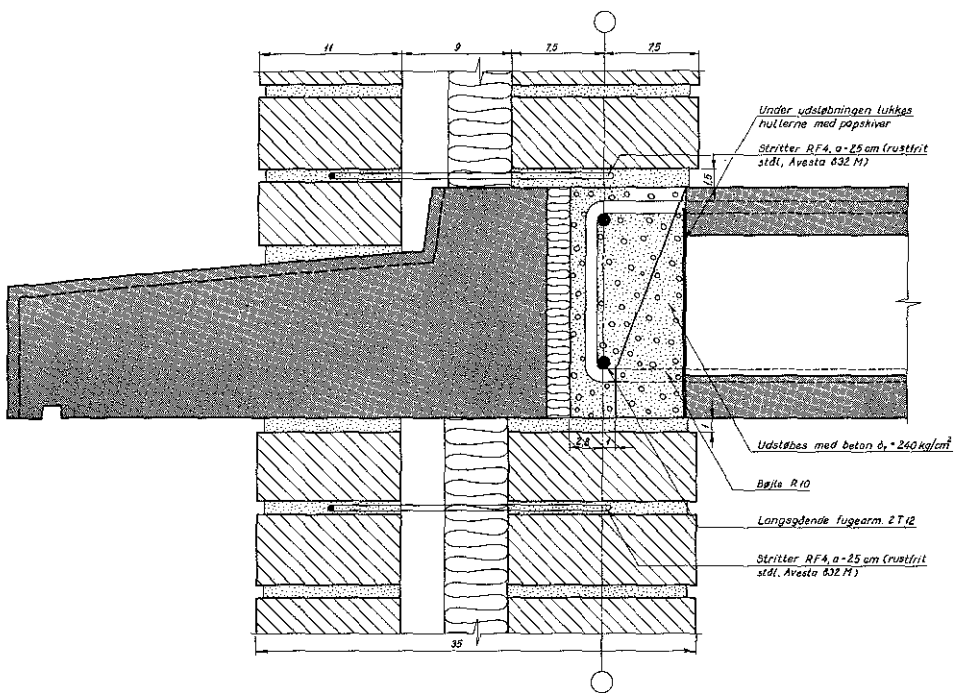
I denne bog er begge begreber anvendt, dels af pædagogiske grunde, idet moduldetallerne redegør for den meget afgørende fase af projekteringen, hvor komponenterne bringes på plads i forhold til modullinierne, dels af respekt for DS 1010, Modulordning for byggeindustrien, hvor begrebet moduldetaller er standardiseret, se side 6, og endelig fordi udarbejdelse af egentlige samlingsdetaller med alle de nødvendige specifikationer for fugearmering mv., der gør tegningerne færdige som procestegninger, forudsætter en totalprojektering med en fuldstændig ingeniørmæssig beregning af projektet.

Efterhånden, som de projekterende vinder erfaring i modulprojektering, vil moduldetallerne sandsynligvis kun blive et skitsestadium under udarbejdelse af samlingsdetallerne.

Fig. 5.12. Moduldetailler og samlingsdetaller i praksis. Moduldetaillen, udført af arkitekt Eske Kristensen, bringer komponenterne på plads i forhold til hinanden og til modullinjerne. Samlingsdetallen, udført af ingeniør Malmstrøm, giver de specifikationer om fugearmering mv., der gør tegningen til en procestegning for råhusentreprisen.



MURET FORSØGSBYGGERI		Signatur	25.12
Byggelse på matr. 17a m.fl. Vallensbæk, ved Albertslundvej og Vridsløsevej		Kontrol	
MODULDETALIER		Dag	1
		Måned	12
		År	64
Eske Kristensen, Arkitekt m.A.A., Lundekovsvej 3, H.E. 7040		6306	TYPE 23 Tegn 207



25	H	G	F	E	D	C	B	A	1-7-64
6306	I. E. MALMSTRØM		MURET FORSØGSBYGGERI		Dæk		405 a		
ALLERØD GÅRDEN 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 54, 56, 58, 60, 62, 64, 66, 68, 70, 72, 74, 76, 78, 80, 82, 84, 86, 88, 90, 92, 94, 96, 98, 100		VALLENSBÆK		samlingsdetalle		PD 1			

5.6 Montagetegninger

Som de sidste proces tegninger i denne sammenhæng skal omtales montage-tegningerne. Disse tegninger udarbejdes direkte fra moduloversigtstegningerne og viser beliggenheden af de forskellige elementer, som f.eks. dækelementerne i etageadskillelsen. Elementerne forsynes med typebetegnelse og nummer, og deres beliggenhed vises i forhold til målaf-sætningslinier, der vælges mest hensigtsmæssigt i hvert projekt for sig. Den nøjagtige beliggenhed af elementerne skal dog søges på samlingsdetaillerne, til hvilke der kan være henvisninger på montage-tegningerne. Der skal naturligvis være overensstemmelse mellem målaf-sætningslinierne på detailtegningerne og på montage-tegningerne.

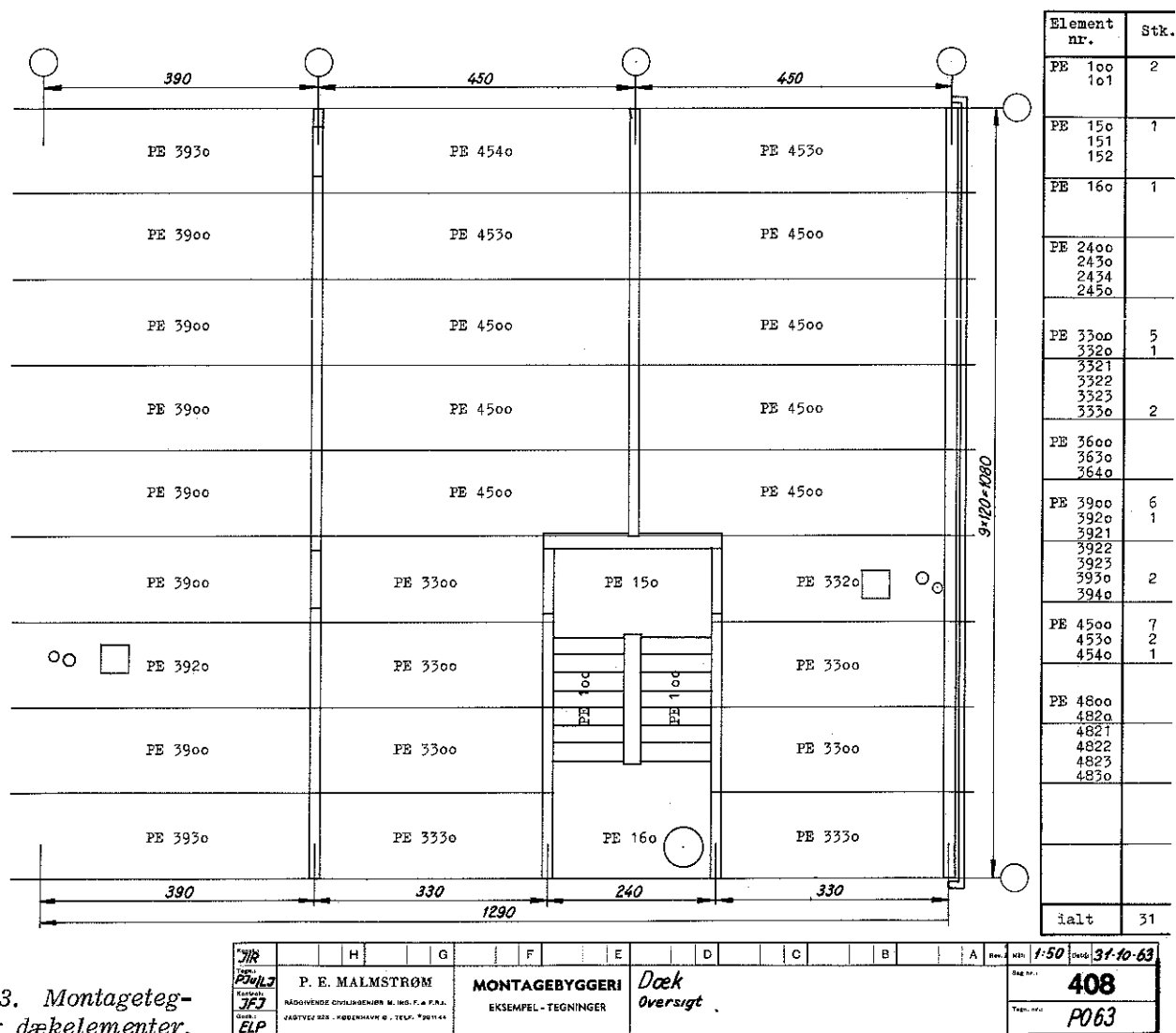


Fig. 5.13. Montagetegning for dækelementer.

Elementfortegnelse på alle montage-tegninger

Montagetegningerne forsynes tillige med elementfortegnelse, der foruden antallet af de forskellige elementer giver oplysning om deres modulmål og eventuelle særlige bemærkninger.

Montagetegningerne er arbejdstegninger og skal derfor have mål i cm eller mm. Ikke modulmål. Ingen moduler på byggepladsen.

5.7 Signaturer og målafsetsning

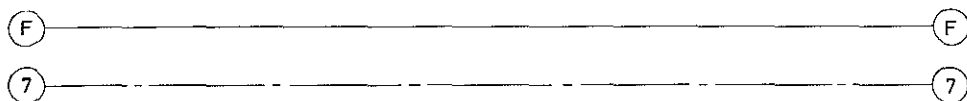
For at få det fulde udbytte af procestegningerne, er det vigtigt, at disse er udført med en rationel målafsetsning. Standardiseringsrådet har nedsat et udvalg til at udarbejde et rekommandationsblad for målangivelse på bygningstegninger, og den følgende fremstilling bygger på udvalgets hidtidige resultater. Bladet ventes at udkomme i begyndelsen af 1966.

DS-rekommandationsblad for målafsetsning

Alle mål afsættes ud fra målafsetsningslinier eller -planer.

MODULLINIER vises med tynd fuldlinie:

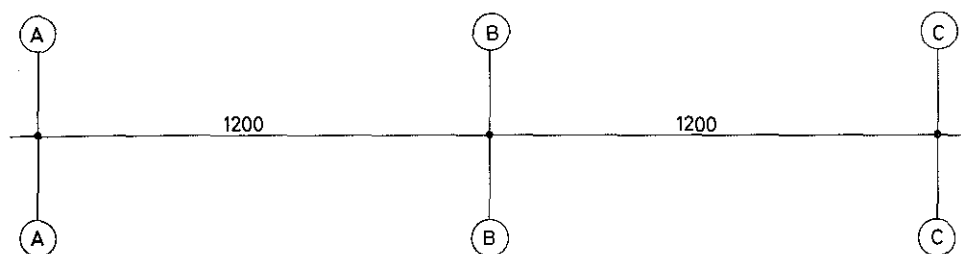
SYSTEMLINIER, som kan være
PLANLÆGNINGSMODULLINIER eller
MÅLAFSETSNINGSLINIER, vises med tynd fuldlinie - eller stiplede linie - med en cirkel i hver ende:



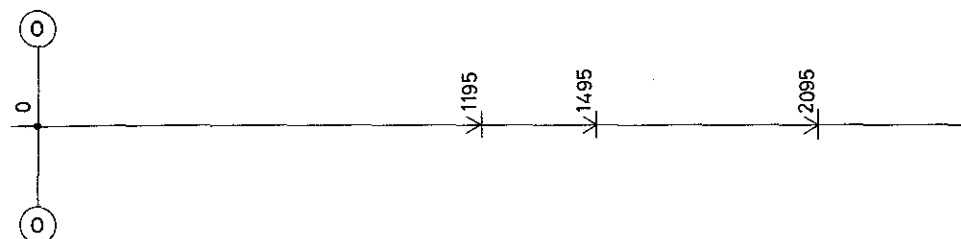
I cirklerne kan indskrives betegnelser i et referencesystem for bygningen.

Som målafsetsningslinier *kan* anvendes udvalgte modullinier, men i nogle projekter kan det være mere praktisk at *vælge* andre systemlinier. Sammenlign afsnit 6, fig. 6.13 og 6.25.

Målene, der fastlægger beliggenheden af målafsetsningslinierne, kaldes UDGANGSMÅL, og angives i mm ved kædemålsætning:



AFSÆTNINGSMÅLENE, der fastlægger bygningens linier og flader i forhold til målafsetsningslinierne, angives i mm *) ved nulpunktsmålsætning:



På mållinierne markeres målene her i bogen med prik eller bolle ved systemlinierne og med pilespidser ved afsætningsmålene.

*) For opmuringstegninger anvendes dog i denne bog cm.

5.8 Tegningsoversigt til modulprojekt

Som resume af den foregående gennemgang af tegningsmaterialet til et modulprojekt gives på de følgende sider en samlet, skematisk oversigt, hvor tegningerne er ordnet efter deres anvendelse på tegnestue, arbejdsplads og hos myndigheder.

1. Tegnestue

Tegnestuen udarbejder samtlige tegninger, men nogle af dem er kun bestemt for tegnestuen og kommer ikke videre.

2. Byggeplads og fabrik

Byggeplads og elementfabrik eller værksted skal have alle de tegninger, der er nødvendige for at planlægge og udføre arbejdet: Procestegningerne.

3. Myndigheder

Myndighederne skal bruge hovedtegningerne og de fleste af arbejdstegningerne til den sædvanlige behandling af byggesagen. Desuden skal myndighederne påse, at boligbyggeri med udleje for øje er modulprojekteret.

Dette dokumenteres bedst gennem moduloversigtstegningerne. Af disse fremgår det nemlig, i hvor høj grad de projekterende har "fremmet anvendelsen af standardiserede bygningsdele, installationsdele og inventar" - citatet fra Landsbyggelovens kap. 1.

Ud fra moduloversigtstegningernes oplysninger om det relative antal anvendte modulkomponenter i de forskellige projekter, kan myndighederne vurdere, i hvor høj grad landsbyggelovens modulkrav er efterkommet (det kan eventuelt udregnes, om der er tale om et "10%, 50%-, eller 90%-modulprojekt".)

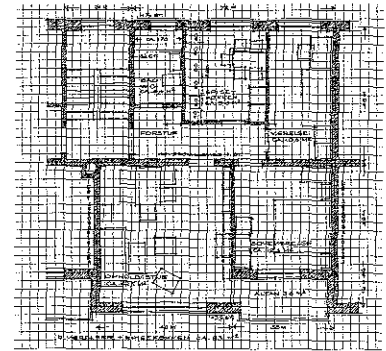


Illustrationerne på de følgende sider er gengivet i større målestok under figurnumrene i parentes.

A. Modulprojektets tegninger til tegnestuen

SKITSER

- Indhold:** Planløsninger, hoveddisposition, valg af materialer mv.
- Formål:** Illustration af byggeprogrammet over for bygherren, grundlag for tegnestuens videre projektering.
- Måleenhed:** Efter opgaven.
- Målestok:** Efter opgaven; for lejlighedsplaner 1:50 på modulpapir.

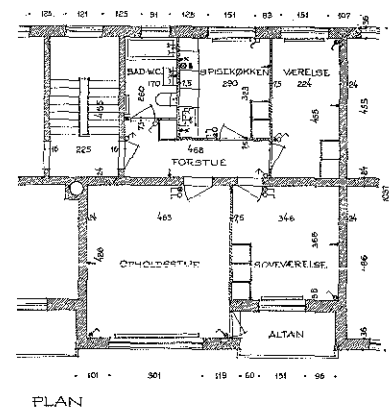


EKSEMPEL 1
SKITSE AF LEJLIGHEDSPLAN.

(Fig. 6.1)

HOVEDTEGNINGER

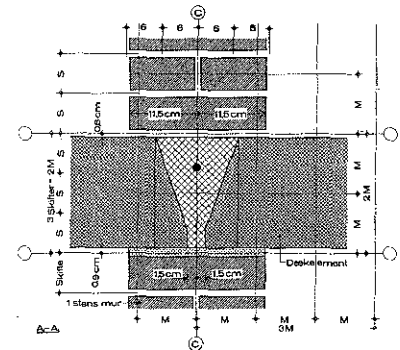
- Indhold:** Det færdige byggeprogram.
- Formål:** "Administrationstegning" for bygherre, myndighed, finansieringsinstitut m.fl. Grundlag for tegnestuens udarbejdelse af produktionstegninger.
- Måleenhed:** Fortrinsvis cm.
- Målestok:** Fortrinsvis 1:100.



PLAN

MODULDETAILLER

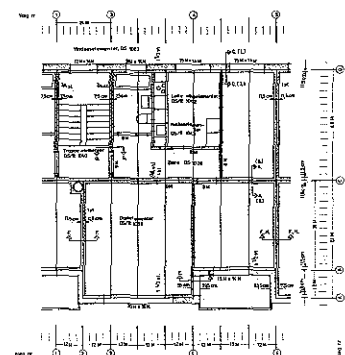
- Indhold:** Placering af (modul) komponenter i forhold til modullinier.
- Formål:** Kun for tegnestuens afklaring af projektets modulindhold.
- Måleenhed:** M, suppleret med mm eller cm.
- Målestok:** 1:1.



(Fig. 6.4)

MODULOVERSIGTSTEGNINGER

- Indhold:** Oversigt over samtlige valgte modulkomponenter.
- Formål:** Dokumentation af projektets modulindhold; grundlag for udarbejdelse af detailtegninger og montagetegninger.
- Måleenhed:** M, suppleret med mm eller cm.
- Målestok:** Fortrinsvis 1:50 og 1:100.



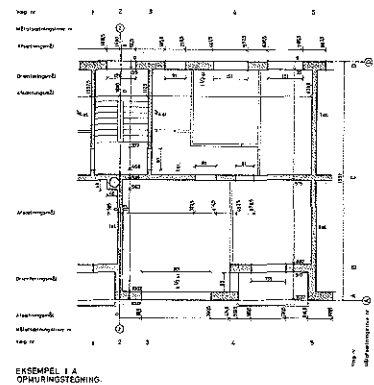
EKSEMPEL 1 A
MODULOVERSIGTSTEGNING

(Fig. 6.12)

B. Modulprojektets tegninger til byggeplads og fabrik

TILVIRKNINGSTEGNINGER, BYGGEPLADS

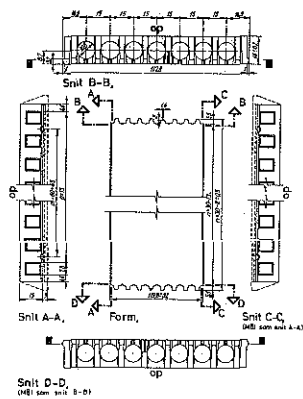
- Indhold:** Detailleret anvisning for udførelse af arbejdsprocesser på byggepladsen.
- Formål:** Produktion på byggeplads.
- Måleenhed:** mm eller cm.
- Målestok:** Efter opgaven.



(Fig. 6.13)

TILVIRKNINGSTEGNINGER, FABRIK

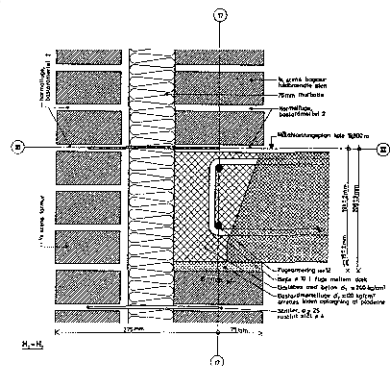
- Indhold:** Detailleret anvisning på fremstilling af komponenter.
- Formål:** Produktion på fabrik og værksted.
- Måleenhed:** mm eller cm.
- Målestok:** Efter opgaven.



(Fig. 5.10)

SAMLINGSDETAILLER

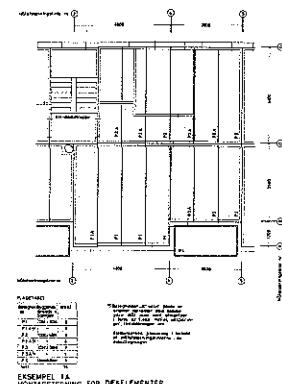
- Indhold:** Detailleret anvisning for udførelse af samlingerne med data over placering, fugematerialer, fugearmering, isolering, inddækninger mv.
- Formål:** Samlingsprocesser på byggepladsen.
- Måleenhed:** mm eller cm.
- Målestok:** Så stor som muligt.



(Fig. 7.13)

MONTAGETEGNINGER

- Indhold:** Placering af komponenter i forhold til systemlinier. Komponentfortegnelse.
- Formål:** Produktion på byggeplads samt planlægning af lager og transport mv. (stykklisterne).
- Måleenhed:** mm eller cm.
- Målestok:** Fortrinsvis 1:100.

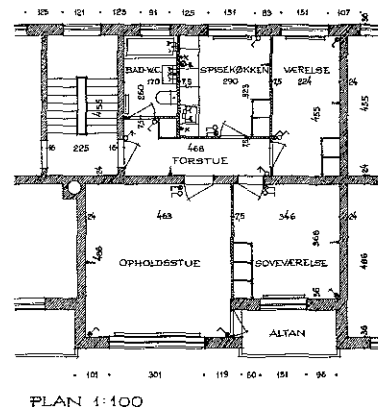


(Fig. 6.14)

C. Modulprojektets tegninger til myndigheder

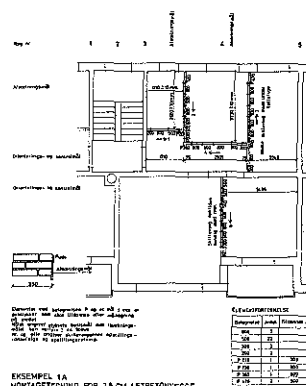
HOVEDTEGNINGER

- Indhold: Det færdige byggeprogram.
 Formål: Administrationstegning, kontrol med overholdelse af byggelovsbestemmelser.
 Måleenhed: Fortrinsvis cm.
 Målestok: Fortrinsvis 1:100



ARBEJDSTEGNINGER

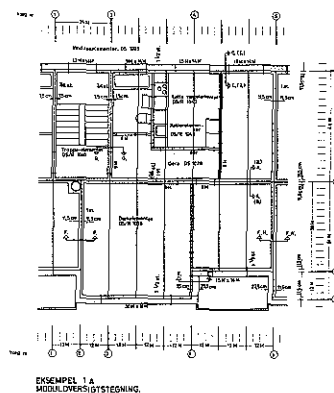
- Indhold: Beskrivelse af arbejdsproces.
 Formål: Detailkontrol med overholdelse af byggelovsbestemmelser vedr. konstruktioner og installationer.
 Måleenhed: mm eller cm.
 Målestok: Efter opgaven.



(Fig. 6.16)

MODULOVERSIGTSTEGNINGER

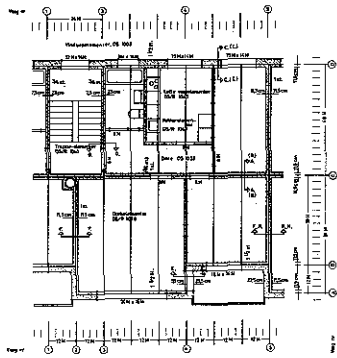
- Indhold: Oversigt over samtlige modulkomponenter.
 Formål: Dokumentation af, at projektet er et modulprojekt i landsbyggelovens forstand.
 Måleenhed: M suppleret med mm eller cm.
 Målestok: Fortrinsvis 1:100.



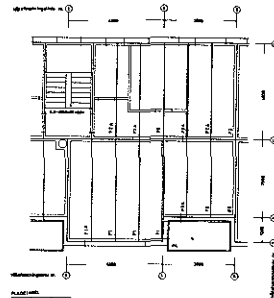
(Fig. 6.12)

D. Modulprojektets beslægtede tegninger

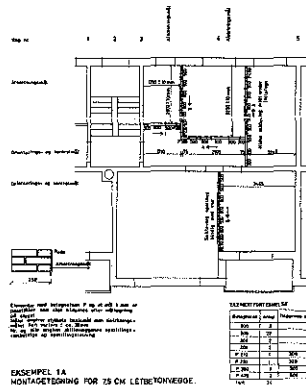
Under totalprojekteringen bliver tegnestuens moduloversigtstegning til montagetegninger (procestegninger).



EKSEMPEL 1A
MODULOVERSICHTSTEGNING.
(Fig. 6.42)

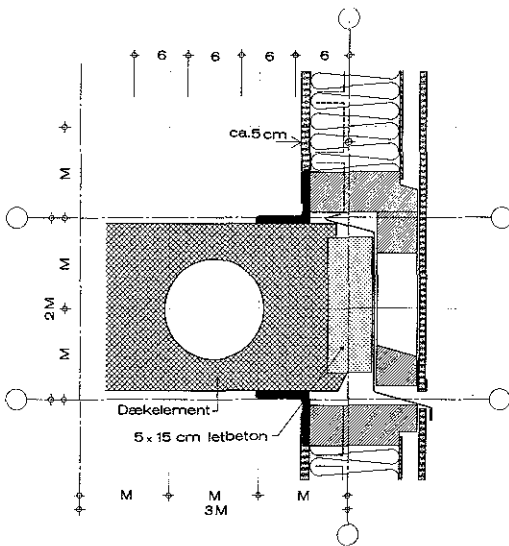


EKSEMPEL 1A
MONTAGE-TEGNING FOR DÆKELEMENTER. 1:100
(Fig. 6.14)

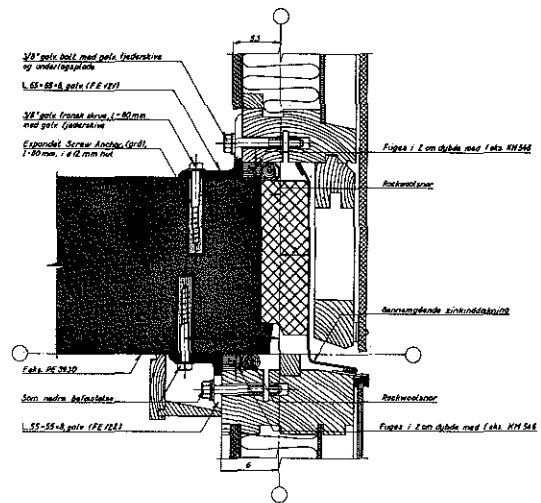


EKSEMPEL 1A
MONTAGE-TEGNING FOR 25 CM LETBETONEBDE.
(Fig. 6.16)

Under totalprojekteringen bliver tegnestuens moduldetaljer til samlingsdetaljer (procestegninger).



(Fig. 5.7)



(Fig. 5.8)

6. Modulprojekt, eksempel 1

Muret etagehus med bærende hovedskillevæg

I de følgende afsnit vises tegningsmaterialet til en række boligbyggerier udført som modulprojekter efter principperne i de foregående afsnit.

Valget af lejlighedsplaner er foretaget ud fra følgende synspunkter: Planerne svarer til gængse typer, som de udføres i dag. Der er eksempler både på enkle, mindre boliger og større, mere veludstyrede boliger. På alle planskitserne er der indtegnet møbleringsforslag efter SBI-anvisning 57: Boligens mål. Planerne kan selvfølgelig kritiseres og vil forhåbentlig blive kritiseret på linie med hele den diskussion, der i øjeblikket foregår om vore lejlighedsplaners stagnation og utilstrækkelighed. Det ligger uden for denne bogs rammer at deltage i denne debat, og principperne for modulprojektering er desuden stort set uafhængige af de valgte lejlighedstyper og -størrelser.

Planerne møbleres efter SBI-anv. 57: Boligens mål

6.1 Skitseprojekt og valg

Vi begynder med den gammeldags hustype, bygningsreglementets traditionelle hus i 3 etager med bærende hovedskillevæg og bærende facader i murværk, se fig. 6.1.

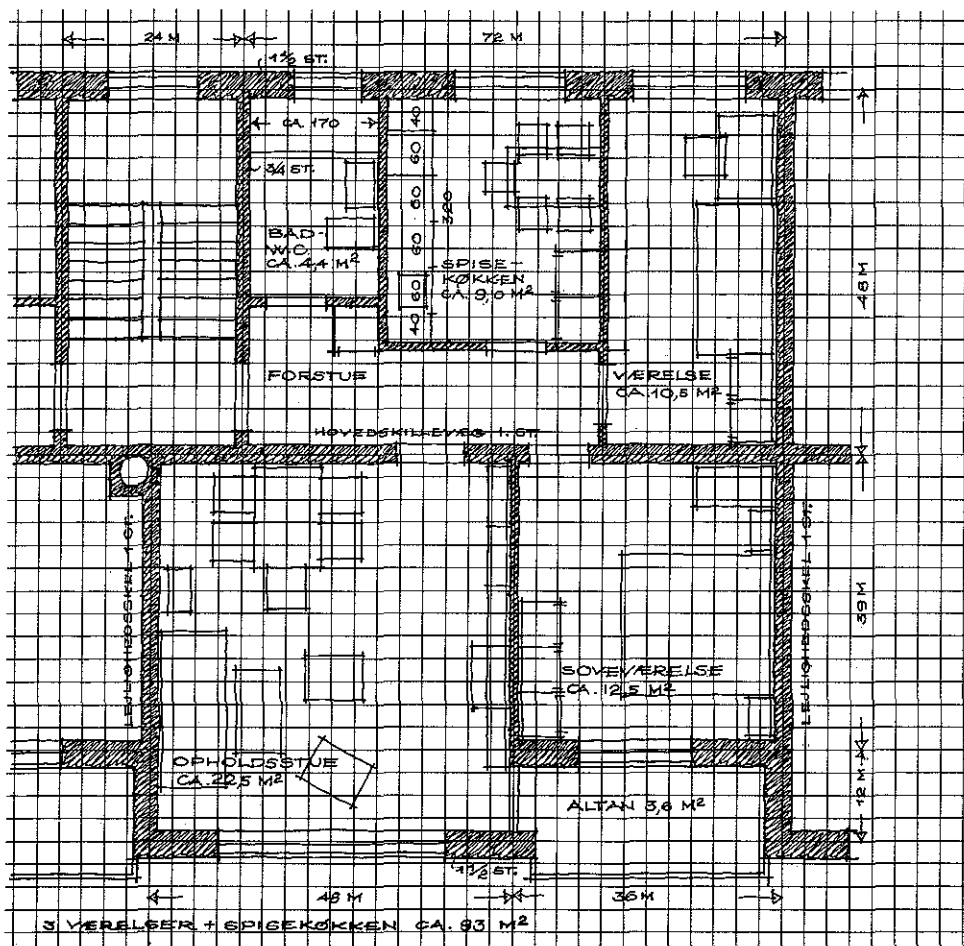


Fig. 6.1. Sammenholder man lejlighedsplanen med kravene i SBI-anvisning 57 ses det, at spisekøkkenet er lidt underdimensioneret; bl. a. er køkkenbordslængden for kort. De øvrige rum og altanen opfylder alle kravene.

EKSEMPEL 1
SKITSE AF LEJLIGHEDSPLAN. 1:100

Fig. 6.2. SBI's "valg-skema" registrerer de trufne valg.

Skematisk bygningsbeskrivelse EKSEMPEL 1

Enfamiliehus	Etagebolig	X	1	2	3	4	5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fabrik	Institution		6	7	8	9	10			
			11	12	13	14				
Byggeri			Etager		Konstruktionsprincip				System	

TAG		VÆGGE	
Tagdækning	Tegl på lægter		
	Tegl på brædder og pap		
Tagkonstruktion (se også tagplader)	Pap på brædder		
	Asbestcement bølgeplader		
	Skiifer		
	Metalplader		
	Plæsticplader		
Langsgående facadevæg	Tunge stående		X
	Tunge ophængte		
	Lette udfyldningsvægge		
	Lette bekædningsvægge (curtain walls)		
Tversgående facadevæg (gavl)	Tunge stående		X
	Tunge ophængte		
	Lette udfyldningsvægge		
	Lette bekædningsvægge (curtain walls)		
Langsgående skillevæg	Murværk, normalstensformat		X
	Murværk, blokstensformat		
	Beton in situ		
	Letbetonkomponenter, etagehøje		X
Tversgående skillevæg	Murværk, normalstensformat		X
	Murværk, blokstensformat		
	Beton in situ		
	Letbetonkomponenter, etagehøje		X
Trapperums - væg	Murværk, normalstensformat		X
	Murværk, blokstensformat		
	Beton in situ		
	Letbetonkomponenter, etagehøje		
Lø- og støtte - væg	Murværk, normalstensformat		
	Murværk, blokstensformat		
FUNDA - MENTER	Beton in situ		X
	Betonkomponenter		
	Punktfundering		
	Fundamentsbjælker		

DÆK		TRAPPER		DIVERSE	
Tagdæk	Træbjælkelag				
	Letbetonkomponenter				
	Betonkomponenter				X
Normaldæk	Beton in situ				
	Hulstensdæk				
	Specialdæk				
	Træbjælkelag				
	Letbetonkomponenter				X
Kælderdæk (evt. sikringsdæk)	Betonkomponenter				X
	Beton in situ				X
	Hulstensdæk				
	Specialdæk				
Terrændæk Bunddæk	Klaplag				
	Folie				
TRAPPER	Trætrapper				
	Beton in situ				
	Betonkomponenter (løb og reposer)				X
	Metaltrapper				
DIVERSE	Opvarmning	Varmtluftanlæg			X
		Centralvarmeanlæg			
Sanitet	Inventar				

Førenklet oversigt over vigtige valgmuligheder ved projektering. Simpel afkrydsning kan angive foretagne valg, og fremtræde som en grov beskrivelse af det foreliggende projekt.

Altan - karnap - lejlighedstypen

Lejlighederne er af den velkendte altan-karnap-type med 3 værelser, hvoraf det ene dog kun er et stort kammer. Trappen er en almindelig 2-løbs facadetræppe.

For at "fremme anvendelsen af standardiserede bygningsdele" vælges etageadskillelsen udført med hule dækkomponenter af beton efter DS/R 1038. Vi vælger dækelementer i den middeltunge vægtklasse med præferencemål B = 12 M. Til de lette vægge vælges letbetonelementer efter DS/R 1042.

Vi kan nu udfylde "valgskemaet" fra afsnit 4.2 og har dermed en skematisk bygningsbeskrivelse og et byggeprogram, se fig. 6.2.

Vi fortsætter vore valg - af flest mulige modulære komponenter - og vælger:

trappeelementer efter	DS/R 1040
køkkenelementer efter	DS/R 1043
vindueselementer efter	DS 1003
lette vægelementer efter	DS/R 1042
indvendige døre efter	DS 1028

Når de valgte - flest mulige modulære - komponenter er bygget teknisk korrekt sammen til et hus, har vi et modulprojekt i landsbyggelovens forstand.

6.2 Opklaring af detaljer, eksempel 1A

Denne sammenbygning klares op i moduldetallerne. Der udføres detailtegninger i målestok 1:1 af alle samlinger, således at den nøjagtige beliggenhed af komponenterne i forhold til hinanden og i forhold til modul-linierne kan bestemmes.

Moduldetallerne bringer bygningsdelene på plads

Optegningen af detaljer i stort mål forudsætter naturligvis kendskab til tilvirkningsmålene for de anvendte bygningsdele. De ydre mål på de valgte hule dækkomponenter af beton fremgår af fig. 6.3; øvrige detailmål for dækkomponenterne, se fig. 5.10. Murværkets tilvirkningsmål har vi i fig. 2.2-2.4.

Opgaven består nu i at sammenbygge dækelementer og murværk i byggeteknisk rigtige løsninger, og dette er muligt, fordi begge komponenter har byggemål, der er delelige med 3 M for de vandrette mål og 2 M for de lodrette mål.

Fig. 6.4, snit A1-A1, viser samlingen mellem dækelementernes vederlag og den bærende 1-stens hovedskillevæg. Den lodrette planlægningsmodullinie er placeret midt i 1-stens-væggen, og dækelementerne ligger symmetrisk herom. Dæklængden $n \times 3 M - 30$ mm giver en fuges mellem de bærende vederlag på 30 mm. Dækoversiden er placeret en halv murfuge = 6 mm under den vandrette planlægningsmodullinie, således, at der kan mures videre med normalfuge oven på dækket.

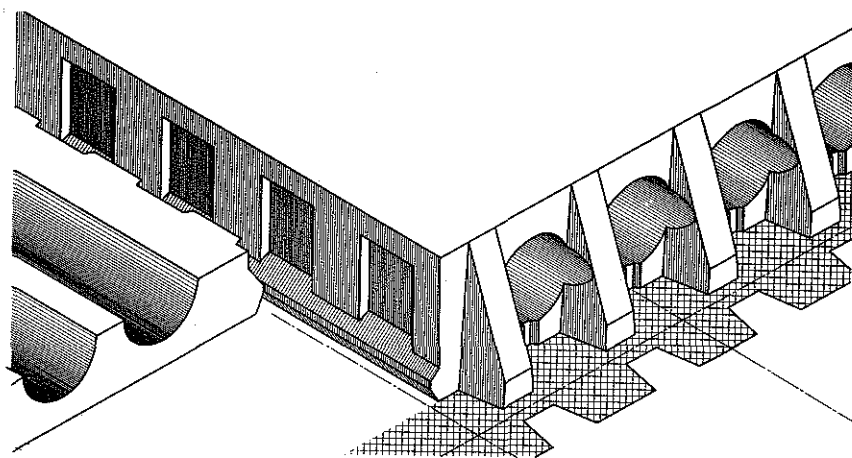
Herved bliver fugen under dækelementerne 15 mm, når skiftegangen holdes, se venstre side af figuren, hvor skiftegangen er afsat. Denne større fuges anvendes til afretning af øverste skifte i etagen under dækket, inden dette oplægges. Den viste "sammenkobling" af murværkets byggemål, 6 cm-takten, med planlægningsmodullinie C sikrer, at murforbandtet overalt går op. Tilsvarende for de lodrette mål, hvor 3 skifter passer med 2 M-takten.

Samlingens fuger

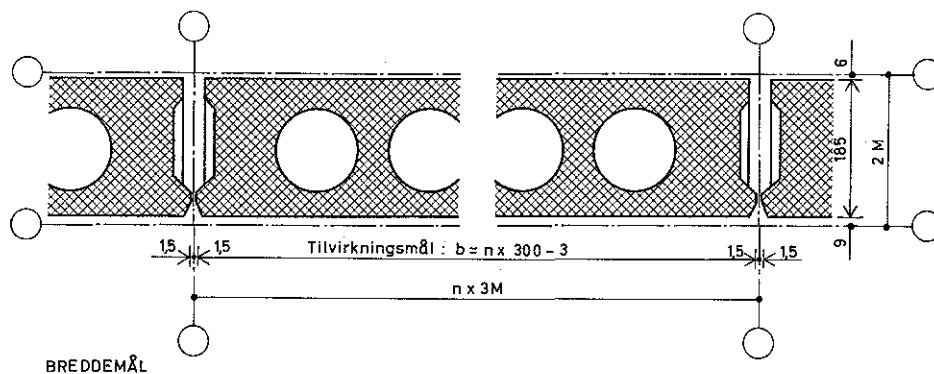
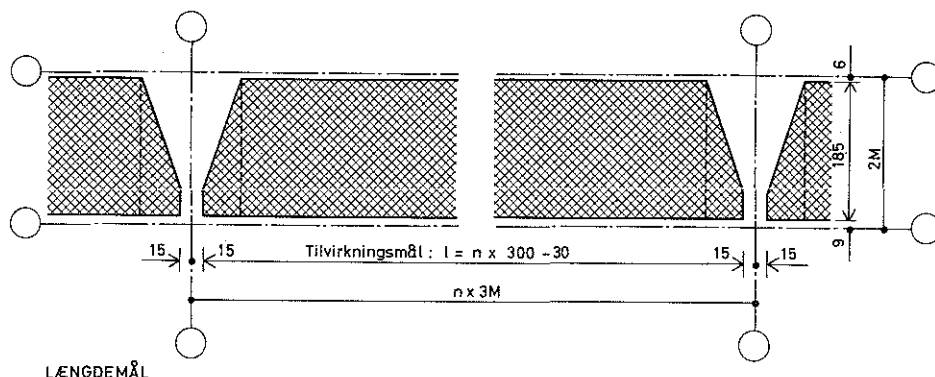
Den viste fugearmoring skal minde os om, at huset skal låses sammen i fugerne mellem dækelementerne; men en dimensionering af jernene kan kun udføres ved en statisk beregning af hele bygningen.

Fugearmoringen skal dimensioneres

Herved skal også mørtel- og stenstyrker bestemmes, og først da kan tegningen gøres færdig som arbejdstegning. Som den foreligger her, som moduldetailtegning med modulmål, er den kun bestemt for tegnestuens opklaring af samlingens modulære forhold, jævnfør bemærkningerne i afsnit 5.2 og 5.5.



ISOMETRI



HULE DÆKKOMPONENTER 1:10

Ubenevnte mål i mm
 Modulmål efter DS/R 1038
 Tilvirkningsmål efter katalog fra betonelementfabrik

Fig. 6.3. De anførte tilvirkningsmål er i de sidste udgaver af dækelementerne ændret til $b = n \times 300 - 2$ mm og $l = n \times 300 - 20$ mm. Foruden elementets tilvirkningsmål er vist dets normale beliggenhed i modulområdet. Heraf fremgår elementets fugeandele, som anvendes ved optegning af samlingsdetallerne.

Fig. 6.5, snit B1-B1, viser den tilsvarende samling, hvis der anvendes $\frac{3}{4}$ stens hovedskillevæg i øverste etage i overensstemmelse med bygningsreglementet. Samlingen er helt analog med snit A1-A1.

$\frac{3}{4}$ stens-væggen kan eventuelt anvendes også i de underliggende etager, hvis murværket dimensioneres ved beregning. Det må dog erindres, at trappeendevæggen i alle tilfælde skal være 1 sten af hensyn til en tilstrækkelig lydisolering mod opholdsrum. Se bygningsreglementet kap. 9.3.

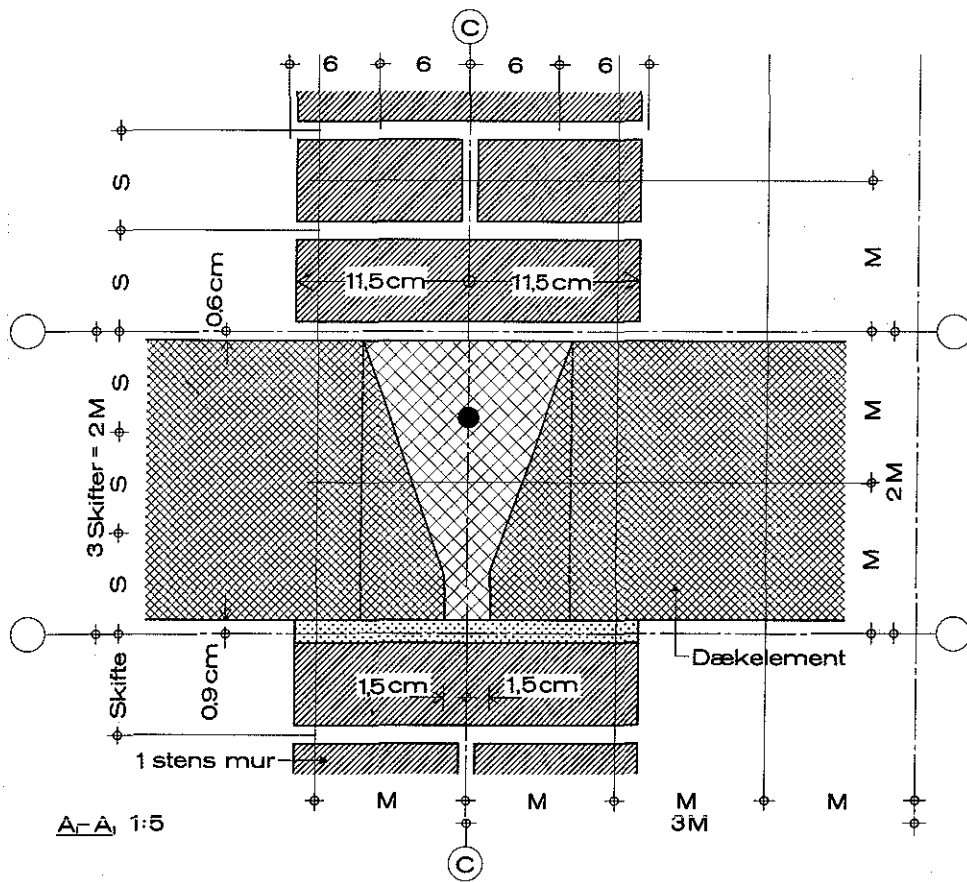


Fig. 6.4. Dæk - 1 stens hovedskillevæg.

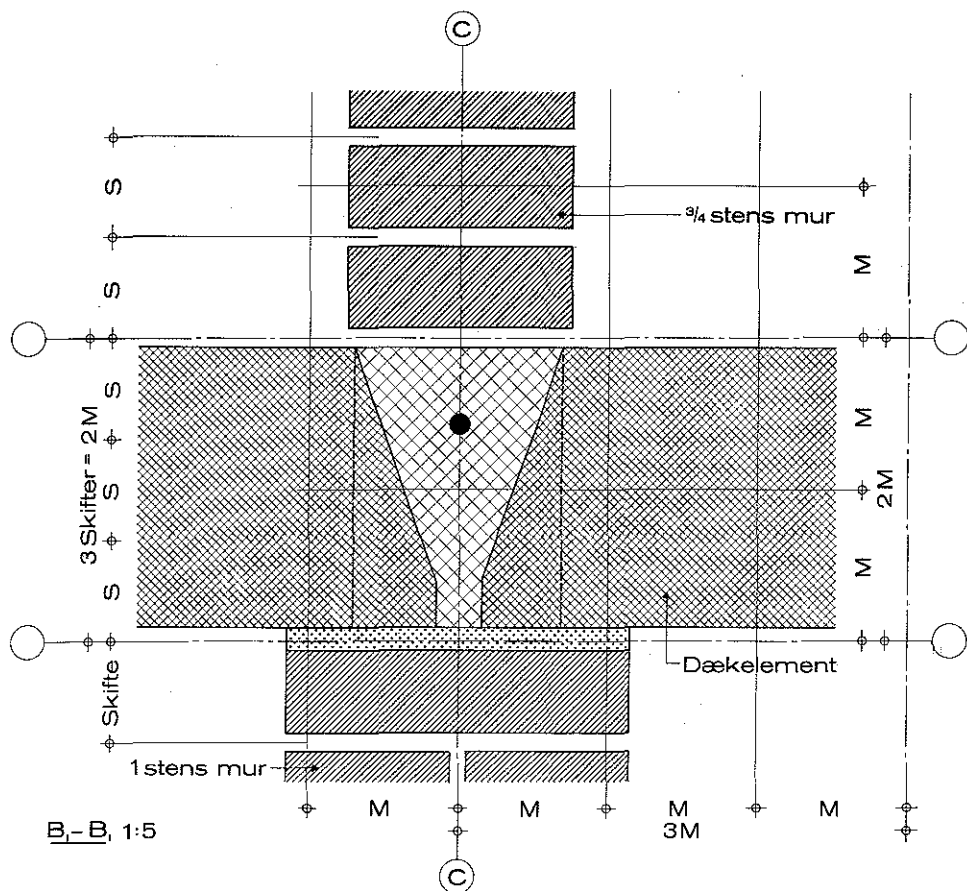


Fig. 6.5. Dæk - 3/4 stens hovedskillevæg.

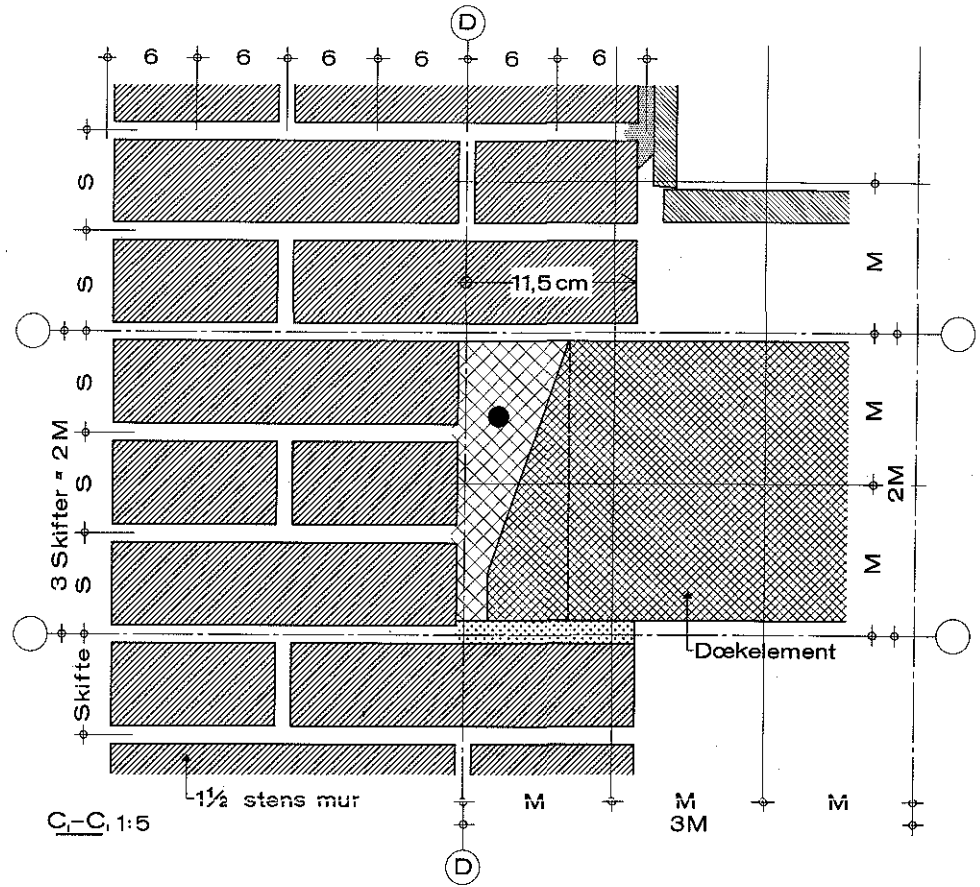


Fig. 6.6. Dæk - 1 1/2 stens facade.

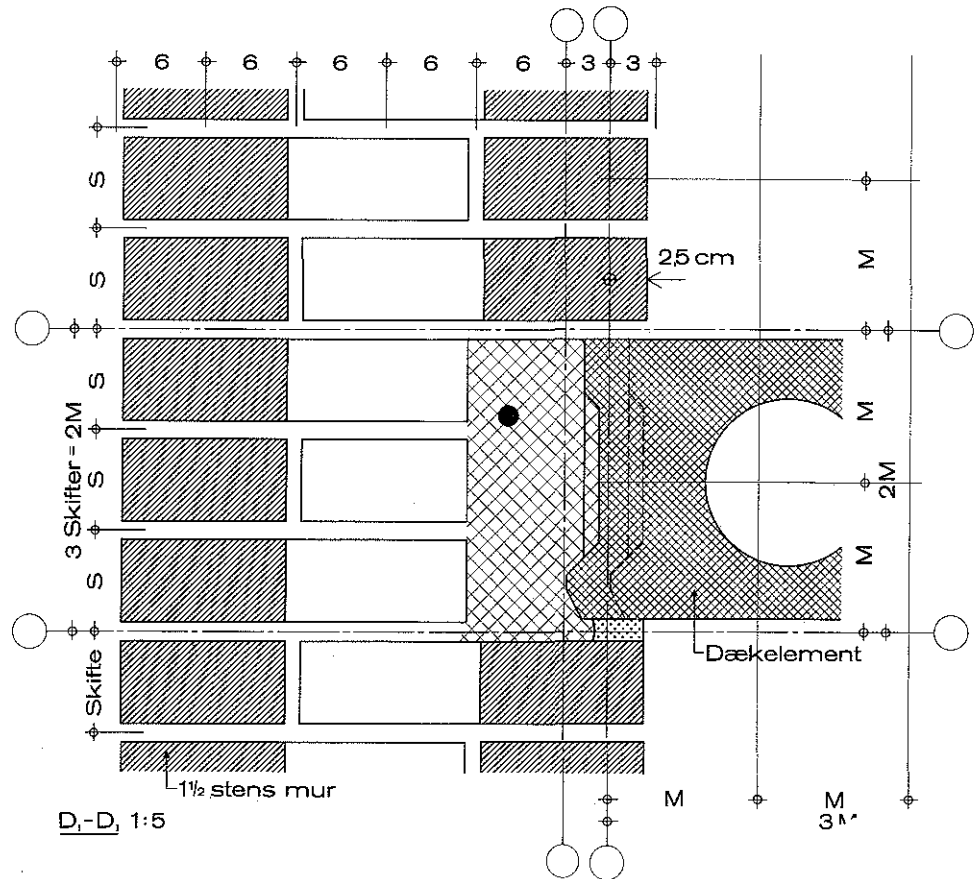


Fig. 6.7. Dæk - 1 1/2 stens hulmur i gavl.

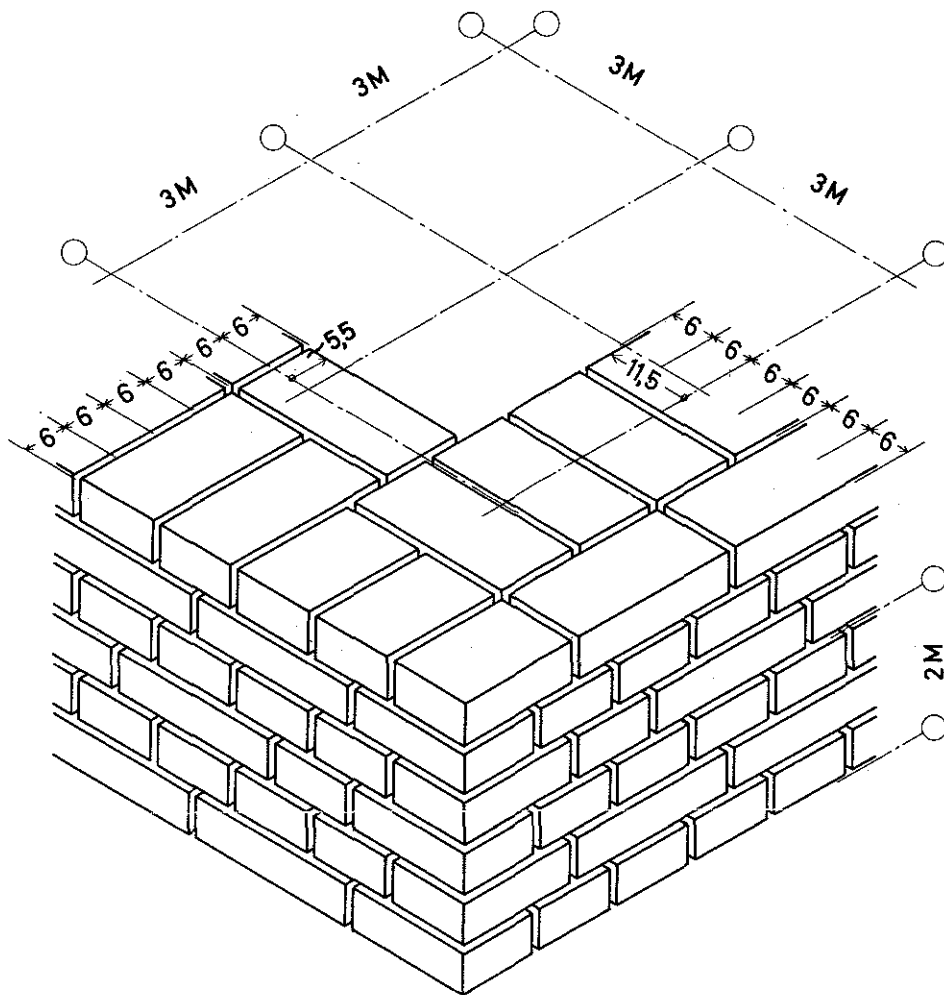


Fig. 6.8. Murhjørne ved gavl. Forbandtmål og 3 M-mål er koblet sammen.

Dækelementernes bærende vederlag på facaden er vist i fig. 6.6, snit C1-C1. Højdemålene er de samme som i snit A1-A1 og B1-B1, og i vandret retning er planlægningsmodullinien ved dækkets vederlagsknast lagt $\frac{1}{2}$ sten ind i muren i takt med murværkets 6 cm-byggemål, som er vist øverst på figuren.

Bærende vederlag

Forbandtet kan således stadig holdes, og bygningens breddemål bliver et multiplum af 6 cm - 1 cm. Dækpladernes vederlag bliver det samme som på 1-stens hovedskilleveggen.

Dækelementernes sidevederlag på gavlene er vist i fig. 6.7, snit D1-D1. Da der ikke er behov for kraftoverføring i dette vederlag, skal samlingen blot lukke forsvarligt mellem etagerne, og med respekt for murværkets 6 cm-takt placeres modullinien langs dækkanten som vist.

Sidevederlag

Gavlene kan udføres som $1\frac{1}{2}$ stens hulmure med faste bindere efter bygningsreglementet.

Den alternative løsning, vist punkteret, er undertiden mulig, hvis der udføres en symmetrisk løsning i den modstående gavl. Herved vil husets længdemål regnet mellem gavlydersiderne stadig blive et murmål (pille-mål) på $n \times 6$ cm - 1 cm, og forbandtet vil gå op.

Et typisk gavlhjørne i en $1\frac{1}{2}$ stens massiv gavl ses i isometri på fig. 6.8, der viser, hvorledes 3 M x 3 M-nettet fra de modulære dækkomponenter kobles sammen med forbandtets 6 cm-takt.

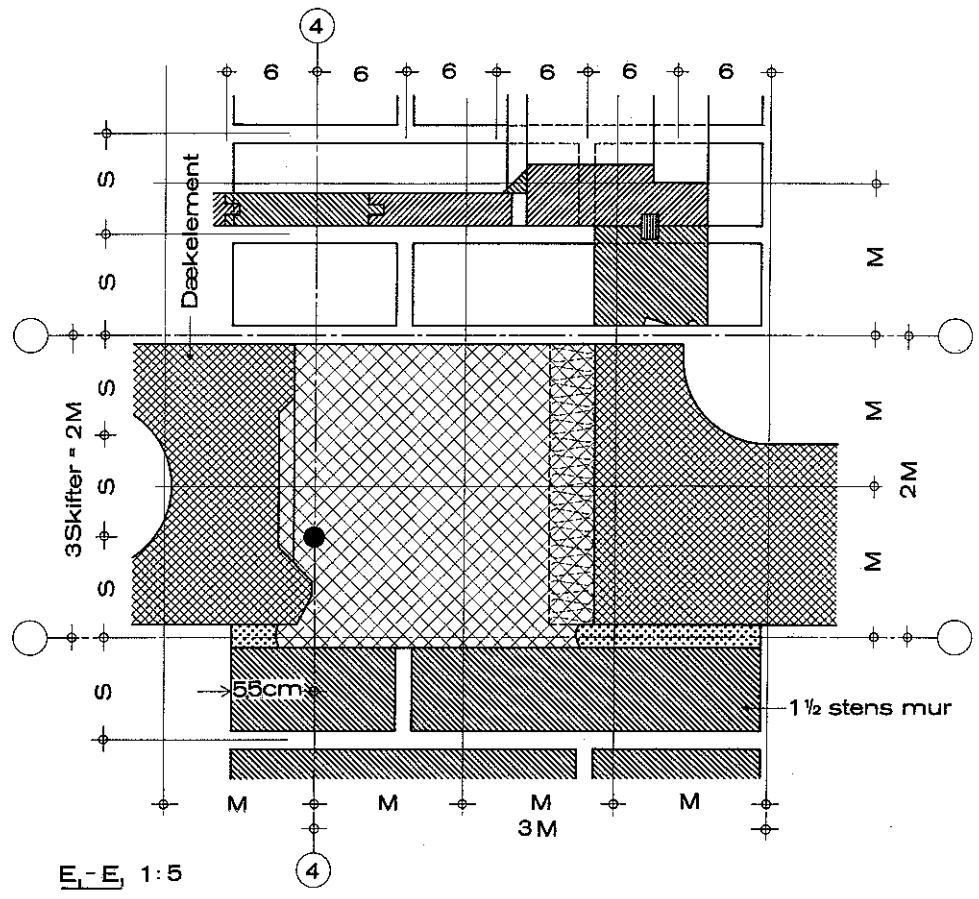


Fig. 6.9. Dæk - 1 1/2 stens facade - altanplade.

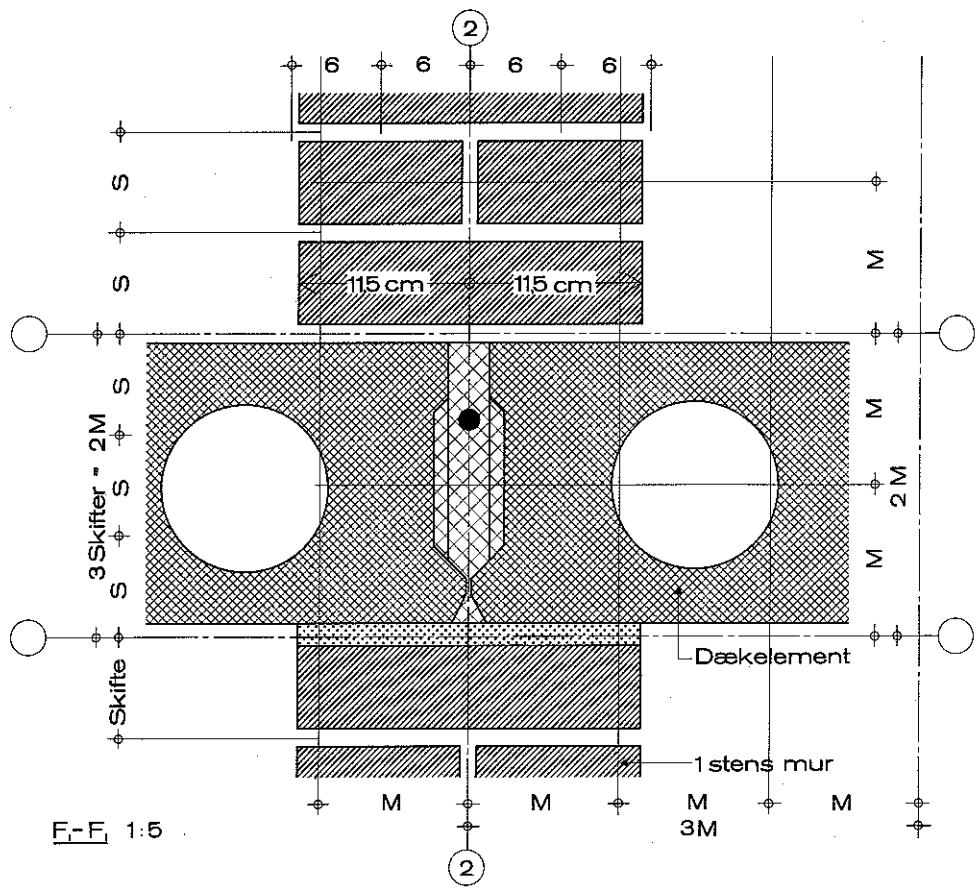


Fig. 6.10. Dæk - 1 stens lejlighedsskel.

NB. Kraftoverføring.

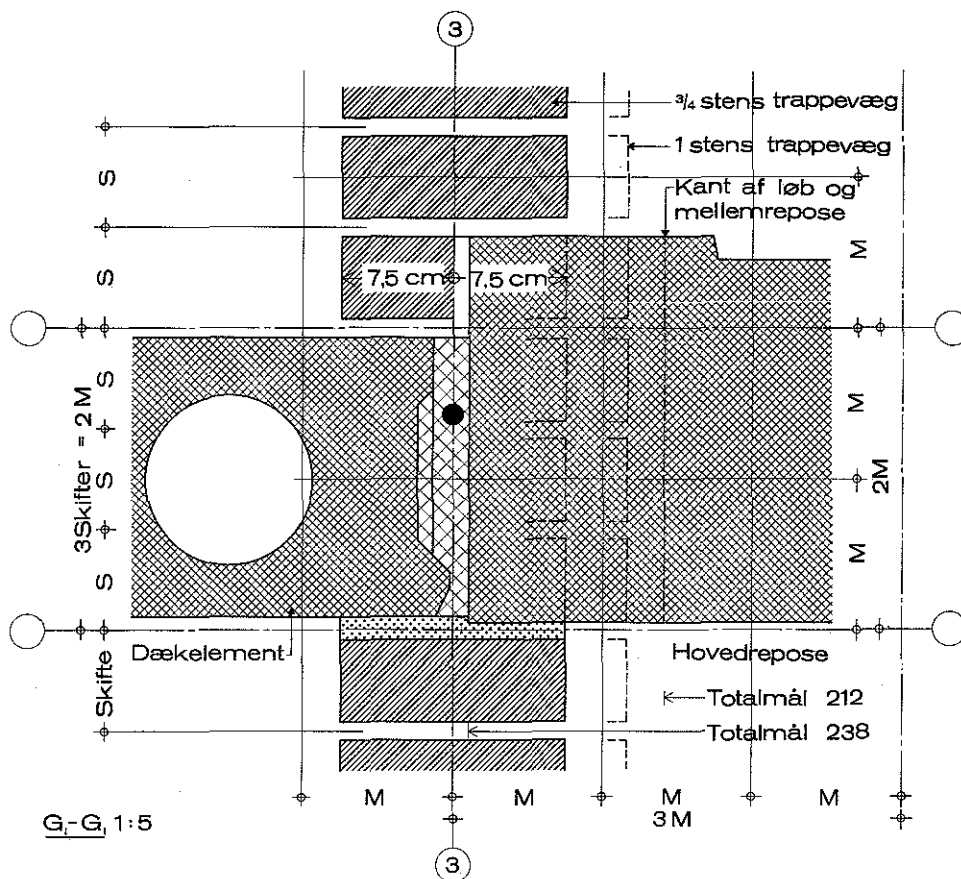


Fig. 6.11. Dæk - $\frac{3}{4}$ stens trappevæg - hovedrepose.

Fig. 6.9 viser samlingen mellem dæk, $1\frac{1}{2}$ stens facade og altanpladen, der er udformet som en specialplade med færdigstøbte hulkebler og overflade. Modullinien langs dækelementets sidekant ligger i muren på samme sted som i snit D1-D1, og altanpladen har et vederlag på $\frac{1}{2}$ sten. Udstøbningen mellem de to plader udføres af klinkerbeton for at undgå en kuldebro mellem betonpladerne. Eventuelt kan altanpladen, der alligevel er en specialplade, leveres med en kantisolering.

Undgå kuldebroer i altankonstruktionen

Fig. 6.10 viser samlingen mellem to dækelementers sidekanter og 1-stens-lejlighedsskellet. Planlægningsmodullinien er placeret midt i væggen, og samlingen er analog med fig. 6.4, snit A1-A1, det bærende vederlag.

Der er ikke tale om en egentlig bærende væg i denne samling, men da lejlighedsskellet virker som tværafstivning i bygningen, og da væggen selv har en egenvægt, optræder der alligevel en belastning i væggen, og kræfterne herfra skal føres igennem samlingen. Der må derfor udføres en omhyggelig understøpning af fugen under dækelementerne efter oplægningen, se arbejdstegningen, fig. 6.15, snit J1-J1. Spændingen i fugen ligger i øvrigt kun på ca. 3 kg/cm^2 for et hus på 3 etager, og kan altså let optages selv af en almindelig mørtel. Hele spørgsmålet om kraftoverføring i de forskellige samlinger behandles nærmere i afsnit 12, og en anden udførelse af samlingen vises i eksempel 1 B snit L1-L1.

Samlingen mellem trappesidevæg, dækelement og hovedrepose er vist i fig. 6.11, snit G1-G1.

Modullinien langs dæksidekanten er koblet sammen med murværkstakten 6 cm på sædvanlig måde, og trapperummet er udført efter DS/R 1040 for to-løbs facadetrappes. Hovedreposens detailmål er hentet fra et (foreløbigt) tryk af K. Hindhedes nye "modultrappe", der er konstrueret ud fra standardbladet.

DS/R 1040. Trapperum for to-løbs trappe.

En alternativ løsning er vist med punkteret streg på figuren: Trappevæg i 1-stens-mur, som er nødvendig, hvor der ligger opholdsrum ud til trappevæggen. Se bygningsreglementet, kap. 9.3.

6.3 Moduloversigtstegning

Hermed er alle detaljer mellem dækelementer og råbygningens vægge klaret op. Vi kender nu den nøjagtige beliggenhed af komponenterne i forhold til hinanden og i forhold til modullinierne, og vi kan derfor optegne moduloversigtstegningen, se fig. 6.12.

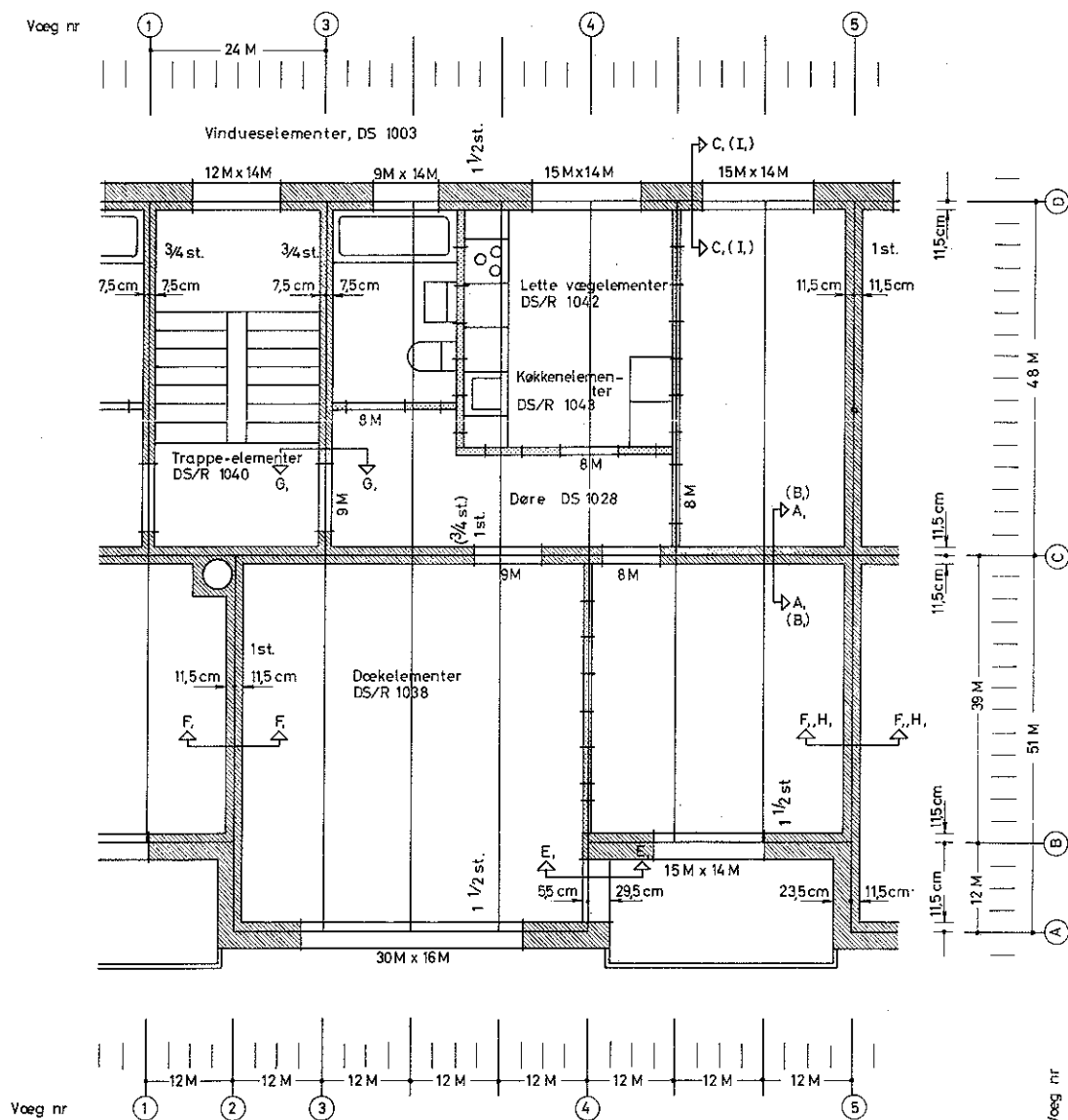


Fig. 6.12.

EKSEMPEL 1 A MODULOVERSIGTSTEGNING. 1:100

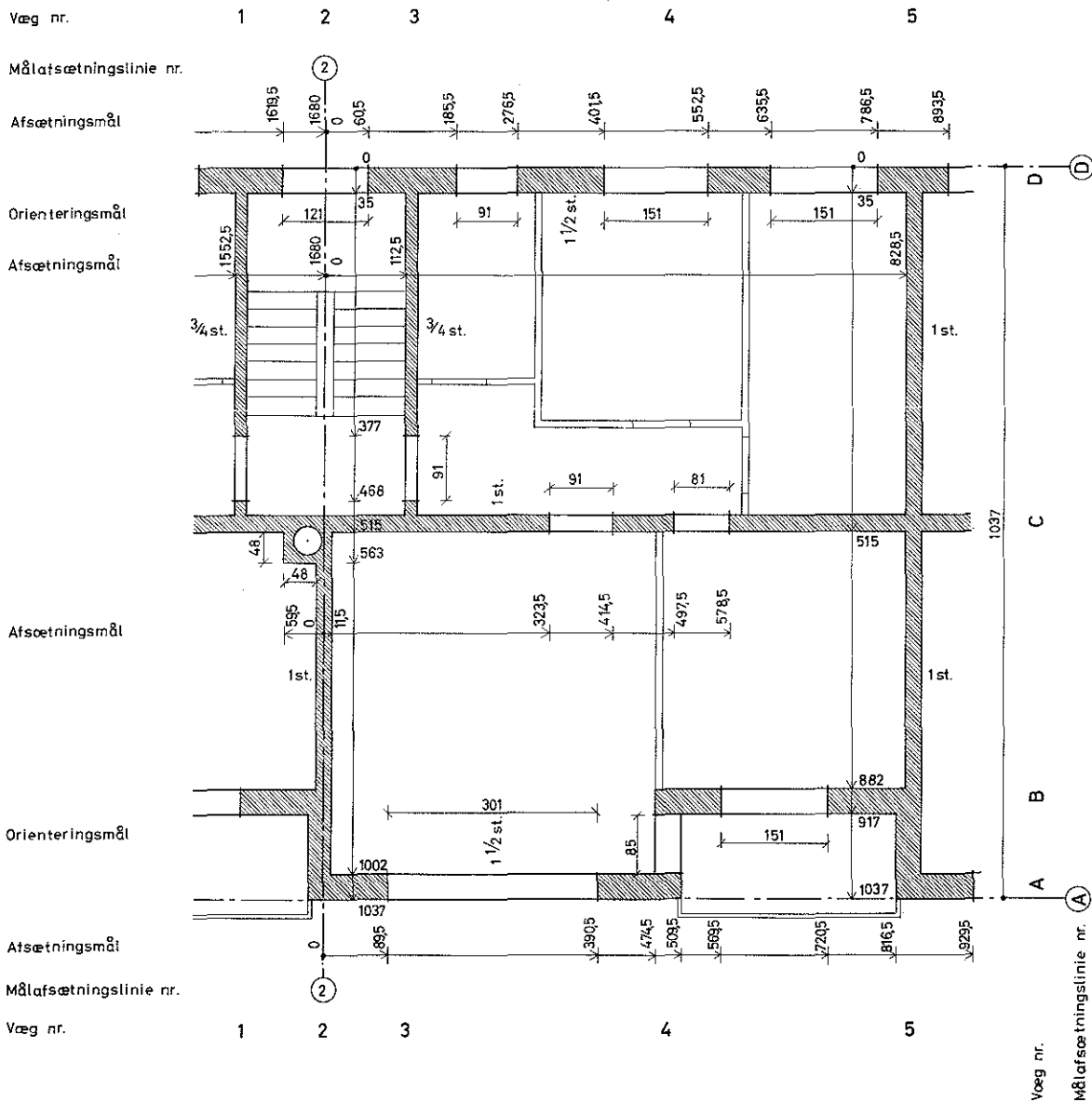
Moduloversigtstegningen indeholder alle de modulære komponenter, der er valgt til projektet, og viser samtidig, hvor modullinierne ligger i forhold til væggene. Det vil ses, at modullinierne ikke ligger ens i de forskellige vægge. Deres beliggenhed er bestemt af de byggetekniske forhold, og kun gennem arbejdet med detaljerne kan vi foretage denne bestemmelse.

På moduloversigtstegningen er beliggenheden af detailsnittene vist.

6.4 Arbejdstegninger

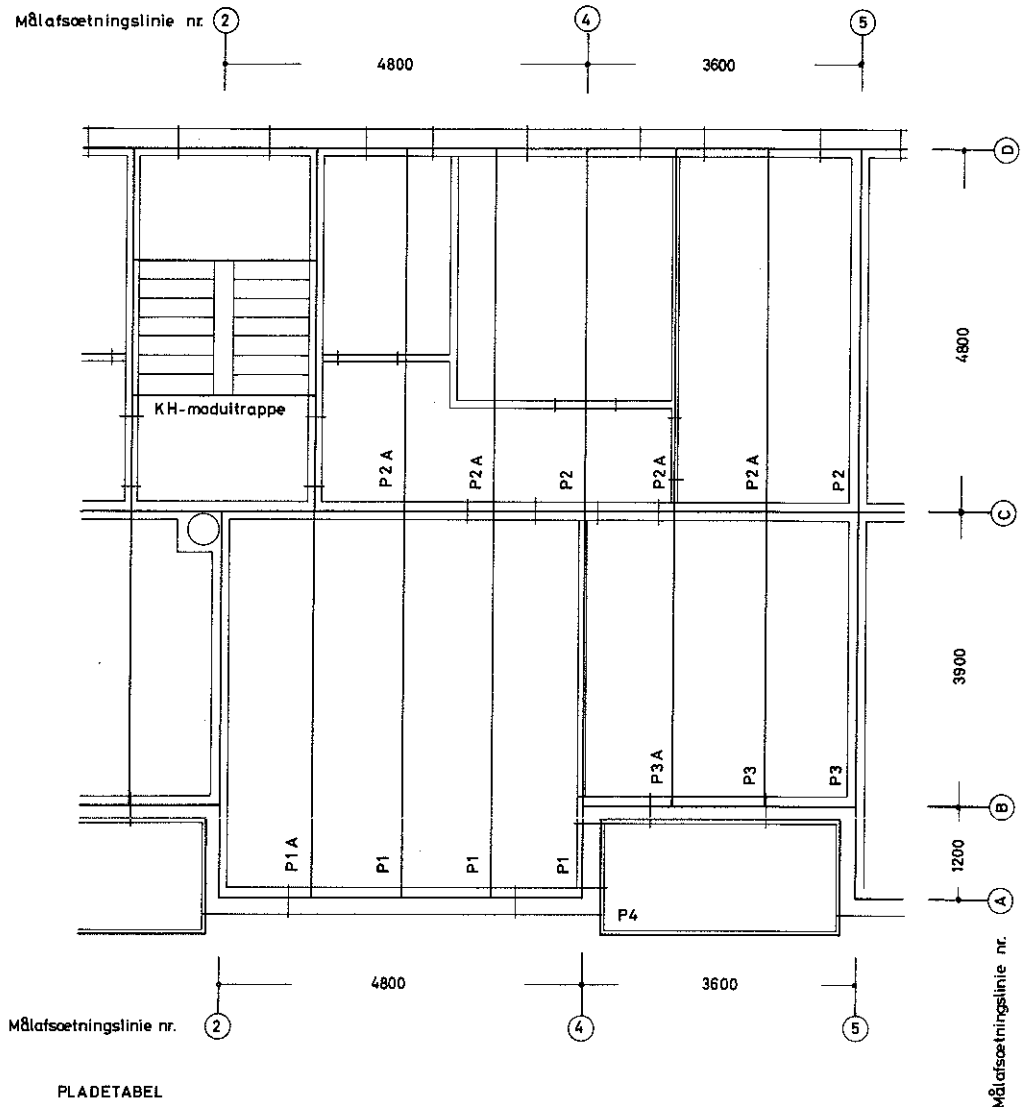
Med moduloversigttegningen og detaljerne er råbygningens mål fastlagt, og vi kan derfor udføre arbejdstegningerne til huset. Opmuringen vises på en procestegning, der kun indeholder denne ene arbejdsoperation. Målsætningen udføres efter principperne omtalt i afsnit 5.4, dvs. at der målsættes med sande mål, uden omregning på grund af fugetykkelser, til alle murværkets false og vægoverflader. For vægge på 1 sten og derunder målsættes kun den ene side, som bliver væggen snorside. Fig. 6.13 viser opmuringstegningen.

Procestegning



EKSEMPEL 1 A
OPMURINGSTEGNING. 1:100

Fig. 6.13. Målsætningen af facaden respekterer murværkets 6 cm-takt (med 1/4 stens forbandter) og vinduernes 3 M-mål, men pillemålene er ikke modulære. Pillemålene i facadelinie D er regnet fra venstre: 125-125 - 125 - 83 - 107 cm. Der er ingen grund til at søge at gøre murpillerne modulære; det gør ikke projektet mere rationelt eller mere modulært i landsbyggelovens forstand. De anførte orienteringsmål kan være nyttige dels til målkontrol dels til arbejder med f. eks. sålbænke, vinduesoverliggerer mv. De bruges ikke som afsætningsmål.



PLADETABEL

Betegnelse	Byggemål bredde x længde	Antal
P1	12M x 51M	3
P1 A ^{*)}	"	1
P2	12M x 48M	2
P2 A ^{*)}	"	4
P3	12M x 39M	2
P3 A ^{*)}	"	1
P4	1moduler	1
Ialt		14

*) Betegnelsen „A“ efter plade nr. angiver varianter med samme ydre mål men med afvigelser i form af f.eks. huller, udsparring, indstøbninger mv.

Elementernes placering i forhold til målfætningslinjerne : se detailtegninger.

EKSEMPEL 1 A
MONTAGETEGNING FOR DÆKELEMENTER. 1:100

Fig. 6.14. Dækelementerne med længde 51 M er 3 M længere end Balle-
rupplanens længste, som man af hensyn til nedbøjninger valgte til 48 M.
Pladerne her, udført efter DS/R 1038, er 18,5 cm tykke, hvor man på Bal-
lerupplanen har $t = 18,0$ cm. Derved bliver pladerne tilstrækkeligt stive.
Plader med $t = 18,5$ cm kan leveres af i hvert fald en af betonelementfa-
brikkerne.

Den næste arbejdstegning er montagetegningen for dækelementer, se fig.
6.14.

Varianter af dækele-
menterne bestemmes
under totalprojektering

Tegningen viser beliggenheden af dækelementerne i forhold til målfæ-
tningslinjerne, der i dette tilfælde er udvalgt blandt modullinjerne i nettet.
Der er foretaget et skøn over, hvilke varianter der vil fremkomme som

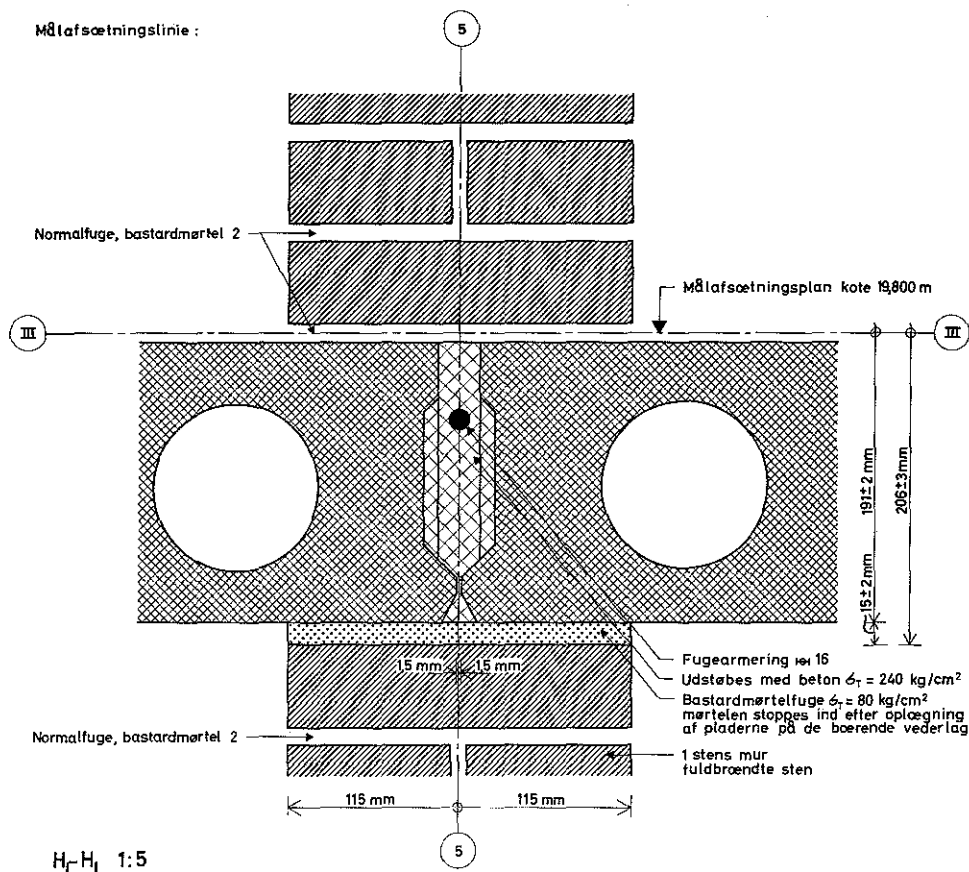


Fig. 6.15. Procestegning for samlingen mellem dæk og lejligheds-skel. Tegningen indeholder alle for arbejdet nødvendige oplysninger, mens modulmål og -linier er udeladt.

følge af udsparinger mv. til installationerne, men i praksis må dette arbejde udføres på basis af et totalprojekt for installationerne. I pladeta-bellen er givet en samlet fortegnelse over dækelementerne. Efter denne kan elementfabrikken tilrettelægge produktion, lager og transport til byggepladsen.

For at kunne udføre dækmontagen, kræves desuden en tegning, der viser alle montagejern i fugerne, og endelig detailtegningerne, der giver oplysninger om elementernes afsætningsmål og fugernes udførelse.

Moduldetalje F1-F1, fig. 6.10 er i fig. 6.15 vist som arbejdstegning med disse oplysninger. I forbindelse med målfæstningen er angivet tolerancer, der blandt andet skal sikre overholdelsen af det vigtige fugemål under dækelementerne, så fugen kan understoppes effektivt, og kraftoverføringen i etagekrydset sikres.

Det understreges påny, at både montagetegninger og detailtegninger kun kan færdiggøres som arbejdstegninger ved en totalprojektering, der bl.a. må omfatte alle installationer og statiske beregninger af de bærende konstruktioner.

Hermed er tegningsmaterialet til råbygningen i princippet færdigt, og som eksempel på en procestegning for færdighuset vises i fig. 6.16 en opstillingstegning for de lette vægelementer.

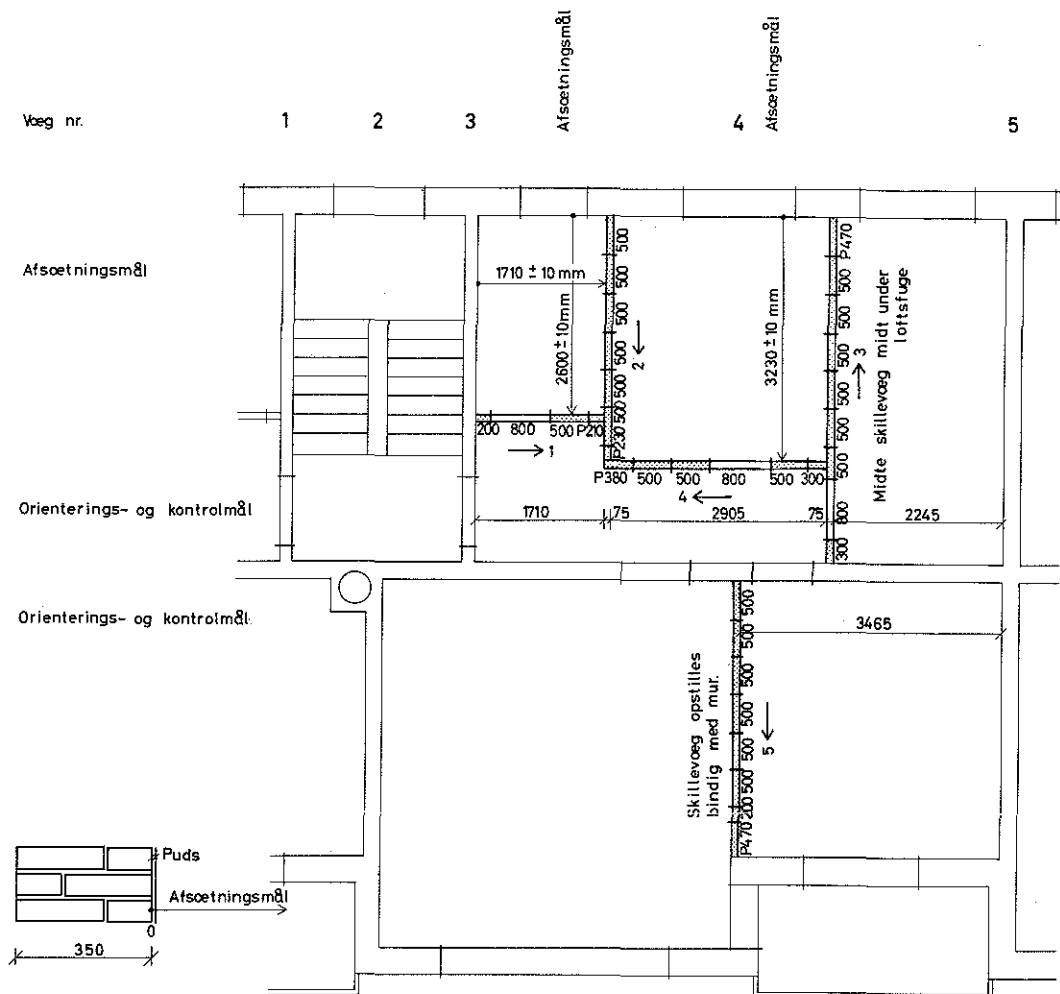
Vægelementerne stilles op efter opmuringen, men inden pudsearbejdet, og målsætningen må derfor foretages ud fra de upudsede vægoverflader. På grund af unøjagtigheder ved opmuringen må der regnes med tilpasning af eet let vægelement i hver række. Dette er angivet på tegningen som passtykker sammen med en nummereret opstillingsrækkefølge.

Montagejern i fugerne

Tolerancer

Kraftoverføring

Opstilling af lette vægge



Elementer med betegnelsen P og et mål i mm er passtykker som skal tildannes efter måltagning på stedet.
Målet angiver stykkets basismål men tilvirkningsmålet kan variere \pm ca. 20mm
Nr. og pile angiver skillevæggenes opstillingsrækkefølge og opstillingsretning.

ELEMENTFORTEGNELSE

Betegnelse	Antal	Tildannes af
800	3	
500	22	
300	2	
200	2	
P 210	1	300
P 230	1	300
P 380	1	500
P 470	2	500
I alt	34	

EKSEMPEL 1A MONTAGETEGNING FOR 7,5 CM LETBETONVÆGGE. 1:100

Fig. 6.16.

Foruden afsætningsmålene, der skal anvendes ved opstillingen, rummer tegningen kontrolmål for den færdige opstilling.

Valg af tilvirkningsmål

Rummålene og opstillingen af de lette vægge er fastlagt således:

BAD:

Bredden 171 svarer til tilvirkningsmålet 169 cm for et badekar. Der er regnet med puds på de murede vægge og opsætning af fliser i sædvanlig mørtel. Fliserækken over badekarret kan da stå på dets kant. Med tyndpuds og limede fliser skal breddemålet sættes ned.

KØKKEN:

Dybden 323 cm svarer til det modulære køkkeninventar, hvis totalmål efter DS/R 1043 ikke overskrider 320 cm. Med puds på ydervæggen og de viste tolerancer bliver mindste mål for dybden 321 cm, således at der mindst vil være en spalte på 1 cm til at få køkkenelementerne skubbet på plads. Spalten dækkes med en liste efter opstillingen.

De øvrige rummål er fastlagt under skitseringen. Det bemærkes, at ingen af rummålene er rene modulmål, og at der som vist må foretages tilpasning af et element i hver række; sammenlign afsnit 2.4.

Ingen modulære rummål

Opstillingstegningen rummer ligesom montagetegningen for dækelementer en fortegnelse over elementtyperne med stykantal.

6.5 Alternative valg

Valgene, der foretoges i afsnit 6.1, kunne være faldet ud på mange andre måder. Eksempelvis kunne man vælge at udføre etageadskillelsen af jernbeton støbt på stedet, og det kan måske endda påvises, at dette for et givet byggeri ville blive billigere. Udviklingen peger imidlertid sikkert frem mod anvendelse af flest mulige præfabrikerede dele, og på steder, hvor elementdækkene i dag måske ikke kan konkurrere med de støbte dæk, kan de det formentlig i morgen - eller om et års tid!

Jernbeton in situ

De projekterende gør derfor klogest i - når man betænker den lange tid, der ofte kan gå mellem projekteringsstart og byggeriets udførelse - at udføre deres tegninger således, at der *kan* anvendes dækelementer. Herved opnås blandt andet, at der kan indhentes alternative tilbud på dækkene. Hvis projektet *ikke* er forudsat udført med dækelementer, kan man let komme i den situation, at projektet må omarbejdes - og det vil ofte i praksis sige, at samtlige tegninger må kasseres!

Der bør altid projekteres med dækelementer

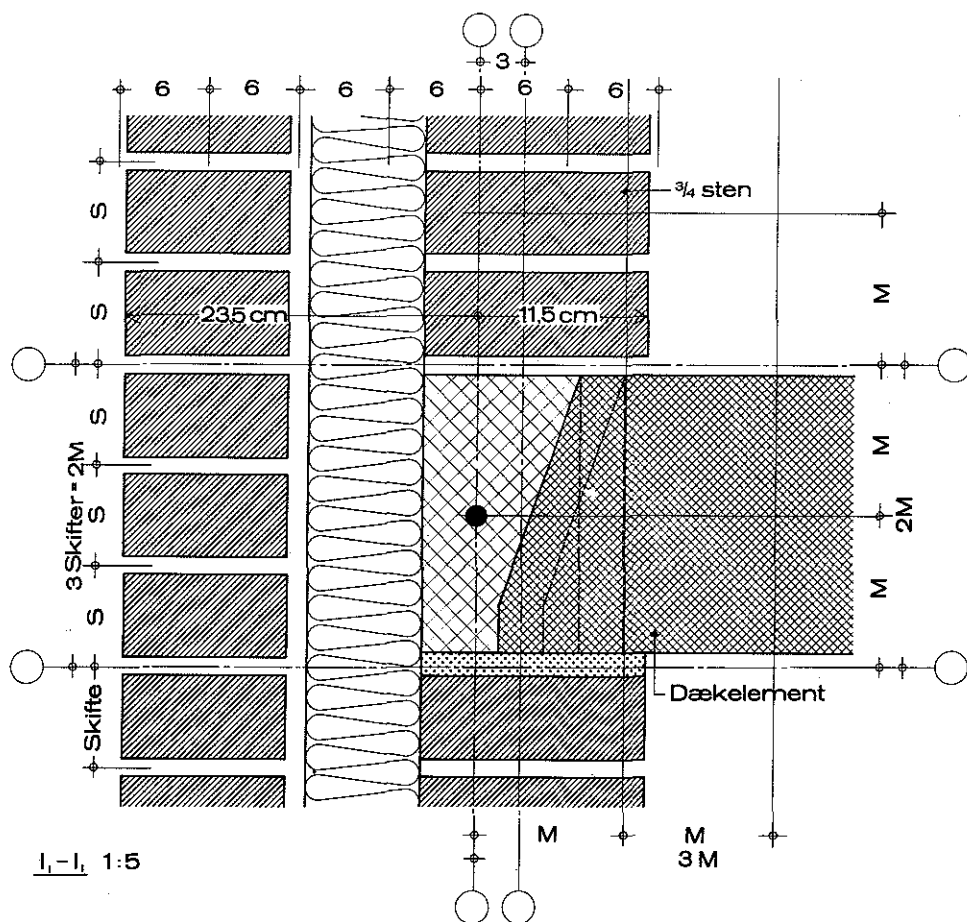


Fig. 6.17. Dæk - 35 cm hulmur i facade.

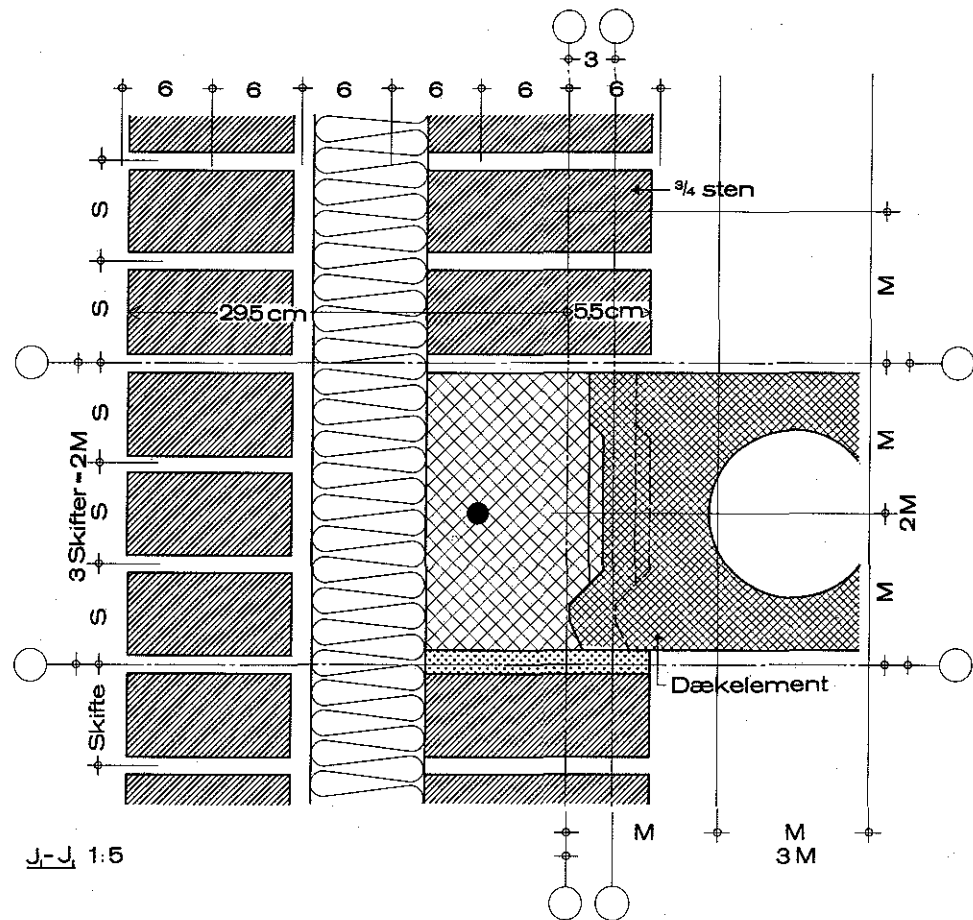


Fig. 6.18. Dæk - 35 cm hulmur i gavl.

Bærende hulmure i 3 etager

Også for ydermurene kunne vi have valgt anderledes. Den massive $1\frac{1}{2}$ stens-mur tilfredsstillende ikke vore krav til varmeisolering i dag. Vi kan derfor vælge at udføre ydervæggen som en hul mur med $\frac{3}{4}$ sten i bagmuren, ståltrådsbindere og indlagt isolering. Denne væg kan virke som bærende væg i en 3-etagers bygning, hvis man gennem en statisk beregning påviser murværkets bæreevne.

Fig. 6.17 og 6.18 viser facade og gavl i denne udførelse, og vi bemærker, at modullinierne atter er flyttet, men stadig respekterer 6 cm-takten.

Den alternative løsning i fig. 6.17 og 6.18, hvor sidekanten er forskudt 3 cm, kan anvendes lige som i snit D1-D1, hvis der er symmetri i gavlene.

Med disse løsninger ligger modullinien i ydervæggen igen på nye steder, men fremgangsmåden er stadig den samme: Beliggenheden bestemmes ved en gennemarbejdning af detaljerne. Husets ydre mål bliver naturligvis forskelligt, når modullinierne flyttes.

6.6 Kraftoverføring i etagekrydsene, eksempel 1B

Problemerne om kraftoverføring i etagekrydsene, omtalt under snit F1-F1, bliver større, hvis huset bliver højere, og belastningerne forøges. Kræfterne skal forbi dækket, og væggenes bærende tværsnit skal så vidt muligt lades uforstyrret. Dette kan opnås ved at flytte dækelementerne fra hinanden i de etagekryds, hvor der er 1 stens-vægge. Ved denne flytning skal 6-cm-takten stadig respekteres, for at forbandtet kan gå op, og

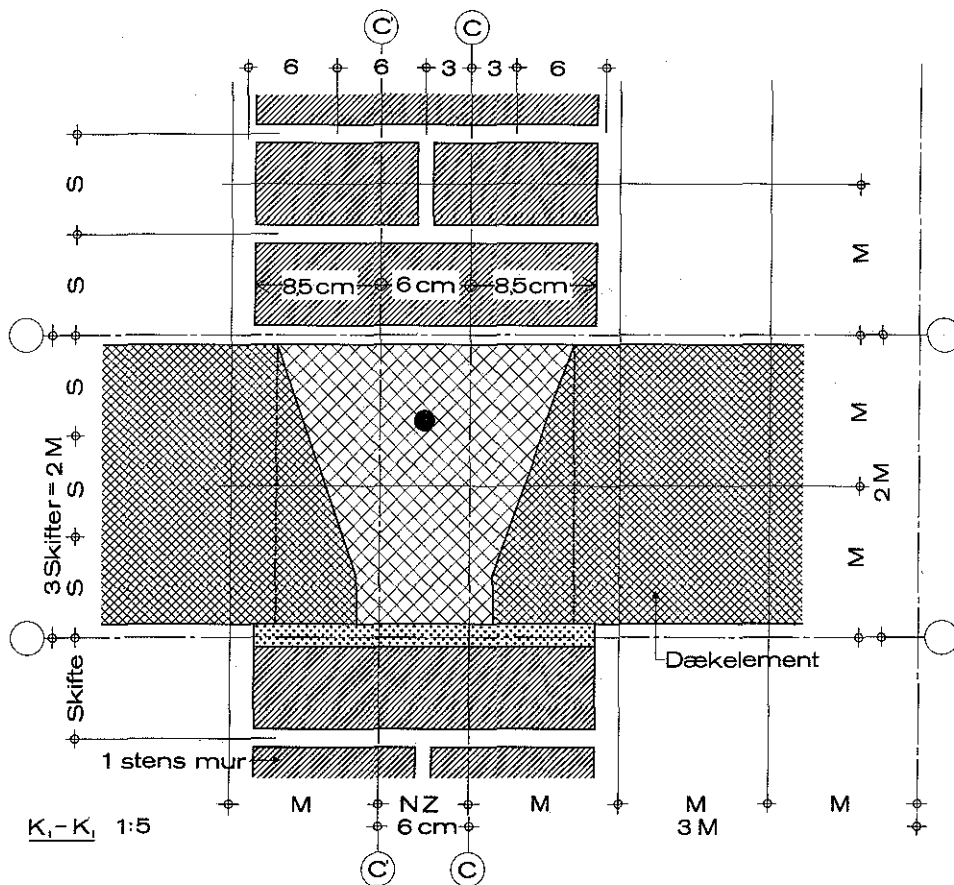


Fig. 6.19. Dæk - 1 stens hovedskillevæg med "neutral zone".

de bærende vederlag må naturligvis ikke gøres for små. Med samme plan og komponenter, vises denne mulighed i det følgende som eksempel 1 B.

Fig. 6.19, snit K1-K1, viser etagekrydset ved hovedskillevæggen i denne udførelse. Dækkenes vederlag svarer til vederlagene på en $\frac{3}{4}$ -stens-væg, (de er 1 cm større), og da dækkene er flyttet 3 cm bort fra væggen midtlinie, må vi af hensyn til forbandtet også hente 3 cm i facaden, se snit N1-N1, fig. 6.22.

Fig. 6.20, snit L1-L1, viser etagekrydset ved lejlighedsskellet. Dækkene er her flyttet 12 cm fra hinanden, og kraftoverføringen kan nu ske uhindret gennem den viste udstøbning mellem pladerne - uden at man behøver at bekymre sig i særlig grad om kvaliteten af den understøtning, der skal foretages under elementerne. Denne løsning er således mere pålidelig, hvor man ikke kan stole helt på arbejdsudførelsens kvalitet.

Med placeringen af modullinierne i snit L1-L1 har vi gjort huset 12 cm længere pr. lejlighedsskel på opholdssiden. Den samme forøgelse må ske på trappesiden, og vi forskyder derfor modullinierne i de to trappevægge 6 cm, se fig. 6.21, snit M1-M1.

Fig. 6.22, snit N1-N1, viser dækkenes vederlag i facaden. Vederlaget er som på hovedskillevæggen forskudt 3 cm, og forbandtet går op, men huset bliver 12 cm bredere.

Der er nu flyttet så grundigt rundt på modullinierne, at vi må lave en ny modulloversigtstegning, se fig. 6.23. Den viser nøjagtig de samme komponenter, men modulliniernes beliggenhed i forhold til væggene er ændret, og som sædvanlig har vi hentet målene i detailtegningerne.

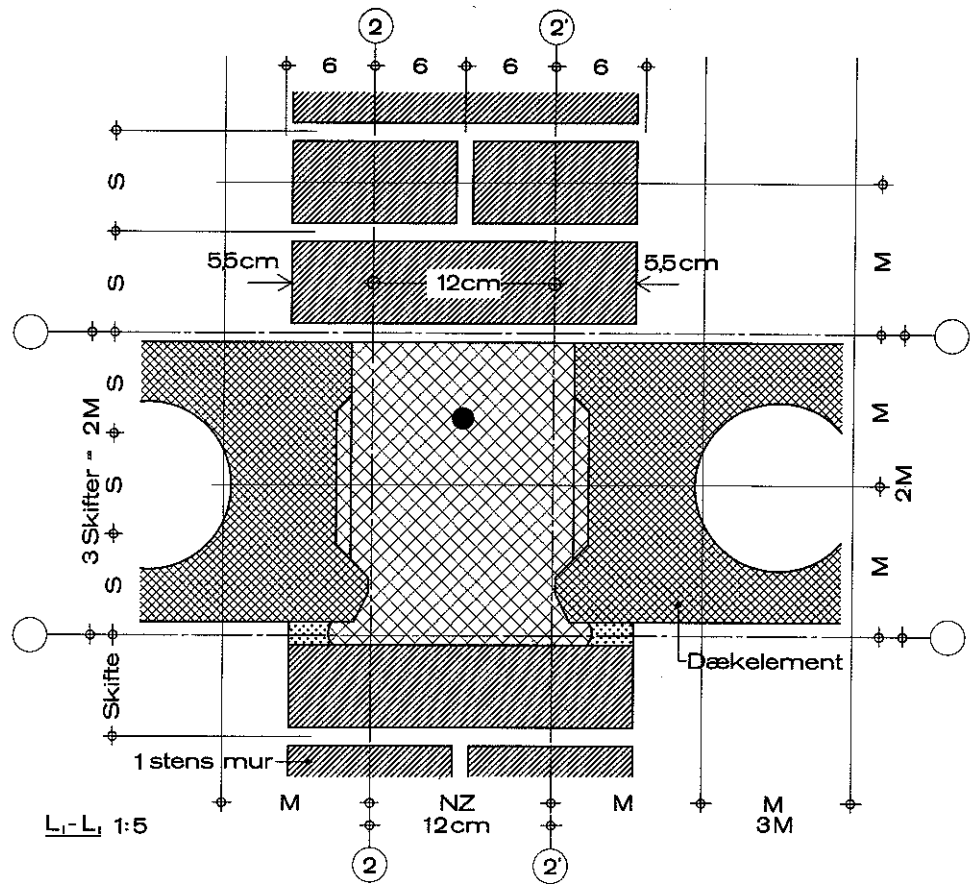


Fig. 6.20. Dæk - 1 stens lejlighedsskel med "neutral zone".

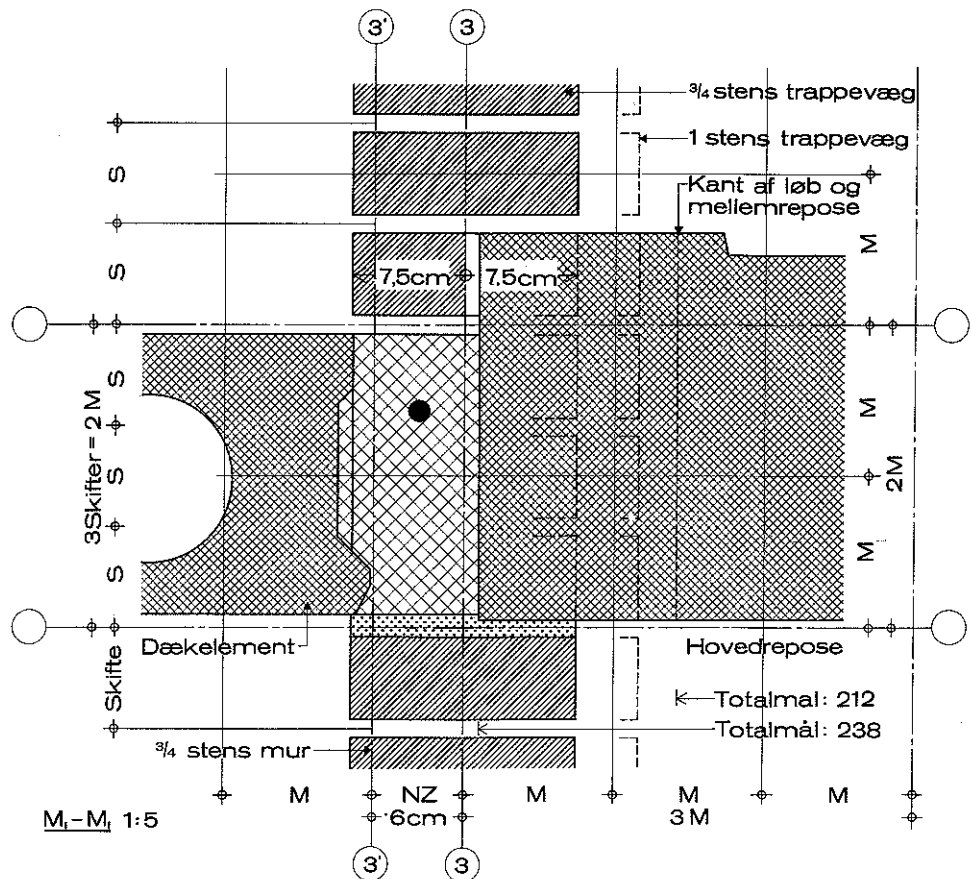


Fig. 6.21. Dæk - 3/4 stens trappevæg - hovedrepose.

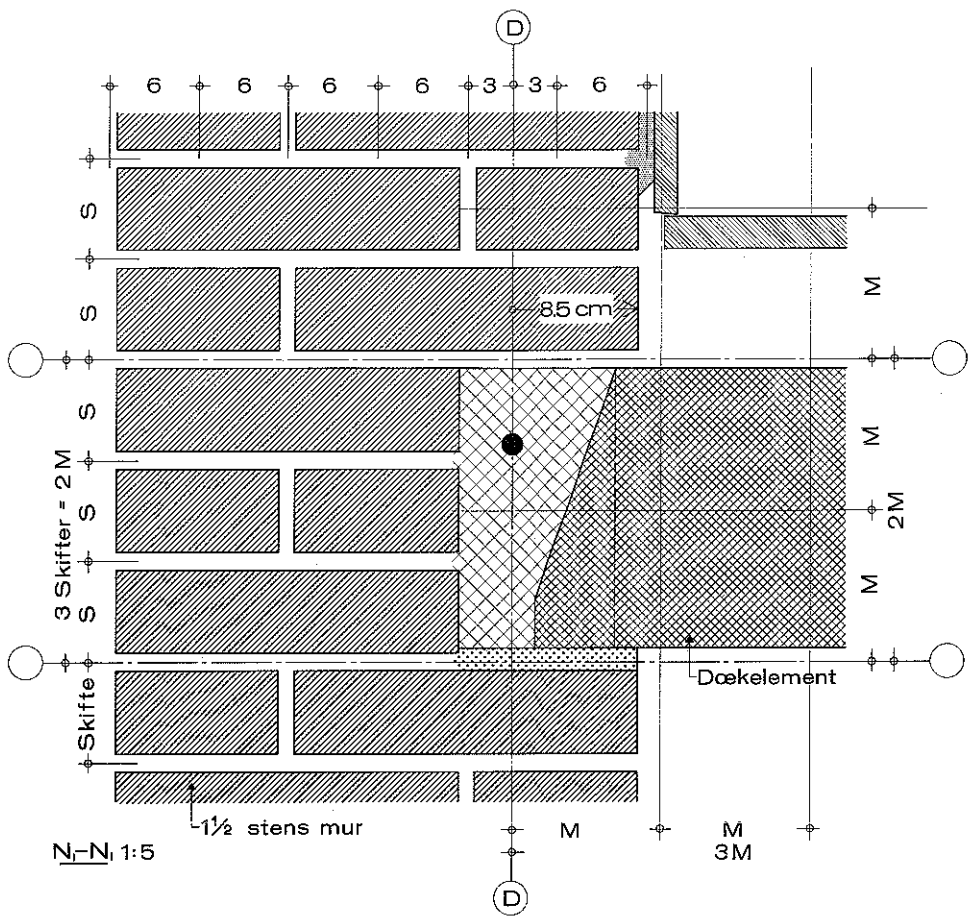


Fig. 6.22. Dæk - 1 1/2 stens facade.

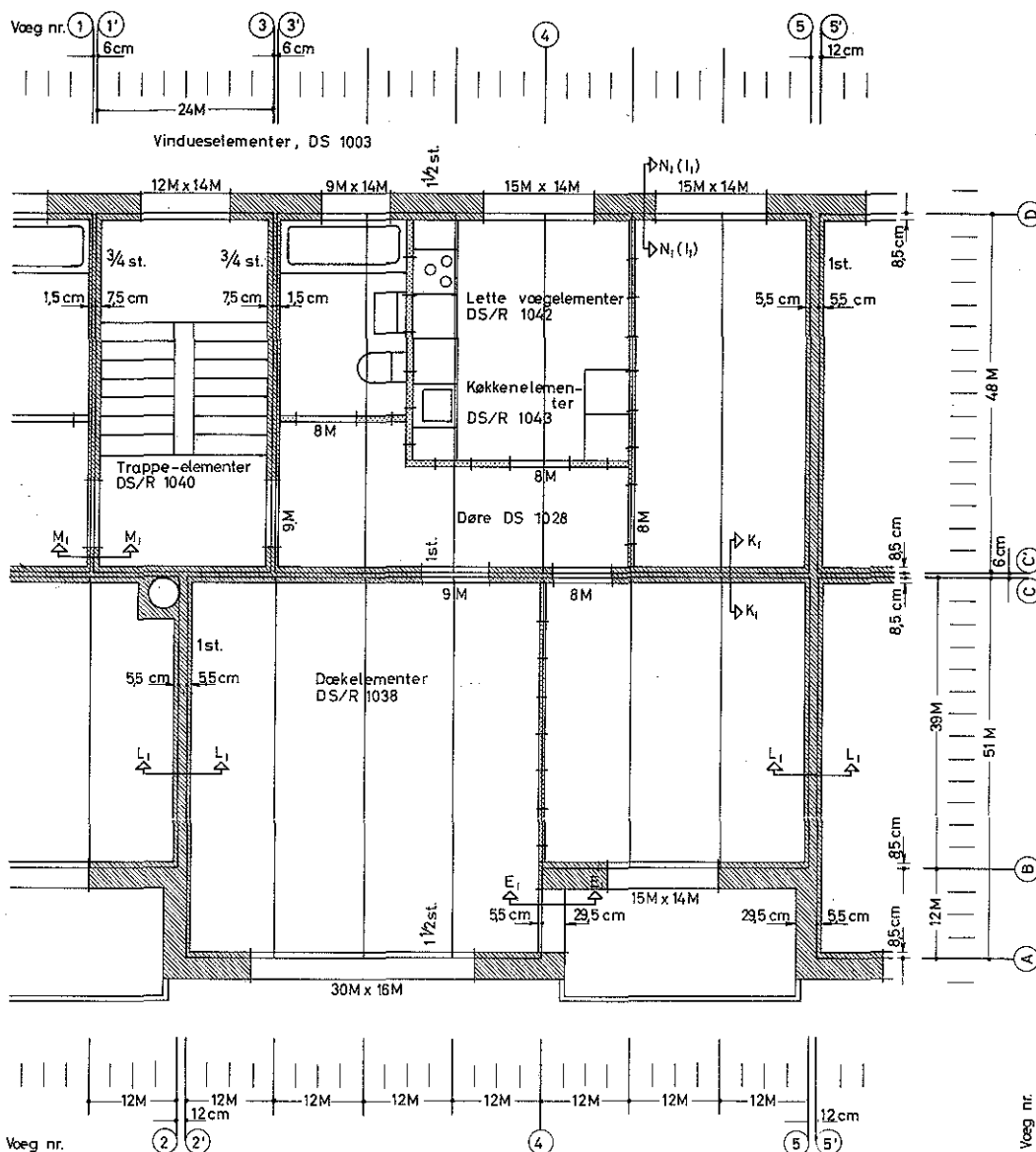
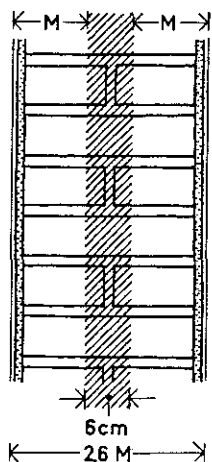


Fig. 6.23.

EKSEMPEL 1 B
MODULOVERSIGTSTEGNING, 1:100



»Neutral zone« i 1'stens mur.
 Mål 1:10.

Fig. 6.24.
 - fra SBI-anv. 47.

Med de foretagne netforskydninger kan lejlighedsplanen ikke længere optegnes over et gennemgående modulnet - vi kan ikke længere bruge modulpir.

Alligevel er projektet et modulprojekt, for vi har anvendt de samme modulære komponenter som i eksempel 1 A, og vi fremmer herved anvendelsen af standardiserede bygningsdele, som der står i landsbyggeloven. Sammenlign også afsnit 2.3.

De viste netforskydninger, hvor elementerne er flyttet fra hinanden, svarer til det tidligere anvendte begreb, den "neutrale zone", se f.eks. SBI-anvisning 47, side 13 og fig. 6.24. Men hvor man før indførte neutrale zoner for at få modulære rum (som man på grund af unøjagtigheder i vægplaceringen alligevel ikke kunne udnytte) er netforskydningerne nu alene motiveret med de byggetekniske forhold - hensynet til kraftoverføring mv.

Husenes større længde og bredde kræver nu også en ny opmuringstegning, se fig. 6.25. Tegningen er udført som tegningen, fig. 6.13, og vi ser, at den er lige så enkel og klar, til trods for, at vi har været vejen om ad

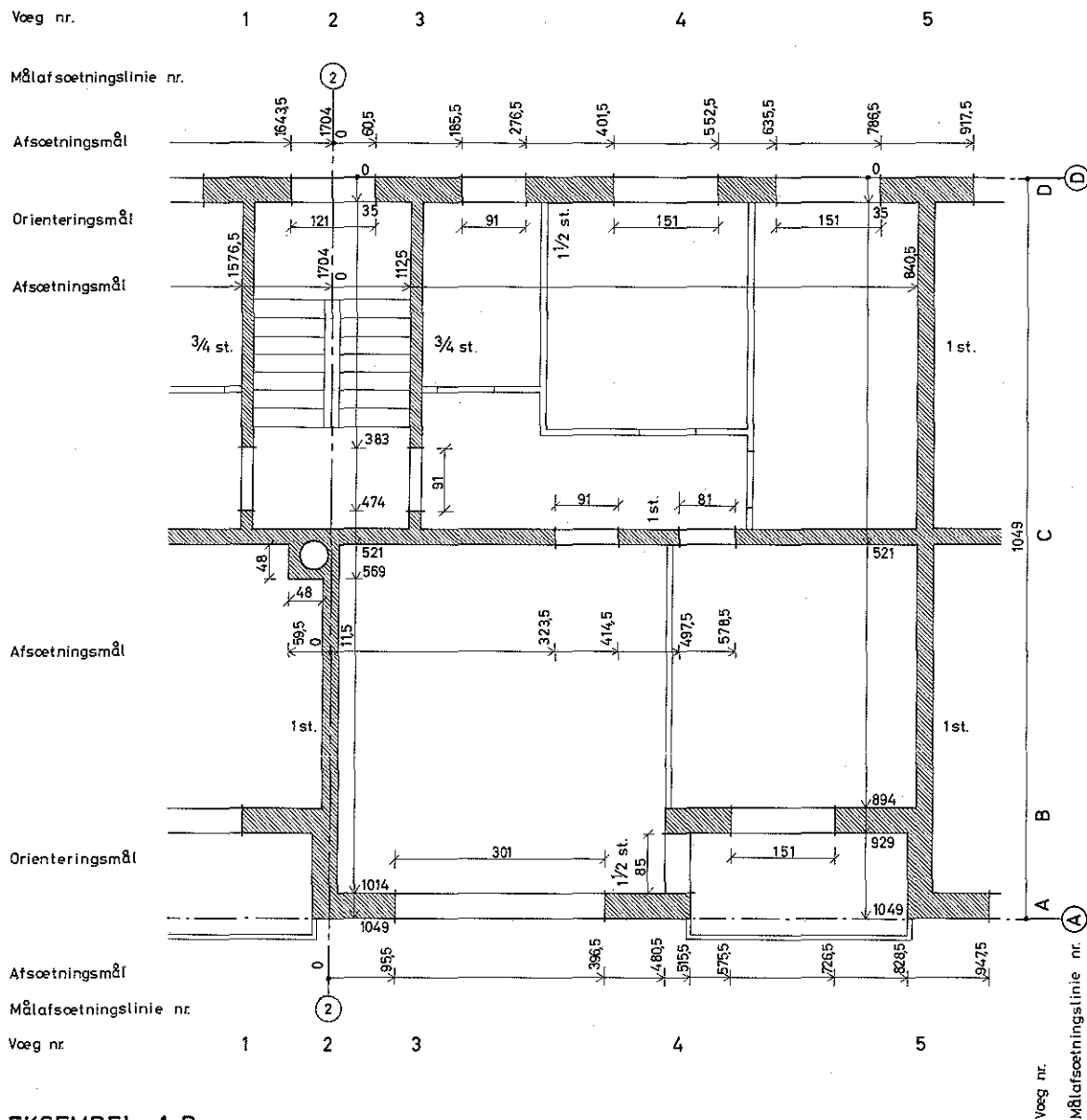


Fig. 6.25.

EKSEMPEL 1 B
OPMURINGSTEGNING. 1:100

"neutrale zoner" og netforskydninger mm. Disse problemer skal afklares på tegnestuen og må under ingen omstændigheder komme ud på arbejdspladsen, der stadig skal have de rene procestegninger med sande mål.

Den valgte målafsetsningslinie, nr. 2, ligger lige som i eksempel 1 A midt i trapperummet. Men den er ikke længere en modullinie. Den falder nemlig midt imellem modullinierne 2 og 2', se fig. 6.23. Valget er faldet på denne linie, fordi den er praktisk i dette projekt; sammenlign bemærkningerne i afsnit 5.2.

Ny målafsetsningslinie, som ikke er modullinie!

7. Modulprojekt, eksempel 2

Muret etagehus med bærende tværvægge

Hustypen med bærende hovedskillevæg og facader er i dag stort set afløst af typer med bærende tværvægge. Dette giver mulighed for at udforme facaderne langt friere, at åbne dem med store vinduesarealer og at vælge mellem de mange nye facadematerialer og -løsninger, der er kommet på markedet i de senere år. Se afsnit 7.5.

7.1 Skitseprojekt og valg

For at føre linien igennem fra eksempel 1, anvendes i eksempel 2 omtrent den samme lejlighedsplan; men dækkenes bæreretning er vendt, og huset har nu bærende tværvægge, se fig. 7.1. Opgangen er desuden forøget med $2 \times 3 \text{ M}$ i husets længderetning, hvorved værelset i trappesiden bliver anvendeligt som 2-sengs rum, se møbleringsforslaget, der er udført efter SBI-anvisning 57.

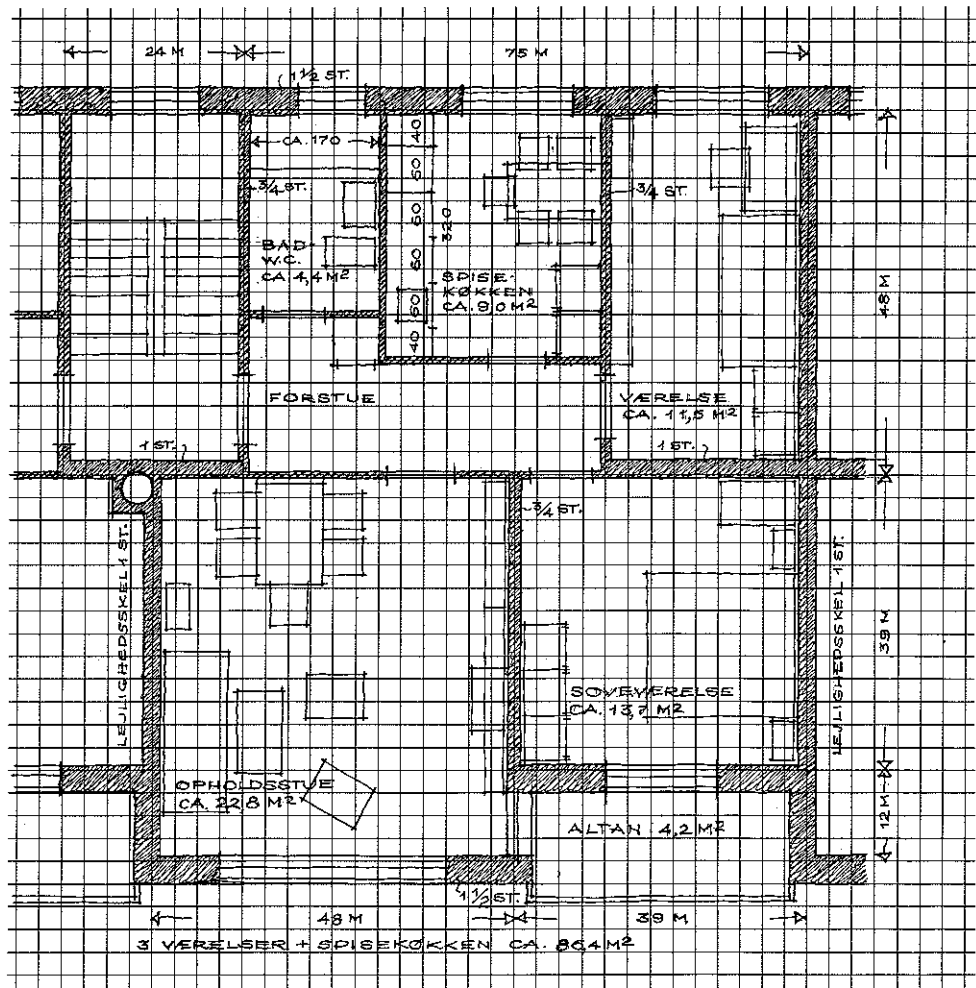


Fig. 7.1.

EKSEMPEL 2
SKITSE AF LEJLIGHEDSPLAN, 1:100

Huset bygges i øvrigt op af de samme komponenter som i eksempel 1, men længdeskillevæggen kan nu for en del udføres som en let væg, og facaderne kan udføres som hultmure efter bygningsreglementet - eller der kan anvendes lette facadematerialer.

Længdevæggen skal sikre husets stabilitet over for vandrette kræfter på langs af bygningen - en ting som ofte overses eller undervurderes i huse med bærende tværvægge - og en passende del af væggen må derfor udføres som massiv mur. En dimensionering er foretaget i afsnit 12, se dette.

Stabilitet i husets længderetning må undersøges særskilt

7.2 Opklaring af detaljer

Gennemtegningen forløber på samme måde som i eksempel 1, idet vi begynder med detaljerne. Fig. 7.2, snit A2-A2, viser samlingen mellem dækelementernes bærende vederlag og det bærende 1 stens lejlighedsskel. Med moderate belastninger - som i en 3-etagers boligblok - kan vi undlade at rykke dækelementerne fra hinanden, og samlingen bliver derfor identisk med snit A1-A1, fig. 6.4, med planlægningsmodullinien anbragt midt i væggen. Højdemålene er uændrede fra eksempel 1.

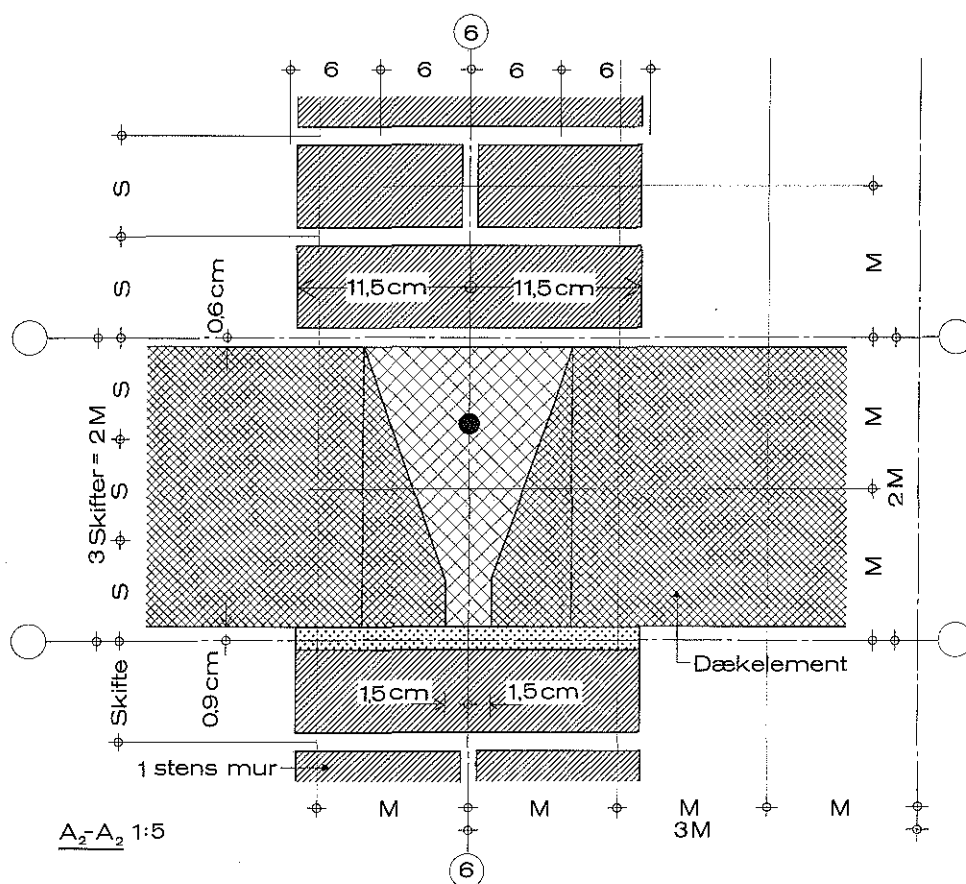


Fig. 7.2. Dæk - 1 stens lejlighedsskel.

Fig. 7.3, snit B2-B2, viser de bærende vederlag på $\frac{3}{4}$ stens vægge. Denne vægdimension kan eventuelt anvendes i alle 3 etager, når væggenes bæreevne eftervises ved beregning. Snittet svarer til snit B1-B1.

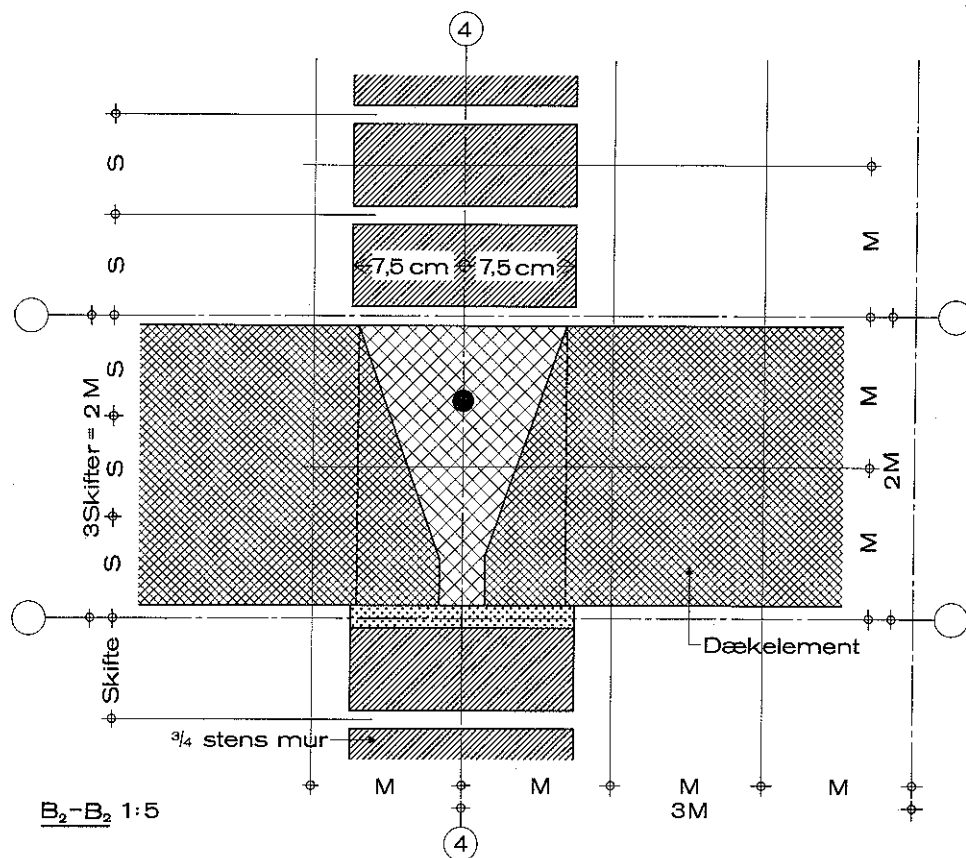


Fig. 7.3. Dæk -
3/4 stens tværvæg.

Det bærende vederlag i gavlene er vist i fig. 7.4, snit C2-C2, som svarer til snit C1-C1. Den alternative løsning, vist punkteret, er mulig, hvis man kan få forbandtmålene til at gå op ved gavlhjørnet.

Gavler kan ligesom facaden i eksempel 1 udføres som hulmur med ståltrådsbindere og $\frac{3}{4}$ stens bærende bagmur, se figur 6.17, snit I1-I1. Det må da eftervises ved beregning, at muren kan holde.

Dækelementernes sidevederlag på facaden er vist i fig. 7.5, snit D2-D2, der er identisk med snit D1-D1. Valget mellem de to alternativer - det ene vist punkteret - er som sædvanlig afhængigt af, om man kan få "3 M-takten" til at gå op med "6 cm-takten" og få en byggeteknisk forsvarlig samling ud af det. Da vederlaget ikke er bærende, skal samlingerne alene lukke mellem de to etager.

Fig. 7.6, snit E2-E2, viser samlingen mellem dæk, $1\frac{1}{2}$ stens facade og altanplade. Figuren viser det i afsnit 6.3 omtalte alternativ med en kantisolering på altanpladen. Alligevel vil det være formålstjenligt at lave udstøbningen i (en relativ stærk) klinkerbeton.

Af målene på tværs af huset har vi fastlagt placeringen af modullinierne i facaden; men vi mangler detaillerne omkring længdevæggen i bygningen.

Her skal tages hensyn til to ting: For det første skal trappeendevæggen placeres således, at trapperummet bliver i overensstemmelse med DS/R 1040. For det andet skal den længdeafstivende væg (væg C fig. 7.9) mellem værelse og soveværelse føres ubrudt igennem, således at den kan overføre belastningerne til grunden. En samling af den i figur 6.10, snit F1-F1, viste type, hvor dækelementerne støder tæt sammen, kan ikke anbefales her, da spændingerne i den længdeafstivende væg er relativt høje: Væggen har en væsentlig mindre udstrækning, end de tilsvarende tværvægge i eksempel 1. Der henvises i øvrigt til beregningerne i afsnit 12.

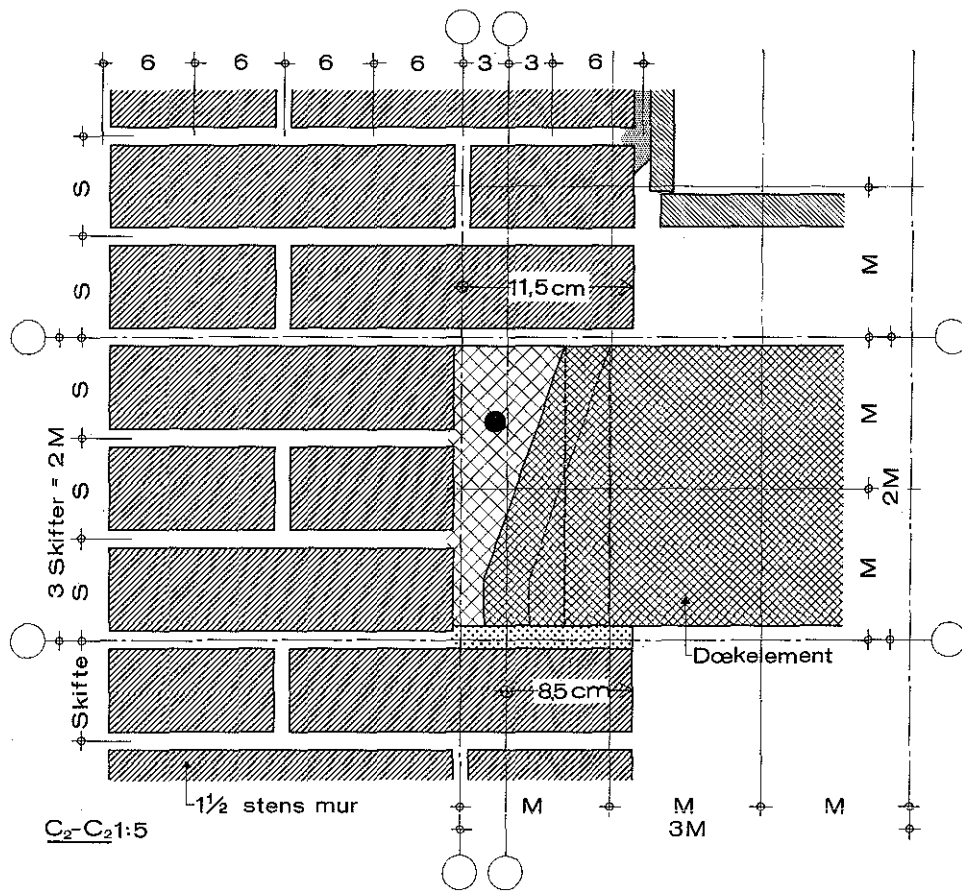


Fig. 7.4. Dæk -
1 1/2 stens gavlf.

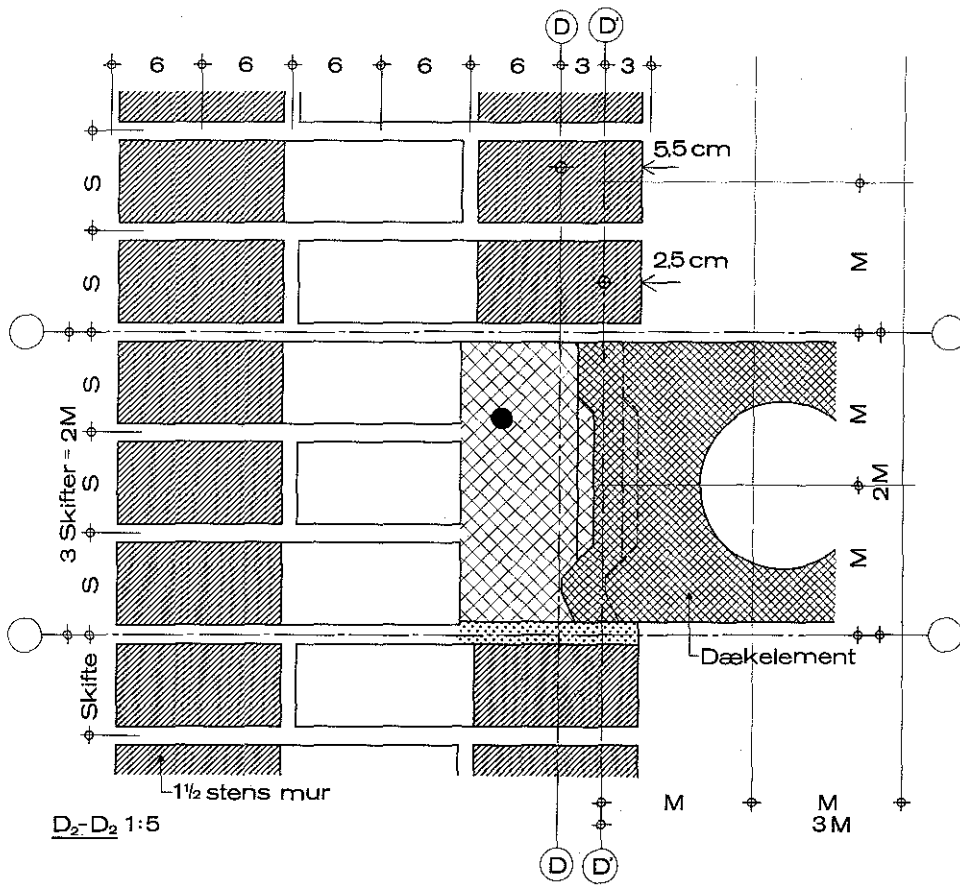


Fig. 7.5. Dæk -
1 1/2 stens hulmur i
facade.

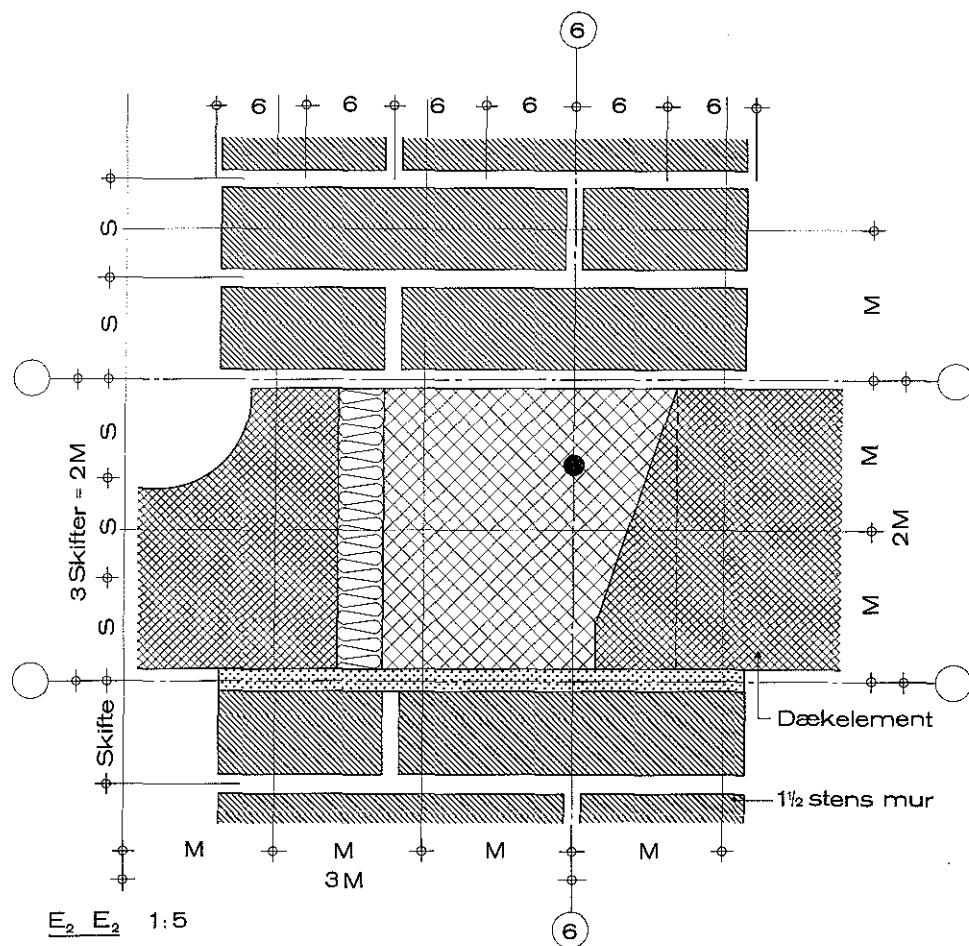


Fig. 7.6. Dæk -
1 1/2 stens facade-altan.

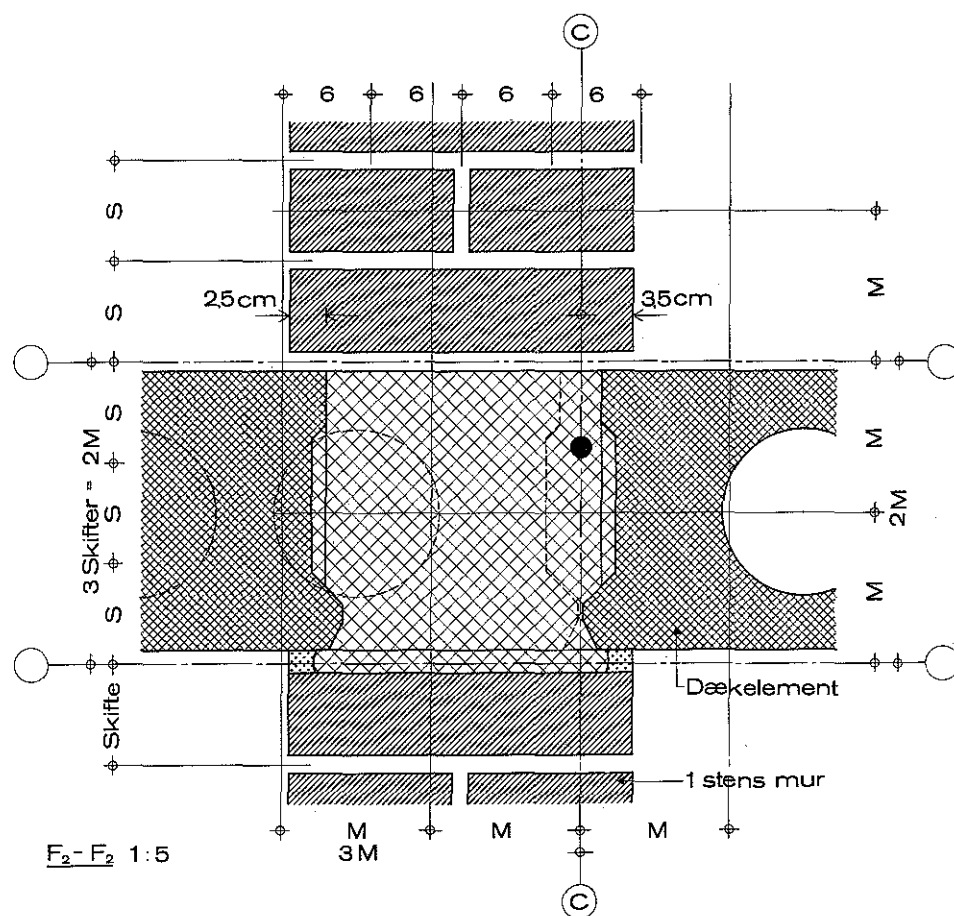


Fig. 7.7. Dæk - 1 stens
længdeafstivende væg.

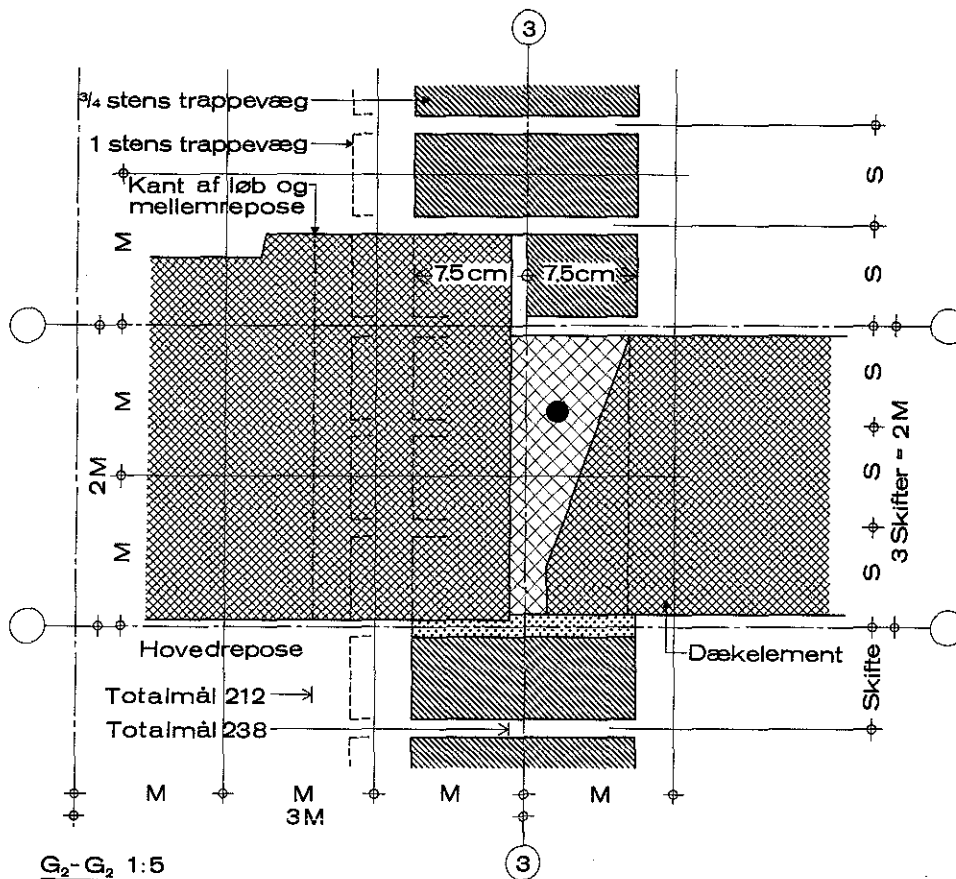


Fig. 7.8. Dæk -
3/4 stens trappevæg-
hovedrepose.

Ud fra disse hensyn er samlingen mellem dæk og længdeafstivende væg udført som vist i fig. 7.7, snit F2-F2. Placeringen af planlægningsmodullinien langs det normale dækelement 3,5 cm inde i 1-stens væggen bevirker dels en lukning mellem de to etager, dels at væggen kan føres næsten ubrudt igennem, når der anvendes det viste specialelement i dækket ved siden af det normale.

Ved trappeendevæggen giver den valgte placering af modullinien et trappe-rums mål på $l = 455$ cm, se opmuringstegningen, fig. 7.10. Dette mål er netop anført som grænseværdi for rumlængden i DS/R 1040, side 2, pkt. 3.4.

Det fremgår af snit F2-F2, at vi her for første gang har placeret en planlægningsmodullinie sådan, at den *ikke* respekterer den sædvanlige 6 cm-takt i murværket.

6 cm-takten brydes

På dette sted, inde midt i bygningen, gør det imidlertid ikke noget: De indvendige vægge skal pudses, og at den længdeafstivende 1-stens væg ikke passer ind i tværvæggens 6 cm-takt betyder kun, at fugerne i tværvæggen må trækkes lidt. På de lange vægflader (= den halve husdybde) vil dette let kunne lade sig gøre - selv i blank mur.

Løsningen i fig. 7.7 er altså i orden, og den er endnu et eksempel på, hvordan den strenge modul teori må vige pladsen for byggetekniske hensyn og almindelig sund fornuft.

Modul teori - og praksis

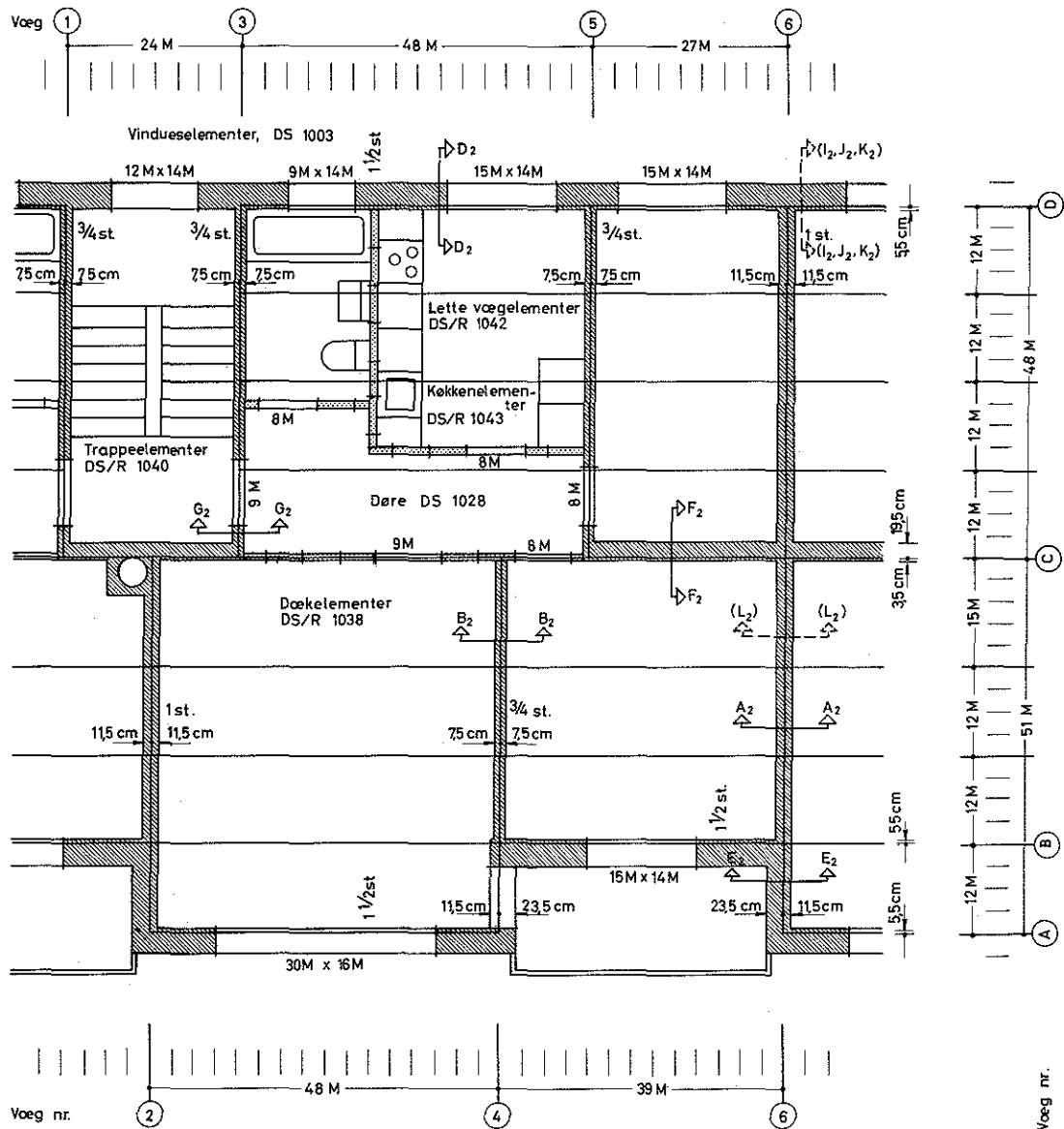
Samlingen mellem trappesidevæg, dækelement og hovedrepose er vist i fig. 7.8, snit G2-G2. Løsningen svarer til fig. 6.11, snit G1-G1, kun er dækvederlaget her bærende.

Det kunne måske være ønskeligt i denne samling at rykke dæk og repose lidt fra hinanden, da væggen er bærende, men det kan ikke lade sig gøre i den tynde $\frac{3}{4}$ stens-væg. Vægtværsnittet er desuden i det væsentlige uforstyrret ud for trappeløbene.

7.3 Moduloversigtstegning

Nu er alle samlinger mellem dæk og råbygningens vægge klaret op, og vi kan optegne moduloversigtstegningen og indskrive modulliniernes placering i væggene; se fig. 7.9.

Fig. 7.9. Dækelementerne er dimensioneret efter DS/R 1038, den middeltunge vægklasse. Planen går i dette tilfælde ikke op alene med 12 M brede elementer, og der må derfor anvendes supplementselementer med B = 15 M. Sammenlign planen i eks. 1. Tegningen viser alle de valgte, modulare komponenter på deres plads i planen, og desuden er beliggenheden af detailsnittene indtegnet.



EKSEMPEL 2
MODULOVERSICHTSTEGNING. 1:100

7.4 Arbejdstegninger

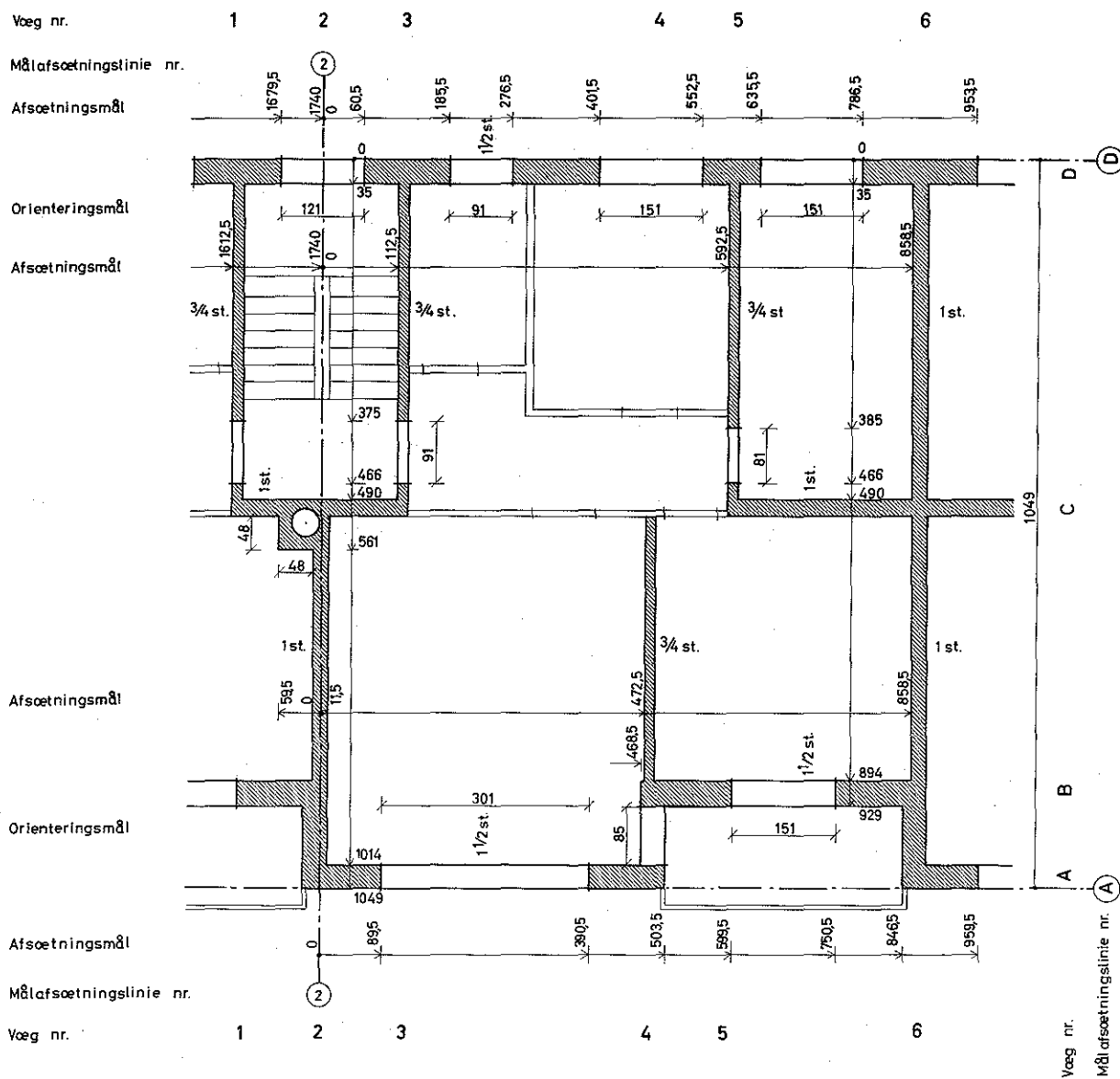
Arbejdstegningerne kan herefter udføres, idet målene hentes på moduloversigtstegning og detaltegninger.

Fig. 7.10 viser opmuringstegningen udarbejdet efter samme principper som i eksempel 1.

På opmuringstegningen bemærker vi springet i vægoverfladen i $\frac{3}{4}$ stensvæggen nr. 4 ved altandøren. Denne løsning er næppe acceptabel i praksis. Den fremkommer af følgende grunde:

- I. Planlægningsmodullinie 4 i $\frac{3}{4}$ stensvæggen kan kun placeres midt i denne.
- II. $\frac{3}{4}$ stens væggenes overflader og fugetilslutning til $1\frac{1}{2}$ stensvæggen passer ikke ind i murværkets 6 cm takt. Man kan ikke halvere en "trekvarter" og få noget med 6 cm byggemål.
- III. Planlægningsmodullinie 4 er kobet sammen med 6 cm-takten i facaden.

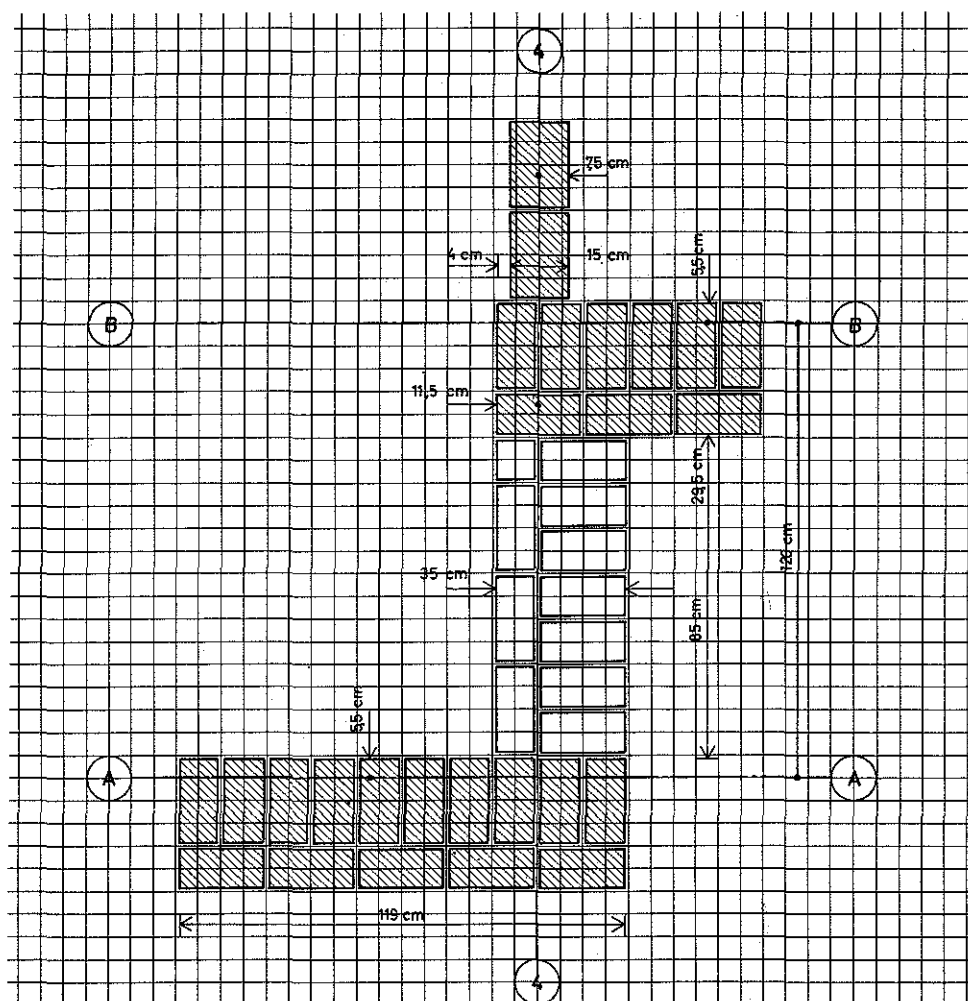
Hele sammenhængen fremgår af detaillen, fig. 7.11.



EKSEMPEL 2
OPMURINGSTEGNING. 1:100

Fig. 7.10.

Fig. 7.11. Murdetaille ved altandør, væg 4, vægoverfladen har et spring på 4 cm. Maskevidden i nettet er 6 cm.



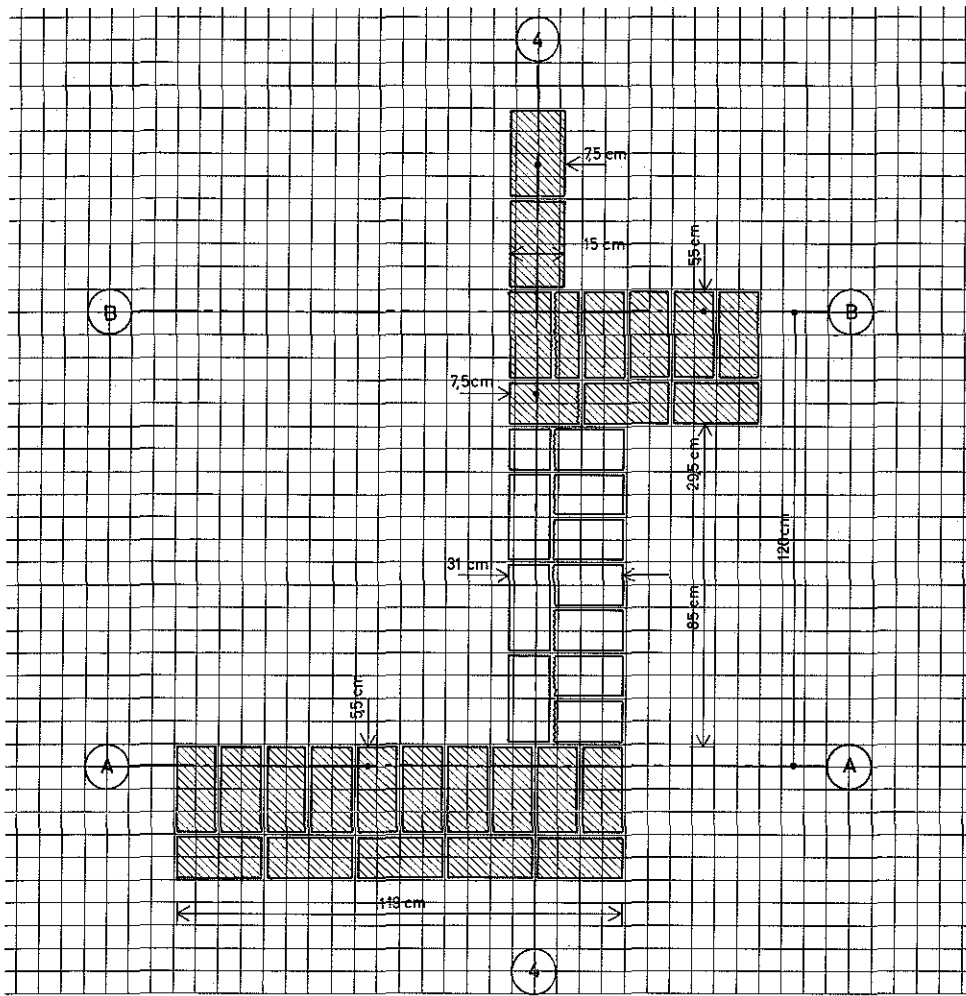
1:20

Problemet kan klares på to måder: Enten kan man udføre væg nr. 4 i 1 sten lige som væg nr. 6, hvor der, som det ses, ikke er noget problem. Det koster ca. 12 kroner mere pr. m² vægareal eller ca. 1,5 krone pr. m² etageareal. Man kan også - hvad der nok er mere rimeligt - tilhugge de få sten omkring altandøren, sådan at vægtykkelsen her bliver 31 cm i stedet for 35 cm; se fig. 7.12.

Montagetegninger for dæk og lette vægkomponenter rummer ikke noget nyt, og er derfor udeladt her.

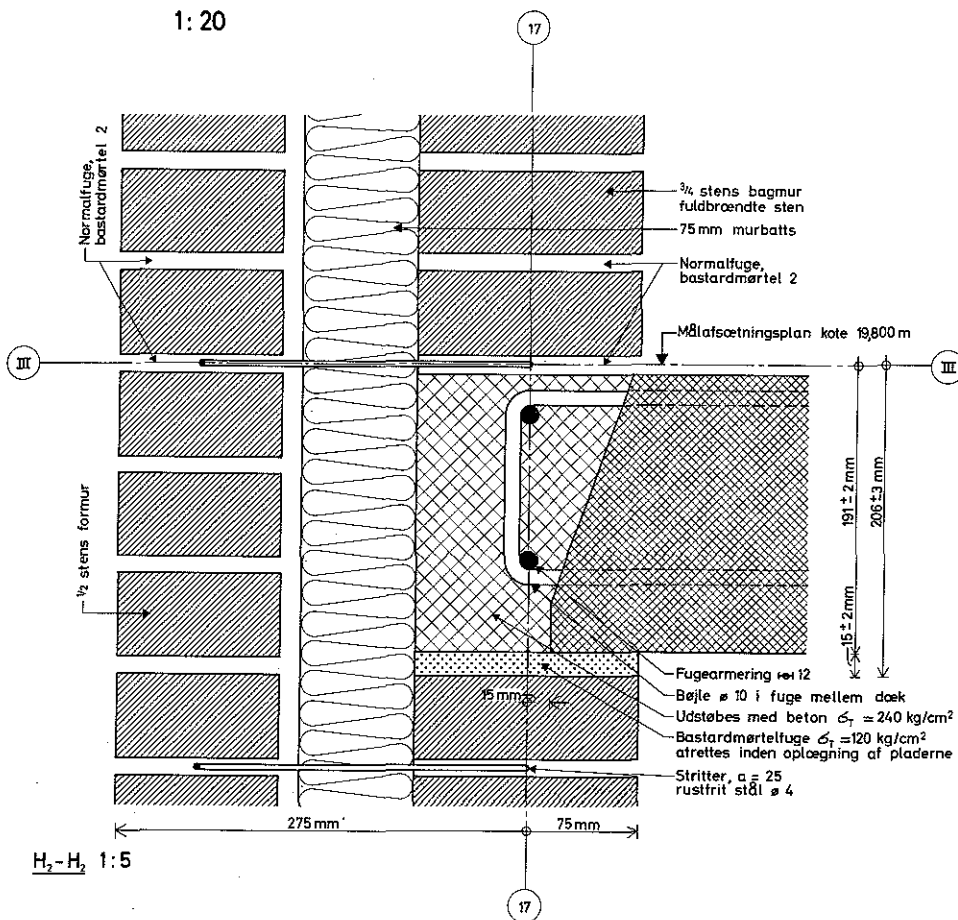
Som eksempel på en samlingsdetaille til brug for byggepladsen vises i fig. 7.13 et snit i den bærende gavlf udført efter den alternative mulighed med $\frac{3}{4}$ stens bagmur, ståltrådsbindere og mineraluldsisolering.

Tegningen indeholder alle for udførelsen nødvendige oplysninger om mål og materialer mm. hentet fra totalprojekteringen.



1:20

Fig. 7.12. Murdetaille ved altandør, væg 4, uden spring i vægoverfladen.



H₁-H₂ 1:5

Fig. 7.13. Samlingsdetaille, procestegning. Dæk - 35 cm hulmur i gavle.

7.5 Alternative valg

Som i eksempel 1 kan beregninger af kraftoverføringen i etagekrydsene føre til, at det bliver nødvendigt at trække dækelementerne fra hinanden. Ved længdeskillevæggen er dette ikke aktuelt her i eksempel 2, da der med specialelementet ved den længdeafstivende væg er skabt fri passage for kraftoverføringen ned gennem væggen.

For tværvæggens vedkommende kan en alternativ løsning med "neutrale zoner" udformes analogt med løsningen i eksempel 1. Det skal specielt fremhæves, at hvis der indlægges en neutral zone i væg nr. 2 på 6 cm, må trappevæggene nr. 1 og 3 øges til 1 sten, da der ikke er plads i $\frac{3}{4}$ stens væggen til neutral zone, når væggen rummer dækelementernes bærende vederlag. Med dette forbehold kan gennemtegningen udføres som i eksempel 1.

Den ikke bærende facade giver som nævnt i indledningen til dette afsnit et stort antal muligheder for alternative valg i denne hustype.

De følgende figurer 7.14 - 7.15 og 7.16 viser moduldetaller af tre forskellige facadeløsninger med lette materialer. Mulighederne for en fri facadeudformning er naturligvis langt fra udtømt med disse løsninger, der blot skal tjene som eksempler.

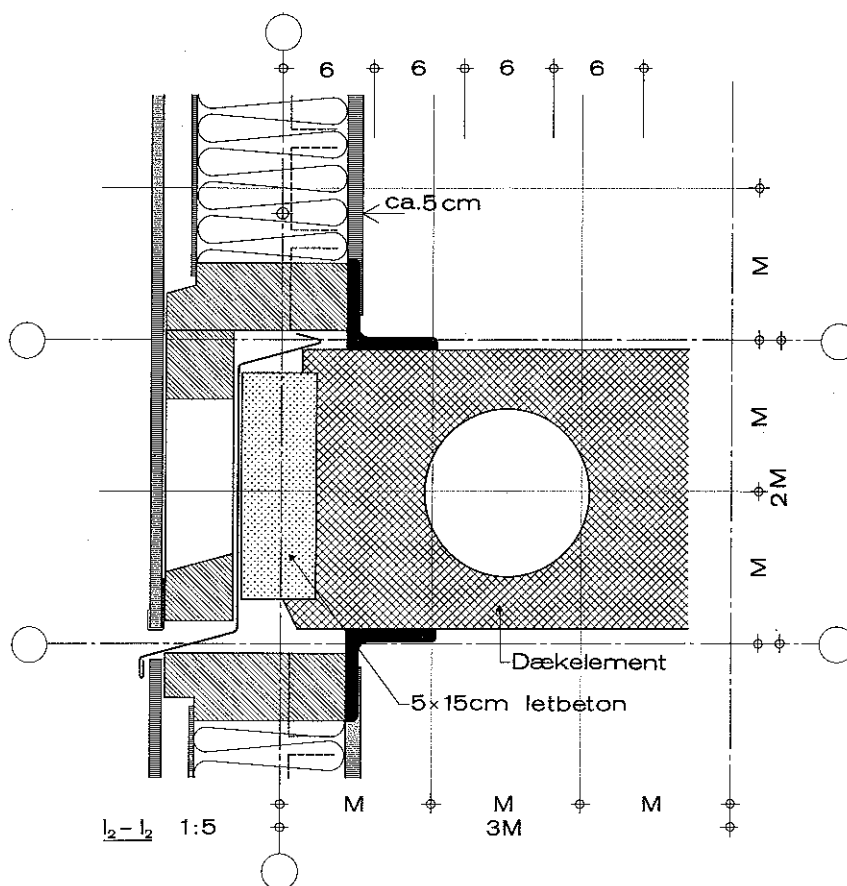


Fig. 7.14. Dæk -
let facade.

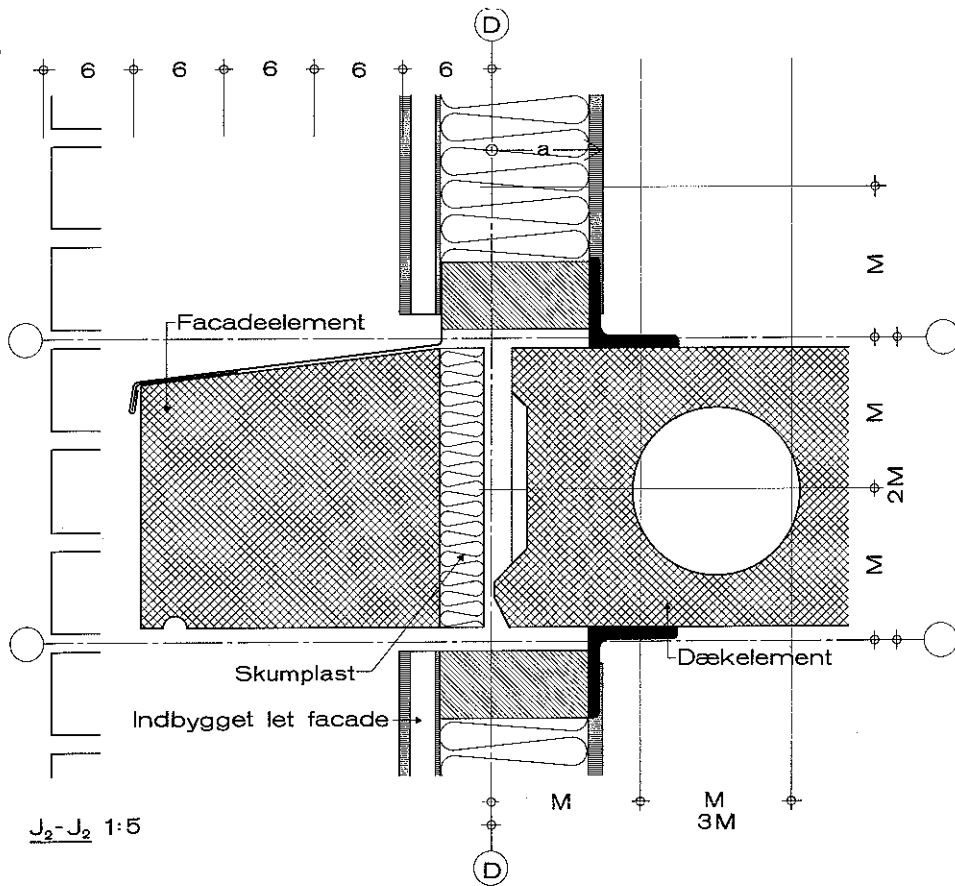


Fig. 7.15. Dæk - let facade - vandrette og lodrette facadebånd.

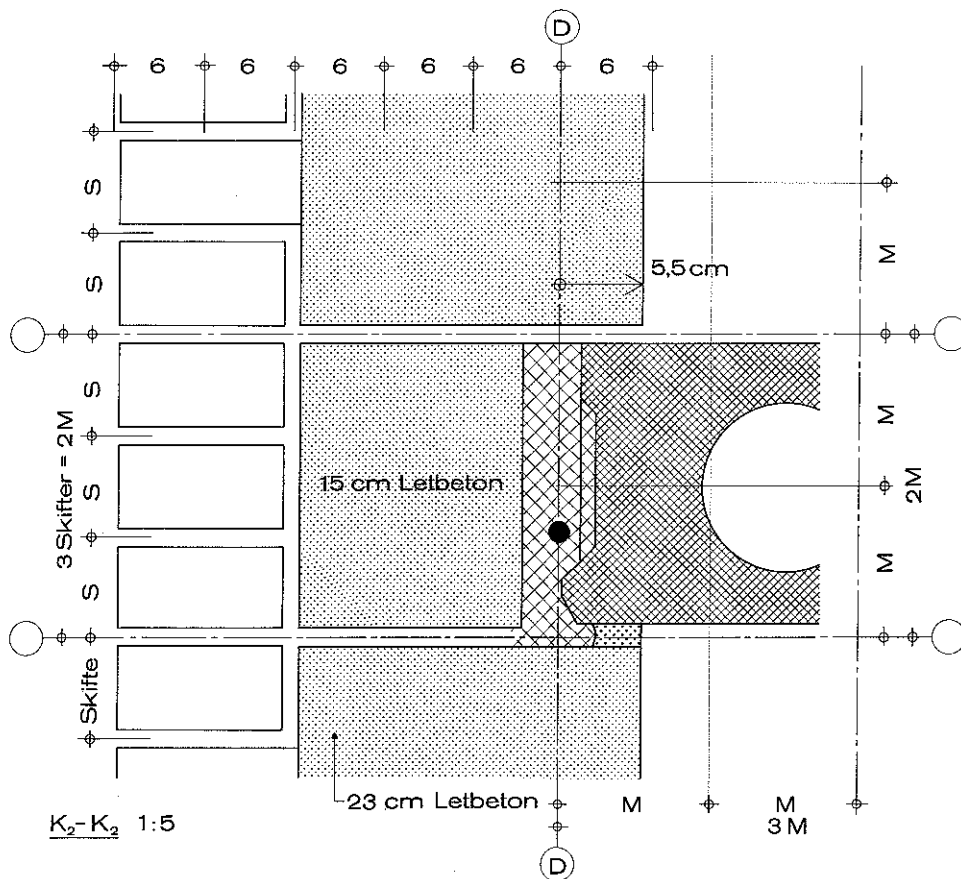


Fig. 7.16. Dæk - letbetonfacade - lodrette facadebånd; - og der kan laves mange flere. Ingen uniformering af modulprojekterne!

BYGGEBLOKKE
FORMAT AFLEDT AF MURSTENSFORMAT

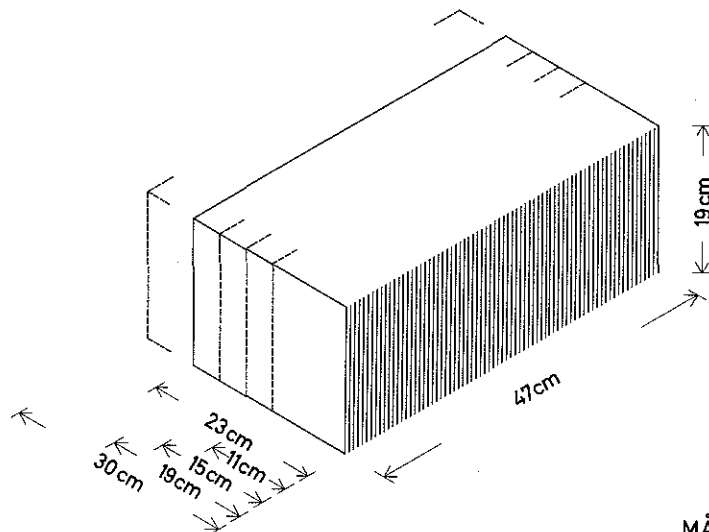


Fig. 7.17. Byggeblok.

MÅL 1:10

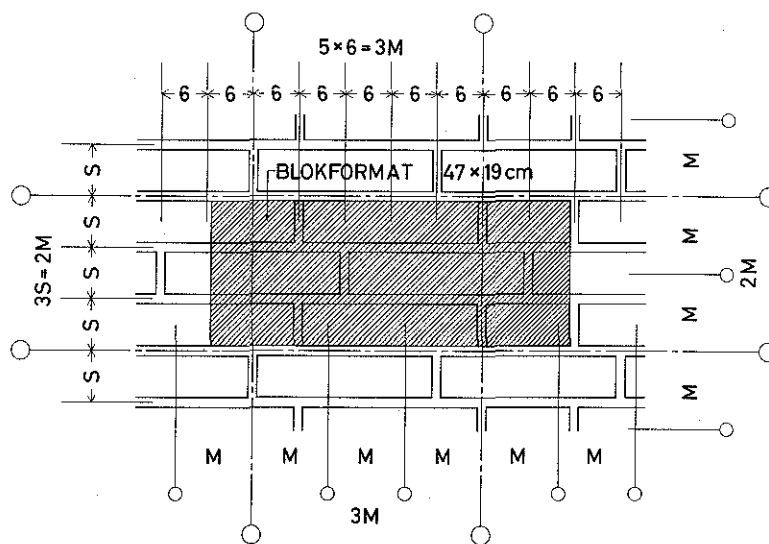


Fig. 7.18. Blokstensformat afledt af murværksmål.

BLOKSTEN,-FORMAT AFLEDT AF MURSTENSFORMAT. 1:10

DS/R 1041. Byggeblokke

I løsningen med letbeton er der anvendt blokke, hvis byggemål er afledt af murværkets byggemål, se fig. 7.17 og 7.18 samt DS/R 1041. Byggeblokke, mål og forbandter. Planlægningsmodullinien i ydervæggen respekterer således igen 6 cm-takten, mens løsninger med snedkerpartier ikke er afhængige af noget 6 cm-mål. Afstanden fra indvendig vægoverflade til planlægningsmodullinien i ydervæggen bestemmes i disse løsninger af træ- og isoleringsdimensioner, fastgørelsesmåden mm., altså på den byggeteknisk korrekt udførte samlingsdetaille. Sammenlign afsnit 5.2: Moduldetaller.

Hvor der ikke anvendes murmaterialer i facaden, påvirker dette også den eventuelle neutrale zone i de bærende tværvægge. Vi har hidtil kun anvendt den i mål, der var delelige med 6 cm af respekt for forbandtet; men med f.eks. snedkermaterialer eller andet i facaderne kan den neutrale zone gives flere andre mål. På grund af det bærende vederlag for dækpladerne, se fig. 7.19, må neutral-zonen naturligvis blive begrænset.

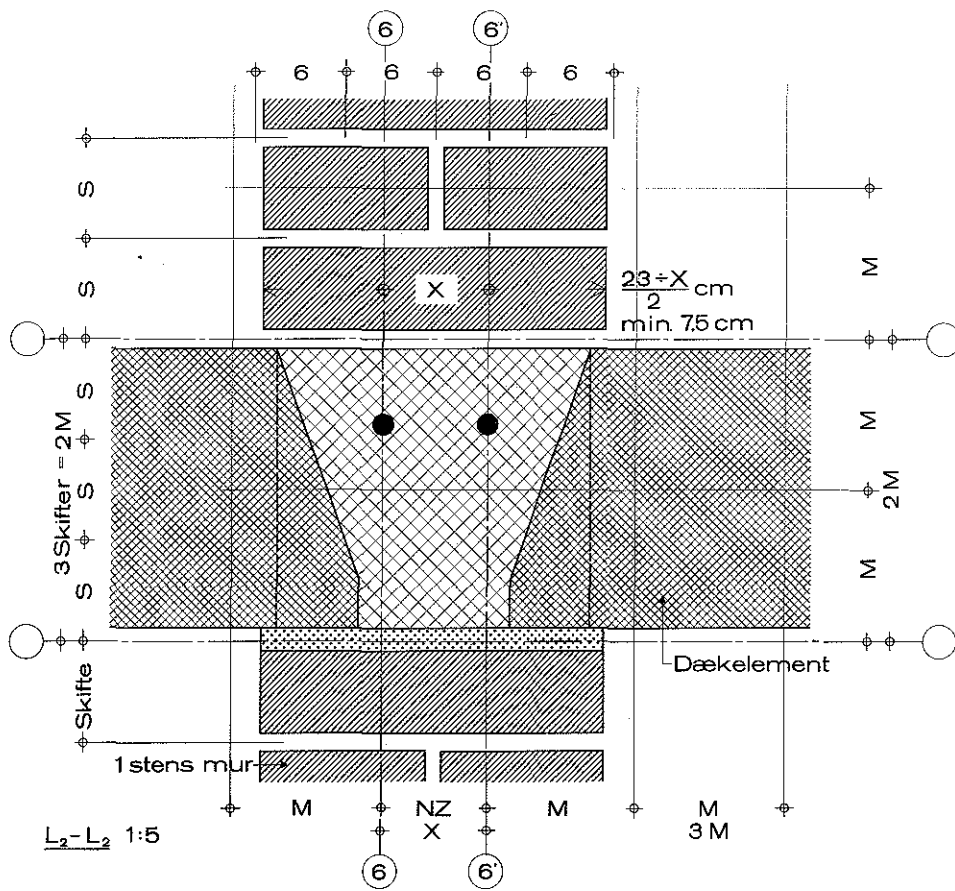
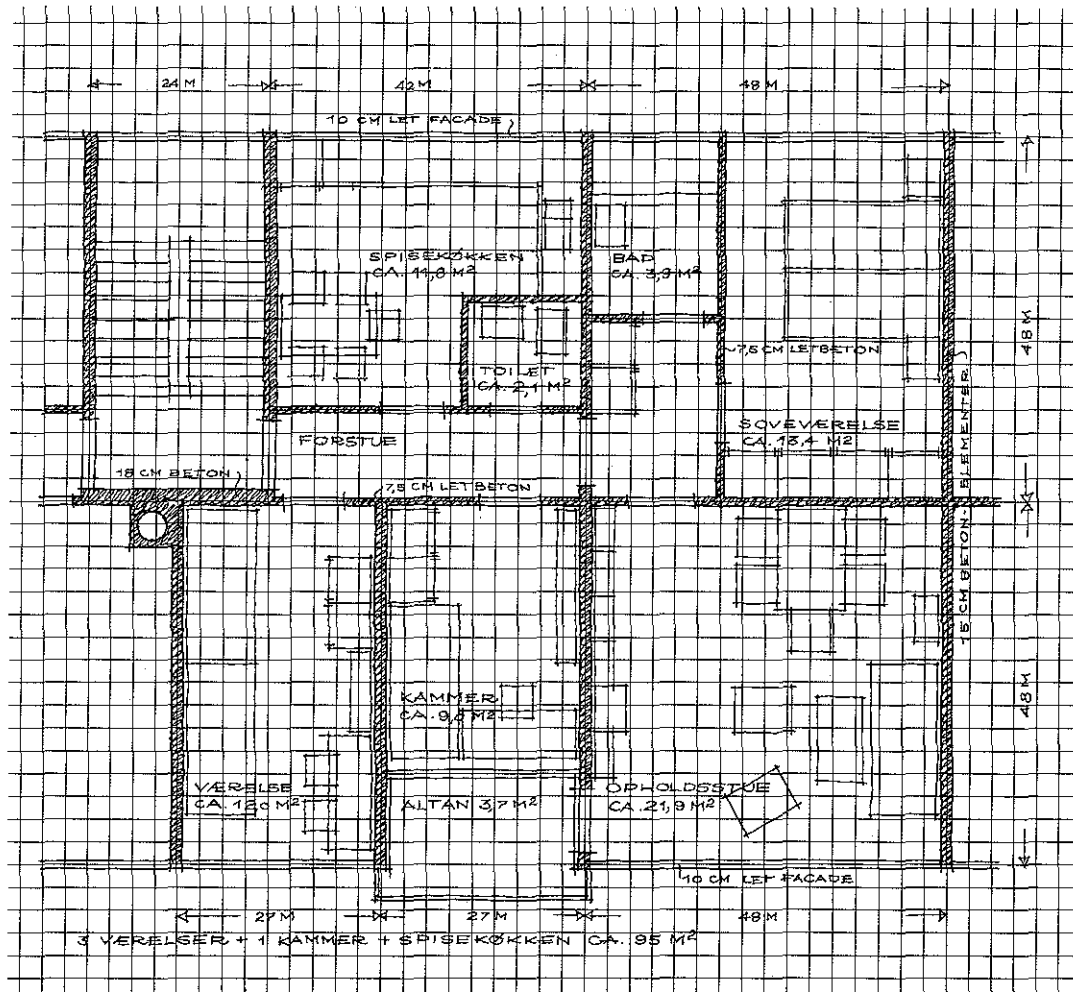


Fig. 7.19. Dæk - 1 stens tværvæg. Hvor der ikke kræves respekt for forbandtmål i facaden, kan den neutrale zone vælges frit inden for intervallet 0-8 cm i den viste samling.

8. Modulprojekt, eksempel 3

Montagebyggeri,
etagehus med bærende tværvægge
af betonelementer



EKSEMPEL 3
SKITSE AF LEJLIGHEDSPLAN. 1:100

Fig. 8.1. Skitseplan. 4-rums lejlighed med adskilt bad og toilet.

Med eksempel 3 forlader vi det murede byggeri og går over til montagebyggeriet. Montagebyggeriet karakteriseres af præfabrikerede, ofte industrielt fremstillede bygningsdele, der samles uden tildannelse, ved montage på byggepladsen. For denne byggeform er en målkoordinering under projekteringen og i produktionsleddet helt afgørende; modulordning og montagebyggeri er da også udviklet i takt med hinanden inden for dansk byggeri i de sidste 10-15 år.

Montagebyggeriet er ikke bundet af de samme hensyn til formater og forbandter, der er behandlet indgående i de forrige afsnit om murværket, og det betyder, at de modulære løsninger oftest bliver klarere og simplere i montagebyggeriet.

Neutrale zoner og netforskydninger optræder sjældnere - men forsvinder ikke helt - og i mange tilfælde kan i hvert fald råbygningen optegnes direkte over et planlægningsmodulnet, i hvilket udvalgte linier også kan anvendes på byggepladsen som afsætningslinier eller systemlinier, f.eks. midtlinjerne i de bærende vægge.

Montagebyggeriet har selv måttet udvikle sine "byggeklodser" - og denne udvikling er langt fra afsluttet endnu. Dette har skabt mulighed for at give de forskellige komponenter modulære byggemål, således at også samlingerne i det færdige bygværk følger modulreglerne og giver enkle, klare løsninger. Projekterende og producenter, der deltager i denne udvikling af nye bygningsdele, har et ganske særligt ansvar for, at deres produkter - stadig med respekt for elementernes funktionskrav, økonomi og producerbarhed - følger modulordningen og giver modulære løsninger, således at de bliver generelt anvendelige - også ud over den byggesag, de er tegnet til. De store nye byggeindustrier, der er startet for at producere modulære elementer til de sidste års montageplaner, har hele tiden haft det andet og lige så vigtige formål, at kunne levere elementer til et åbent byggemarked, hvor modulordningen sikrer produkternes *generelle* anvendelighed.

8.1 Skitseprojekt og valg

Fig. 8.1 viser lejlighedsplanen i eksempel 3. Der er valgt en mere rummelig bolig i dette tilfælde, med et bruttoareal på ca. 96 m². Lejligheden er forsynet med ekstra toilet og håndvask, og rummene er dimensionerede og møblerede efter SBI-anvisning 57, Boligens mål.

Spisekøkkenet, som nok var lidt for lille i eksempel 1 og 2 er udvidet til ca. 12 m² og udstyret efter SBI-anvisning 46, Plan i køkkenet. Lejligheden har en indbygget altan på 3,6 m² med 1,5 m bredde.

Konstruktionsprincippet er stadig de bærende tværvægge - nu udført som betonelementer - med simpelt understøttede, hule dækelementer. Vi vælger følgende standardiserede bygningsdele til projektet:

Råhus:

dækelementer DS/R 1038
vægelementer DS/R 1039
trappe DS/R 1040

Færdighus:

lette vægelementer DS/R 1042
indvendige døre DS 1028
køkkenelementer DS 1043

Facaden forudsættes udført af lette elementer, men er ikke detailprojekteret i dette eksempel. I eksempel 4, afsnit 9, behandles de lette facadeelementers modulproblemer.

De trufne valg registreres nu som i eksempel 1 i et "valgskema", se fig. 8.2, der i oversigtsform giver en beskrivelse af projektet.

Neutrale zoner i montagebyggeriet

Nye bygningsdele gøres generelt anvendelige

SBI-anvisning 57

SBI-anvisning 46

Modulkatalog til eksempel 3

Skematisk bygningsbeskrivelse EKSEMPEL 3

Enfamiliehus	Etagebolig	X	1 2 3 4 5									
Fabrik	Institution		6 7 8 9 10							Åbent	Lukket	
			11 12 13 14							X		
Byggeri			Etager	Konstruktionsprincip							System	

TAG	VÆGGE		FUNDA- MENTER
	Tagdækning	Tagkonstruktion <small>(se også tagdæk)</small>	
	Tegl på lægter Tegl på brædder og pap Pap på brædder Asbestcement bølgeplader Skifer Metalplader Plasticplader	Hønbåndsspærufag Gitterspærufag Plader Bjælker Buer	
	Langsgående facadevæg	Tunge stående Tunge ophængte Lette udfyldningsvægge Lette beklædningsvægge (curtain walls)	
	Tværgående facadevæg <small>(gavl)</small>	Tunge stående Tunge ophængte Lette udfyldningsvægge Lette beklædningsvægge (curtain walls)	
	Langsgående skillevæg	Murværk, normalstensformat Murværk, blokstensformat Beton in situ Betonkomponenter, etagehøje Letbetonkomponenter, etagehøje	
	Tværgående skillevæg	Murværk, normalstensformat Murværk, blokstensformat Beton in situ Betonkomponenter, etagehøje Letbetonkomponenter, etagehøje	
	Trapperums- væg	Murværk, normalstensformat Murværk, blokstensformat Beton in situ Betonkomponenter, etagehøje Letbetonkomponenter, etagehøje	
	Læ- og støtte- væg	Murværk, normalstensformat Murværk, blokstensformat Beton in situ	
		Beton in situ Betonkomponenter Punktfundering Fundamentsbjælker	

DÆK	TRAPPER		DIVERSE
	Tagdæk	Normaldæk	
	Træbjælkelag Letbetonkomponenter Betonkomponenter Beton in situ Hulstensdæk Specialdæk	Træbjælkelag Letbetonkomponenter Betonkomponenter Beton in situ Hulstensdæk Specialdæk	
	Kælderdæk <small>(evt sikringsdæk)</small>	Træbjælkelag Letbetonkomponenter Betonkomponenter Beton in situ Hulstensdæk Specialdæk	
	Terrændæk Bunddæk	Klaplag Folie	
		Trætrapper Beton in situ Betonkomponenter (løb og reposer) Metaltrapper	
		Opvarmning	Varmfluktanlæg Centralvarmeanlæg
		Sanitet	
		Inventar	

Forenklet oversigt over vigtige valgmuligheder ved projektering. Simpel afkrydsning kan angive foretagne valg, og fremtræde som en grov beskrivelse af det foreliggende projekt.

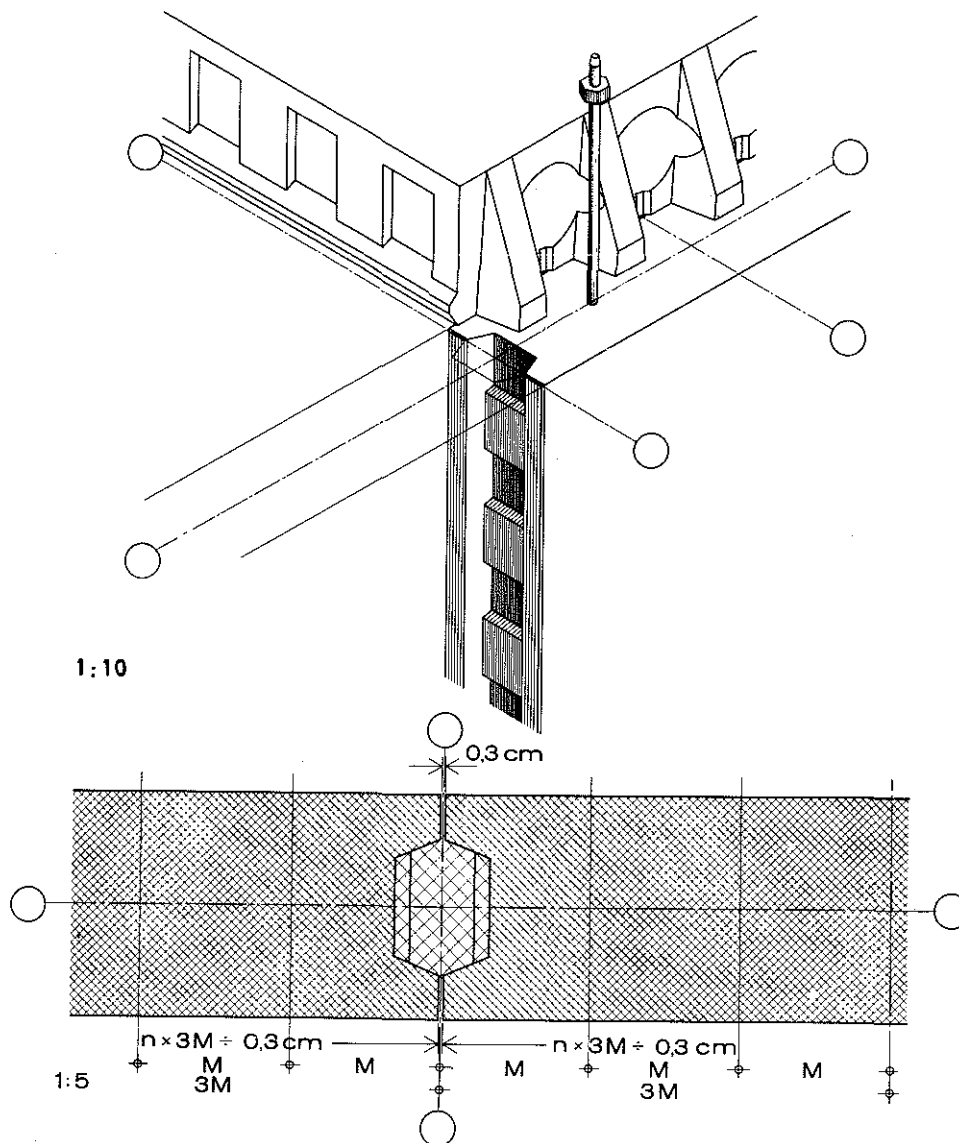
Fig. 8.2. SBI's "valgskema".

8.2 Opklaring af detaljer

Sammenbygningen af de valgte komponenter klares op i moduldetallerne. De viste løsninger er hentet fra det banebrydende arbejde, der er udført på ingeniør Malmstrøms tegnestue, med udvikling af byggesystemet til Ballerupplanen, Gladsaxeplanen m.fl. For en nærmere omtale af systemet henvises til f.eks. et særtryk fra tidsskriftet Byggeindustrien, "Ballerupplanen", Teknisk Forlag 1964.

Malmstrøms byggesystem

Til optegning af detaljerne skal vi bruge tilvirkningsmålene på de anvendte komponenter. Tilvirkningsmålene på dækelementerne har vi i eksempel 1, fig. 5.10 og fig. 6.3. Målene for vægelementerne fremgår af fig. 8.3, som viser de ydre mål og vægelementets normale placering i sit modulområde i forhold til de tilgrænsende modullinier. Modulmålene er fra DS/R 1039, mens tilvirkningsmålene er fra et katalogblad over vægelementer fra en betonelementfabrik.



MASSIVE VÆGKOMPONENTER

Modulmål efter DS/R 1039

Tilvirkningsmål efter katalog fra betonelementfabrik

Vægtykkelse 15 eller 18 cm

Fig. 8.3. Vægelementer. Tilvirkningsmål og modulmål.

Montageboltene

Fig. 8.4, snit A3 - A3, viser samlingen mellem dækelementernes bærende vederlag og den bærende 15 cm tværvæg. Samlingen er bl.a. beskrevet i SBI-rapport 38: Samlingsproblemer i montagebyggeri. Boltene indstøbt i toppen af vægelementet tjener to formål: Dels transport af elementet, dels justering af næste etages vægelementer, både i lodret og vandret retning.

Den lodrette justering foregår ved nivellering af møtrikken, mens den vandrette justering foregår ved hjælp af et stangmål af letmetal, der lægges ned over boltene og placeres efter målafsætningslinierne i væggenes midte. Se fig. 8.5. Systemlinierne er i den viste samling tillige modul-linier for dækelementerne, der placeres med sædvanlig fugeandel symmetrisk omkring modullinien.

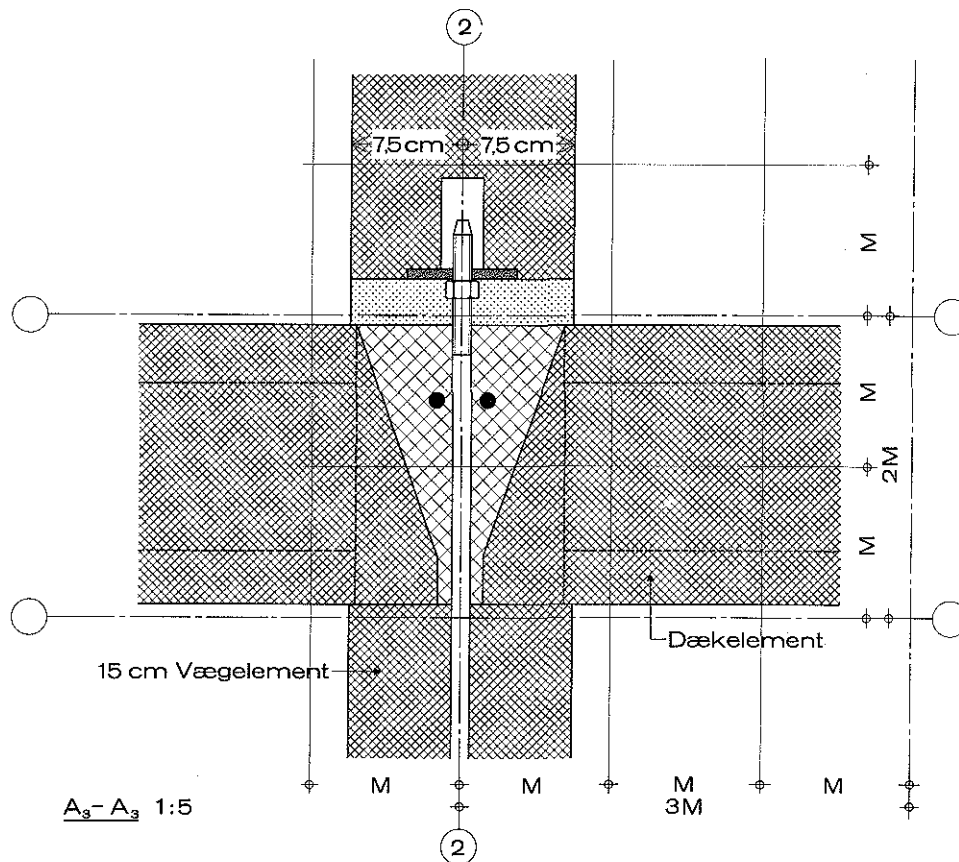


Fig. 8.4. Lodret snit i samling mellem dæk og 15 cm betonvæg.

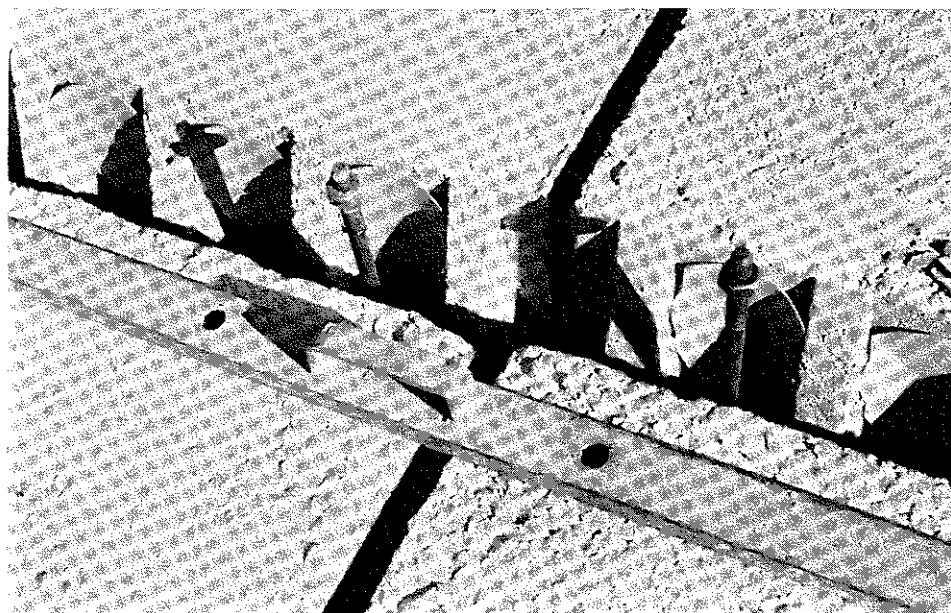


Fig. 8.5. Stangmål klar til justering af montageboltene i væggenes midtlinie.

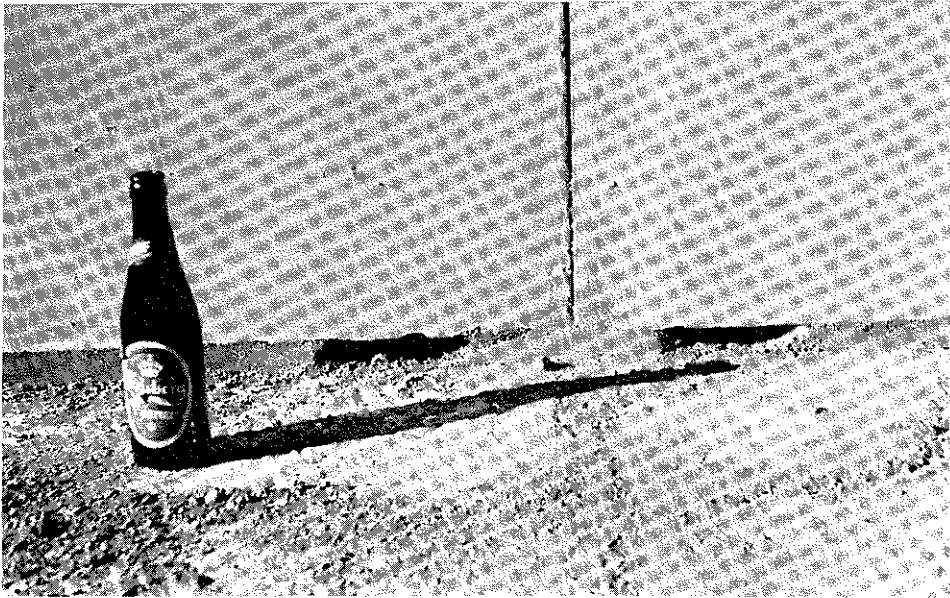


Fig. 8.6. Iudsparingerne i den understøp-
pede vægfuge er mon-
tageboltens motrikker
tilgængelige.

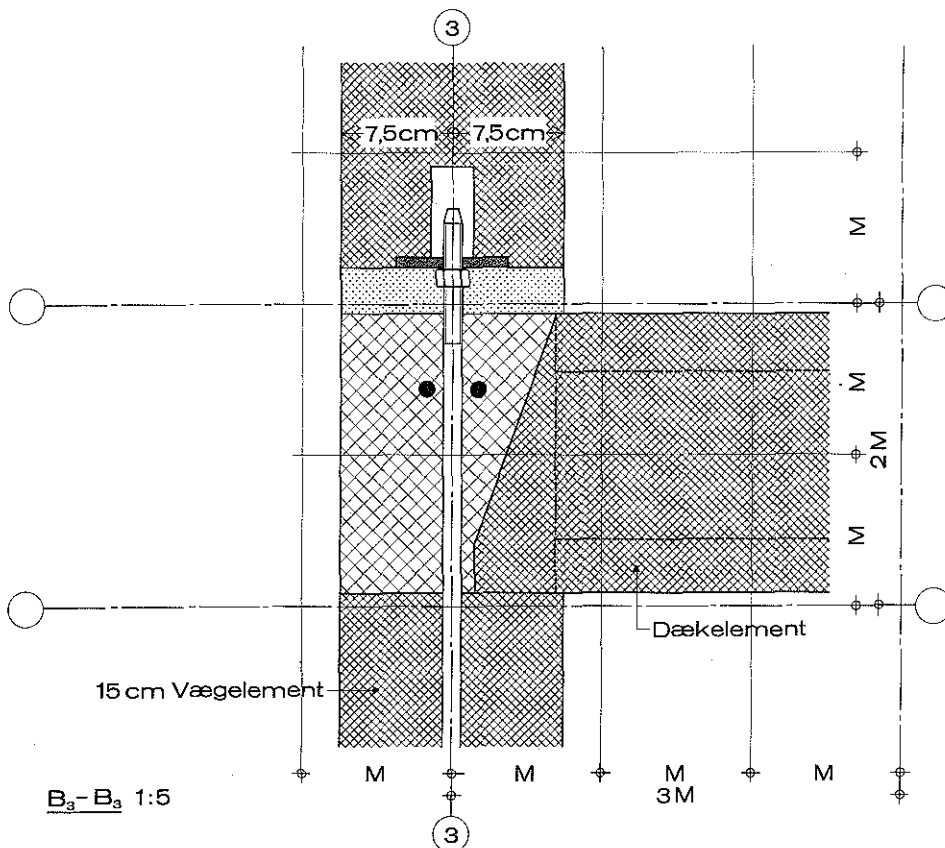


Fig. 8.7. Bærende ve-
derlag, dæk - tværvæg;
f.eks. ved trappevæg.

Dækelementerne oplægges med knasfuge på vægelementerne, der herved overskrider deres modulområde i lodret retning. "Bruddet" på denne generelle regel er som sædvanlig byggeteknisk begrundet. Sammenlign afsnit 9.4: Opklaring af detaljer i Ballerupplanen.

Vægelementernes højdemål er i øvrigt bestemt således, at der over dækoversiden og udstøbningen mellem dækelementerne bliver en fuge på godt 3 cm, der giver tilstrækkelig plads for indstopning af jordfugtig fugemørtel efter opstilling af væggene. Opstillingsprocessen afsluttes med, at boltømøtrikkerne løsnes, når fugemørtelen er svundet og bundet af. Herved bliver selve fugen og ikke boltene kraftoverførende. Fig. 8.6 viser den udsparring i fugen ud for boltene, der er nødvendig for at kunne løsne møtrikken.

Kraftoverføring i væg-
fugen

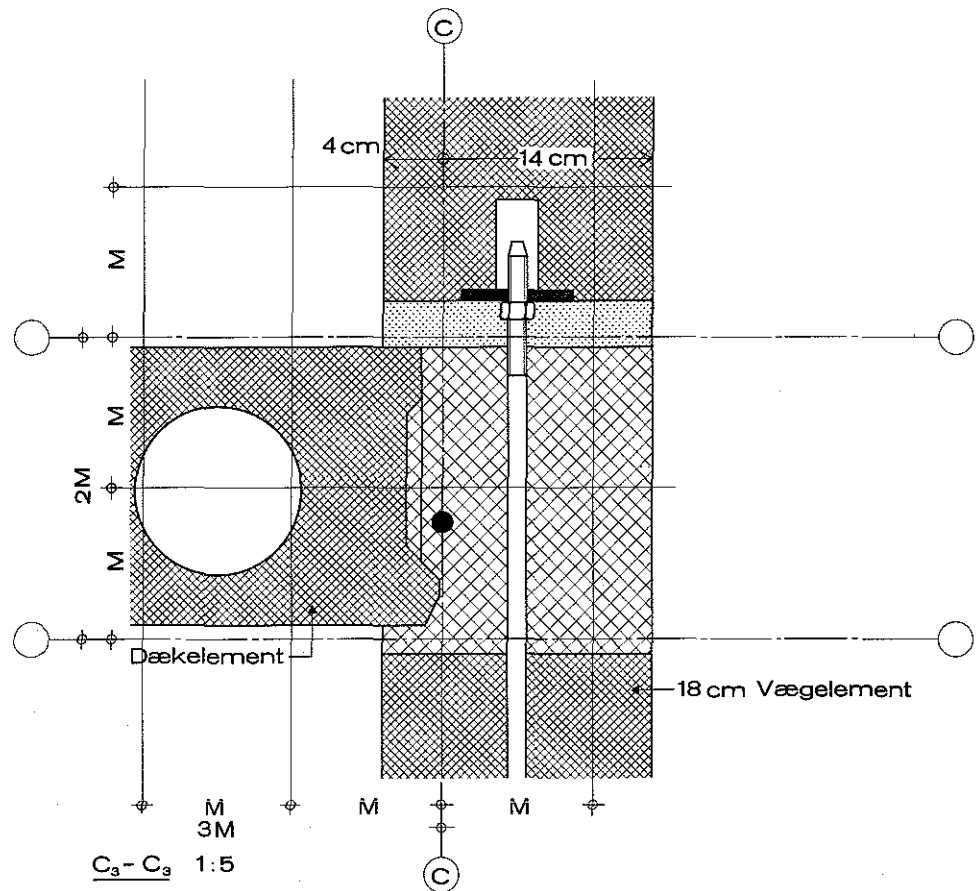


Fig. 8.8. Sidevederlag, dæk - længdevæg; f.eks. trappeendevæg.

Dækelementerne er som nævnt de samme, som de i eksempel 1 anvendte, og de er oprindelig udviklet til denne samling med de 15 cm betonvægge. Vi ser, hvorledes knaststørrelsen og hele vederlagets udformning er tilpasset vægdimensionen, således at vægtværsnittet reduceres mindst muligt i etagekrydset, og kraftoverføringen igennem dette kan foregå uforstyrret.

Fig. 8.7, snit B3-B3, viser samlingen mellem dæk og væg, hvor vederlaget er ensidigt, som f.eks. ved trappevæggene. Samlingen svarer i øvrigt i alle enkeltheder til snit A3-A3.

Længdeafstivning

Længdeafstivningen i bygningen er klareret i trappeendevæggen, der udføres af 2 stk. 18 cm tykke elementer. Da det afstivende profils udstrækning i kraftens retning (bygningens længderetning) kun er 24 M, bliver spændingen i væggen relativt store, og det er derfor af særlig betydning, at vægtværsnittet føres ubrudt igennem dette etagekryds, og at der ikke kan ske forskydning mellem de to vægelementer.

Dette er de (statiske) funktionskrav, der har været bestemmende for samlingernes udførelse og placeringen af modullinien i længdevæggen.

Placering af længdevæggen i forhold til modulnettet

Fig. 8.8, snit C3-C3, viser samlingen mellem dæk og længdevæg. Som dækelement er anvendt et normalelement, der kun er lagt 4 cm ind i længdevæggen. Der opnås herved tæthed mellem etagerne, uden at væggenes tværsnit reduceres afgørende. De 4 cm svarer til den halve tykkelse af de lette vægge, der således kan opstilles med den ene side bindig med længdevæggen, se senere i snit E3. Detailler omkring montagebolte og højdemål er uændrede fra tværvægssamlingerne, kun er højden af væg-

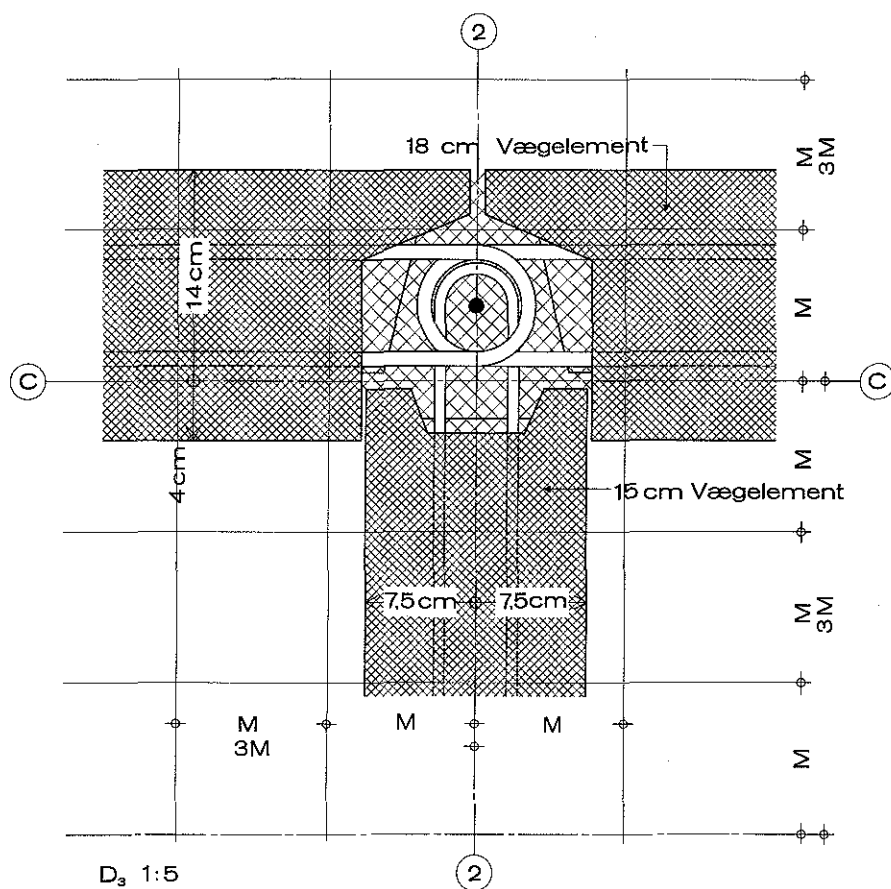


Fig. 8.9. Vandret snit i samling mellem tværvæg og længeafstivende væg.

elementet lidt mindre for at sikre kontakt mellem væg og dæk ved udstøbning af fugen. Dækkets sidevederlag på væggene er ikke bærende.

Samlingen mellem tværvæggen og længevæggenes to elementer er vist i det vandrette snit D3, fig. 8.9. I fugen mellem de to længevægselementer skal optages betydelige forskydningsspændinger, og elementernes sidekanter er derfor foruden den sædvanlige fortanding forsynet med udragende hårnålebøjler, der omslutter et lodret låsejern midt i fugen.

Beregningen af samlingen foregår ved udregning af "tryk på hulranden" ved hårnålebøjlerne, men hele kraftforløbet i samlingen er endnu ikke blevet undersøgt ved laboratorieforsøg. Danmarks Ingeniørakademi har i samarbejde med ingeniør Malmstrøm planlagt en forsøgsrække for at få samlingens statiske virkemåde analyseret nærmere.

Komponenternes placering i forhold til planlægningsmodullinierne viser samme billede som samlingerne, snit A3-A3 og D3: Tværvæggen er symmetrisk placeret, og længevæggen er placeret med sin overflade 4 cm fra modullinien. Tværvægselementet er et normalelement, hvad de ydre mål angår, men sidekanten i samlingen er forsynet med bøjler, der kræver en særlig sideform.

Fig. 8.10, vandret snit E3, viser samlingen mellem trappeendevæg og -sidevæg. Samlingen er analog med snit D3, og det ses, hvorledes placeringen af planlægningsmodullinien i den lette væg og den tunge længeafstivende væg muliggør, at vægoverfladen til venstre i billedet bliver plan ved overgangen mellem de to vægtyper. Den lette væg vil i denne placering skjule fugen i loftet mellem to dækelementer. Bortset fra dette

Forskydningskræfter i fuger

Laboratorieforsøg

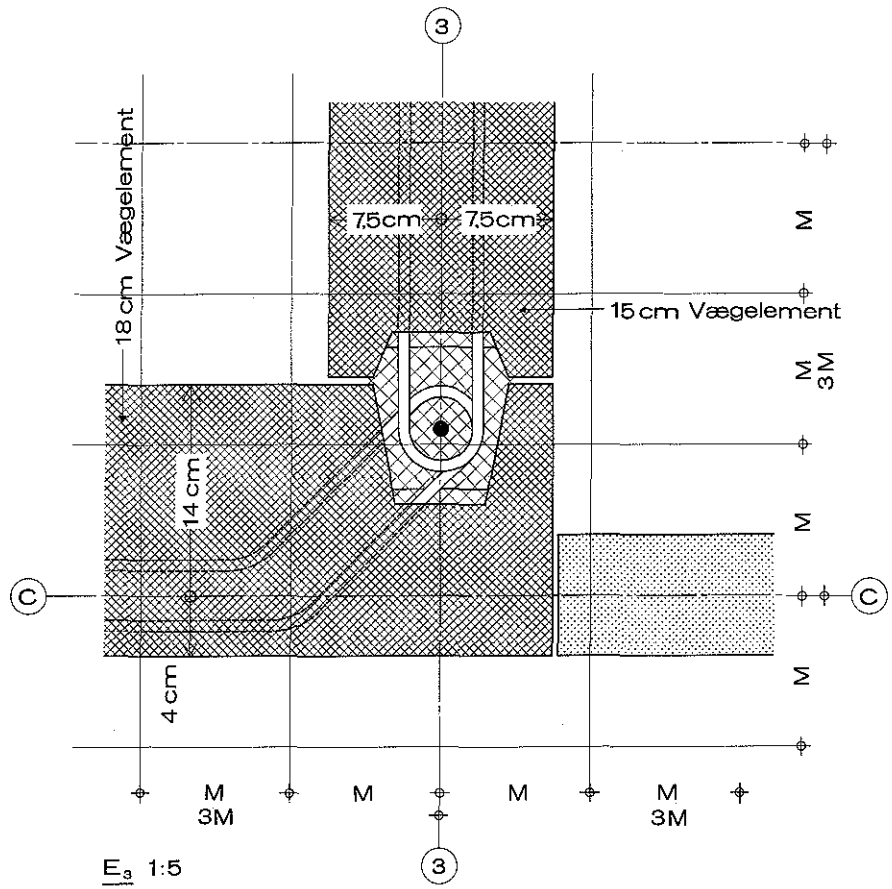


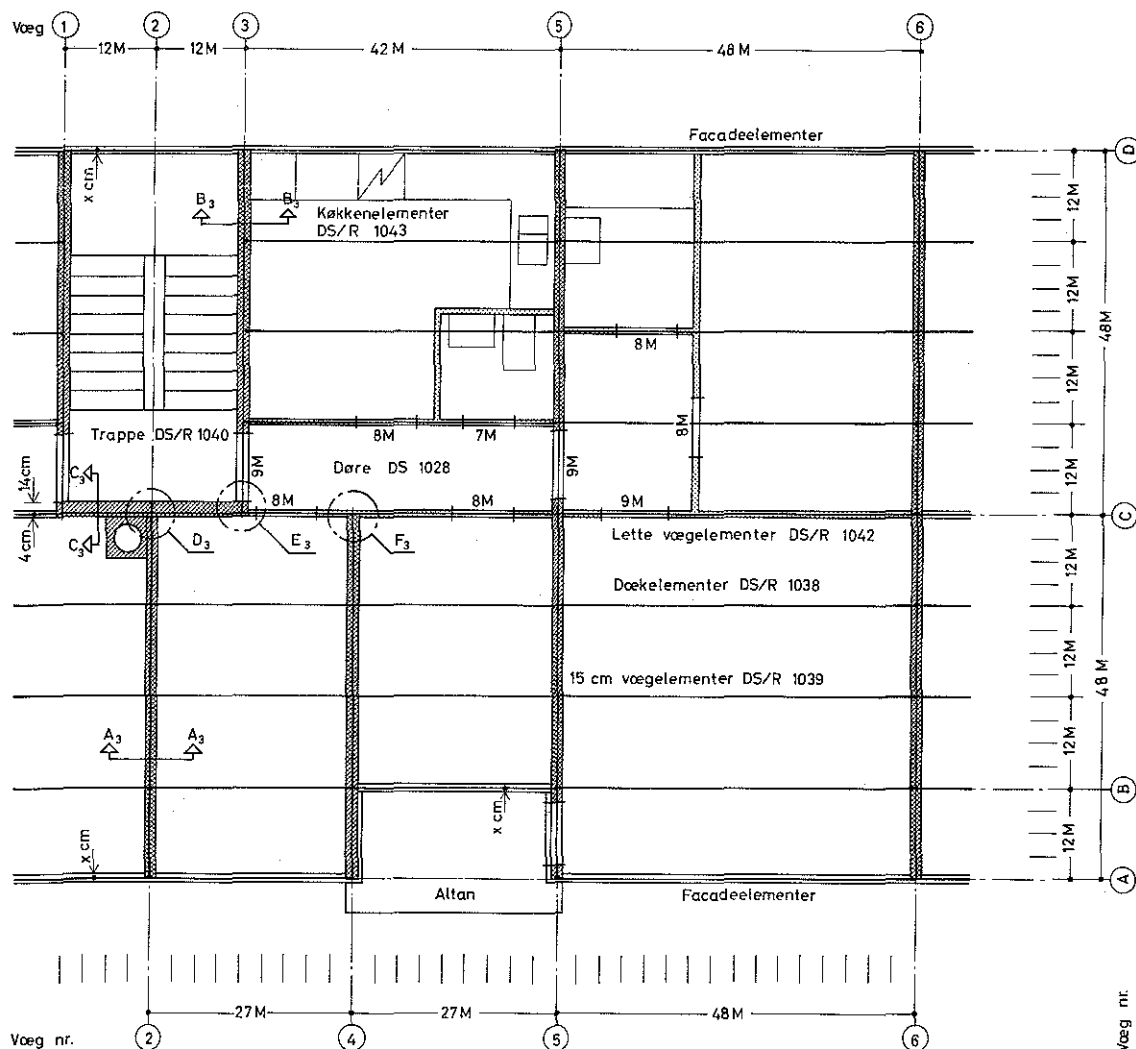
Fig. 8.10. Vandret snit i samling mellem trappe- og endevæg og let væg.

hensyn, som også er tilgodeset ved den anden entre-væg, kan de lette vægge placeres frit i planen, dvs. hvor man ud fra brugsfunktionen har behov for dem.

8.3 Moduloversigtstegning

Efter opklaringen af detaljerne kan huset nu sættes sammen af de valgte byggekomponenter, og der kan udføres moduloversigtstegning, se fig. 8.11.

Moduloversigtstegningen er enkel og klar, fordi råhusets komponenter alle er modulære. Der er ingen neutrale zoner og netforskydninger, kun den forskydning af trappeendevæggen i forhold til modullinie C, der er redegjort for under fig. 8.8, snit C3-C3. På moduloversigtstegningen er beliggenheden af detailsnittene indtegnet.



EKSEMPEL 3
MODULOVERSICHTSTEGNING. 1:100

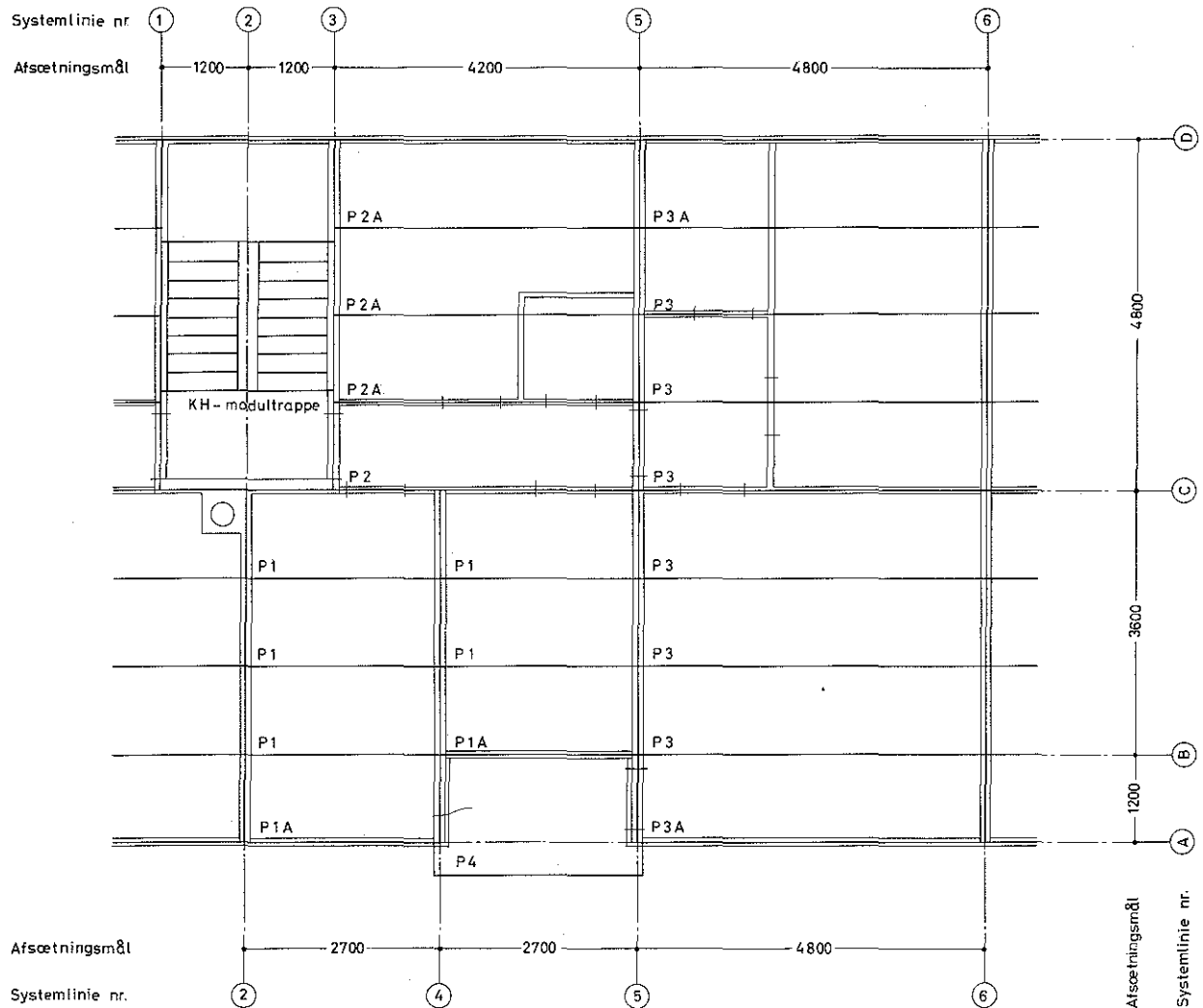
Fig. 8.11. Moduloversigtstegningen bringer komponenterne på plads i forhold til hinanden og til modullinierne. I montagebyggeriet bliver moduloversigtstegningerne oftest enkle og klare.

8.4 Arbejdstegninger

Totalprojektering

Med moduloversigtstegning og -detaller er råhusets komponenter kommet på plads i forhold til hinanden, men inden der kan udarbejdes arbejdstegninger, procestegninger, må projektet færdiggøres med beregning af bærende og afstivende konstruktioner samt installationer og inventar; kort sagt, der skal totalprojekteres. Først da kan vi udføre f.eks. montage-tegningerne med deres detaljerede elementfortegnelser, og byggepladsens samlingsdetaller.

Fig. 8.12 viser montage-tegningen for dækelementerne. Elementerne er nummererede således, at elementer med samme ydre mål (modulmål) har



PLADETABEL

Betegnelse	Byggemål bredde x længde	Antal
P1	12M x 27M	5
P1 A	"	2
P2	12M x 42M	1
P2 A	"	3
P3	12M x 48M	6
P3 A	"	2
P4	Umodulær	1
Ialt		20

* Betegnelsen „A“ efter plade nr. angiver varianter med samme ydre mål men med afvigelser i form af f.eks. huller, udsparinger, indstøbninger mv.

Elementernes placering i forhold til systemlinierne: se detailtegninger.

Ubenevnte mål i mm

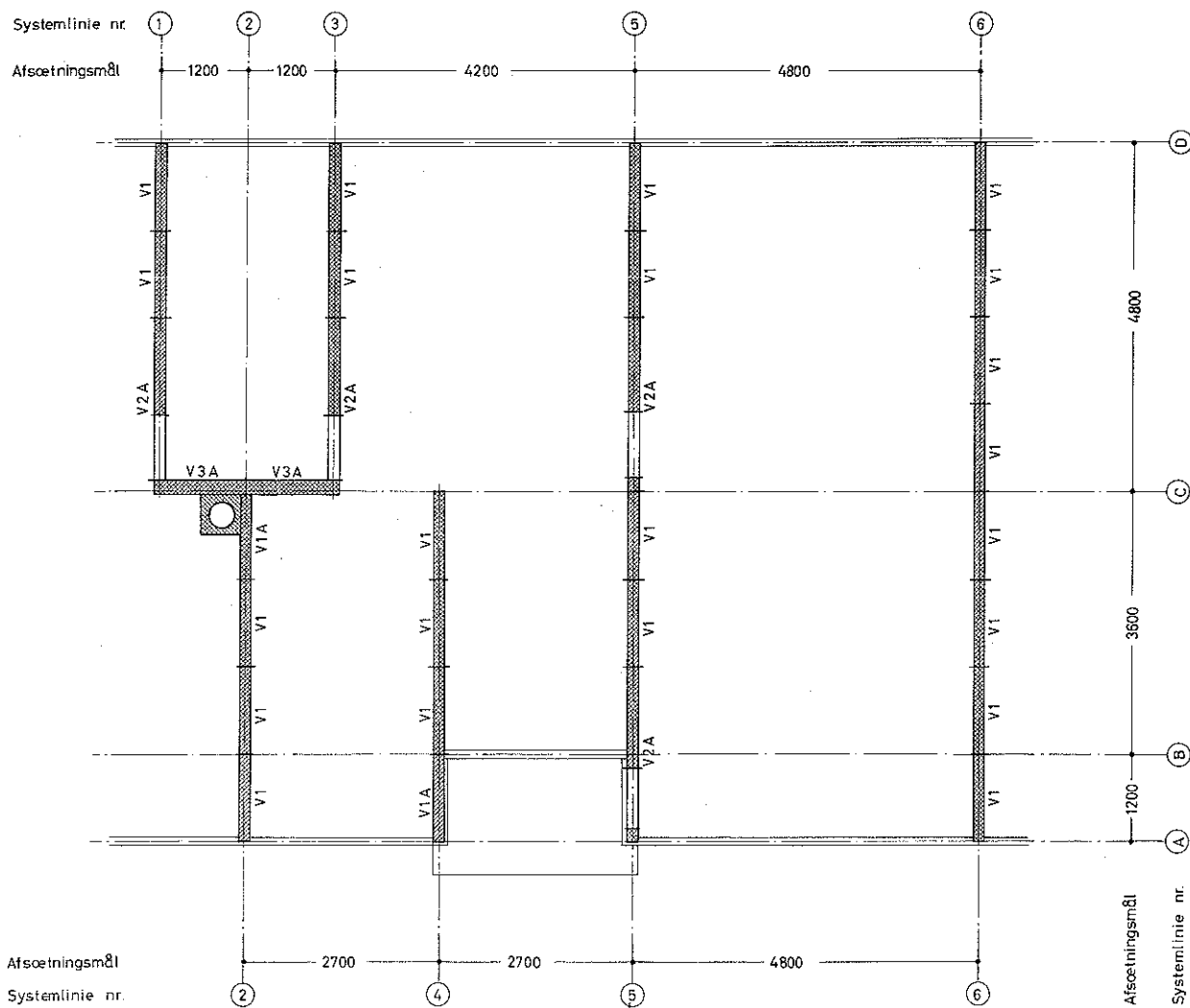
Fig. 8.12.

EKSEMPEL 3
MONTAGETEGNING FOR DÆKELEMENTER. 1:100

samme hovednummer, mens varianter som følge af udsparring, indstøbninger og lignende er markeret med en bogstavbetegnelse.

Den nøjagtige beliggenhed af hvert element i forhold til dets systemlinie skal findes på detailtegningerne. Til arbejdsprocessen, montage af dæk, hører tillige en tegning, der viser længde og dimension af montagejern i fugerne.

Fig. 8.13 viser den tilsvarende montagetegning for vægelementerne. Tegningen er en principtegning, idet der til dette eksempel ikke er udført projekt for el-installationen, der vil give en række varianter af vægelementerne som følge af indstøbninger af rør og dåser mv. De viste varianter refererer til døråbningerne og sammenbygning med andre elementer.



VÆGTABEL

Betegnelse	Byggemål bredde x længde	Antal
V1	12M x 26M	22
V1A ^{*)}	"	2
V2A ^{*)}	24M x 26M	4
V3A ^{*)}	12M x 26M	2
Ialt		30

^{*)} Betegnelsen „A“ efter væg nr. angiver varianter med samme ydre mål men med afvigelser i form af f.eks. huller, udsparring, indstøbninger mv.

Elementernes placering i forhold til systemlinierne: se detailtegninger.

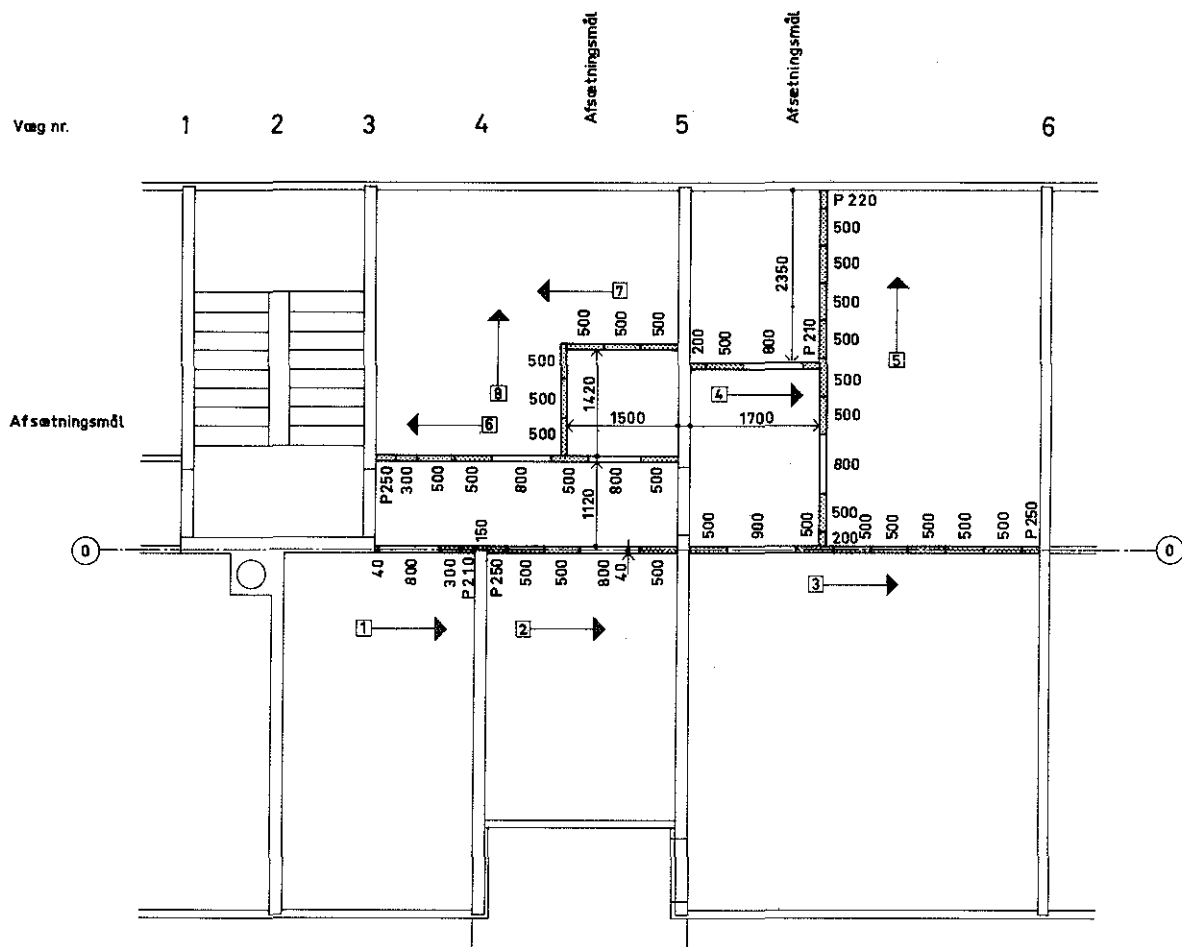
Ubenevnte mål i mm

EKSEMPEL 3
MONTAGETEGNING FOR VÆGELEMENTER. 1:100

Fig. 8.13.

Fig. 8.14 viser opstillingen af de lette vægge. Tegningen er analog med den tilsvarende tegning fra eksempel 1, se fig. 6.16.

Detallen, snit F3, fig. 8.15, viser en klaring, som tilsyneladende er lidt primitiv: Man klistrer den manglende lap på væggen og får derved en plan overflade. Begrundelsen for den valgte løsning er imidlertid, at man herved har opnået at kunne anvende et normalt tværvægselement og normale letbetonelementer op til samlingen. Sammenskræingen i hjørnet, der *altid* kræver specialløsninger, er da klaret med dette enkle og billige, lille passtykke. De umodulære komponenter, som praktisk byggeteknik gør uundgåelige, er begrænset til et minimum.



□ → OPSTILLINGSRYTME

Tolerance på opstillingen ± 5 mm
 Elementer med betegnelse P og et mål i mm er passtykker som skal tildannes efter måltagning på stedet.
 Målet angiver stykkets basismål, men tilvirkningsmålet kan variere ± 10 mm

ELEMENTFORTEGNELSE

Betegnelse	Antal
900	1
800	5
700	1
500	28
300	2
200	3
150	1
P 310	2
P 250	1
P 220	1
P 210	2
40	1

EKSEMPEL 3
 MONTAGE TEGNING FOR 75 CM LETBETONVÆGGE, 1:100

Fig. 8.14. Bemærk elementet 40, som danner dørstolpe. Dette element udføres af træ.

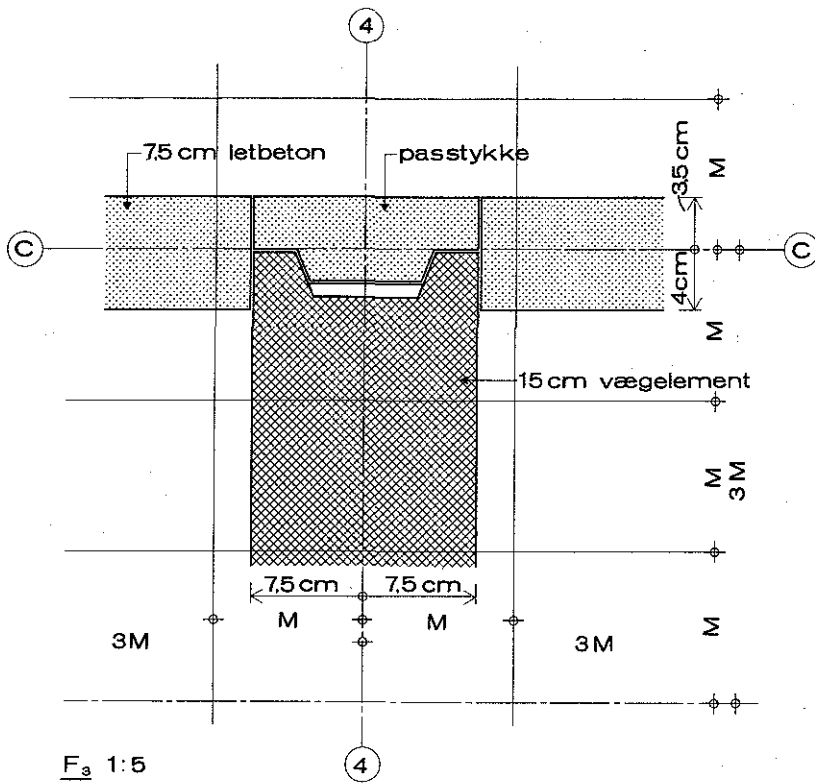


Fig. 8.15. Vandret snit i samling mellem 15 cm tværvæg og 7,5 cm letbetonvæg.

9. Modulprojekt, eksempel 4

Ballerupplanen

Ballerupplanen er milepælen i dansk montagebyggeri. Med denne plan gik der skred i udviklingen af byggeriet henimod en industrialisering af produktions- og montage metoderne. Nye industrier blev oprettet for at levere bygningsdele til planen - men samtidig med den klart formulerede målsætning, senere at kunne forsyne et åbent byggermarked med generelt anvendelige, industrielt fremstillede produkter.

Montagecirkulæret fra
marts 1960

Planen satte også spor i den danske boligpolitik: I marts 1960 udsendte Boligministeriet det såkaldte montagecirkulære, efter hvilket det blev muligt at yde særlig støtte til opførelsen af boligbyggeri, der blev specielt planlagt og udført som montagebyggeri. Montagecirkulæret omfattede 7.500 lejligheder fordelt over en 4-årig periode på følgende byggeforetagender:

Ballerupplanen	ca. 1700	lejligheder
Gladsaxeplanen	ca. 1900	"
Albertslundplanen	ca. 1500	"
Syddjyllandsplanen	ca. 1800	"
L & N-byggerier i Rødovre og Kalundborg	ca. 600	"

Næppe noget dansk boligbyggeri har været omtalt så meget som Ballerupplanen. I fagpressen, på kurser og konferencer og ved talrige foredrag landet over har der været redegjort for ideerne og indholdet i Ballerupplanen. På dette sted skal specielt planens modulindhold beskrives - modulindholdet som det nødvendige, målkoordinerende led i bestræbelserne for at industrialisere byggeprocessen. Fremstillingen bygger væsentlig på de to særtryk om Ballerupplanen udsendt af tidskriftet Byggeindustrien i 1958 og 1964. Desuden er et betydeligt materiale stillet til rådighed af ingeniør Malmstrøms tegnestue.

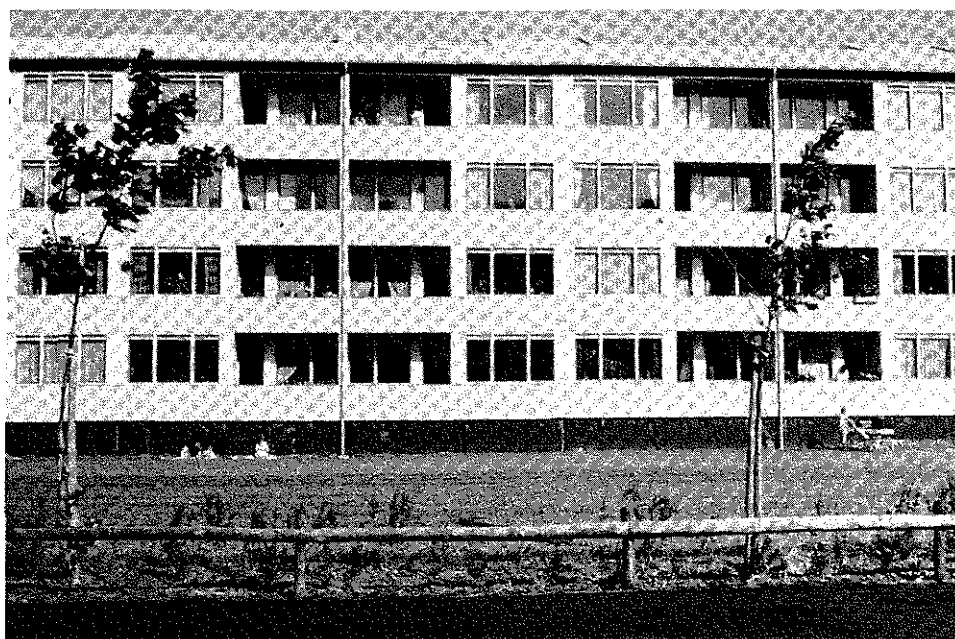


Fig. 9.1. Altanfacade i
Ballerupplanen.

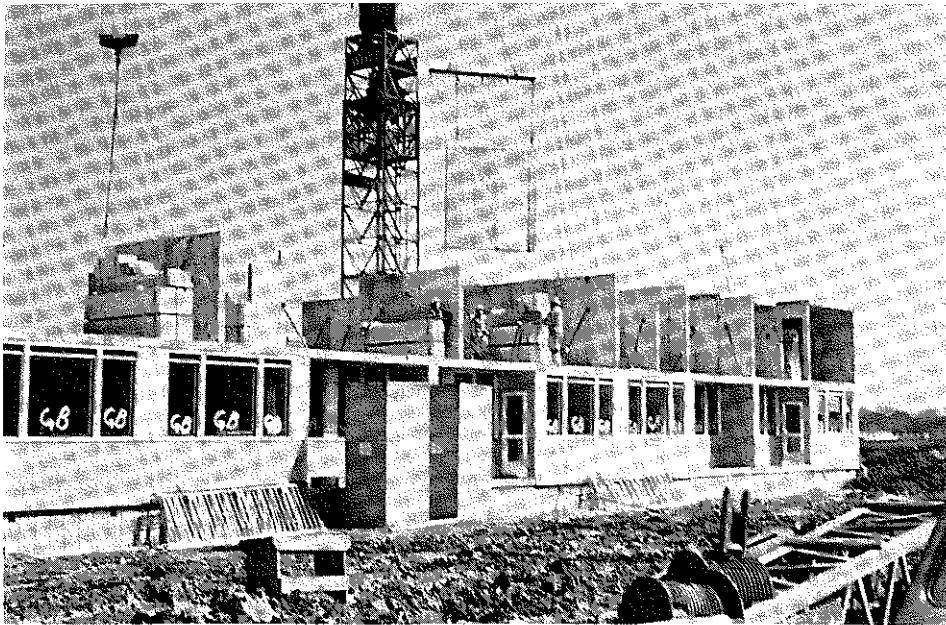


Fig. 9.2. Montage af 15 cm vægelementer på Ballerupplanen.

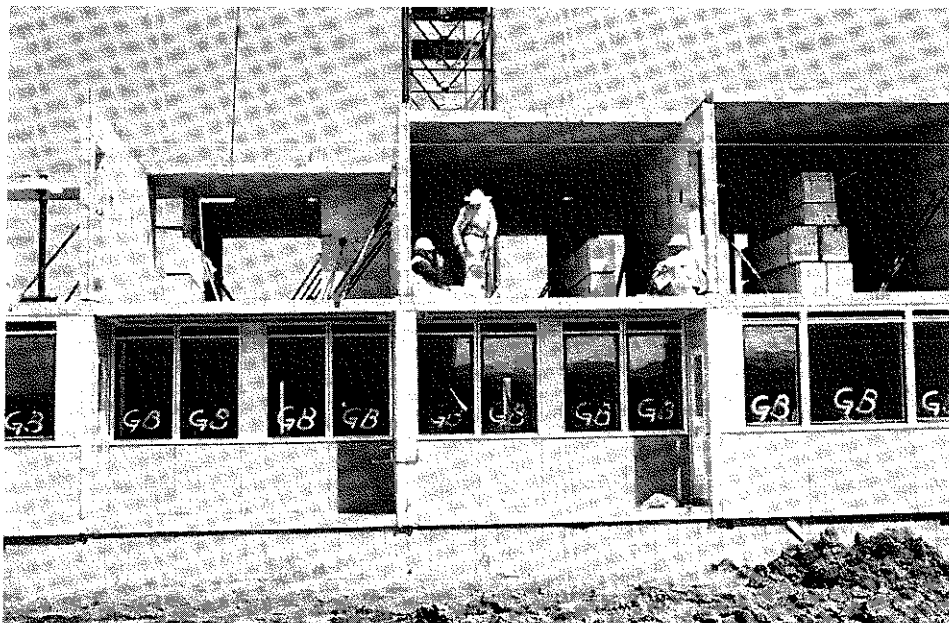


Fig. 9.3. Montage på Ballerupplanen. Dæk, vægge og lette facader monteres samtidig, således at bygningen kan lukkes.

9.1 Det fælles projekteringsgrundlag, valg af byggesystem

Ballerupplanen er projekteret af fem arkitektfirmaer og to ingeniørfirmaer i et samarbejde koordineret af et udvalg nedsat af de to bygherrer: Arbejdernes Andels-Boligforening og Baldersbo med ingeniør Malmstrøm som konsulent.

Projekteringsarbejdet udførtes på et fælles projekteringsgrundlag, hvis formål det først og fremmest var at muliggøre anvendelse af de samme elementer overalt i en relativt frit varieret bebyggelse med flere forskellige planløsninger.

Arbejdet med udviklingen af Ballerupplanens elementer førte efterhånden frem til et bestemt byggesystem, der netop besad en sådan fleksibilitet, at det kunne anvendes i stærkt varierede løsninger, samtidig med at de forskellige komponenttyper kunne fremstilles ved industrielle produktionsmetoder. Og betingelsen for, at dæk-, væg- og facadeelementer

m.fl. kunne sammenbygges i færdige konstruktioner til flere forskellige hustyper og lejlighedsplaner var, at de blev projekteret på et fælles målgrundlag. Hertil valgte man naturligt nok den danske modulordning, hvis første standardblade blev udsendt i 1958. Det fælles projekteringsgrundlag, som redegør for elementtyper, præferencemål og typeplaner mv. repræsenterer de *valg*, der må foretages i ethvert projekt inden detailprojekteringen, og som i de foregående eksempler er registreret i SBI's "valgskema".

Valgskemaet for Ballerupplanen bliver som i eksempel 3, se fig. 8.2. Hustypen består af 3- og 4-etagers boligblokke med bærende tværskillevægge udført af betonelementer, simpelt understøttede dækelementer af hulplader, og en let facade udført i snedkerelementer som en curtain-wall.

De valgte elementer og deres modulmål fremgår af følgende oversigt:

Ballerupplanens modul-katalog

ELEMENTTYPE	MODULMÅL
<i>Råhus:</i>	
Hule dækelementer	bredde: 12 M (præferencemål) længde: 24 M.....48 M med 3 M spring tykkelse: 2 M
15 cm massive tværvægselementer	bredde: 12 M, 18 M og 24 M højde: 26 M
18 cm længdeafstivende vægge	bredde: 12 M højde: 26 M
lette facader udført som curtain-walls i snedkerelementer	bredde: grundtype 9 M, 12 M og 15 M højde: 28 M; ved altanfacader: 26 M
<i>Færdighus:</i>	
7,5 cm lette indvendige vægge	bredde: grundtype: 5 M desuden 2 M og 3 M højde: 26 M
køkkenelementer	længder og bredder i multipla af M.

9.2 Modulære rummål

På det tidspunkt i 1957-58, hvor Ballerupplanens fælles projekteringsgrundlag blev udarbejdet, tillagde man det afgørende betydning, at boligplanerne fik modulære rummål, således at modulære indbygningsdele let kunne indpasses i rummene.

DS 1011.1 og de modulære rummål

I første udgave af DS 1011.1, Byggemodul, fra maj 1958 hedder det således:

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

Modulære vægtykkelser

Eventuelt kunne fladerne forskydes $\frac{1}{2}$ M i forhold til modulnettet, men således at de modulære rummål blev bevaret. Derfor forudsatte man oprindeligt i Ballerupplanen, at de bærende tværvægge skulle udføres som 18 cm tykke vægge inklusive fugeandele = 2 M, og man udførte den i figur 9.4 viste principtegning for placering af modullinierne i de forskellige vægtyper i planen.

For at nedsætte vægten af de fra et statisk synspunkt unødigt svære væg-elementer regnede man med at udføre dem med langsgående udsparinger i lighed med dækelementerne.

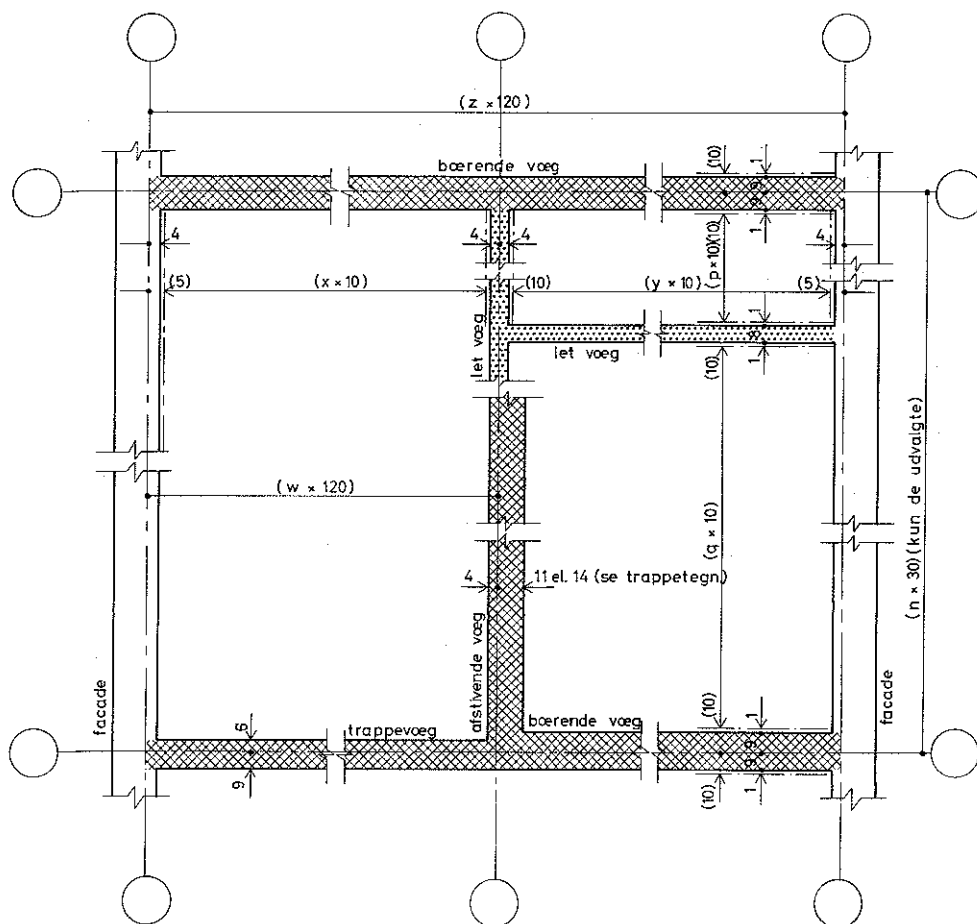


Fig. 9.4. Modulære rummål; placering af modullinierne i væggene.

Efterhånden, som detailprojekteringen på Ballerupplanen skred frem, viste det sig både overflødig og fordyrende at opretholde kravet om de modulære rumstørrelser. Af følgende grunde: Indbygningen af modulært inventar - hovedsageligt køkkeninventaret - kunne i praksis foretages lige så godt i umodulære som i modulære rum, da inventaret ikke i nogen af de forekommende planer spændte fra væg til væg.

Desuden er inventarets tolerancer ca. ± 3 mm og råbygningens ± 10 mm, således at der alligevel skulle foretages en udligning eller tilpasning, f.eks. med dæklistes eller lignende.

Opstilling af de modulære lette vægge foregik ved anvendelse af limede samlinger uden mulighed for udligning af målafvigelse i fugerne; og da den fri afstand mellem de bærende tværvægge med de foreskrevne tolerancer kunne variere ± 1 cm, ville de lette vægges modulbredde alligevel ikke kunne udnyttes: Der måtte i hver række foretages en tilpasning af det sidste lette vægelement. Endelig var modulære planmål på rum *uden* indbygningskomponenter naturligvis helt uden praktisk betydning.

Af disse grunde opgav man de modulære rummål og fastlagde tværvæggens tykkelse til 15 cm, som er den minimumtykkelse, der opfylder de akustiske funktionskrav med en passende lydreduktion mellem lejlighederne. Efter foretagne akustiske målinger er 15 cm betonvægge bedre end vægge af 1 stens murværk. De 15 cm er ligeledes fuldt tilstrækkelige til at opfylde de statiske funktionskrav til bærende tværvægge i 3-4 etagers huse, medens undersøgelser havde vist, at de planlagte langsgående udspæringer i en 18 cm-væg betød en alvorlig svækkelse af dens bæreevne.

Kravet om modulære rummål opgives

15 cm betovægge er nu standardiseret i DS/R 1039

I det senere standardiseringsarbejde har man taget konsekvenserne af disse erfaringer og strøget bestemmelsen om modulære rummål i den nye udgave af DS 1011.1 fra maj 1965. Og i rekommandationsbladet for bærende vægkomponenter af beton, DS/R 1039 er tykkelsen 15 cm re-kommanderet - for højere huse, hvor de statiske krav gør det nødven-digt, dog 18 cm. Begge typer udføres som massive vægge.

9.3 Skitseprojekt, typeplaner

Byggeprogrammet

Kravliste for lejlighe-dernes brugsværdi

Det fælles projekteringsgrundlag, der som omtalt i det foregående, mulig-jorde en løbende produktion af standardelementer til hele Ballerupplan-nen, indeholdt også bygherrerens krav til byggeprogrammet i form af typeplaner af de forskellige lejligheder, en fordelingsplan for antallet af store og små lejligheder samt en kravliste til vurdering af planløsning-ernes kvalitet, således at forslagene fra de fem arkitektfirmaer kunne vurderes på et ensartet grundlag.

Ballerupplanens plan-lægningsmodulnet er 3M x 12M

Med de valgte elementer og det valgte byggesystem kan planerne tegnes op på et modulnet med maskevidde 3 M x 12 M svarende til dækelemen-ternes præferencemål. Fig. 9.5 og 9.6 viser to af grundtyperne i projek-

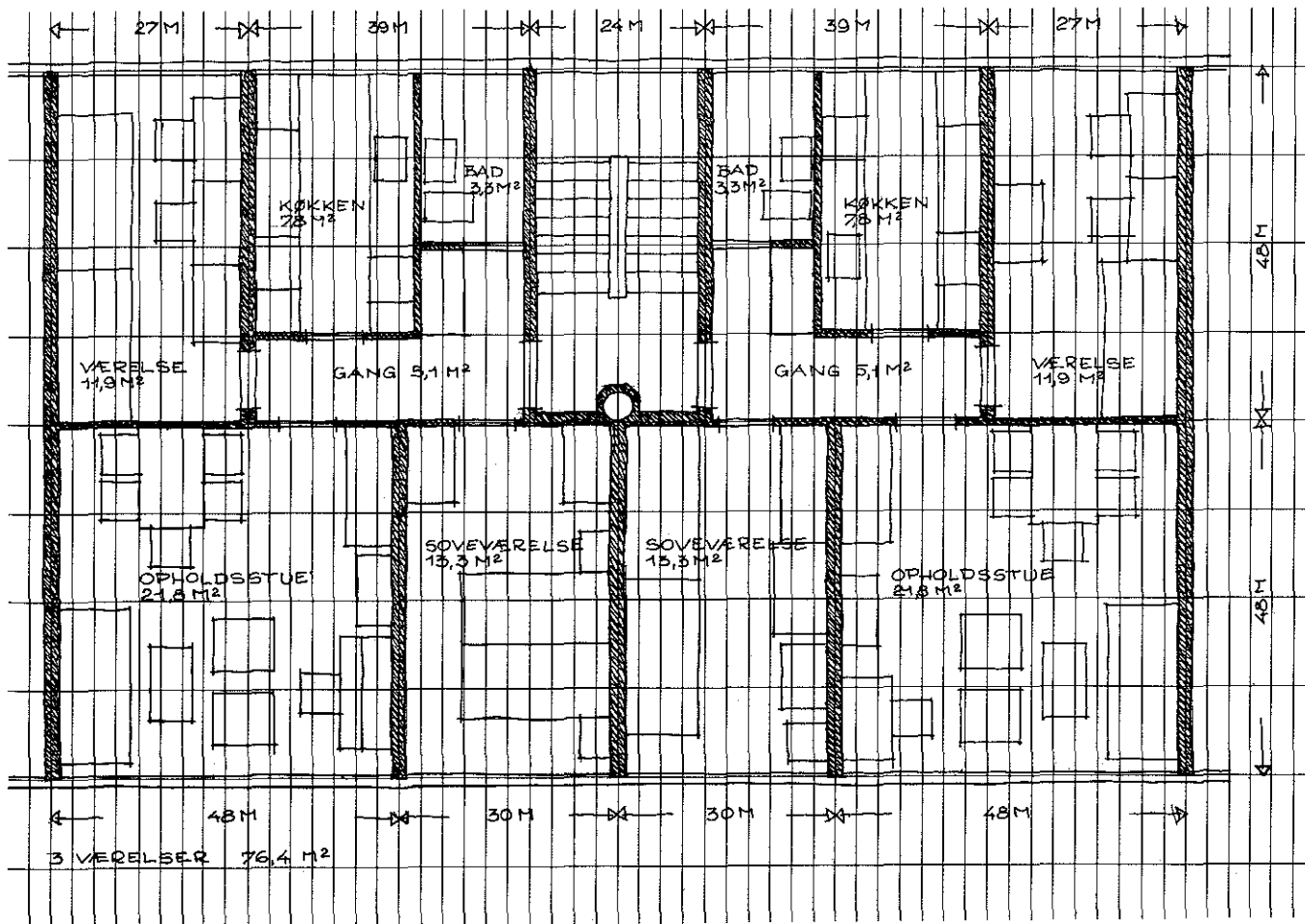


Fig. 9.5. Byggeprogrammets grundtype G1, med 2-løbs facadetrappe. 1:100.

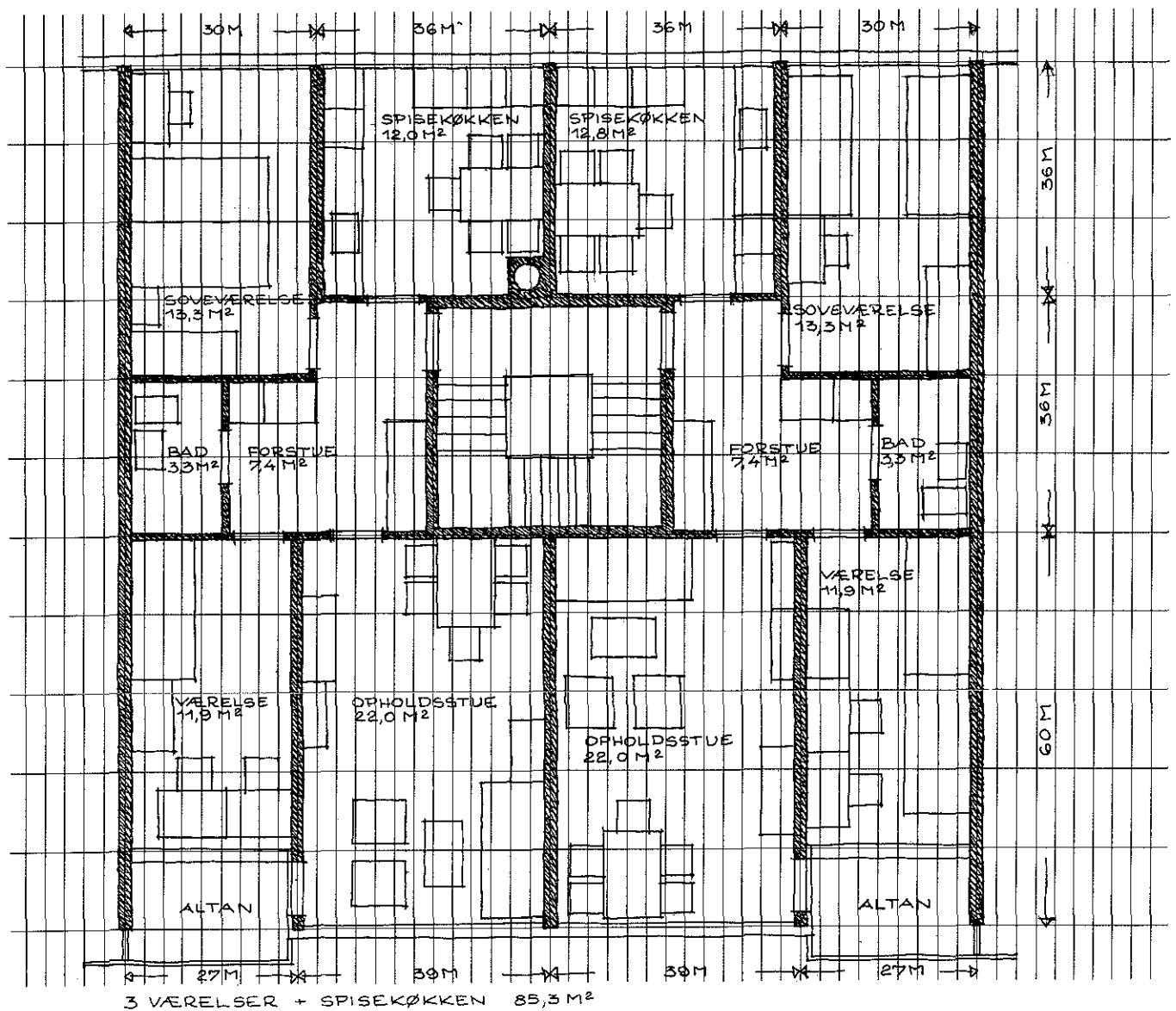


Fig. 9.6. Byggeprogrammets grundtype G2, med indvendig 3-løbs trappe, spisekøkken og altan. 1:100.

teringsgrundlaget udført i skitseform, ligesom eksempel 1, 2 og 3 (afsnit 6-8). Herved er en direkte sammenligning med disse planer gjort lettere.

De viste grundtyper G1 og G2 har, som det ses, forskellige badeværelser. I de endelige planløsninger (se f.eks. fig. 9.20) er alle badeværelser ens og beliggende som indvendige rum i planen. Herved er opnået, at den senere valgte lette facade ikke bliver badeværelsevæg, og endvidere at der kan udføres en badeværelseplade med plads til alle installationerne fælles for hele bebyggelsen. Udsparinger mv. til installationerne ligger på langs ad bygningen, således at kun få armeringsjern overklippes.

Med vurderingsskemaet, som er gengivet i figur 9.7, kan lejlighedernes brugsmæssige kvalitet bedømmes på en simpel måde. Vurderingsskemaet er udført af bygherrerens planlægningsudvalg i samarbejde med SBI, der senere har videreudviklet dette arbejde og udnyttet dets resultater, blandt andet i anvisning 57, Boligens mål, og ved udarbejdelse af byggeprogrammet for Københavns Kommunes montageplan.

Vurderingsskemaet anvendes bl.a. også i Københavns kommunes montageplan

Lejlighedstype:	Bruttoetageareal:												
Lejlighedsstørrelsen:	Opholdsstue	Forældre-soverum	2-seng-soverum	2-seng-soverum	1-seng-soverum	1-seng-soverum	1-seng-soverum	Bad	Forstue	Køkken			Bemærkninger
Rumbetegnelse:													
Forstuen giver adgang til													
Opholdsgruppe (sofa + 2 lænestole)													
Spisebord, 5 stole (+2-4 gæster)									1)				
Opbevaringsmøbel (65x165/50x135)													
Radiogramfon (50 x 90)													
Reol (35 x 135/35 x 105)													
Arbejdsbord (65 x 115/85 x 155)													
Dobbelt seng (200 x 210)													
2 stole/taburetter													
Enkelt senge (100 x 210)				2 stk	2 stk								
Skab (65 x 165*/65 x 105 ^o)		*	*	*	o	o			2)				
Babyseng (70 x 120)													
Fast garderober i forstue (40 + 20 cm pr. beboelsesrum)													
KØKKEN (Bemærk isøvrigt Dansk Køkkensæt's målsætning m.v.)													
Friareal udfor arbejdspladser, skabe min. 100 cm													
Køkkenbordslængde målt i bordforkant min. 410 (incl. komfur)													
Samlet længde underskabe min. 300 cm													
Samlet længde overskabe min. 260 cm													
Madskabelement (60 x 60)													
Køleskabelement (60 x 60 eller 60 x 70)													
Kosteskabelement (60 x 60) (evt. placeres i forstue)													
Bordplads på begge sider af komfur (min. 40 cm)													
Evt. spisekøkken: 3 siddepl. i 1-vær., lejl., 4 i 2-og 2½ vær., 5. sppl. i 3 og 4. vær.													

Fig. 9.7. Ved afkrydsning i skemaet kan de forskellige lejligheds brugsværdi vurderes.

1) Spiseforstue

Afsnit:

2) Skabene kan evt. placeres i forstuen, når soverummene har direkte dør hertil. Skabene kan evt. udformes som skabsrum.

Arkitekt:



Primære ønsker



Altern. placering



Sekundære ønsker

9.4 Opklaring af detaljer

Med det nu formulerede byggeprogram og de valgte elementer - det vil sige det valgte byggesystem - bliver næste fase i modulprojekteringen at klare alle de forekommende sammenbygningstilfælde mellem elementerne op. Som i de foregående eksempler foregår dette ved hjælp af detaljerne, der på Ballerupplanen dels er udarbejdet som typedetaljer og derefter som egentlige samlingsdetaljer, dvs. arbejdstegninger i forbindelse med totalprojekteringen. Fra de statiske beregninger kommer de nødvendige oplysninger om fugearmering, trykstyrke i fugemørtel, dimensioner på fastgørelsesbeslag osv.

I fremstillingen her i bogen vises som i de andre eksempler hovedsagelig moduldetaljerne, der redegør for samlingernes principielle opbygning og modulære forhold. De egentlige arbejdsdetaljer kan kun udføres, når

Under totalprojekteringen færdiggøres samplingsdetaljerne

man kender hele bygningen i alle enkeltheder. De fleste af Ballerupplanens karakteristiske detaljer er allerede anvendt i eksempel 3, afsnit 8, se detaljerne A3-A3 til F3.

Tilvirkningsmålene på dækelementerne er undervejs ændret en ubetydelighed: Længden er således nu $l = n \times 300 \text{ mm} \div 20 \text{ mm}$, og bredden: $b = 1200 \div 3 \text{ mm} = 1197 \text{ mm}$. Desuden har man i Ballerupplanen i samlingen mellem bærende tværvægge og dæk lagt den vandrette planlægningsmodullinie i knasfugen mellem dæk- og vægelement. Dette er gjort, fordi planet gennem væggenes overside er velegnet som afsætnings- og kontrolplan for højdemålene.

9.5 Facadeelementer

I Ballerupplanens projekteringsgrundlag var der oprindeligt ikke stillet noget program op for valg og udførelse af facaderne. De fem arkitektfirmaer skulle kunne udforme deres facadeløsninger frit og vælge mellem såvel tunge som lette facadematerialer.

De tunge materialer, som f.eks. murværk og beton, der kan karakteriseres som trykoptagende byggematerialer, er imidlertid urimelige i en bygning med bærende tværvægge, hvor facaden ikke har egentlige bærende funktioner. Interessen samlede sig derfor om de lette facadetyper, udført som snedkerpartier monteret på råbygningen.

En sådan facadeløsning kan udføres af monteringsfærdige elementer, fremstillet i en rationel, industriel produktion, og herved bidrage til en højere industrialiseringsgrad i projektet. Ballerupplanens bygherrer opfordrede derfor Dansk Velux A/S til at indtræde i projekteringsudvalget og deltage i udformningen af facaderne som lette færdigbehandlede elementer. Fig. 9.9 viser grundtypen af facadeelementerne, med modulmålene $b \times h = 9 \text{ M} \times 26 \text{ M}$. Grundtypen kan som vist på fig. 9.9 forsynes med en højre eller venstre vinge, som anvendes ud for tværvæggene, med det formål at dække for varmerør og tværvæg, se fig. 9.11 og 9.12.

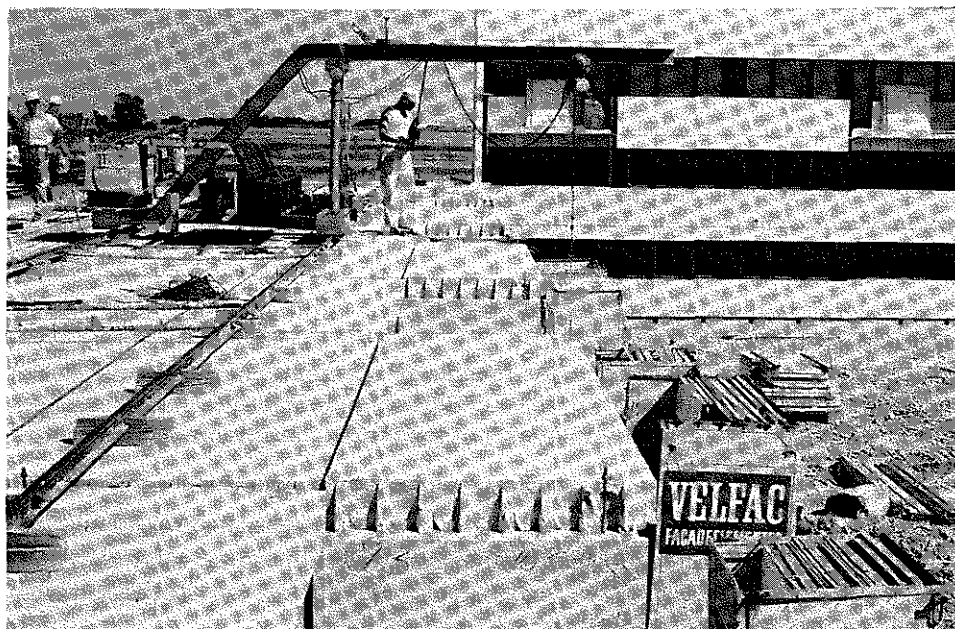
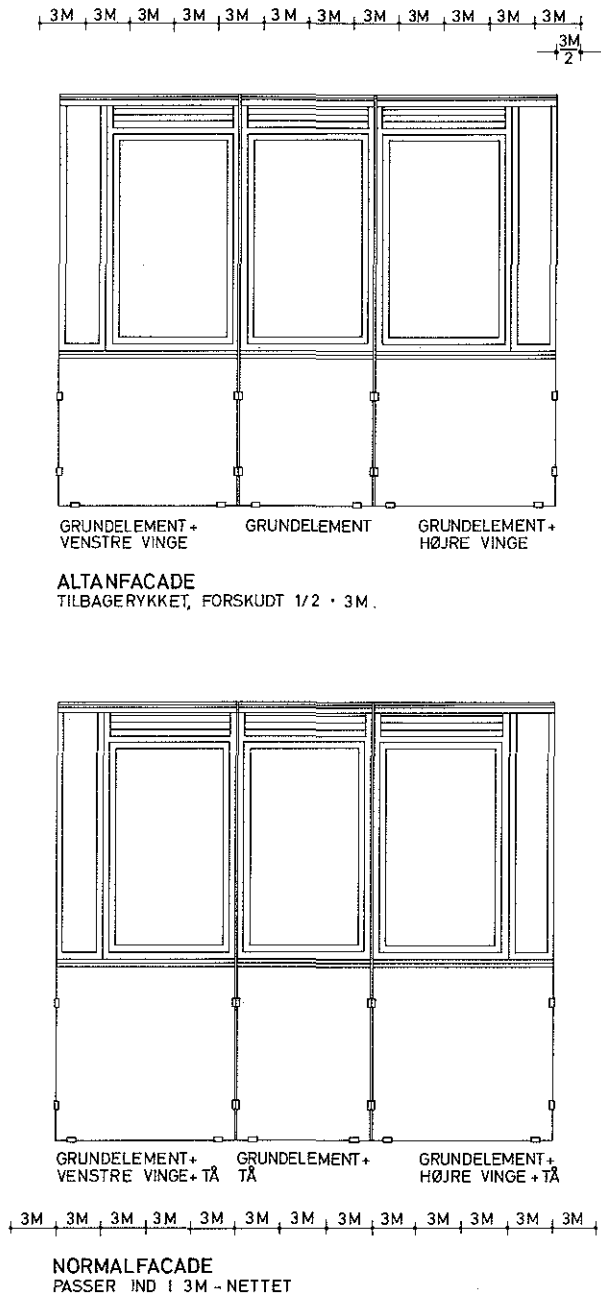


Fig. 9.8. Montage af facadeelementer med let skinekørende dækkran.

3M-TAKTEN FRA DÆK OG VEGGE :



BALLERUPPLANEN
 FACADEELEMENTTYPER. 1:50

Fig. 9.9. Facadeelementernes grundtype. Den viste forskydning på $1/2 \cdot 3$ M af den tilbagerykkede altanfacade i forhold til planlægningsmodulnettet er nærmere beskrevet i fig. 9.11 og 9.12.

Grundelementets "vinger" og "tær"

Grundelementets højdemål, 26 M, passer for elementerne i den tilbagerykkede altanfacade, hvor højden er 28 M (= bruttoetagehøjden) ÷ 2 M (= dæktykkelsen). I den normale facade er elementerne ført forbi dækket og har derfor en højde på 28 M. Dette højdemål fremkommer ved at sætte en "tå" på grundelementet i lighed med de før omtalte "vinger", se fig. 9.9.

Foruden grundelementet med de forskellige tilsætninger findes i facaderne til opholdsrum og soveværelser mv. elementtyper med byggemål 12 M og 15 M, se fig. 9.10, motiveret med ønsket om større vinduesbredder i disse rum.

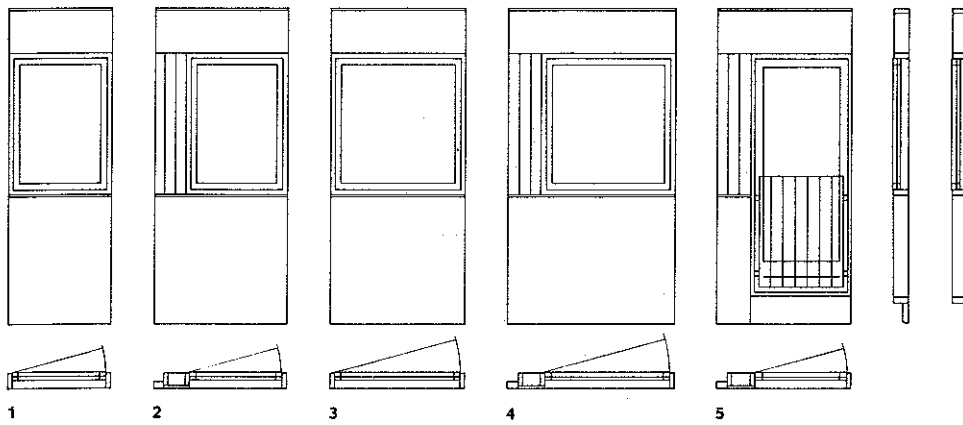


Fig. 9.10. Facadeelementerne fremstilles i følgende modulbredder: 1 = 9M, 2 = 12M, 3 = 12M, 4 = 15M og 5 = 12M; svarende til planlægningsmodulen 3M.

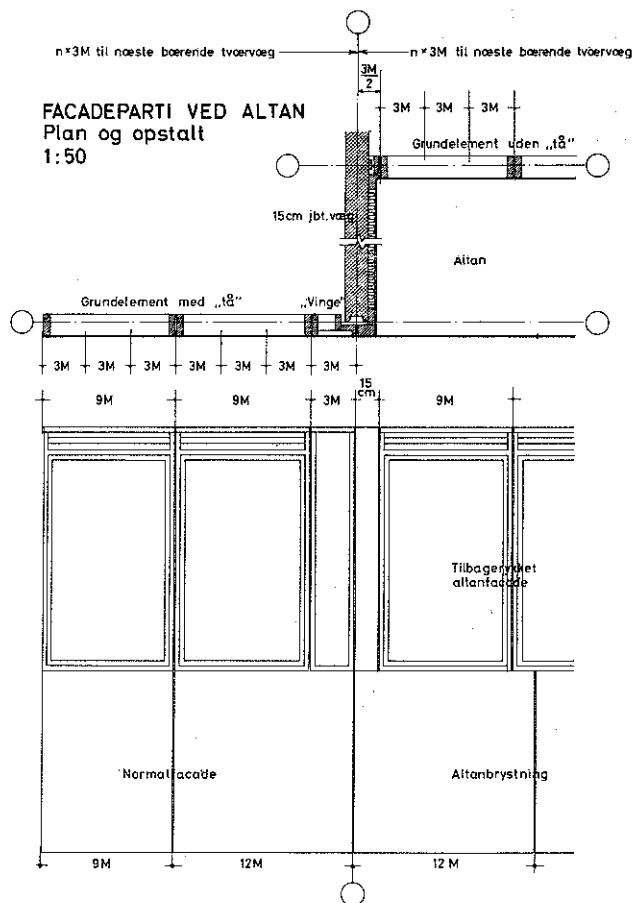
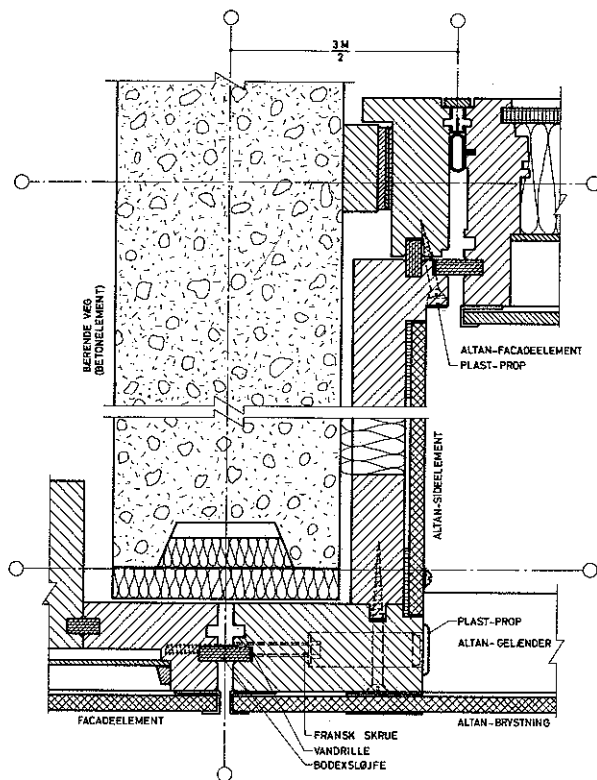


Fig. 9.11. Altanfacade med $\frac{1}{2} \cdot 3M$ forskydning.

Med de valgte præferencemål på facadeelementerne kan alle breddemål, som er multipla af 3 M, opnås, og facadeopdelingen i den normale facade kan følge takten i 3 M x 12 M planlægningsmodulnettet fra dækelementerne.

Men i den tilbagevækkede altanfacade må takten forskydes. Den lette facade skal med rundt om hjørnet ved tværvæggen for at isolere denne og derefter bygges sammen med altanfacaden. For at undgå specialelementer - der er det normale ved alle hjørneklaringer - er der i stedet for udført den på fig. 9.11 viste løsning, hvor man ser altanfacaden, der er opbygget af grundelementer forskudt $\frac{1}{2} \times 3M$ i forhold til planlægningsmodulnettet.



BALLERUPPLANEN
VANDRET SNIT I SØDEGKLEDNING TIL ALTANER
1:5

Fig. 9.12. Hjørnekla-
ringerne ved altanfacade-
den. Bemærk den for-
skudte 3M-takt.

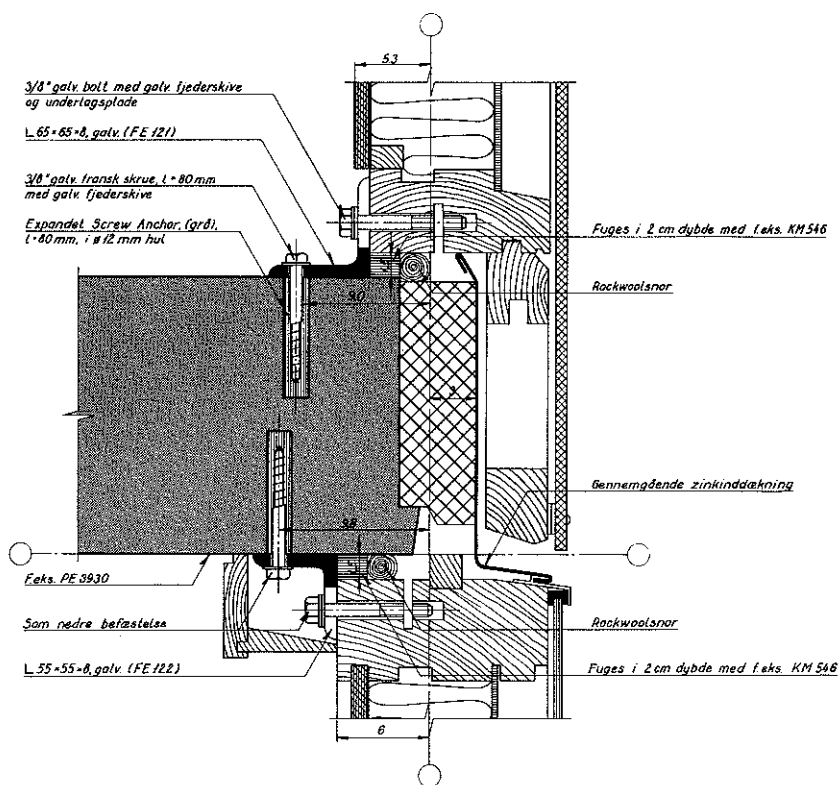


Fig. 9.13. Lodret snit i
samling mellem let fa-
cade og yderste dæk-
element.

Fig. 9.12 viser i vandret snit detaljerne omkring den lette facades samlinger ved tværvæggen.

Løsningen af altanfacadens modulproblemer er et karakteristisk eksempel på, hvordan man i Ballerupplanen har opfyldt modulordningens egentlige formål: At fremme anvendelsen af standardiserede bygningsdele, med et

minimum af varianter, selv om man herved tager sig en frihed over for de rent formelle modulregler - i dette tilfælde modulnettet. Samme forhold gør sig gældende ved indbygning af de lette, indvendige vægge og inventaret, se afsnit 2.3, fig. 2.7, 2.8 og 2.9, der alle er hentet fra Ballerupplanen.

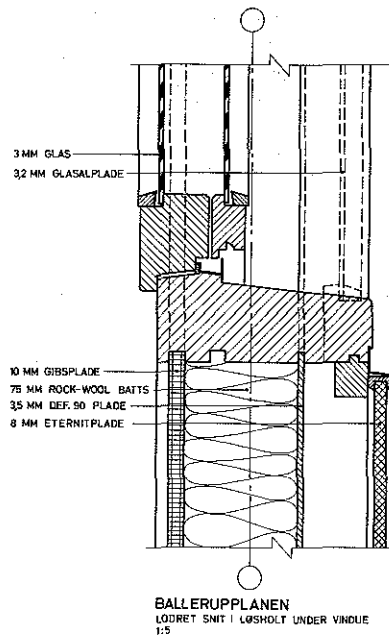


Fig. 9.14. Lodret snit i underkarm, vindueselement.

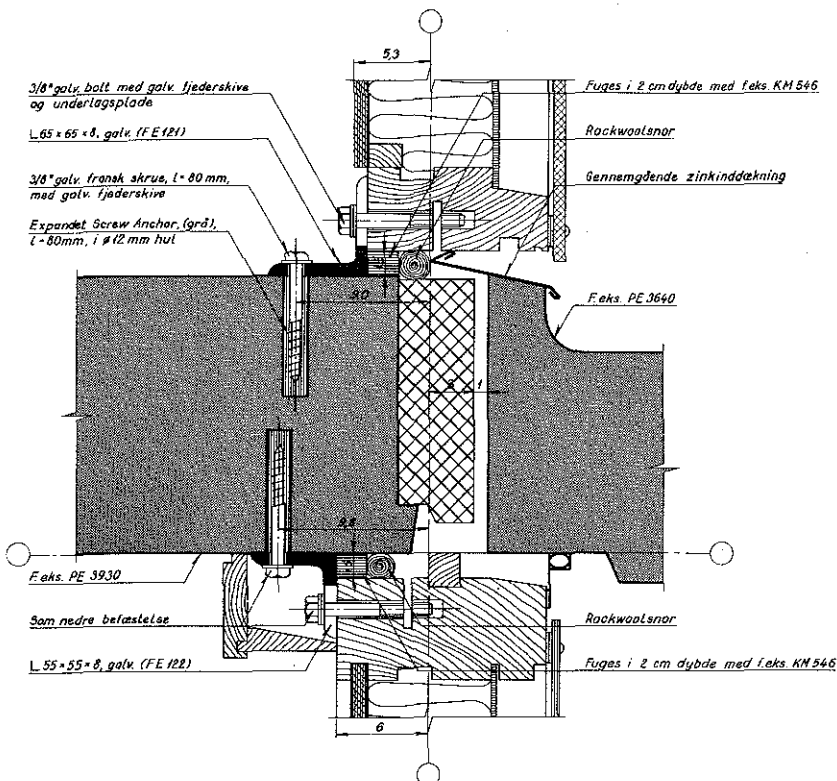


Fig. 9.15. Lodret snit i samling mellem dæk, altanplade og let facadeelement uden tå. Placeringen af den lodrette planlægningsmodulinie er som i fig. 9.13.

Fig. 9.13, 14 og 15 viser detaljer af facadeelementernes sammenbygning med dæk og vægge.

Samlingernes byggeteknik og deres opfyldelse af de respektive funktionskrav er nærmere beskrevet i SBI-rapport 38: Samlingsproblemer i montagebyggeri.

Fig. 9.16. De galvaniserede vinkeljernbeslag, der fastholder facaden til dækket, befestes med skruer og dybler, se fig. 9.15. Der bores huller i pladen efter opmåling på stedet.

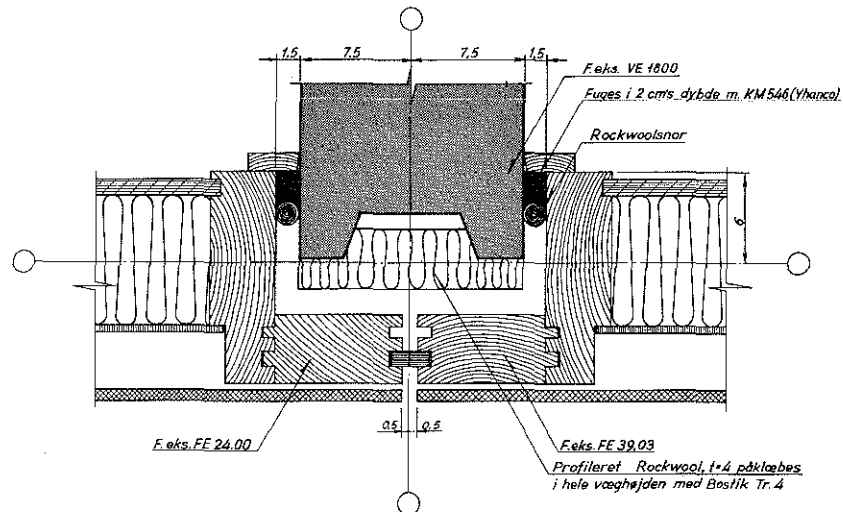


Fig. 9.17. Vandret snit i samling mellem 15 cm tværvæg og let facade.

Modul og byggeteknik

Den lodrette planlægningsmodullinies placering 5,3 cm inde i ydervæggen (fig. 9.13) er alene begrundet i den byggetekniske klaring i samlingsdetaljen. Modullinien kommer fra dækelementet, der har normal bredde, 12 M. Elementet er støbt i en form med normal bundform ($B = 12 \text{ M}$) men med speciel sideform, der fastholder den viste kantisolering, som bryder kuldebroen ud for dækket. Rumdybden bag denne facade bliver umodulær, hvilket er uden praktisk betydning.

Den ret komplicerede udformning, disse detaljer har fået, er karakteristiske for et industriprodukt: Store ressourcer af erfaring og research er sat ind på at fremstille et produkt, der på en gang tilfredsstiller funktionskravene og samtidig respekterer produktionens krav til en industriel fremstilling. Selv om samlingerne kan synes komplicerede, ligger der stadig simple principper bag deres tilpasning til modulordningen. Elementerne holder sig inden for deres modulområde, (bortset fra fer- og notsamlinger og lign.) og tilvirkningsmål samt detailudformning er bestemt af de byggetekniske vilkår i samlingerne.

9.6 Moduloversigtstegninger, arbejdstegninger

For Ballerupplanens teknikere, der er fuldt fortrolige med modulprojektering, har der ikke været noget behov for at dokumentere anvendelsen af de valgte modulære komponenter i moduloversigtstegninger af den type, der er anvendt i de foregående eksempler 1-3. Oversigten over de modulære komponenter er givet direkte i montagetegningerne for de pågældende elementer, der er udarbejdet efter den sædvanlige opdeling i proces-tegninger: Montagetegninger for bærende vægge, for dæk, for lette vægge, snedkerinventar osv. - hvert delarbejde sin montage-tegning.

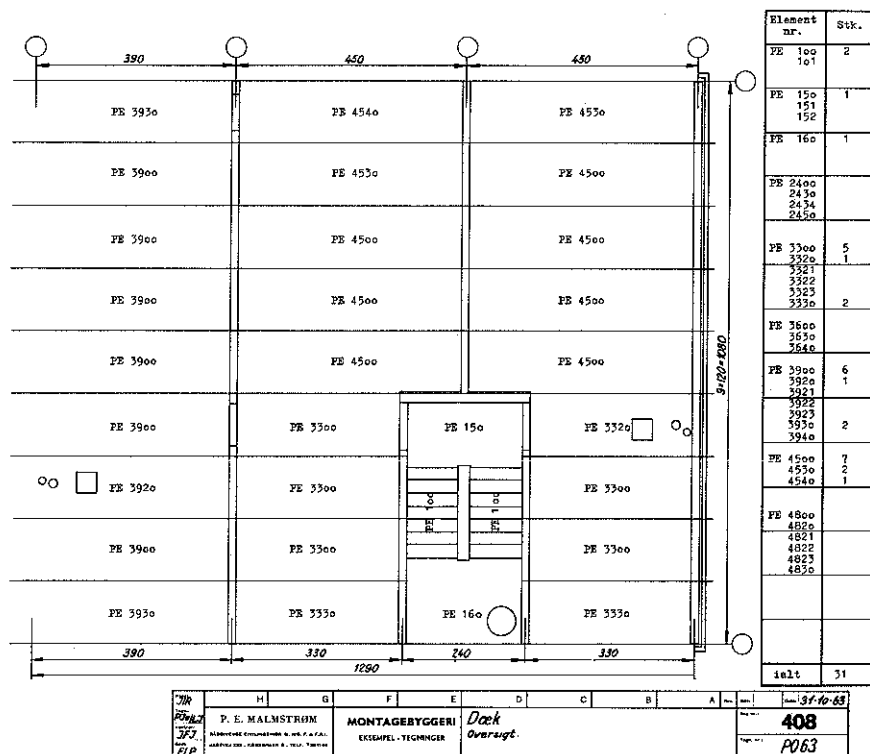


Fig. 9.18. Montage-tegning for dækelementer.

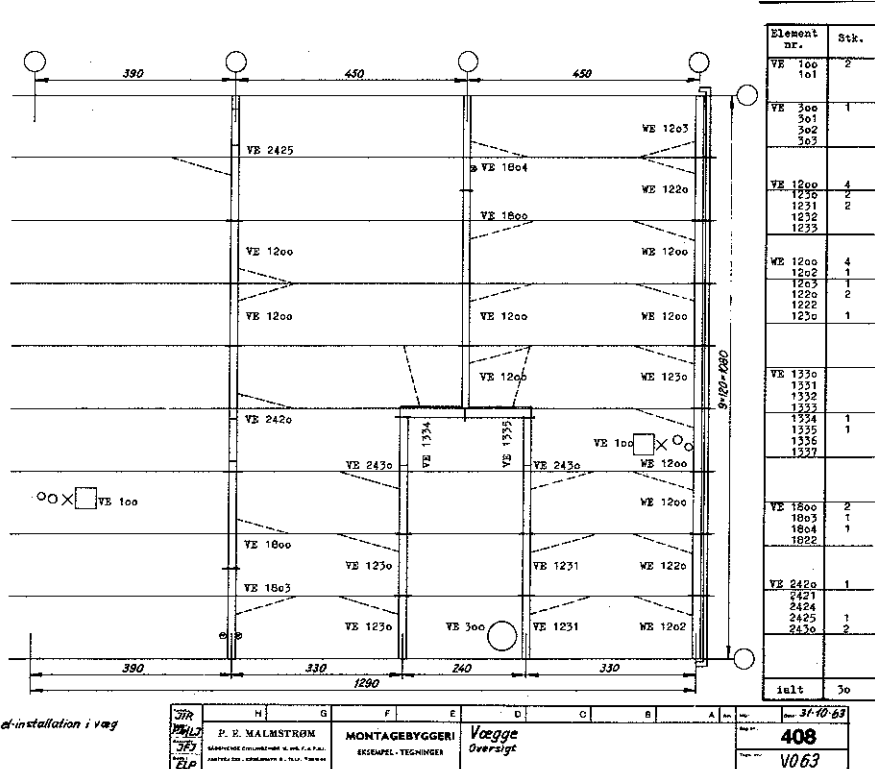
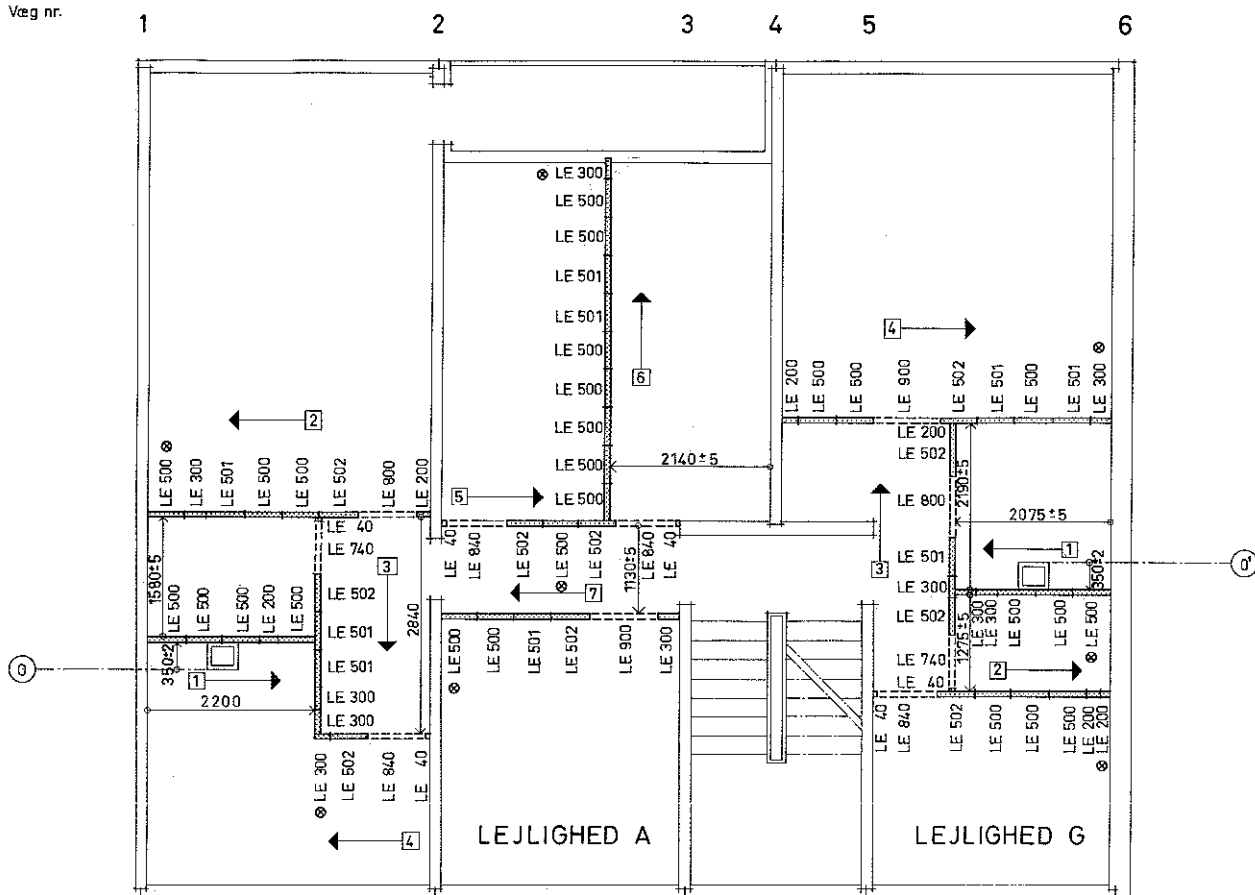


Fig. 9.19. Montage-tegning for vægelementer.



ELEMENTFORTEGNELSE A

TYPE	ANT.
LE 500	17
LE 501	6
LE 502	6
LE 300	6
LE 200	2
LE 900	1
LE 840	3
LE 800	1
LE 740	1
LE 40	4

ELEMENTFORTEGNELSE G

TYPE	ANT.
LE 500	9
LE 501	3
LE 502	4
LE 300	4
LE 200	4
LE 900	1
LE 840	1
LE 800	1
LE 740	1
LE 40	2

- OPSTILLINGSRYTME
 ⊗ ELEMENT DER TILDANNES PÅ STEDET
 UBENÆVNTE MÅL I MM

EKSEMPEL 4
 MONTAGETEGNING FOR 7,5 CM LETBETONVÆGGE, 1:100

Fig. 9.20. Montagetegning for lette vægelementer.

Fig. 9.18, 9.19 og 9.20 viser eksempler på disse proces tegninger til brug for montagearbejdet på byggepladsen.

Det bemærkes, at udvalgte linier i planlægningsmodulnettet er anvendt som målafsætningslinier. Detailmålene for placering af de enkelte komponenter i forhold til disse linier hentes på detailtegningerne. Tegningerne er som sædvanlig forsynet med elementfortegnelse.

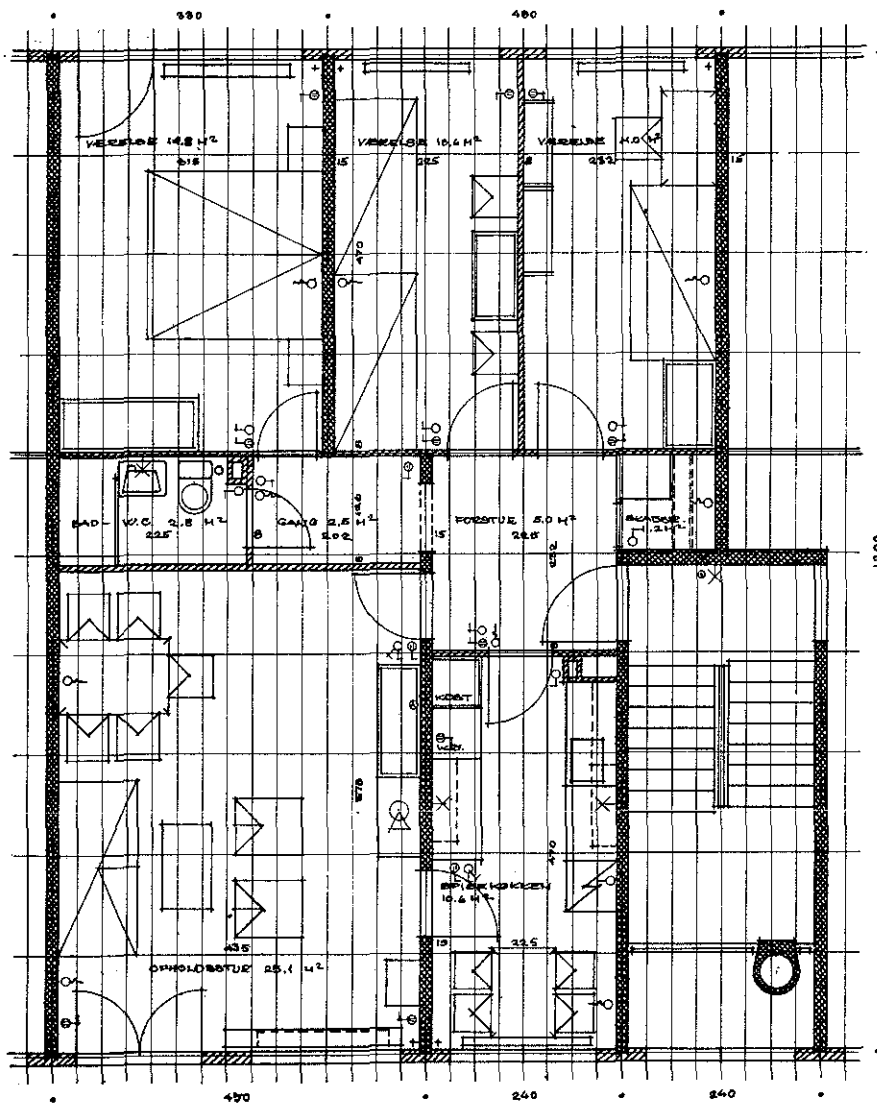


Fig. 9.21. Figuren viser en af de store lejlighedstyper (4 værelser + spisekøkken, 98,8 m² bruttoareal) fra det endelige projekt. Sammenlign fig. 9.5 og 9.6. Særlig i denne rummelige plan virker det lille standardbadeværelse wrimeligt småt. Bemærk den før omtalte specialplade i badeværelsegulvet.

10. Modul og eenfamiliehus

De fritliggende eenfamiliehuses andel i boligbyggeriet er vokset fra 27 % i 1957 til 51 % i 1964 - altså næsten en fordobling, se fig. 10.1. Medregnes række- og kædehuse samt to-familiehusene fås for 1964 en samlet andel for haveboligerne på 60 % af boligbyggeriet. Det er derfor naturligt at spørge: Skal eenfamiliehuset modulprojekteres - hvorfor og hvordan?

Da modulordningens formål er at skaffe flere og billigere boliger, er det klart, at vi skal modulprojektere eenfamiliehuset i det omfang, vi herved kan medvirke til en større produktivitet i denne sektor af byggeriet. Opføres eenfamiliehusene med udleje for øje, er det ligesom for etagebyggeriet et krav i landsbyggeloven, at de modulprojekteres. Hvordan det gøres, afhænger af, hvilke valg vi har truffet i forbindelse med byggeprogrammet.

Eenfamiliehusene kan efter deres planlægning og opførelsesmåde deles i følgende 3 grupper:

3 grupper eenfamilie-
huse

- A. Individuelle huse opført med håndværksmæssig byggeteknik.
- B. Typehuse opført hovedsagelig med håndværksmæssig teknik.
- C. Typehuse opført hovedsagelig som montagebyggeri med præfabrikerede elementer.

Modulprojektering af huse i de tre grupper forløber noget forskelligt, som den følgende gennemgang vil vise. Men i alle tre tilfælde skal vi som sædvanlig søge at anvende flest mulige standardiserede katalogvarer. Vi skal vælge flest mulige modulære bygningsdele til projektet, og vi skal udarbejde det således, at der er *skaffet plads* til disse modulære komponenter og katalogvarer.

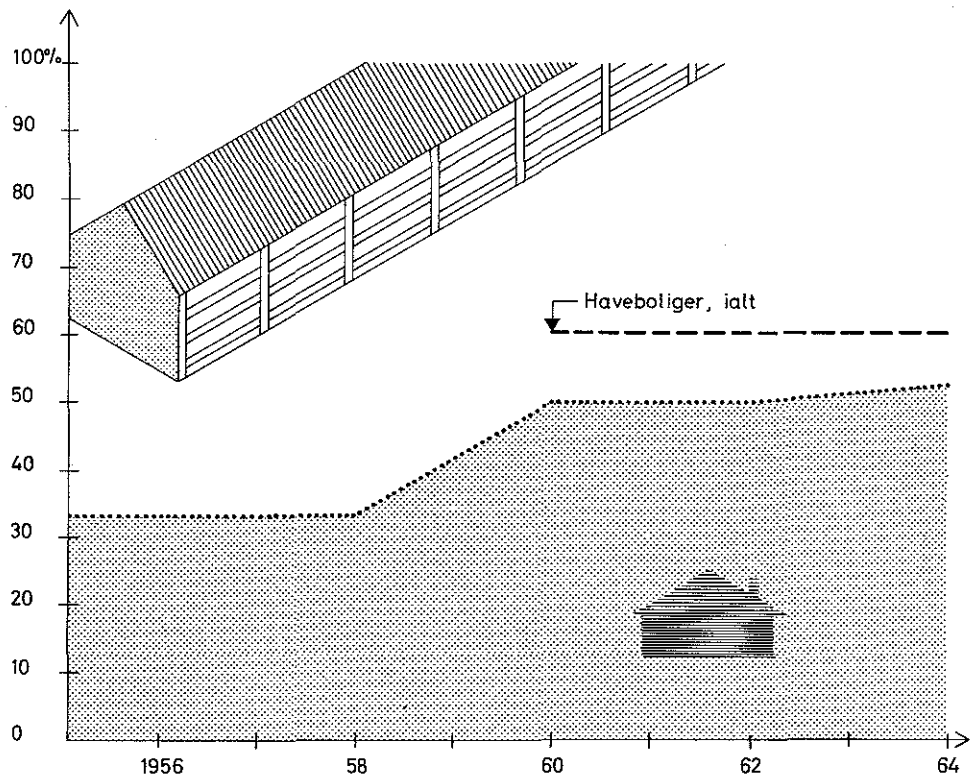


Fig. 10.1. Fordelingen af eenfamiliehuse (haveboliger i alt) og etageboliger 1956-64.

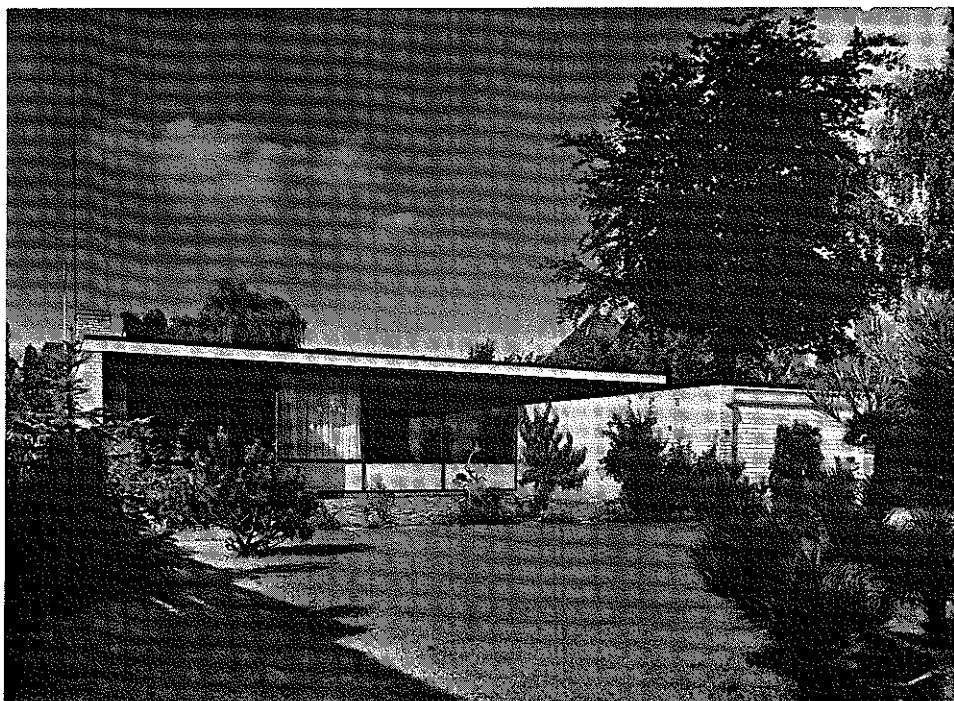


Fig. 10.2. Det individuelle hus har gennemgået en rig udvikling i de senere år, og mange nye husformer er fremkommet.

10.1 Individuelle huse, gruppe A

Til eenfamiliehusene i gruppe A kan vi afhængigt af konstruktioner og materialer vælge mellem følgende modulære bygningsdele:

Råhus:

- Byggeblokke efter DS/R 1041.
- Vinduer - DS 1003 m.fl.
- Krybekælderdek af letbetonelementer (endnu ikke standardiserede).
- Desuden kan murværket udføres som modulmurværk*).

Eenfamiliehusets
modulkatalog

Færdighus:

- Lette vægkomponenter efter DS/R 1042.
- Indvendige døre - DS 1028.
- Køkkenelementer - DS/R 1043.
- Installationer - DS/R 1036 og 1037.

Døre, vinduer og inventar bør i videst muligt omfang gives modulmål - også selv om man vælger at fremstille dem individuelt. Herved fremmes industrialiseringen af disse produktioner, og byggeriet opnår - eventuelt på lidt længere sigt - de fordele i form af lavere pris, bedre kvalitet og kortere leveringstid, som kendetegner et industriprodukt. For den enkelte byggesag betyder valg af modulære vinduer, døre, inventar mv, at man altid kan indhente alternative priser på disse leverancer.

Valg af modulkomponenter letter indhentning af alternative tilbud

Når valget af modulære komponenter og de øvrige materiale- og konstruktionsvalg er truffet ud fra byggeprogrammet, fortsætter modulprojekteringen på den måde, at man sammenbygger sine komponenter byggeteknisk korrekt og så rationelt som muligt. Skitseringen kan foregå på modulpapir med 3 M-maskevidde, men når man har valgt en håndværksmæssigt fremstillet råbygning, vil der kun være beskedne fordele ved at

*) en standardrekommendation om modulmurværk er under forberedelse, baseret på den tidligere omtalte sammenhæng: 2M = 3 skifter og 3M = 5/4 normalsten; se afsnit 2.1.

anvende planlægningsmodulerne. Tegningseksemplerne i afsnit 11 kan også være vejledende for modulprojektering i denne gruppe. For arbejdstegningernes vedkommende bør man udføre procestegninger i den udstrækning, den pågældende byggeopgave gør det økonomisk overkommeligt.

Modulprojektering *med* færdige modulkomponenter

Sammenfattende kan det siges, at man i den individuelle byggesag i gruppe A må nøjes med at modulprojektere *med* de i handelen værende modulkomponenter. Den lille byggesag giver normalt ikke mulighed for at udvikle nye modulære bygningsdele.

Valgene resumeres i en moduloversigtstegning, som fremsendes til bygningsmyndigheden. Eventuelt kan modulkomponenterne blot markeres på hovedtegningen ledsaget af en komponent-fortegnelse. Projektet gøres derefter færdigt på sædvanlig måde med flest mulige procestegninger.

10.2 Typehuse, håndværksmæssigt udført, gruppe B

Typehusene kan bære en betydelig større investering i projekterings- og planlægningsarbejdet. Der er således mulighed for at udvikle nye bygningsdele udover de katalogvarer, byggemarkedet i øjeblikket kan tilbyde. Og der påhviler derfor de teknikere, som deltager i et sådant udviklingsarbejde, et særligt ansvar for, at nye komponenter i videst muligt omfang bliver generelt anvendelige. Dette opnås dels ved at give komponenterne modulære byggemål, og dels ved at undersøge alle de sammenbygningstilfælde, komponenterne normalt optræder i, således at detailudformningen passer til flest mulige samlingstyper.

Modulprojektering *af* nye modulkomponenter

For producenterne er komponenternes generelle anvendelighed en klar fordel: Selv om man starter under beskedne forhold med en håndværkspræget produktion, vil der ofte være muligheder for, at produktet - hvis dets generelle anvendelighed er sikret - kan få et betydeligt større marked med tiden. De fleste produktioner - også blandt de allerstørste - har under een eller anden form gennemløbet denne udvikling.

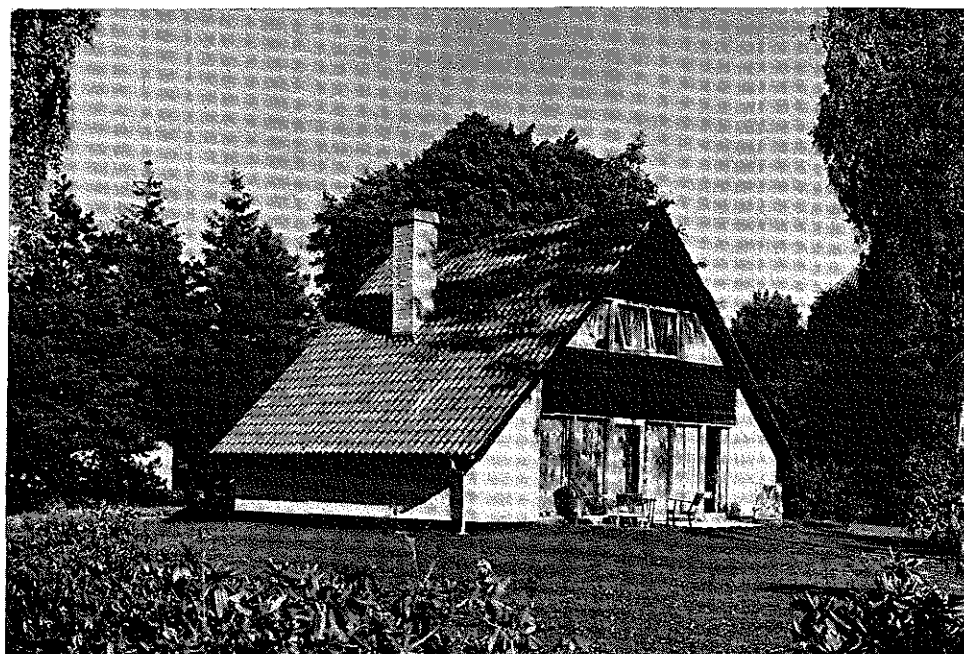


Fig. 10.3. Typehuse er blevet moderne i dansk byggeri. Hvor husene opføres af en fast kreds af håndværkere, kan der opnås besparelser i både tid og penge.

Modulprojektering af typehusene i gruppe B forløber nu således:

Man vælger flest mulige modulære bygningsdele som katalogvarer.

Man supplerer disse med nye, generelt anvendelige, modulære komponenter udviklet til det pågældende typehus.

Man sammenbygger disse elementer indbyrdes og med de på byggepladsen udførte konstruktioner i rationelle, byggeteknisk korrekte løsninger til det færdige hus.

Projektet fremstilles med procestegninger og en moduloversigtstegning.

I afsnit 11 er vist en gennemtegnning af et typehus fra gruppe B.

Oversigt over modulprojekt i gruppe B

10.3 Typehuse som montagebyggeri, gruppe C

Produktion af eenfamiliehuse i denne gruppe kræver ligesom etagebyggeriet store serier. Og en lang række problemer vil være fælles for de to byggeområder: Investering i udviklingsarbejde og fabriksanlæg, planlægning af produktion og transport, mekaniseringsgrad, præfabrikeringsgrad o.m.a. Endelig er der spørgsmålet, om hvorvidt det pågældende byggesystem skal være åbent eller lukket.

Åbne og lukkede systemer

I det åbne system er elementerne udformet således, at de kan sammenbygges både indbyrdes og med elementer fra andre produktioner til varierende planløsninger og hustyper. I det lukkede system passer elementerne kun sammen indbyrdes i bestemte kombinationer, og variationsmulighederne er derfor mindre. Ofte er det hele huset, som er standardiseret, selv om der naturligvis kan være adskillige varianter i programmet.

I eenfamiliehusbyggeriet med dets ofte meget forskellige byggeprogrammer og forskellige forudsætninger i byggegrund mv. er det vigtigt, at byggesystemet gøres så åbent og fleksibelt som muligt, eventuelt således at komponenterne kan hentes fra en række specialleverandører.

Husene i denne gruppe skal derfor projekteres med anvendelse af planlægningsmodulerne 3M vandret og 2M lodret, med det formål at skaffe plads til flest mulige modulære komponenter. Ved detailudformningen skal de modulære komponenter så vidt muligt sikres generel anvendelighed, dvs. flest mulige sammenbygningsmåder. Under den videre byggetekniske gennemarbejdning kan det forekomme, at man må rykke nogle af de modulære komponenter fra hinanden, i reglen af konstruktive grunde, og derved påny bryde modulnettet. Fremgangsmåden er vist i afsnit 11.

Projektet materialet til typehuse i gruppe C indeholder samme tegningstyper, som er vist i de foregående eksempler:

Skitser (på modulpapir)
Hovedtegninger
Detaller
Moduloversigtstegninger
Procestegninger.

Oversigt over tegningsmaterialet i gruppe C

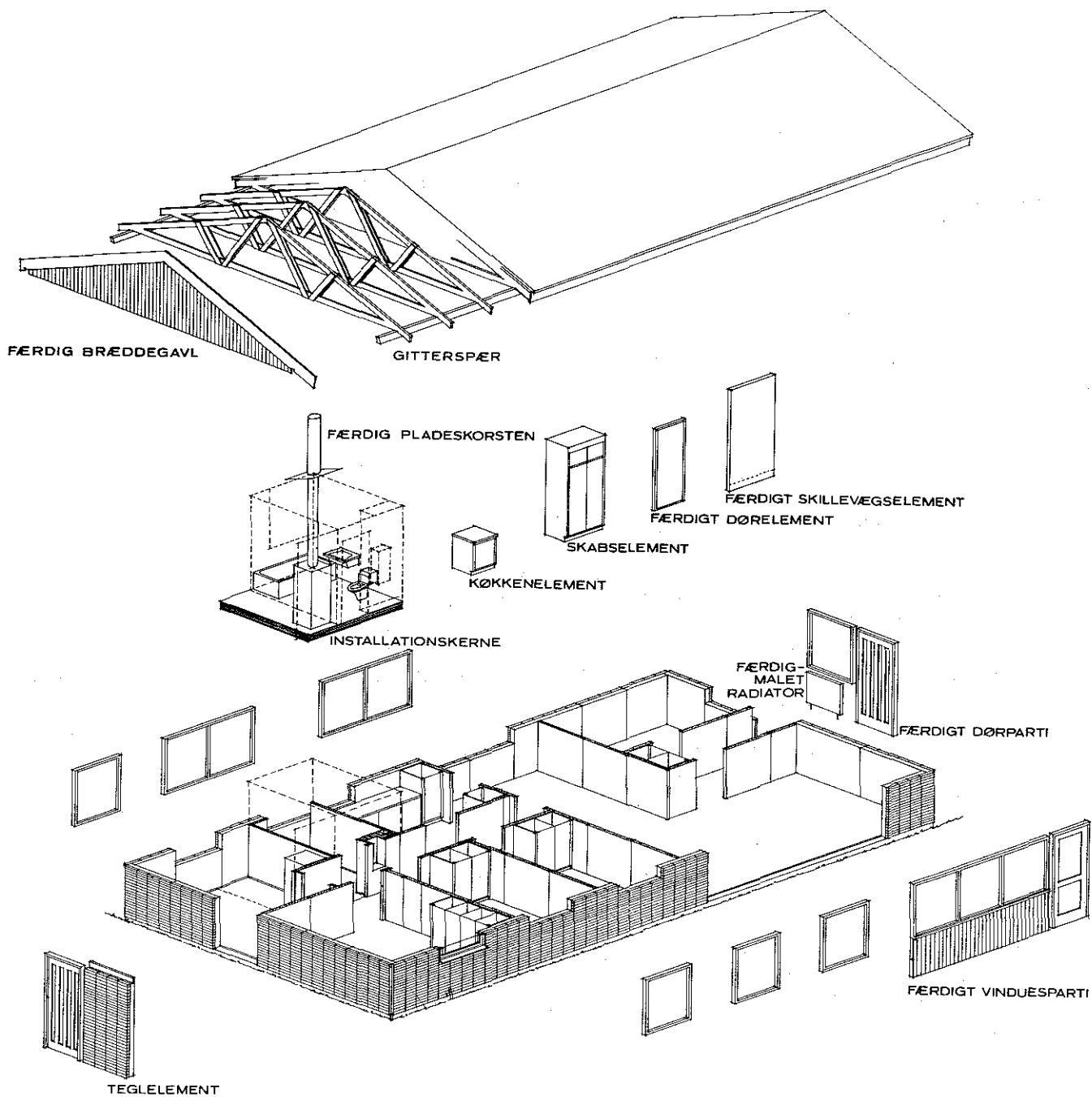
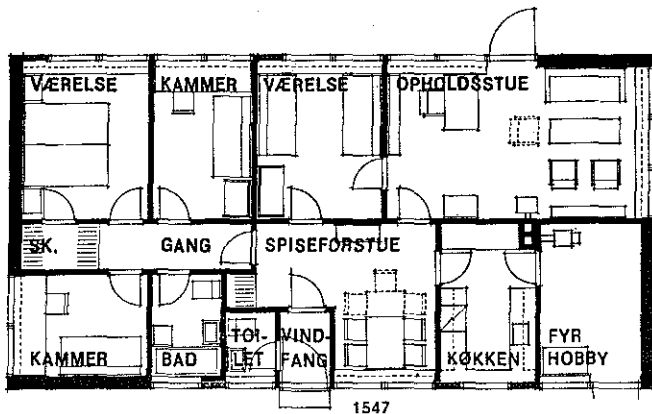
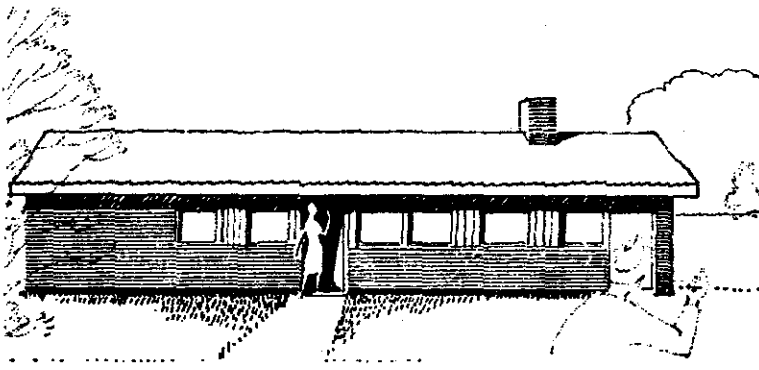


Fig. 10.4. Typehuse som montagebyggeri. Der må forventes en betydelig udvikling af denne byggeform i de nærmeste år.

10.4 Arkitekternes Typehuskontor

Som eksempel på et modulprojekteret eenfamiliehus vises i afsnit 11 et hus fra Arkitekternes Typehuskontor.

Typehusprogrammet omfatter 2 serier: A med 2 grundtyper og 25 varianter, og B med 4 grundtyper og utallige varianter, alle udformet over et planlægningsmodulnet på 6M x 6M.



Type B2-

3 værelser + 2 kamre
Adskilt bad - toilet, arbejds-køkken, spisefor-
stue, skabsrum

Boligareal 110 m²
Bebygget areal .. 122 m²

mål 1:200 (5 mm = 1 m)

Fig. 10.5. Plan af typehus B-2. Administrationsstegning. Arkitekternes Typehuskontor.

Planlægningsmodulnettet er under projekteringen anvendt til at forenkle planerne og begrænse varianterne med fuld hensyntagen til de relevante brugskrav, sammenlign afsnit 1. De mange typer kan yderligere varieres med hensyn til materialevalg mv, således at det samlede program kan tilfredsstille de fleste individuelle ønsker og lokale forudsætninger. Alligevel rummer programmet et så stort antal gentagne komponenter, samlinger og hele rum, at der er skabt basis for en rationel produktion. Den grundige gennemarbejdning af samtlige detaljer, som de store serier har muliggjort, betinger en afklaring i projektet, som ikke kan opnås i eengangsprojekterne. Typehusene er totalprojekteret ligesom etagehusene i de store montagebyggerier.

Typehusprogrammet udnytter normalt ikke denne rationaliseringsmulighed for en industriel masseproduktion. Husene er hidtil opført ved håndværksmæssige metoder af lokale mestre over hele landet. Men projektets industrialiseringsmuligheder er nu ved at blive virkeliggjort i et samarbejde mellem Farum Byggeindustri i Ølstykke (F.B.I.) og typehuskontoret. F.B.I. fremstiller færdigt forarbejdede komponenter til typehusene i form af boxe, der hver udgør et helt rum i huset. Boxene udføres af træmaterialer (hørplader) på fabrikken, forsynes med installationer og køres færdigmalede ud til byggepladsen, hvor de monteres på fundamentene. Huset kan lukkes med det samme, idet også tagværket er præfabrikeret, og efter skalmuring af ydervæggene er bygningen klar til indflytning.

Det første prøvehus og udførte analyser af produktionen tyder på, at man med dette byggesystem kommer op på lige så store reduktioner af mandtimeforbruget, som det mest avancerede montagebyggeri af etageboliger kan fremvise.

Fig. 10.6 viser plan og skråprojektion af typehuset opført af færdige boxe. Planen er bygget op over et 6M x 6M planlægningsmodulnet uden frarykning af komponenterne, idet de tynde skillevægge her kan "lande" på vindueskarmene i modsætning til typehuset i afsnit 11, sammenlign således fig. 11.6 og 11.11.

Totalprojektering

Typehusets industrialiseringsmuligheder

Typehuskontoret i samarbejde med F.B.I.

Høj arbejdsproduktivitet

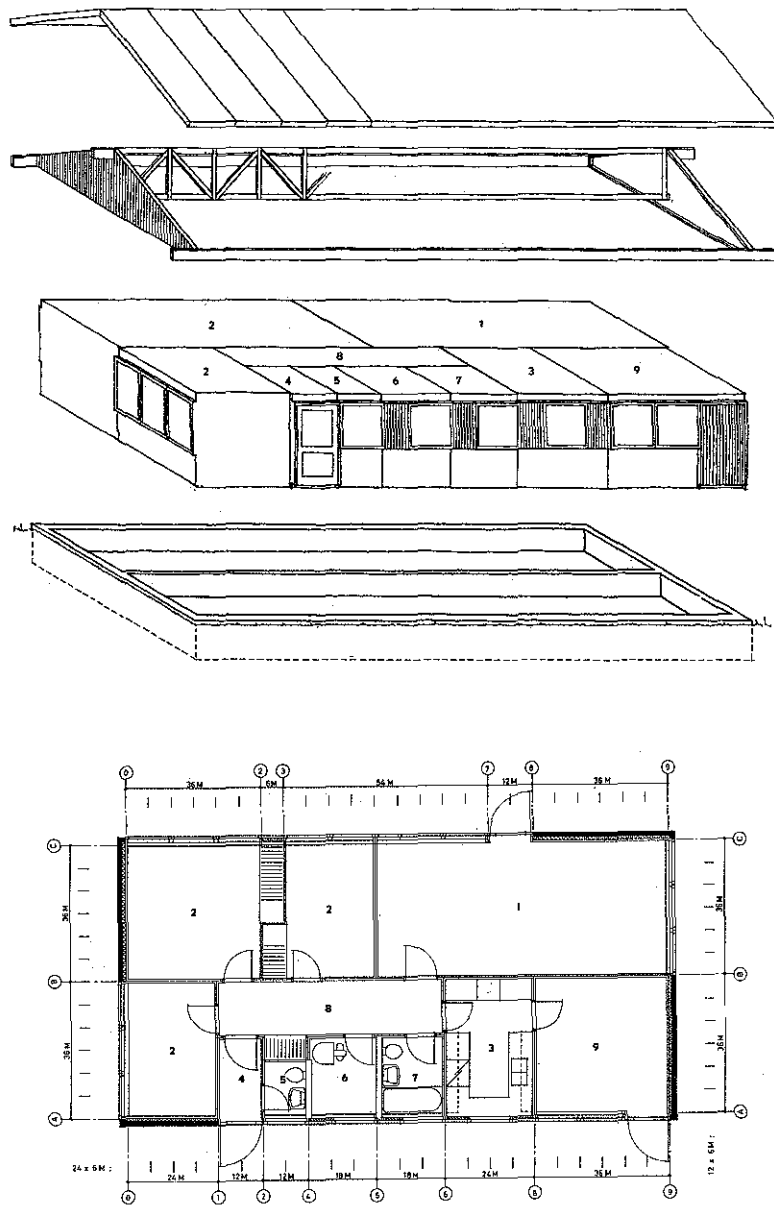


Fig. 10.6. F.B.I.'s præfabrikerede typehuse udført af rumstore boxe. Byggesystemet muliggør optegning over et ubrudt planlægningsmodulnet på 6M x 6M. De modulære boxe ligger normalt i deres modulområde, og alle fugemidter falder i modullinierne.

11. Modulprojekt, eksempel 5

Eenfamiliehus

Arkitekternes Typehuskontor har velvilligt stillet materialet til hustype B-24a til rådighed for den følgende gennemgang af et modulprojekteret eenfamiliehus. Planen rummer opholdsstue, 3 soverum, badeværelse, gæstetoilet, vindfang, forstue, køkken og udhus-hobbyrum. Bruttoarealet er 122 m², hvoraf 104 m² boligareal.

Typehusene findes i størrelser fra 98 m² til 126 m² bebygget areal, alle planlagt over et modulnet med 6M x 6M maskevidde. Maskevidden 6M har ved gennemtegningen af de mange varianter, programmet indeholder, vist sig tilstrækkeligt til at tilgodese de brugsmæssige krav.



Fig. 11.1. Typehus fra Arkitekternes Typehuskontor.

11.1 Skitseprojekt og valg

Gennemgangen følger nu samme plan som i de foregående eksempler nr. 1-4. Fig. 11.2 viser skitseplanen optegnet på 6M-modulpapir.

Huset har bærende hovedskillevæg og facader overdækket med en tagkonstruktion af gitterspær. Der er valgt følgende bygningsdele og materialer:

Typehusets modulkatalog og byggematerialer

Ydervægge:	3M hulmure (29 cm) og 6M x 12M snedkerpartier.
Indervægge:	$\frac{1}{2}$ stens murværk og 2" lægteskelet med gipsplader.
Vinduer	B x H ₁ = 12M x 12M og B x H ₂ = 12M x 14M; NB! hele typehusprogrammet rummer kun disse to vinduesformater.
Udvendige døre:	B = 12M
Indvendige døre:	B = 8M og B = 9M
Fundamenter:	Beton støbt på stedet
Gulve:	22 mm brædder på strøer
Tag:	3 x 5" gitterspær med bølgeeternit.

Fig. 11.3 viser valgskemaet med opsummering af valgene.

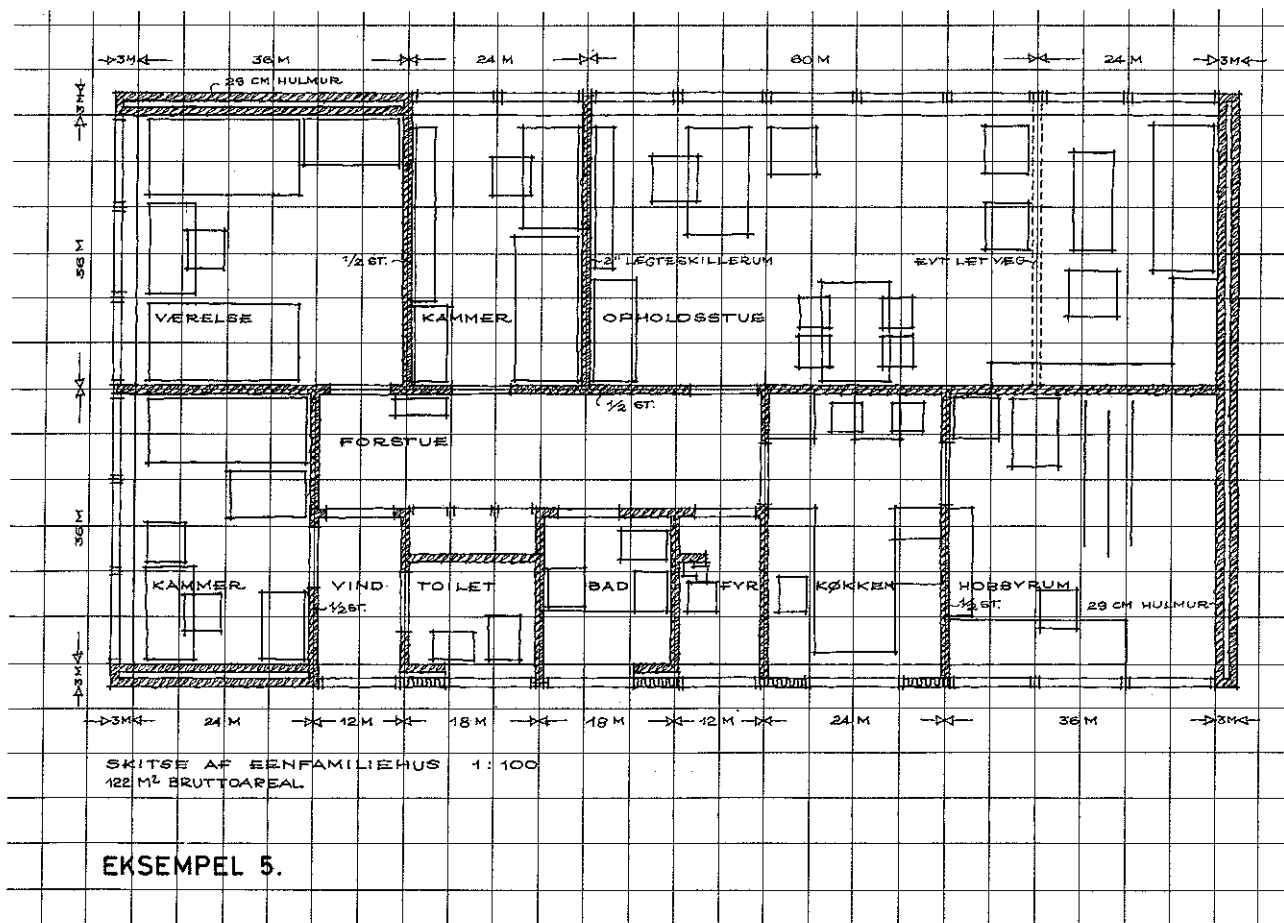


Fig. 11.2. Skitseplanen optegnes over et 6M x 6M net. Modulliniernes nøjagtige placering i de enkelte vægge er ikke fastlagt med denne skitse.

Skematisk bygningsbeskrivelse EKSEMPEL 5

Enfamiliehus <input checked="" type="checkbox"/>	Etagebolig	① 2 3 4 5						<input checked="" type="checkbox"/>	Abent	Lukket
Fabrik	Institution	6 7 8 9 10						<input checked="" type="checkbox"/>		
Byggeri		11 12 13 14								
	Etager	Konstruktionsprincip							System	

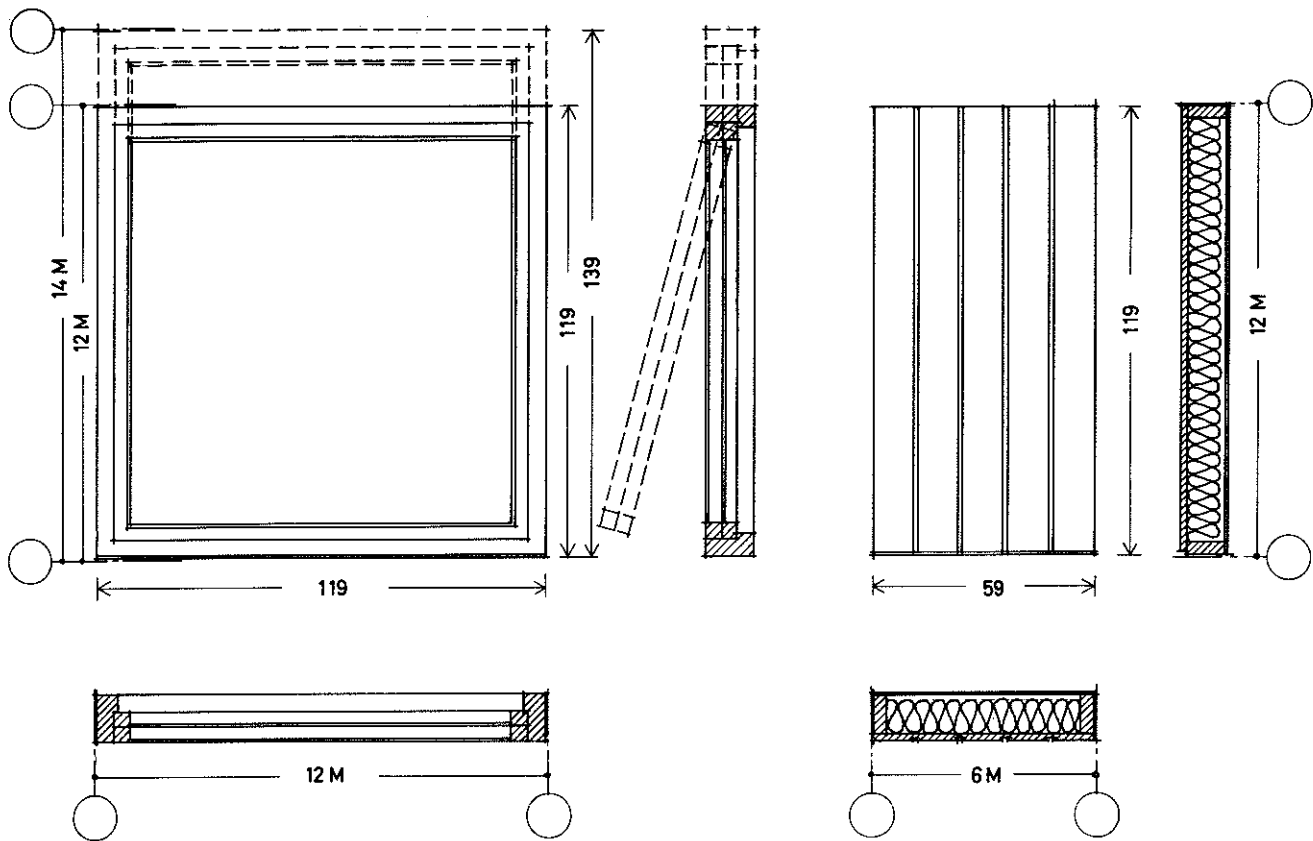
VÆGGE	TAK		DÆK	
	Langsgående facadevæg	Tværgående facadevæg (gavl)	Tagdæk	Normaldæk
Langsgående skillevæg	<input checked="" type="checkbox"/>			
Tværgående skillevæg		<input checked="" type="checkbox"/>		
Trapperums - væg	<input checked="" type="checkbox"/>			
Lø- og støtte - væg		<input checked="" type="checkbox"/>		
FUNDA - MENTER				
Langsgående facadevæg		Langsgående facadevæg	Tagdæk	Normaldæk
Tværgående facadevæg (gavl)		Tværgående facadevæg (gavl)	Kælderdæk (evt. sikringsdæk)	Terrændæk Bunderdæk
Langsgående skillevæg		Langsgående skillevæg	TRAPPER	
Tværgående skillevæg		Tværgående skillevæg	DIVERSE	
Trapperums - væg		Trapperums - væg	Opvarmning	Samitet
Lø- og støtte - væg		Lø- og støtte - væg	Inventar	
Fundamenter		Fundamenter		
Langsgående facadevæg		Langsgående facadevæg	TRAPPER	
Tværgående facadevæg (gavl)		Tværgående facadevæg (gavl)	DIVERSE	
Langsgående skillevæg		Langsgående skillevæg	Opvarmning	Samitet
Tværgående skillevæg		Tværgående skillevæg	Inventar	
Trapperums - væg		Trapperums - væg		
Lø- og støtte - væg		Lø- og støtte - væg		
Fundamenter		Fundamenter		

Forenklet oversigt over vigtige valgmuligheder ved projektering. Simpel afkrydsning kan angive foretagne valg, og fremrøde som en grov beskrivelse af det foreliggende projekt.

Fig. 11.3. SBI's valgskema udfyldt for typehuset.

11.2 Opklaring af detaljer

De følgende detaljer til typehuset er alle vist som færdige samlingsdetaljer - arbejds tegninger. Der er udført totalprojekt, og der er derfor ingen grund til at blive stående ved moduldetaljerne; sammenlign bemærkningerne herom i afsnit 5 og 6.

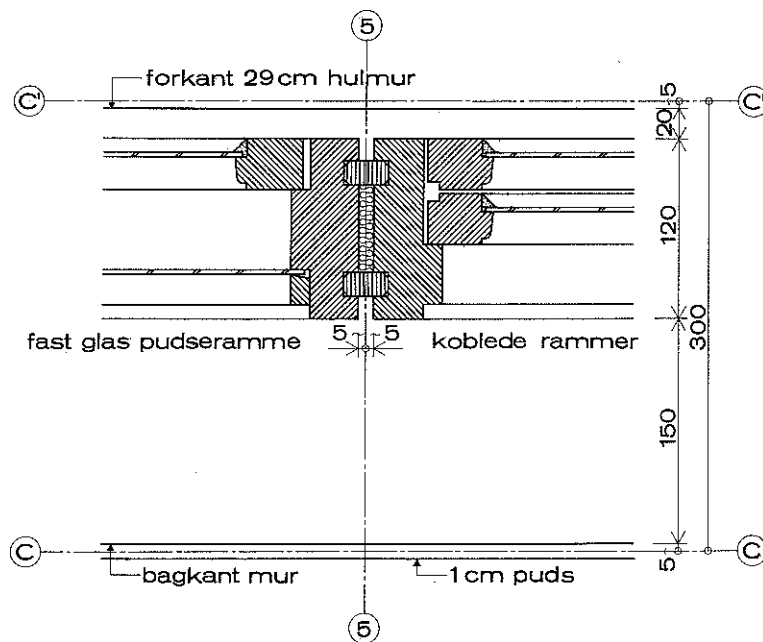


12M x 12M VINDUEELEMENT, V 1.24
1:20

6M x 12M FACADEELEMENT, E 2.22
1:20

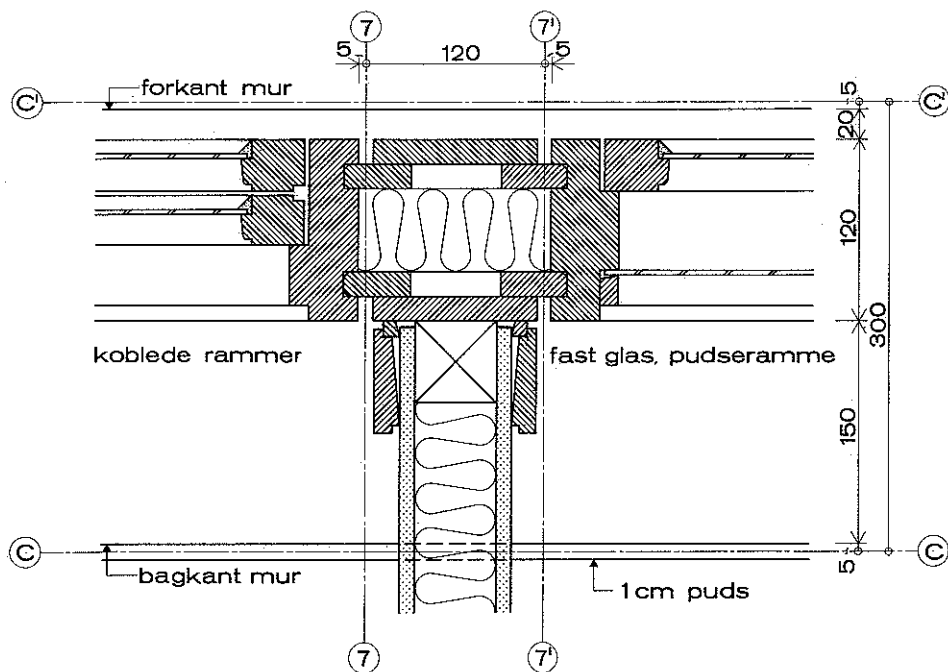
Ubenevnte mål i cm.
Modulmål efter DS 1003

Fig. 11.4. Fasadens modulære komponenter og deres tilvirkningsmål. Figuren viser typehusprogrammets to eneste vinduesformater: 12M x 12M og 12M x 14M.



Snit A₅ 1:5
Mål i mm

Fig. 11.5. Vandret snit i samling mellem vindueelementer.



Snit B₅ 1:5
Mål i mm

Fig. 11.6. Samling mellem vindueselementer og tværvæg i havefacaden

Fig. 11.4 viser de to vigtigste modulære elementer, der skal indpasses i facaden: Vindue og facadeelement. Det ses, at begge elementer har et tilvirkningsmål, der er 10 mm mindre end modulmålet. Fugeandelene bliver således 2 x 5 mm, som anvendes ved optegning af detaillerne. Det bemærkes, at karmmålet 1190 mm er 2 mm større, end DS 1003 foreskriver; men vinduerne er lige fuldt modulære; man klarer sig blot med en fuge på 10 mm i stedet for 12 mm.

Fig. 11.5 viser samlingen mellem vinduerne i havefacaden. Samlingen er udført med to sløjfer med mellemliggende isolering. Komponenterne ligger på normal måde i deres modulområde, og modullinien 5 er symmetri-linie. På den anden led ligger modullinierne C og C' en halv fuge = 5 mm fra murlinien, således at 29 cm-hulmuren også bliver normalt placeret i sit modulområde.

Modulkomponenterne er normalt placeret i deres modulområder

Fig. 11.6 viser den tilsvarende samling ud for den lette tværvæg mellem opholdsstue og kammer. For at kunne klare denne samling og få tværvæggen til at "lande" på vinduespartiet, er det nødvendigt at rykke vindueskarmene fra hinanden. Herved opstår en "neutral zone", som af hensyn til forbandtet og vægtykkelsen er valgt til 12 cm. Med denne frarykning, som atter er rent byggeteknisk begrundet, klares tværvæggen sammenbygning med vindueskarmene.

De modulære vindues-elementer rykkes fra hinanden af byggetekniske grunde og modulnettet brydes

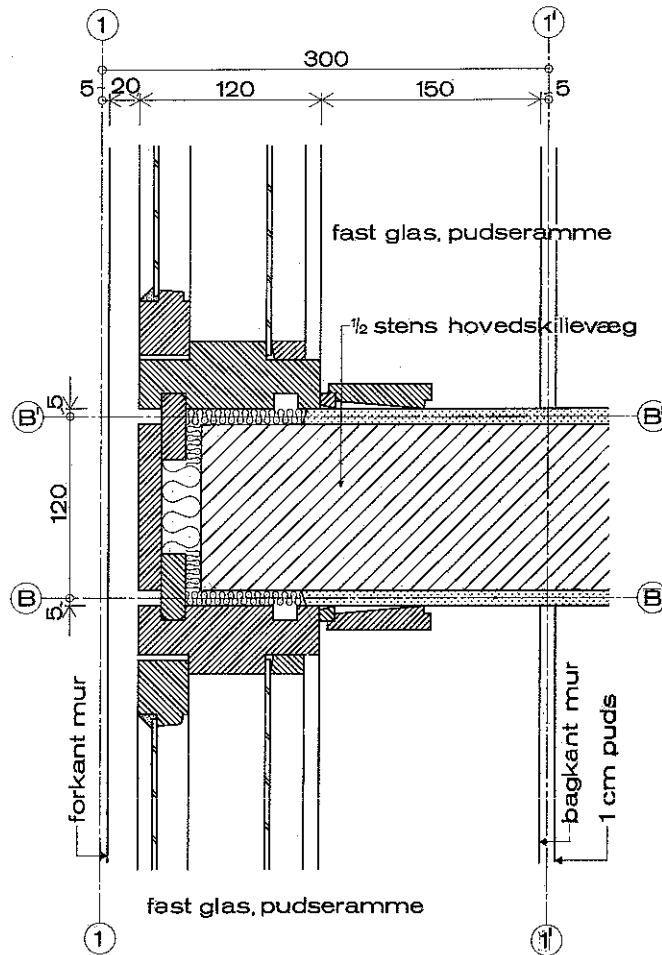


Fig. 11.7. Samling mellem vindueselementer og 1/2 stens hovedskillevæg.

Snit C₅ 1:5
Mål i mm

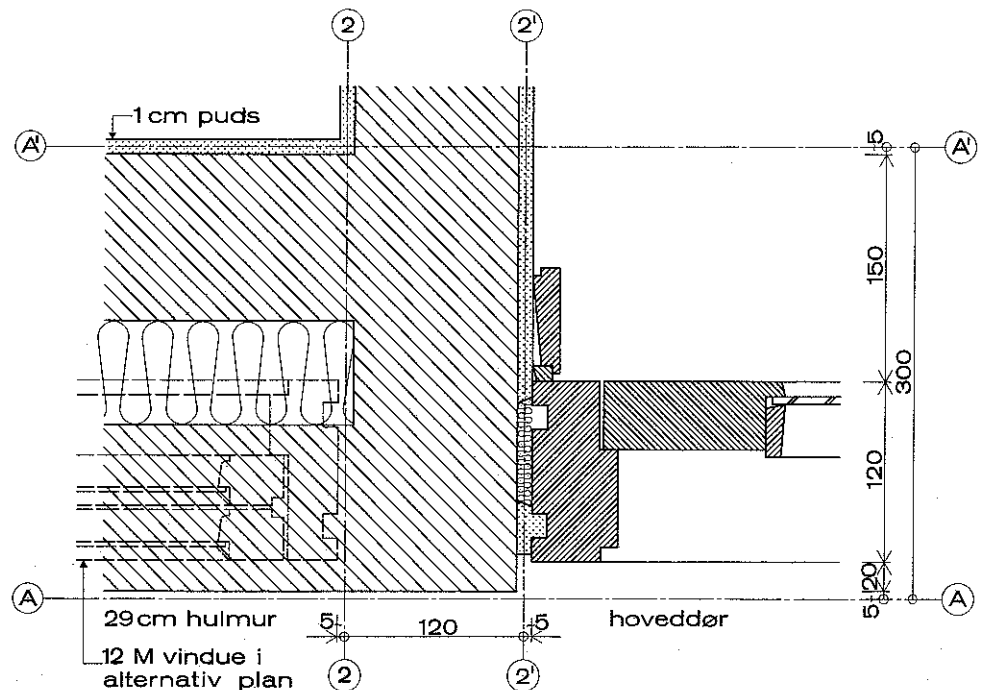


Fig. 11.8. Samling mellem hoveddør, ydervæg og tværvæg.

Snit D₅ 1:5
Mål i mm

Fig. 11.7 viser samlingen mellem vindueskarmene ud for hovedskillevæggen, som er $\frac{1}{2}$ sten tyk. Også her er vindueselementerne rykket 12 cm fra hinanden for at give plads til $\frac{1}{2}$ stens væggen, og samlingen er analog med snit B5. Set udefra er de to samlinger identiske.

Fig. 11.8 viser samlingen mellem hoveddørkarm og 29 cm hulmur. Også her er indlagt en "neutral zone", som imidlertid ikke på dette sted er betinget af en frarykning af to komponenter, men kommer fra en gennemarbejdning af planen som helhed.

En af typehusprogrammets vigtigste variationsmuligheder består i, at vinduespartierne ved hjørnerne kan placeres alternativt i facade eller gavl i overensstemmelse med husets beliggenhed på grunden og dets orientering efter verdenshjørnerne. Det er således forudsat, at de vinduer, der i fig. 11.2 er vist i gavlene kan flyttes om i facaderne uden at ændre på planens hovedmål; se alternativet i fig. 11.8 og 11.12. Vælges denne løsning med f.eks. vinduer i indgangsfacaden til venstre for hoveddøren (i kammeret), bliver der behov for en frarykning af disse 12M modulvinduer fra den 12M brede, modulære hoveddør, idet der skal være plads til $\frac{1}{2}$ -stens væggen mellem kammeret og vindfanget.

Frarykning af de modulære vinduer giver mulighed for alternative vinduesplaceringer i typehusprogrammets varianter

Den "neutrale zone" betyder, som vi har set tidligere, at man gør huset længere (eller bredere), og dette skal naturligvis gå op i begge sider af planen. Det samlede antal udvidelser skal være ens i begge facader, og derfor må der også være neutral zone ved soveværelsets havefacade. Moduloversigtstegningen fig. 11.12 viser, hvorledes der er indlagt ialt tre neutrale zoner i hver facade og en i hver gavl.

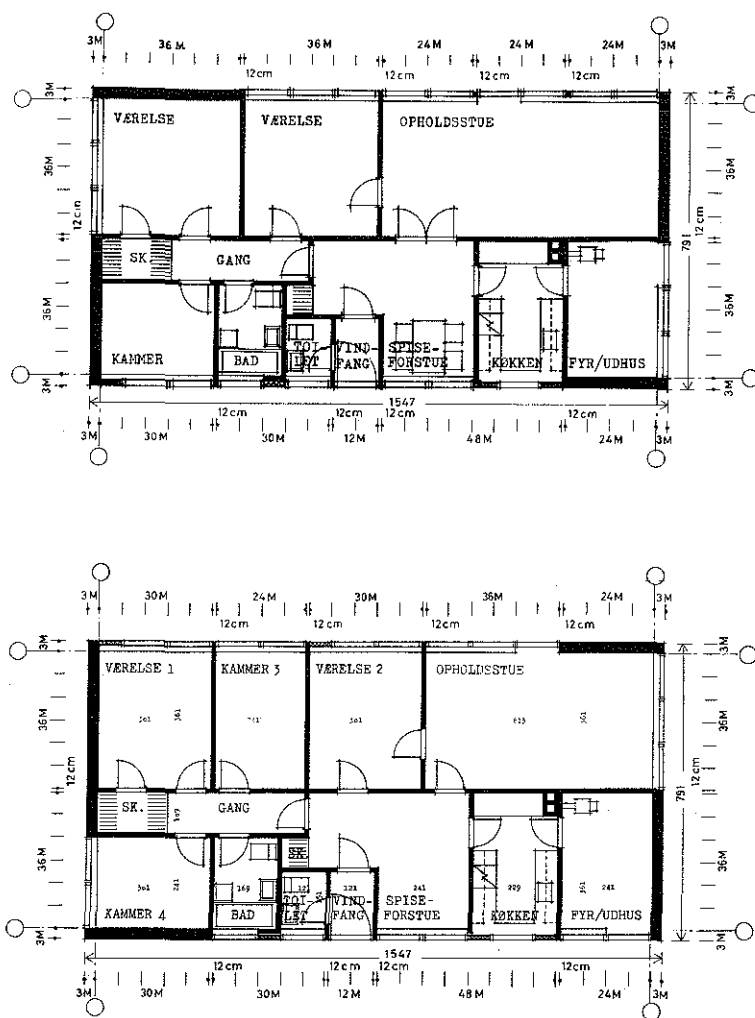


Fig. 11.9. 2 varianter af type B-2. Bemærk flytningen af hjørnevinduerne og de fire neutrale zoner i hver facade.

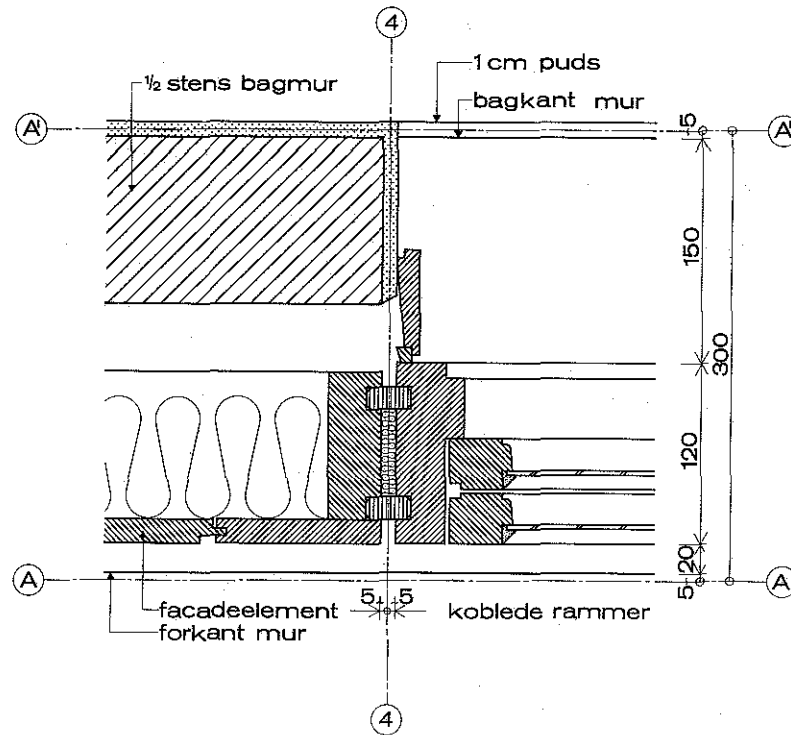


Fig. 11.10. Samling mellem vindue og facadeelement.

Snit E₅ 1:5
Mål i mm

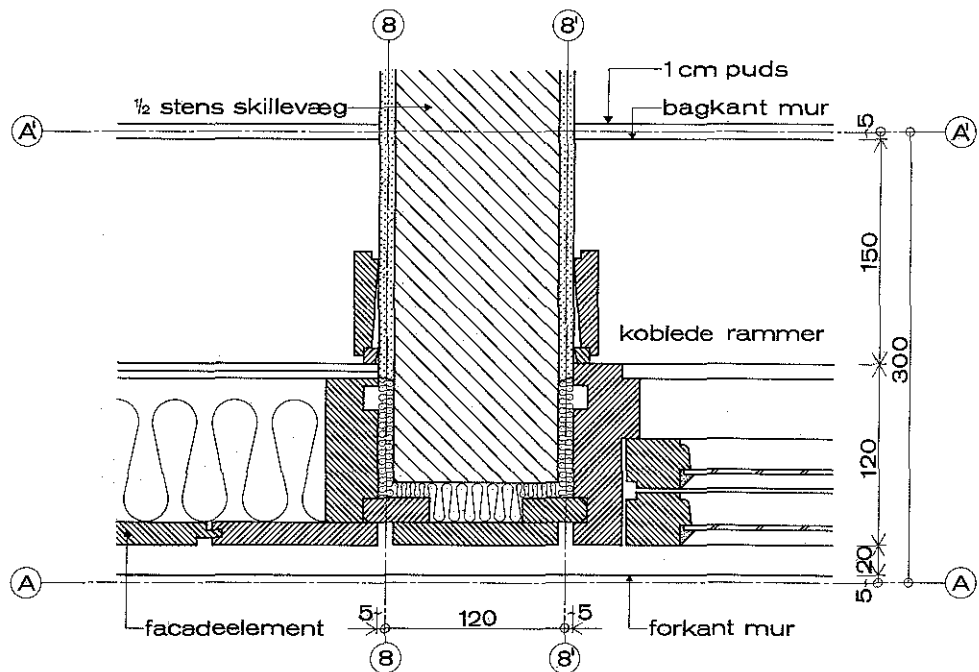


Fig. 11.11. Samling mellem vindue, facadeelement og 1/2-stens tværvæg.

Snit F₅ 1:5
Mål i mm

Fig. 11.9 viser to varianter af hustype B-2, hvor alle hjørnevinduer har skiftet plads. De to planer har samme hovedmål.

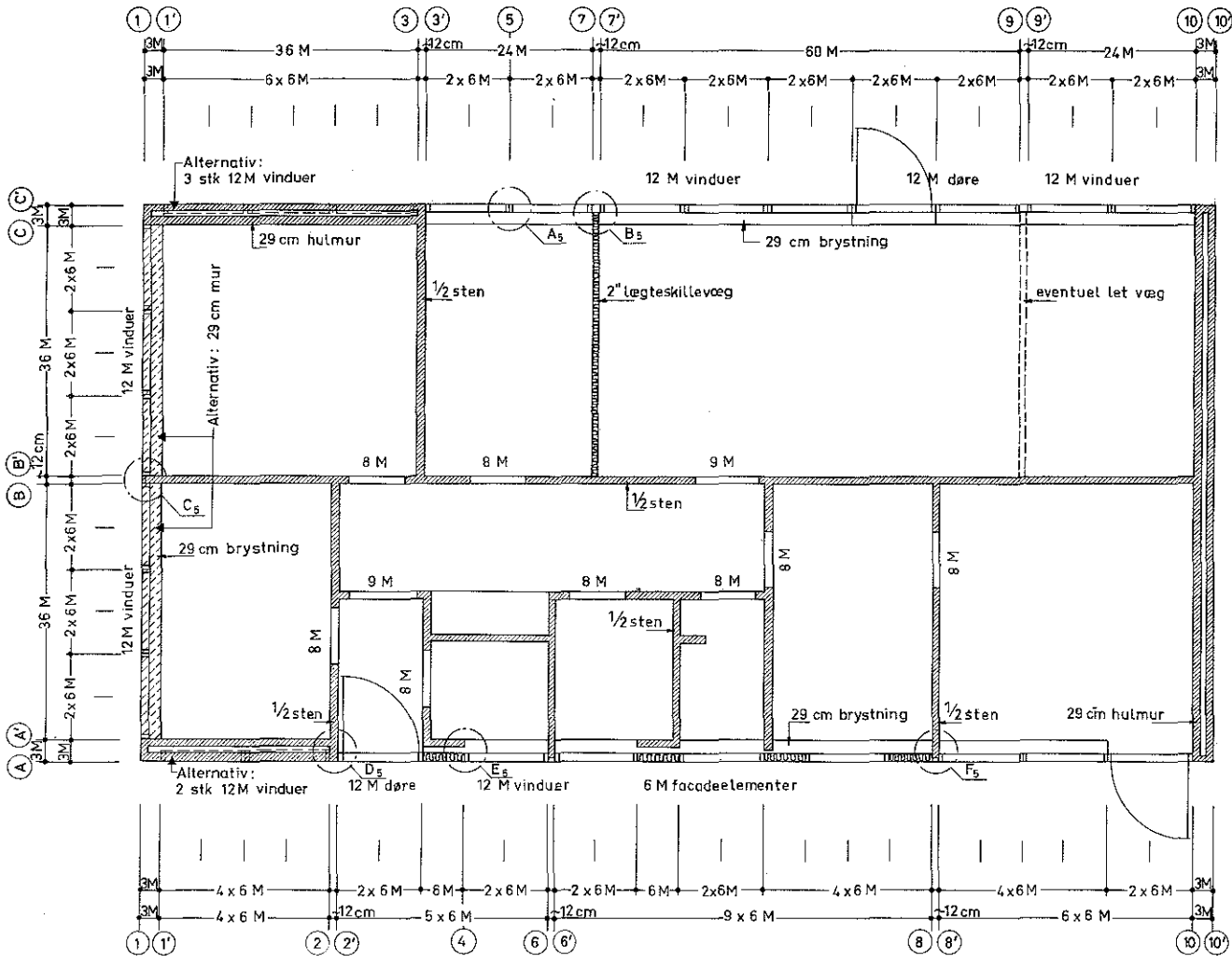
Fig. 11.10 viser samlingen mellem vindue og facadeelement i indgangssiden. Samlingen er helt normal med de to modulkomponenter symmetrisk om modullinie 4. Bag træfacaden er opmuret en $\frac{1}{2}$ -stens bagmur, fordi rummet her er et toilet, som skal have fugtbestandige vægge. Ydermuren under vinduespartiet ligger som i havesiden midt i sit modulområde.

Fig. 11.11 viser samlingen mellem vindue og facadeelement ud for en $\frac{1}{2}$ -stens tværvæg. Komponenterne er igen rykket fra hinanden, og samlingen er analog med snit C5.

11.3 Moduloversigtstegning

Efter opklaring af de vigtigste samlinger i råbygningen kan moduloversigtstegningen optegnes, se fig. 11.12.

Tegningen viser råbygningens komponenter, og deres beliggenhed i forhold til hinanden og til modullinierne. Desuden er alle detailsnittene indtegnet. Det fremgår af tegningen, at husets længde er udvidet tre gange i hver facade med "neutrale zoner". Modulregnskabet går op. Beliggenheden af alle modullinierne er bestemt af den byggetekniske afklaring i detaljerne. Modulnettet er der ikke meget tilbage af. Fig. 11.13 viser stumperne. Det ses, at disse modulnet kun ville forvirre, hvis man anvendte dem på arbejdstegningerne.



EKSEMPEL 5
 MODULOVERSICHTSTEGNING, 1 : 100

Fig. 11.12. Moduloversigtstegning med indtegnede detail-snit.

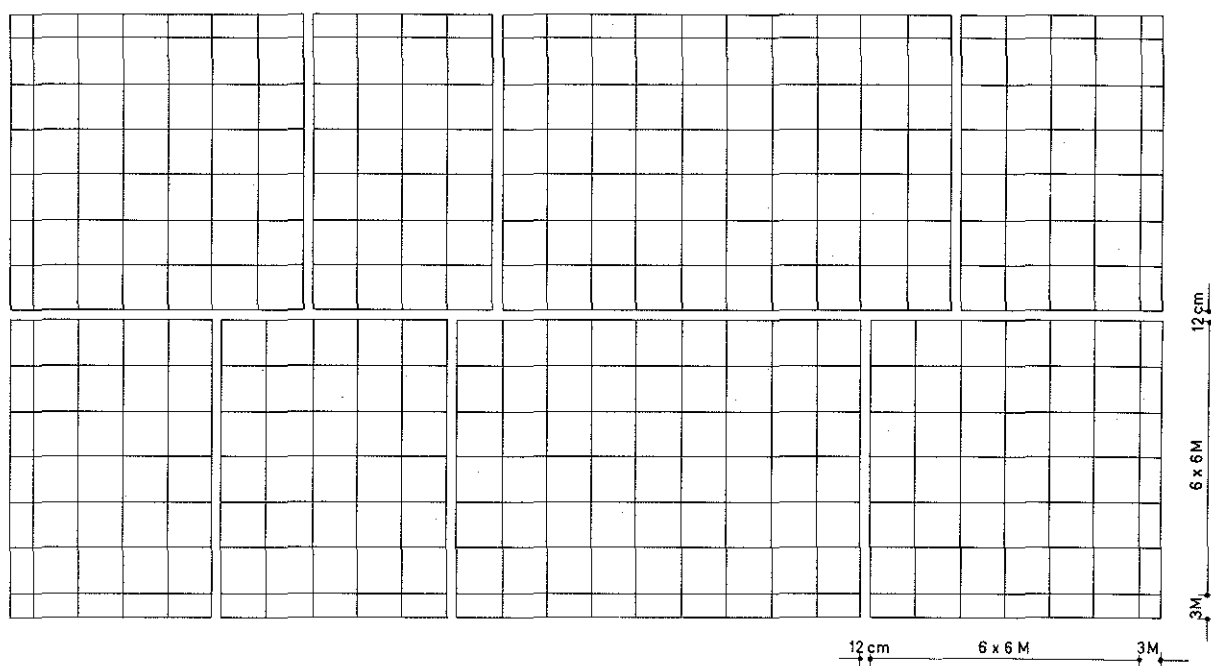


Fig. 11.13. Modulnettet er skåret i 8 stykker af de neutrale zoner og kan derfor ikke anvendes på arbejdstegningerne.

11.4 Arbejdstegninger

Typehuskontorets projektmateriale indeholder procestegninger for alle delarbejder (entrepriser). Tegningerne giver, ligesom de øvrige eksempler her i bogen alle nødvendige oplysninger om udførelsen af det pågældende delarbejde. Tegningerne er målsat med sande mål, og der forekommer ingen modulmål på dem. Målsætningen er dog den traditionelle med kædemål. Fig. 11.14 viser opmuringstegningen. Fig. 5.3 i afsnit 5 viser en procestegning for tømmerentreprisen fra en mindre hustype i programmet.

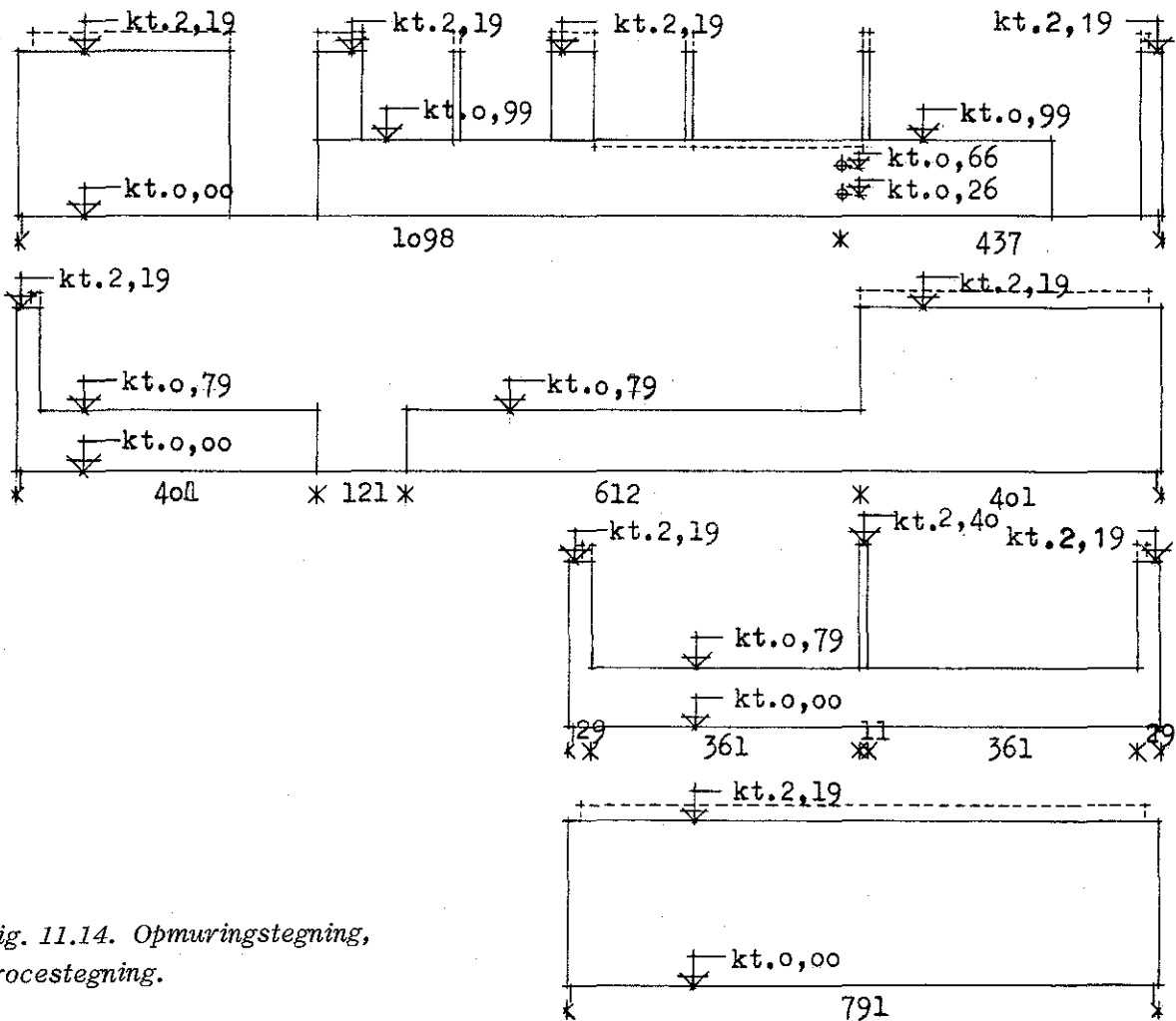
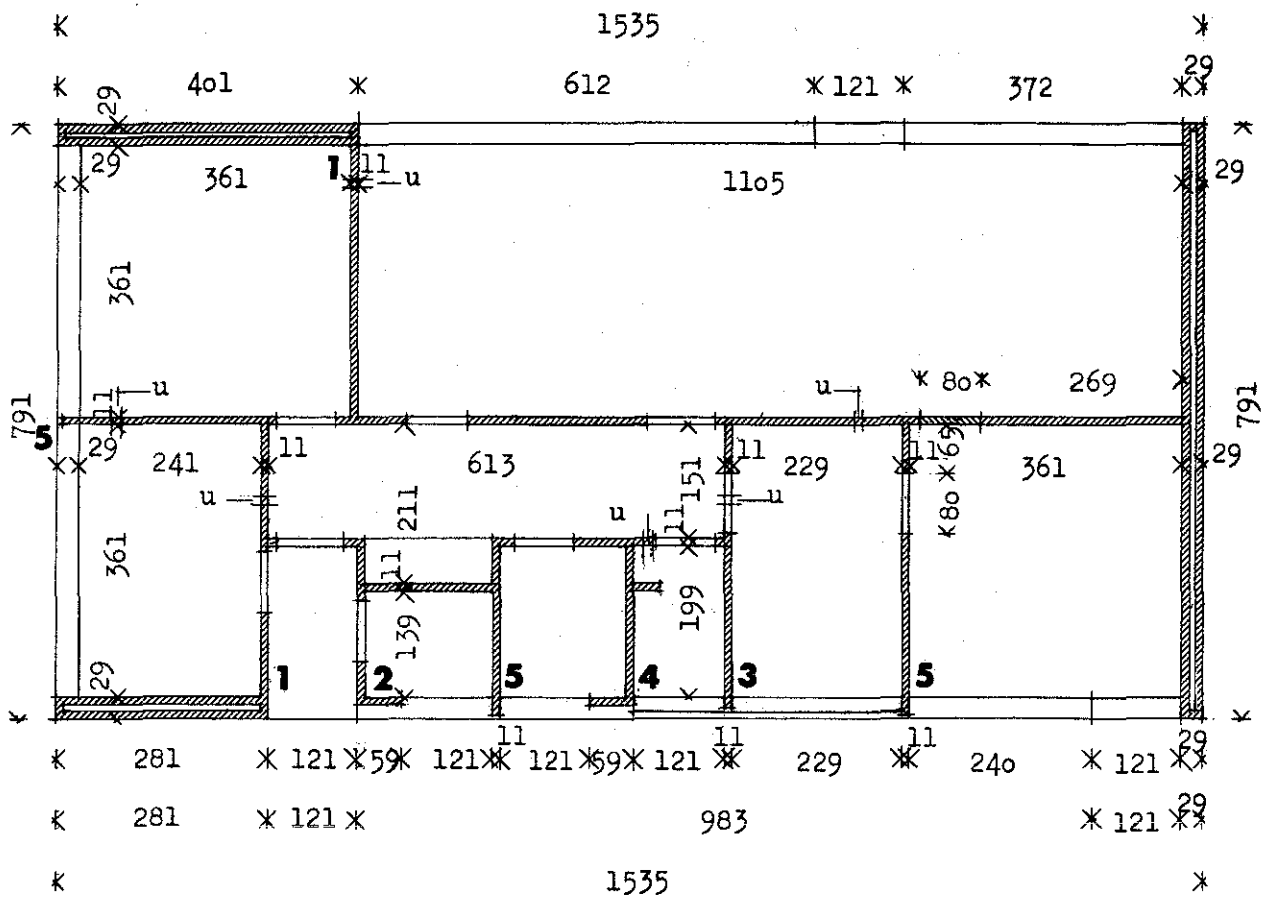


Fig. 11.14. Opmuringstegning, procestegning.

12. Modul og statik

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

Når en bygning opføres af præfabrikerede dele bliver den af "korthus-typen", hvilket medfører en række specielle statiske problemer. Det falder uden for 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, når vi hele tiden understreger sætningen: "*Flest mulige præfabrikerede modulære komponenter*", at gøre opmærksom på de vigtigste statiske konsekvenser af denne hovedregel.

Generelt kan det siges, at et bygværk udført efter korthusprincippet giver ret enkle beregninger, 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, at vi må træffe særlige foranstaltninger til at sikre konstruktionens *stabilitet over for vandrette kræfter*.

Montagebyggeriet giver simpelt understøttede konstruktioner

12.1 Bygværkets bærende funktioner

Det bærende system skal optage følgende lodrette og vandrette belastninger:

A.

Lodrette kræfter fra konstruktionens egenvægt og fra nyttelasten, den betydelige belastning på etagerne.

B.

Vandrette kræfter fra vindbelastning og (eller) fra den i belastningsnormerne omtalte $1\frac{1}{2}\%$ -kraft, den såkaldte massekraft.

A. *Lodrette kræfter.*

I boligbyggeriet har vi efter DS 410, belastningsnormerne, følgende belastninger på normaletagerne:

Nyttelast	150 kg/m ²
Dæk	ca. 300 "
Gulv, eventuel isolering	ca. 50 "
Lette skillevægge	ca. 150 "
Ialt på etageadskillelsen	ca. 650 kg/m ²

Medregner vi også vægten af de bærende vægge, kommer vi, afhængigt af afstanden mellem disse vægge, samt deres vægt, til yderligere ca. 350 kg/m² i hver etage, således at en normaletage i boligbyggeriet får en totalvægt på overslagsmæssigt 1000 kg/m².

I fig. 12.1 er de lodrette kræfter indtegnet på et tværsnit af en boligblok, og vi ser, hvorledes kræfterne føres ned til fundamenterne.

B. *Vandrette kræfter.*

De vandrette kræfter fra vindbelastningen udgør efter DS 410, 80 kg/m² tryk på luv-siden og 16 kg/m² sug på læ-siden. Dette resulterer i en samlet vindkraft på 96 kg/m².

Normale belastninger i boligbyggeriet

Normaletager vejer ca. 1000 kg/m²

Vindtryk og vindsug

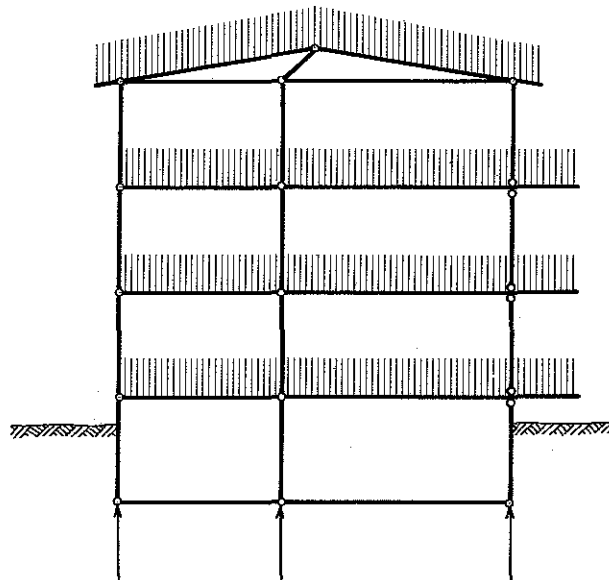


Fig. 12.1. Lodrette belastninger i boligblok.

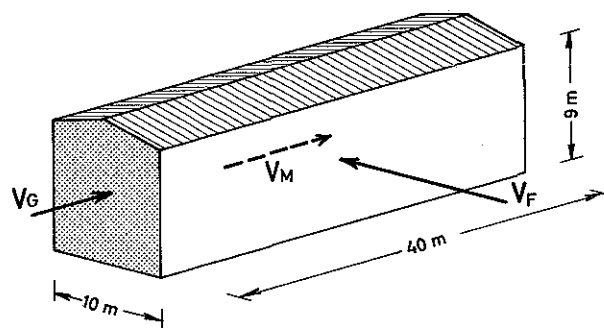


Fig. 12.2. Vandrette kræfter på boligblok.

Bygningen skal endvidere efter DS 410 undersøges for en vandret kraft, der udgør $1\frac{1}{2}\%$ af bygningens samlede masse. Kraften kaldes massekraften. Denne kraft, der rent vedtægtsmæssigt er indført i normerne som en i de fleste tilfælde fiktiv belastning, skal sikre, at bygningen får en passende stabilitet. Kraften kan tænkes at opstå ved rystelser i jorden.

Massekraften = $1\frac{1}{2}\%$ af bygningens samlede lodrette belastning

I lande med jordskælvsrisiko anvendes en massekraft med betydelig større værdi ved dimensionering af jordskælvsikrede bygværker. Men princippet er det samme: Kraften udregnes som en procentdel af den samlede lodrette belastning. Medens vindkræfterne angriber på bygningens facade, skal massekraften sættes på de steder, hvor de lodrette kræfter angriber, dvs. på etageadskillelserne og i de bærende vægges tyngdepunkter. For både vindkraft og massekraft gælder, at de skal kunne overføres gennem de bærende konstruktioner, hele vejen fra deres angrebspunkter og ned til fundamentene.

Vindkræfterne og massekraften skal sættes på bygværket i en vilkårlig retning - det kan blæse fra alle verdenshjørner - men vi skal i hver retning kun dimensionere for den største af de to belastninger.

For at få et indtryk af størrelsen af belastningerne på en almindelig boligblok, vises i et eksempel udregninger af de vandrette kræfter for en simpel 3-etagers bygning med følgende hovedmål: $L \times B \times H = 40 \times 10 \times 9$ m, se fig. 12.2.

Beregningseksempel

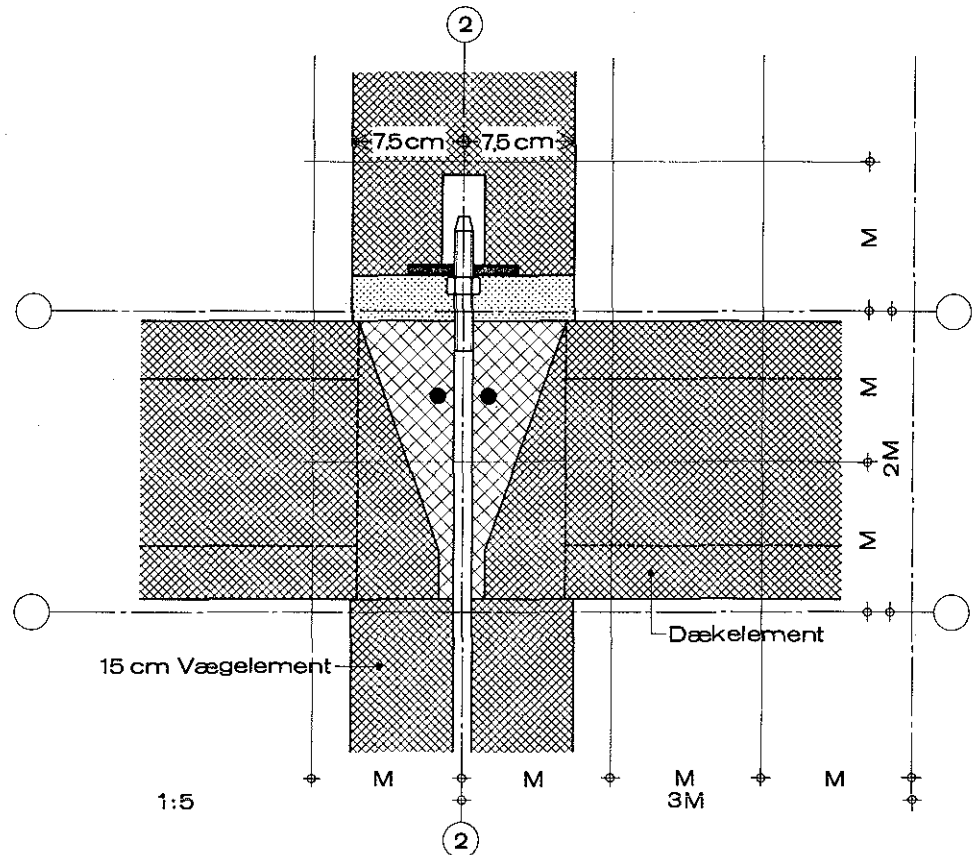


Fig. 12.3. Etagekryds i montagebyggeri.

Kræfterne udregnes på grundlag af de i det foregående fundne belastninger:

Lodret belastning på etageadskillelse	650 kg/m ²
Vægt af en normal etage, overslagsværdi	1000 "
Vindbelastning, ialt	96 "

Herefter bliver:

Vægten af huset over terræn, 3 etager:	
40 x 10 x 3 x 1	1200 t
Vindkraft ialt på facader:	
$V_F = 40 \times 9 \times 0,096$	35 t
Vindkraft ialt på gavle:	
$V_G = 10 \times 9 \times 0,096$	9 t
1½ %-kraften (massekraften):	
$V_M = 0,015 \times 1200$	18 t

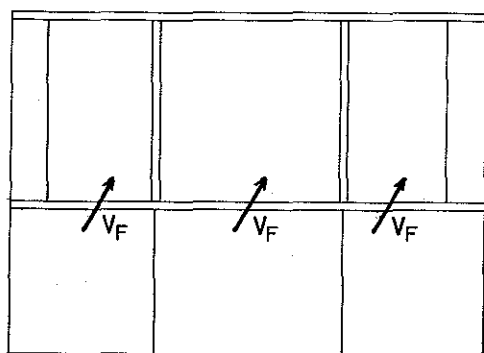
Massekraften er således mindre end vindkraften på facaden, men større end vindkraften på gavlen. Det betyder, at vi i husets længderetning skal dimensionere for massekraften $V_M = 18$ t og i husets tværretning for vindkraften $V_F = 35$ t. Dette er typisk for langstrakte bygningsformer.

12.2 Kræfternes vej fra angrebepunkt til fundament

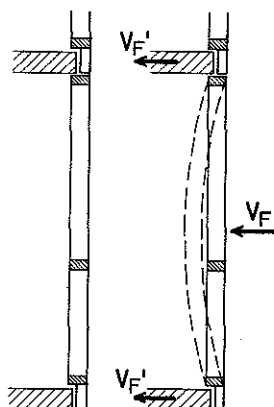
Samlingerne skal dimensioneres for de kræfter, de skal overføre

Fra de steder, kræfterne angriber, skal de ledes videre gennem den bærende konstruktion, indtil de ender i jorden under fundamentene. Det vil sige, at alle de bygningsdele og samlinger, kræfterne passerer undervejs, skal kunne tåle påvirkningerne fra de forskellige belastninger.

De lodrette kræfter giver kun anledning til få problemer. På grund af det forholdsvis enkle statiske system med simpelt understøttede plader (bjælker) og vægge (søjler) bliver beregningerne ukomplicerede, og krave-

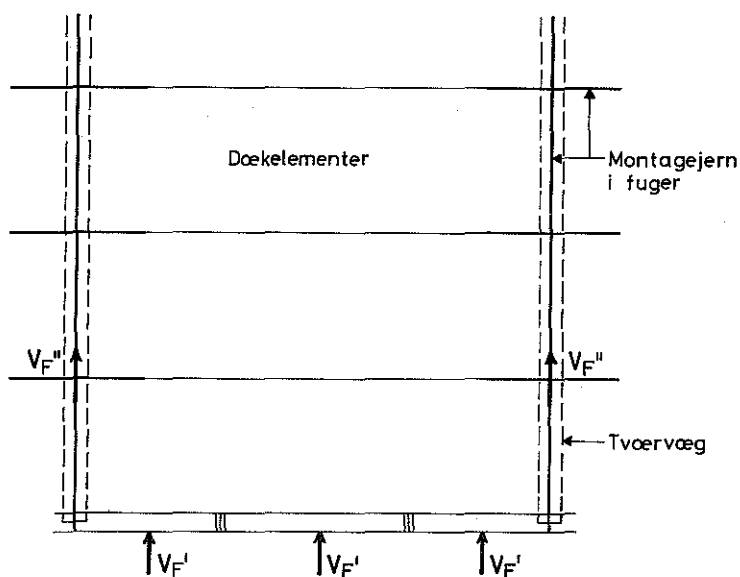


Opstalt



Snit

Udbøjningsbillede



Planudsnit

Fig. 12.4. Vindbelastning på facaden giver bøjnings- og forskydningspænding i det afstivende system.

ne til de forskellige konstruktionsled og til samlingerne kan relativt let opfyldes. To vigtige detaljer skal dog fremhæves i denne forbindelse.

A.

Vederlagene for de præfabrikerede plader er normalt små; i samlingen fig. 12.3 således kun 6,5 cm. Det betyder, at der må stilles strenge tolerancekrav til placeringen af de bærende vægge, således at vederlagets størrelse er sikret. På en byggeplads i København er en trappeplade engang faldet ned på grund af vederlagets svigten; det hang dog sammen med, at jernene i pladen ikke var ført helt ud til lejknasternes endeflade.

B.

Etagekrydset mellem dæk og vægge skal kunne føre vægkraften forbi dækket til den underliggende etage. Hvis dækket støbes på stedet, er der ingen vanskeligheder, men for et elementdæk er der en række problemer, der vil blive nærmere omtalt i afsnit 12.5.

De vandrette kræfter kan som nævnt være vindkræfter eller massekræfter. Vindkræfterne angriber facaderne, som skal kunne stå for trykket og i reglen gennem en bøjningspåvirkning overføre kræfterne til etageadskillelserne, se fig. 12.4.

Små vederlag kræver stor nøjagtighed

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

Hvor vi anvender 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 fig. 12.4 og 12.5.

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

Når kræfterne angriber i væggene, kommer disse til at stå som lodret udragende ("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 kan tage trækspændinger.

Hele dette kraftforløb er vist i fig. 12.6 med plan, snit og opstalt af et kontorhus udført som bjælke-søjlekonstruktion med to stive gavle. Der er ikke regnet med hjørnestivhed mellem søjler og bjælker, hvorfor de vandrette kræfter på facaderne må føres gennem etageadskillelserne til de afstivende vægge i gavlene.

Nederst til højre i figuren ses den resulterende trykspænding i gavlene fra den vandrette belastning på facaderne (der giver trækspænding i vindsiden), og den lodrette belastning på gavlvæggen.

Hovedparten af bygningens masse befinder sig, som vi har set, i etageadskillelserne og den belastning, der hviler på disse. Det vil sige, at massekraften i det væsentlige angriber i dækkene, hvorfra den, hvis dækket er en sammenhængende skive, umiddelbart kan føres videre til de afstivende vægge. Herved er vi tilbage i samme beregning som ovenfor under vindkræfterne. Massekraften vil i reglen være farligst på langs af huset, og vi må derfor opsøge vægge i husets længderetning for at klare denne afstivning. I kontorbygningen fig. 12.6 skal de to trappevægge ved gavlene optage massekræfterne. En gennemregning viser, at væggene må udføres af jernbeton, idet de resulterende spændinger i vindsiden er trækspændinger.

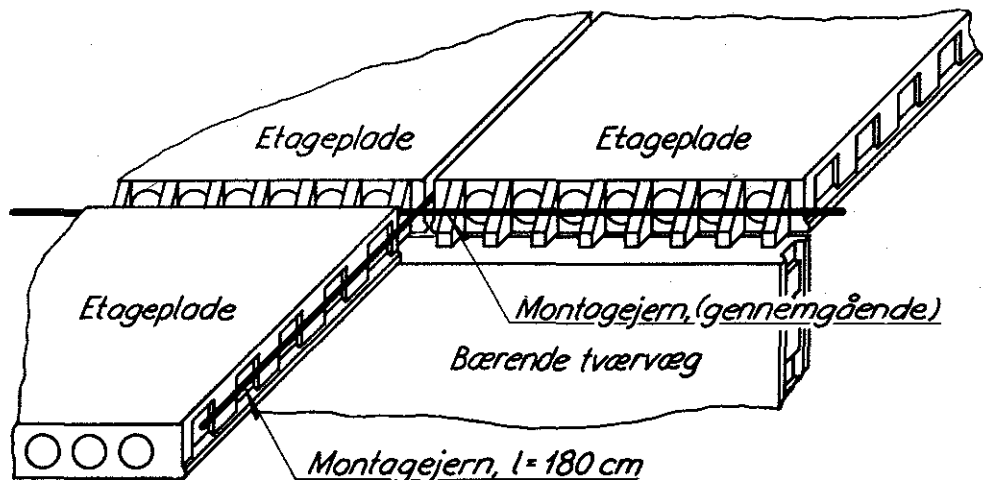
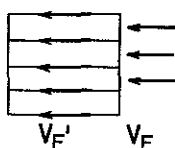


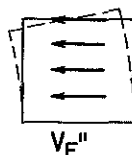
Fig. 12.5. Fortandede fuger og indlagte montagejern gør elementdækket til en sammenhængende skive.



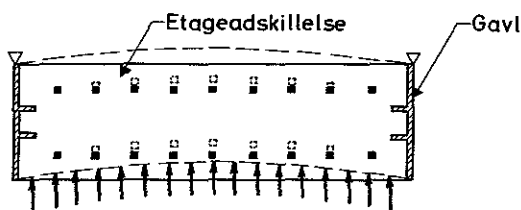
Vindkraft på facade
OPSTALT



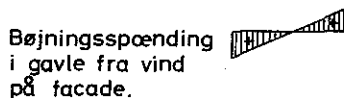
Vindkræfter
i etager



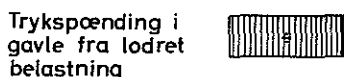
Vindkraft i
gavl



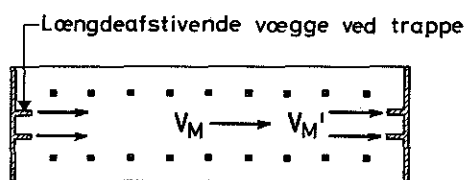
Udbøjningsbillede for vind på facade
PLAN



Bøjningsspænding
i gavle fra vind
på facade.



Trykspænding i
gavle fra lodret
belastning



Massekraft i etageadskillelse
PLAN



Resulterende
trykspændinger
i gavle

Fig. 12.6. Søjlehus på-
virket af vandrette
kræfter.

12.3 Dimensionering af afstivende konstruktioner ved hjælp af bygningsreglementet

Ved projektering af traditionelt boligbyggeri har man ikke været vant til at skulle foretage de i forrige afsnit nævnte undersøgelser. Et flertal af vore traditionelt byggede huse er opført helt uden overvejelser om afstivning for vandrette kræfter. Dette lader sig også gøre, hvis man følger bygningsreglementet, der rummer en række bestemmelser, som sikrer bygningens stabilitet, uden at nærmere eftervisning heraf er nødvendig. Men til gengæld er der ikke mange arkitekter, der i dag bryder sig om at tegne de hustyper, bygningsreglementet forudsætter.

Københavns kommunes bygningsvedtægt fra 1939 kender således kun hustypen med bærende facader og bærende hovedskillevæg. For denne hustype findes i vedtægten en række bestemmelser, der sikrer, at huset får den nødvendige længdeafstivning, se f.eks. paragraf 22.1, gengivet i fig. 12.7.

Bygningsvedtægten forudsætter den gammel-
dags hustype med bæ-
rende facader

§ 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:

- a) Etagehøjden (målt fra gulv til gulv) er højst 3,5 m,
- b) afstanden fra facademurens yderside til midten af hovedskillerummet er højst 5,5 m,
- c) afstanden mellem grundmurede tværskillerum, der forbinder ydermur og hovedskillerum, er højst 15 m, eller bygningen er afstivet på anden lige så betryggende måde,
- d) muråbningerne i de forskellige etager i det væsentlige ligger lige over hverandre,
- e) bredden af bærende facadepiller er mindst $\frac{1}{3}$ af afstanden fra midte til midte af de tilstødende muråbninger, for en hjørnepilles vedkommende mindst $\frac{1}{3}$ 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 $2\frac{1}{2}$ sten.

Fig 12.7. Uddrag af Københavns bygningsvedtægt, § 22.

Huse med bærende tværvægge kræver stabilitetsberegninger

Vil man projektere med bærende tværvægge, der åbner langt friere muligheder både for plan- og facadeløsning, skal man have sin byggetilladelse på dispensation, og denne gives kun i forbindelse med en statisk beregning af bygningens stabilitet over for vandrette kræfter.

I landsbygningsreglementet fra 1961 findes tilsvarende bestemmelser, som i Københavnsloven, men desuden åbnes der mulighed for projektering med bærende tværvægge uden statiske beregninger, men på visse betingelser, se fig. 12.8, som er gengivet fra kapitel 5.5.2.

En tidssvarende projektering må baseres på funktionskravene og beregning af funktionsbestemte egenskaber

Også disse betingelser, som er rene tommelfingerregler, er lidet rationelle og virker begrænsende på projekteringsfriheden. En tidssvarende projektering må derfor foregå på den måde, at arkitekt og ingeniør fra et meget tidligt tidspunkt under skitseringen finder hinanden i et samarbejde, hvor alle de valg af materialer, produktionsmetoder, plan- og facadeudformninger, der skal træffes ud fra opgavens forudsætninger, klares bedst muligt op. Resultatet af et sådant samarbejde vil ofte blive, at huset på en lang række punkter kommer i konflikt med bygningsreglementets tommelfingerregler - ikke blot de statiske -, og en ingeniørberegning må da eftervise, at bygningen kan opfylde alle nødvendige funktionskrav - statiske, termiske, akustiske osv.

Dansk bygningslovgivning indeholder ikke forskrifter for montagebyggeri!

Med eftervisning af, at disse ting er i orden, kan og skal bygningsmyndighederne dispensere fra "tommelfingerreglerne". Er projektet et egentligt montagebyggeri, bliver den ingeniørmæssige behandling uomgængelig, da bygningsreglementet ikke indeholder forskrifter herfor, men alene må kræve opfyldelsen af alle nødvendige funktionskrav dokumenteret.

Stk. 4. Bygninger med 3–7 etager og forsynet med hovedskillevæg, der sammen med ydervæggen bærer etageadskillelserne, samt andre bygninger med indtil 2 etager end de i stk. 3 nævnte, kan udføres med bærende skillevægge i følgende dimensioner:

- a. i øverste etage 18 cm mur,
- b. i de 2 følgende etager 24 cm mur, hvorefter murtykkelsen forøges med 12 cm for hver anden etage.

Er etagehøjden i den øverste etage forøget ud over 3,1 m, skal skillevæggen udføres i bastardmørtel eller forøges til mindst 24 cm mur. Ligeledes skal skillevæggen i den tredjeøverste etage, dersom højden i denne etage forøges ud over 2,8 m, udføres som mindst 36 cm fuld mur eller 24 cm mur i bastardmørtel.

Stk. 5. Bygninger med 3–7 etager og med to bærende hovedskillevægge parallelt med facaden med højst 2 m indbyrdes afstand, målt fra midte til midte, kan udføres med bærende skillevægge i følgende dimensioner:

- a. i de øverste 2 etager 18 cm mur,
- b. i de 3 følgende etager 24 cm mur,
- c. i de 2 derpå følgende etager 36 cm fuld mur,
- d. i de følgende etager 48 cm fuld mur.

Er etagehøjden i den næstøverste etage forøget ud over 2,8 m, skal skillevæggen i denne etage forøges til mindst 24 cm mur, og ligeledes skal skillevæggen i den femteøverste etage, dersom højden i denne etage forøges ud over 2,8 m, udføres som mindst 36 cm fuld mur eller 24 cm mur i bastardmørtel.

Stk. 6. Når en bygnings etageadskillelser alene bæres af murede tværskillevægge med indtil 5,4 m indbyrdes afstand, målt fra midte til midte, skal disse skillevægge dimensioneres efter reglerne i stk. 4. Er gennemsnittet af de to tilstødende afstande mindre end 3,6 m, kan reglerne i stk. 5 anvendes.

Stk. 7. Bærende skillevægge, der i henhold til reglerne skal udføres af 48 cm eller 60 cm mur, kan reduceres med 12 cm, når de pågældende skillevægge opmures i bastardmørtel. Tykkelsen må dog ikke være mindre end tykkelsen af skillevæggen i den overliggende etage.

Fig. 12.8. Uddrag af landsbygningsreglementets kapitel 5.5.2.

12.4 Beregningseksempel. Dimensionering af afstivende konstruktioner i boligblok

Som eksempel på opfyldelse af de statiske funktionskrav skal i det følgende gennemgås en forenklet beregning af de afstivende led i de to 3-etagers blokke fra afsnit 6 og 7 - eksempel 1 og 2.

Huset med bærende hovedskillevæg og 1 stens lejlighedsstel, eksempel 1, er indlysende stabilt over for de vandrette kræfter. Vindkræfterne på facaden kan således optages alene af de lejlighedsstel, der er gennemgående fra facade til facade pr. 16,8 m, se fig. 12.9.

Eksempel 1
dimensionering for
vindkraft

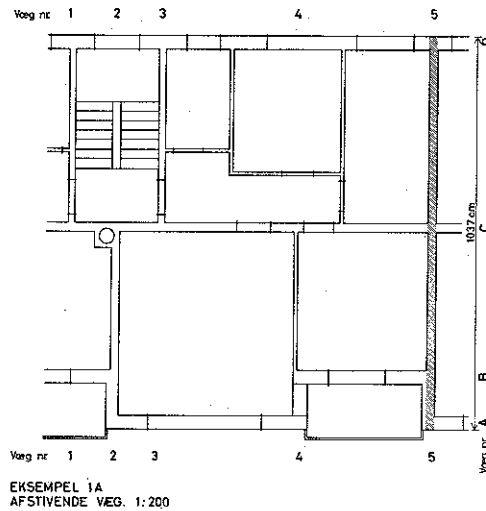


Fig. 12.9. Eksempel 1 fra afsnit 6. De gennemgående lejligheds-skel fungerer som tværafstivning for vind på facaden.

Betragter vi - på den sikre side - deres tværsnit som et rektangel med $b \times h = 0,23 \times 10,37$ m, får vi følgende spændingsberegning:

Vindfladens højde (3 etager)	ca. 9,0 m
Vindfladens bredde (1 opgang)	16,8 m
Samlet vindkraft: $9,0 \times 16,8 \times 0,096$	14,5 t
Væltende moment: $\frac{1}{2} \times 9,0 \times 14,5$	65,2 tm

Udregning af tværsnitskonstanter

Afstivende
profil: $F = 0,23 \times 10,37 \text{ m}^2$

$$W = \frac{1}{6} \times 0,23 \times 10,37^2 = 4,13 \text{ m}^3$$

$$\sigma_B = \pm \frac{65,2 \times 10^5}{4,13 \times 10^6} = \pm 1,58 \text{ kg/cm}^2$$

Normalspændingen i tværvæggen kommer alene fra egenvægten, da facader og hovedskillevæg bærer etagerne.

$$\sigma_N = \frac{9 \times 420}{23 \times 100} = 1,64 \text{ kg/cm}^2$$

Den resulterende spænding er en trykspænding

Den resulterende spænding bliver da:

$$\sigma_r = 1,64 \pm 1,58 = \begin{cases} 3,22 \text{ kg/cm}^2 \\ 0,06 \text{ "} \end{cases}$$

En nøjagtig udregning af σ_B , hvor der tages hensyn til alle de afstivende tværvægge, giver $\sigma_B = \pm 0,8 \text{ kg/cm}^2$, og dermed $\sigma_r = \begin{cases} 2,5 \text{ kg/cm}^2 \\ 0,8 \text{ "} \end{cases}$

I begge tilfælde har vi undgået trækspænding i tværvæggen som følge af bøjningspåvirkningen.

Det ses endvidere, at den diskutale udførelse af etagekrydset, fig. 6.10 og 6.15 uden "neutral zone" er fuldt forsvarlig i denne bygning. Spændingerne er langt mindre end de tilladelige.

Eksempel 2
dimensionering for massekraft

Huset med bærende tværvægge, eksempel 2, undersøges for væltning på langs af bygningen, hvor massekraften er dimensionsgivende, sammenlign afsnit 12.1.

Massekraften bestemmes for 1 opgang, $l = 17,4$ m og 3 etager, $h = \text{ca. } 9,0$ m, se fig. 12.10. Massekraften sættes lig $1\frac{1}{2}\%$ af 1000 kg/m^2 :

$$V_M = 0,015 \times 3 \times 1,0 \times 17,4 \times 10,49 = 8,23 \text{ t.}$$

Det væltende moment bliver:

$$M = 5,0 \times 8,23 = 41,2 \text{ tm, idet massekraftens resultant skønnes at angribe 5 m over terræn (på grund af de tunge etageadskillelser).}$$

Når der ses bort fra facadernes bidrag til længdeafstivningen - disse kan jo eventuelt være udført af lette materialer - har vi som afstivende konstruktioner 1 stens endevæggen ved trappen og længdevæggen ved soveværelset. Betragter vi - på den sikre side - disse vægges tværsnit som rektangler med målene $b_1 \times h_1 = 0,23 \times 2,55$ m henholdsvis $b_2 \times h_2 = 0,23 \times 5,55$ m, se fig. 12.10, får vi nedenstående spændingsberegning:

Afstivende profil ved trappe:

$$F_1 = 0,23 \times 2,55 \text{ m}^2$$

$$W_1 = 1/6 \times 0,23 \times 2,55^2 = 0,249 \text{ m}^3$$

$$I_1 = 1/12 \times 0,23 \times 2,55^3 = 0,32 \text{ m}^4$$

Afstivende profil ved soveværelse:

$$F_2 = 0,23 \times 5,55 \text{ m}^2$$

$$W_2 = 1/6 \times 0,23 \times 5,55^2 = 1,18 \text{ m}^3$$

$$I_2 = 1/12 \times 0,23 \times 5,55^3 = 3,28 \text{ m}^4$$

Udregning af tværsnitskonstanter

Momentet M fordeler sig efter stivhederne i de to vægge. Man finder således momenterne M_1 og M_2 i henholdsvis profil nr. 1 og profil nr. 2:

$$M_1 = \frac{0,32}{0,32 + 3,28} \times 41,2 = 3,60 \text{ tm}$$

$$M_2 = \frac{3,28}{0,32 + 3,28} \times 41,2 = 37,60 \text{ tm}$$

De tilsvarende bøjningsspændinger bliver

$$\sigma_{B1} = \frac{3,60}{0,249} \text{ t/m}^2 = 1,45 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{B2} = \frac{37,60}{1,18} \text{ t/m}^2 = 3,18 \text{ kg/cm}^2$$

Normalspændingen i de afstivende vægge fra disses egenvægt er som i eksempel 1 ca. $1,6 \text{ kg/cm}^2$, da væggene ikke bærer dækkene, og overleverer vi bøjningstrækspændingen $3,2 \text{ kg/cm}^2$ med normaltrykspændingen $1,6 \text{ kg/cm}^2$ får vi en resulterende trækspænding på $1,6 \text{ kg/cm}^2$. Men dette kan ikke tænkes, da etagerne i så fald ville træde aflastende til og holde den længdeafstivende væg nede.

Det væltende moment giver trækspændinger i muren

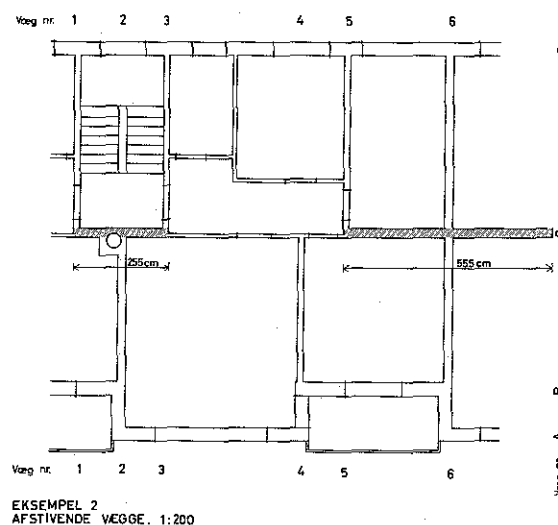


Fig. 12.10. Eksempel 2 fra afsnit 7. 1 stens væggene i husets længderetning fungerer som afstivende led for maskraften.

Trækspændingen skal da snarere sammenholdes med trykspændingen i tværvæggen, nr. 5, som pr. lb.m er belastet med:

$$\frac{1}{2} \times (2,70 + 4,80) \times 3 \times 1,0 \\ = 11,25 \text{ t fra dæk og egenvægt.}$$

Den resulterende spænding er en trykspænding

Dette giver en normalspænding på:

$$\sigma_N = \frac{11250}{23 \times 100} = 4,9 \text{ kg/cm}^2$$

adderer hertil bøjningsspændingerne fås:

$$\sigma_r = 4,9 \pm 3,2 = \begin{cases} 8,1 \text{ kg/cm}^2 \\ 1,7 \text{ "} \end{cases}$$

Stueetagen kan da eventuelt mures i bastardmørtel med $r_0 = 12 \text{ kg/cm}^2$; men en nøjagtigere beregning vil formentlig bringe spændingen ned under 8 kg/cm^2 , således at almindelig kalkmørtel skulle være tilstrækkelig.

Konklusion af beregningerne

Beregningerne viser, at bygningerne er stabile overfor de vandrette kræfter. Spændingerne fra disse ligger på omtrent samme størrelse som normalspændingerne, og må derfor altid udregnes og vurderes, når lejlighedsplanerne er åbne, og husene dermed mindre stabile. Dette forhold forstærkes af, at vi, når etagerne udføres af elementer, ikke kan regne med de samme skjulte sikkerheder, som bygninger med dæk støbt på stedet besidder.

Med flere etager og større spændvidder kan det blive nødvendigt at træffe udvidede foranstaltninger til at sikre bygningens stabilitet, eventuelt kan der blive tale om at udføre den afstivende konstruktion i jernbeton. Se herom i SBI-rapport 38: Samlingsproblemer i montagebyggeri, hvor en række løsninger af denne art er vist.

12.5 Kraftoverføring i etagekryds

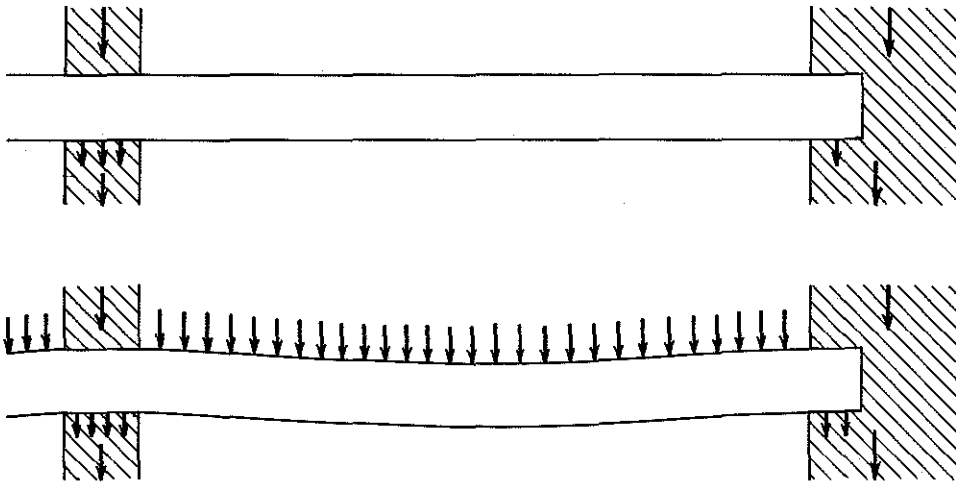
I det foregående er vi gået ud fra, at kræfterne i den ene etage uden videre kan overføres til den underliggende gennem etageadskillelsen.

I en etageadskillelse af jernbeton støbt på stedet, kontinuert over vederlagene på væggene, er der ingen problemer med denne kraftoverføring gennem dækkene, se fig. 12.11.

Hvor vi anvender elementdæk, der er simpelt understøttet på væggene, tilstræber vi, at denne kraftoverføring i etagekrydset går gennem en udstøbning mellem elementerne. Hvis kraften fra væggen over dækket går igennem dækelementerne, som vist i fig. 12.12, opstår der herved 3 ulemper:

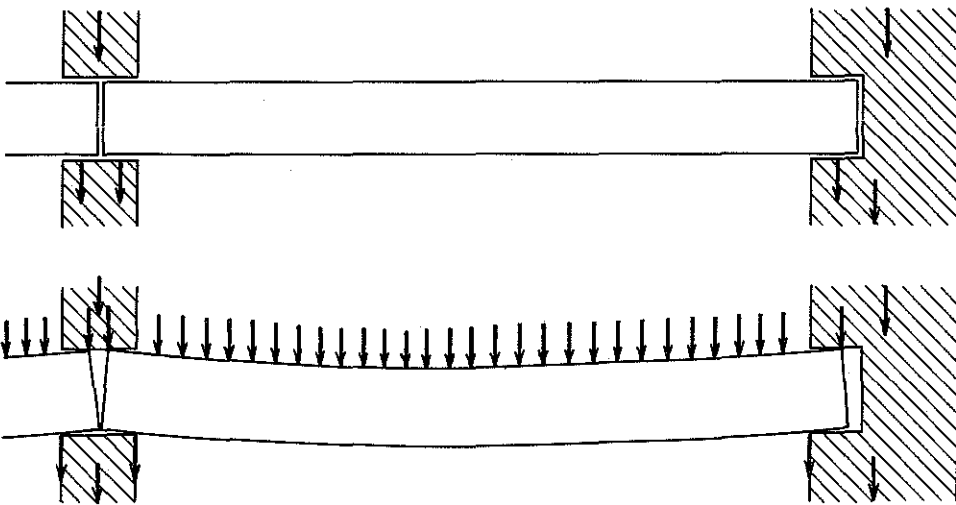
- A. Dækelementerne bliver delvis indspændt i væggen og får derved negative momenter, som de normalt ikke er armerede for (i oversiden).
- B. Kræfterne kan komme ud på kanterne af væggene, hvor kantrykket kan blive så stort, at det forårsager en knusning.
- C. Kantrykket kan bevirke, at væggen i uheldige tilfælde bliver ekscentrisk belastet med en betydelig del af væglasten fra etagerne ovenover.

Af disse grunde udformes dækvederlaget med skrå afskårne vederlagsknaster, der forøger udstøbningsarealet mellem elementerne og modvirker indspænding af disse. Se fig. 12.13 og 12.14.



Kontinuert jernbetonplade

Fig. 12.11. Kontinuert jernbetondæk giver god kraftoverføring i etagekrydsene.



Elementdæk

Fig. 12.12. Elementdæk giver risiko for uens kraftfordeling i etagekrydset.

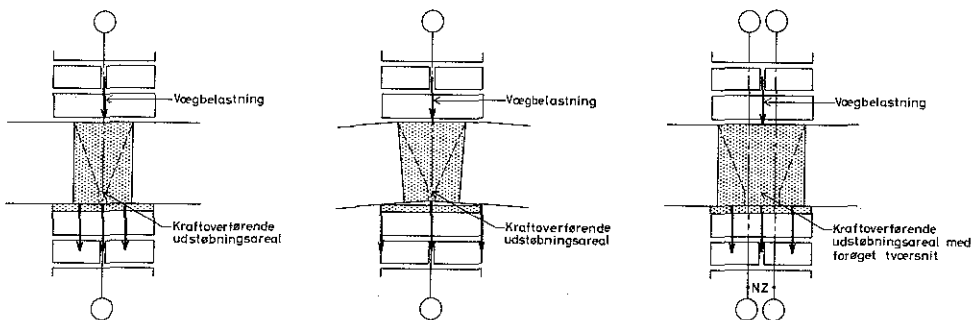


Fig. 12.13. Dækelementer med knaster. Vederlagets udformning sikrer en central overføring af kræfterne igennem etagekrydset.

Ved vægtykkelser større end 15 cm kan det være nødvendigt at trække elementerne fra hinanden for at få større areal til kraftoverføringen, og herved opstår den såkaldte neutrale zone, som i så fald er rent statisk, dvs. byggeteknisk begrundet. Fig. 12.14 viser dækvederlaget, hvor det skraverede areal på vægoversiden ved udstøbning kan overføre vægkraften uden ekscentricitet.

"Neutralzonen" igen!

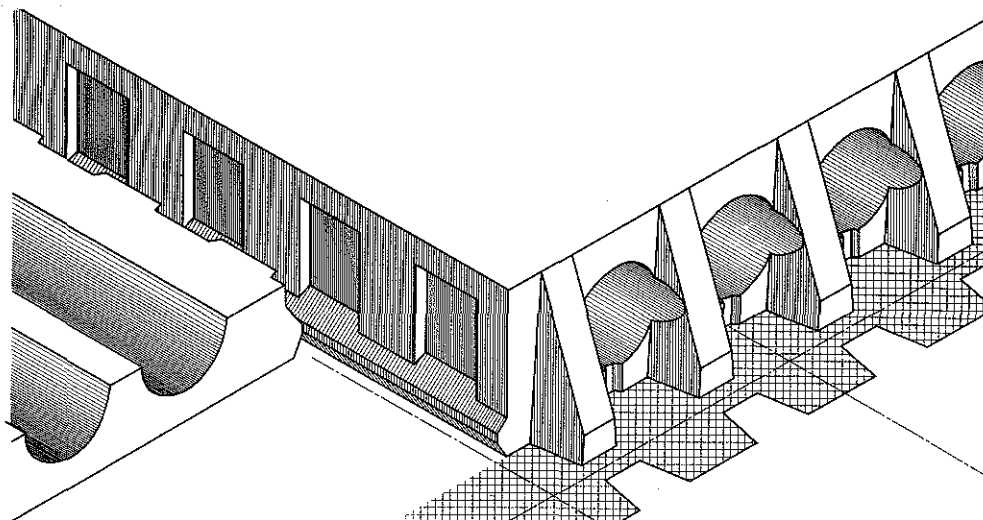


Fig. 12.14. Isometri af etagekryds.

12.6 Neutral zone

Spørgsmålet om neutral zone eller ej er et spørgsmål om byggeteknik

Hvornår skal vi da rykke dækelementerne fra hinanden? Hvornår skal der indlægges en neutral zone i væggen? Spørgsmålet har været diskuteret livligt i de sidste år, idet det griber kraftigt ind i udformningen af modulprojekterne. Hele forskellen mellem eks. 1A og 1B i afsnit 6 skyldes således den neutrale zone. Spørgsmålet kan ikke besvares generelt. Det afhænger af forholdene i hvert enkelt tilfælde, først og fremmest vægtykkelsen og kræfternes størrelse. Desuden mangler der laboratorieforsøg på området*). Danmarks Ingeniørakademi forbereder i samarbejde med ingeniør Malmstrøm en forsøgsrække over kraftoverføringen i etagekryds.

Kan det murede byggeri i 3 etager udføres uden neutral zone?

Problemet melder sig både i det højere montagebyggeri, hvor man anvender 18 cm tykke vægge, og i det murede byggeri med 1 stens vægge. I afsnit 6, eksempel 1, er vist, hvordan man modulprojekterer både med og uden neutral zone i det murede byggeri, men det er ikke alle lejlighedsplaner, hvor det er lige så let at rykke dækelementerne fra hinanden, og det er i alle tilfælde en væsentlig komplikation i projektet. Kunne man nå til klarhed over spørgsmålet for det murede byggeri i 3 etager med 1 stens vægge, ville en betydelig del af boligbyggeriet være hjulpet.

*) SRB-Handling nr. 35 (1959) af Sven Sahlin omhandler forsøg med kraftoverføringen mellem dæk og vægge. Afhandlingen påviser, hvorledes excentricitet i væggen fra dækket svækker væggens bæreevne meget betydeligt, men resultaterne kan ikke overføres til det danske etagekryds, da der ikke er anvendt dækelementer med knaster.

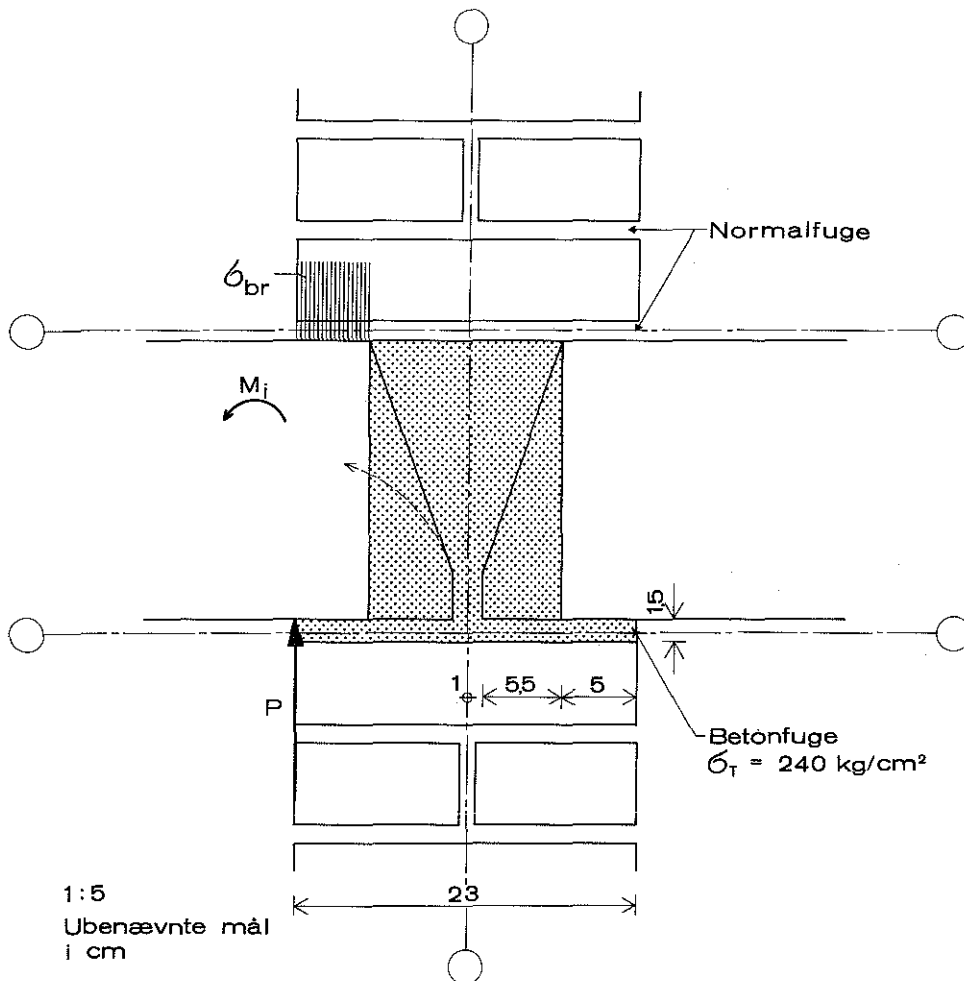


Fig. 12.15. Beregning af indre spændinger i etagekryds med 1 stens væg og hulplader.

I det følgende foretages en vurdering af nødvendigheden af den neutrale zone i en bærende 1 stens væg i det 3 etagers boligbyggeri.

Vurderingen bygger på følgende forudsætninger:

Hustype: 3-etagers boligblok som i eks. 2
 Bærende system: 1 stens tværvægge, hule dækelementer af beton
 Lejefuge for dæk: afrettet cementmørtel med $\sigma_T = 240 \text{ kg/cm}^2$
 Normalfuge i mur: kalkmørtel med $\sigma_T = \text{max. } 30 \text{ kg/cm}^2$ *)
 r_0 for murværket = 8 kg/cm^2 .

Normalspænding i væg under nederste etagekryds: 5 kg/cm^2 , sammenlign afsnit 12.4

Etagekrydset er vist i fig. 12.15 - uden neutral zone.

Etagekrydset undersøges for de tre problemer:

- A. Indspænding af dækelementer
- B. Kanttryk og knusning
- C. Kanttryk og ekscentricitet

*) En almindelig kalkmørtel når først denne styrke efter ca. 6 måneder. Under bygningens opførelse, hvor belastningen sættes gradvis på, vil mørtelstyrken ligge omkring 9 kg/cm^2 (28 døgns styrken).

Indspændingsmomentet bestemmes

A. Indspænding

Pladens indspændingsmoment får sin maximale værdi, når trykspændingen σ_{br} når mørtelens brudstyrke, 30 kg/cm^2 , se fig. 12.15. Idet der foreløbig ses bort fra lejknasternes adhæsion til udstøbningen, bestemmes indspændingsmomentet pr. m pladebredde af:

$$M_i = 30 \times 5 \times \frac{5}{2} = 375 \text{ kgm/m}$$

Pladens tykkelse er 18,5 cm, de cirkulære udspæringer har $d = 10,8 \text{ cm}$, og tværsnittets modstandsmoment bliver derfor:

$$W = \frac{1}{6} \times 100 \times 18,5^2 - 7 \times \frac{1}{1,2} \times \frac{\pi}{32} \times 10,8^3 = 4980 \text{ cm}^3/\text{m}$$

idet der er 7 huller i en pladebredde på 1,2 m.

Indspændingsmomentet M_i giver da en trækspænding i hulpladens overside på

$$\sigma_P = \frac{37500}{4980} = 7,5 \text{ kg/cm}^2$$

Trækspændingen i pladens overside er ufarlig

Pladerne laves normalt med en trykstyrke, $\sigma_T = 240 \text{ kg/cm}^2$, og trækspændingen $\sigma_P = 7,5 \text{ kg/cm}^2$, som svarer til brudspænding i fugemørtelen, er derfor ufarlig for pladen.

Indspændingsmomentet vil øges noget på grund af adhæsionen imellem knaster og udstøbning i etagekrydset. Hvor stort dette bidrag er, kan kun afgøres ved forsøg, men knasternes kileform og svind i udstøbningen og pladen sandsynliggør, at virkningen af adhæsionen er ringe. Asfalterer man knasterne, som det er gjort, hvor man har lavet dilatationsfuge i samlingen, kan man med sikkerhed se bort fra knasternes bidrag til indspændingen.

Kanttrykket bestemmes

B. Kanttryk og knusning

Det under A udregnede moment forudsætter, at kraften P i fig. 12.15 er en linielast langs kanten.

Denne linielast opstår i forbindelse med en nedbøjning af pladen eller en grat langs lejefugens kant og kan eventuelt føre til knusning af vægkanten. Herved vil straks en større bredde af fugen blive aktivt bærende, og samlingen vil stabilisere sig efter en ubetydelig sætning. Sætningen kan vurderes således:

Indspændingsmomentet $M_i = 375 \text{ kgm/m}$ bestemmer komponenten P:

$$P = \frac{37500}{2,5} = 15.000 \text{ kg/m.}$$

Dette kanttryk kan med en brudstyrke i fugen på 240 kg/cm^2 optages på bredden $b = \frac{15000}{240 \times 100} = 0,63 \text{ cm}$.

Hertil kommer et mindre bidrag fra pladens reaktion.

Kanttrykket på væggen kan give ubetydelige sætninger af pladen

Det er således en meget lille trykflade, der skal til for at overføre kræfterne mellem plade og væg, hvoraf man kan slutte, at eventuelle sætninger som følge af knusning af vægkanten vil være minimale og uskadelige.

C. Kanttryk og excentricitet

Spændingsfordelingen tværs over væggen i fugerne under og over dækpladerne er afgørende for, om der optræder excentrisk belastning i væggen. Forholdene er farligst i yderfag (ved gavle), hvor dæklasten er ensidig.

Excentricitet og spændingsfordeling må bestemmes ved forsøg

Spændingsfordelingen kan kun bestemmes ved forsøg, men det er sandsynligt, sådan som fugerne udføres i det murede byggeri, at fordelingen vil være forholdsvis jævn. Dækpladerne oplægges ganske vist tørt, men da

fugen over pladerne er en normal kalkmørtelfuge, hvis styrke kun stiger langsomt, vil dette medføre en jævn fordeling af belastningen over tværsnittet. Desuden modvirker det den førnævnte indspænding af pladen. Da belastningen under bygningens opførelse sættes på gradvis, og medens styrken i fugerne endnu er ringe, vil spændingerne herved udjævnes.

Som konklusion af undersøgelserne i pkt. A, B og C vurderes samlingen uden neutral zone til at være fuldt forsvarlig under de givne forhold i et normalt 3-etagers byggeri, hvor man kan sikre sig en arbejdsudførelse af god kvalitet, herunder overholdelse af foreskrevne tolerancer.

Konklusion

Det skal i denne forbindelse erindres, at der er udført huse med tilsvarende samlinger uden frarykning af dækelementerne, som har været f.eks. Bisonplader eller tilsvarende plader uden lejknaster fra en jydsk beton-elementfabrik. Disse huse står endnu, men man har selvfølgelig ingen kendskab til sikkerhedsgraden i konstruktionen.

13. Modul og installationer

Installationernes andel i byggeriets produktivitetstigning

Installationernes andel i byggeudgifterne udgør i disse år ca. 20-25%, og andelen er stadig voksende. Af denne grund er installationsarbejdets rationalisering vigtig for byggeriets produktivitet. Men installationsarbejdet griber tillige kraftigt ind i den samlede byggeproces og bliver derved afgørende for, om denne kan forløbe i den tilstræbte jævne rytme. Dårligt planlagte installationer er i sig selv dyre og kan desuden medføre endnu større fordyrelser i bygningens konstruktioner. Installationsarbejdet skal derfor rationaliseres og koordineres med den øvrige del af byggeprocessen.

Kan modulordningen medvirke hertil? Dette spørgsmål er ofte blevet rejst, og i nogle tilfælde besvaret bekræftende. Vi har set, hvorledes modulordningen som målkoordinerende led er en forudsætning for byggeriets industrialisering. Og modulordningen fremmer anvendelse af industrielt fremstillede katalogvarer.

Men installationsarbejdets komponenter *er* jo netop industrielt fremstillede katalogvarer - ofte i langt højere grad end bygningens øvrige dele. Og de har været industriprodukter, længe før man indførte modulordningen i nutidigt byggeri.

Produktionen af installationsdele er allerede industrialiseret

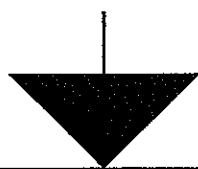
Installationsbranchen har altså allerede klaret sine industrialiseringsproblemer for den del af processen, der omfatter fremstilling af installationskomponenter, f.eks. rør, armatur, varme- og sanitetsgenstande mv.

I denne udvikling har branchen benyttet standardisering, målkoordinering, tolerancebestemmelser o.m.a. i lighed med den øvrige industri og uafhængigt af modulordningen.

Præfabrikerede installationer

Tilbage står monteringen af installationerne i bygningerne. Denne del af arbejdet påvirkes af modulordningen og kan i et vist omfang drage nytte af modulreglerne. Vi skal ikke til at projekttere modulære installationer, men vi kan med fordel anvende nogle af modulordningens principper om rationel målaf sætning og øget præfabrikering.

DS/R 1035



METERSTREG

EDSE
DANSK
STANDARDISERINGSRÅD

13.1 Målangivelse af installationer

Målangivelser for installationsarbejdet falder i to afsnit. Dels den interne målangivelse af rørsystemernes indre mål, dels målangivelsen af installationen i forhold til den omgivende bygning.

Begge områder har været behandlet i rekommandationsudvalg nedsat af Fagrådet for byggeri, og der er udsendt tre rekommandationer herom: DS/R 1035, -36 og -37, se afsnit 3*).

Fig. 13.1.

DS/R 1044

*) Foruden de nævnte tre rekommandationer for VVS-området er der udsendt et blad, der omhandler elektriske installationer: DS/R 1044. I bladet gives anvisninger for placering af montagegenstande for stærkstrøm ud fra meterstregen.

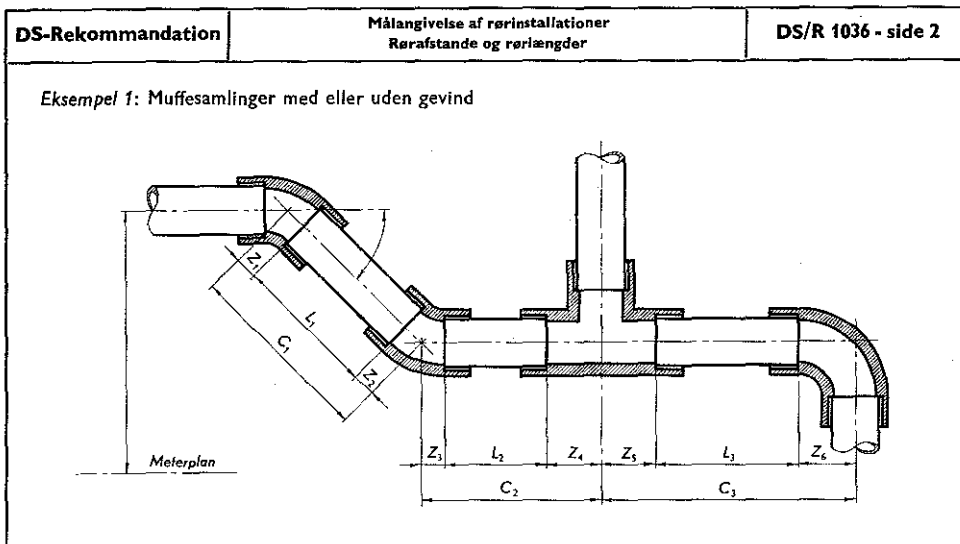


Fig. 13.2. Rørinstallation med muffesamlinger efter DS/R 1036: C = midte-midte-mål. L = rørstykkets byggemål. Z*) = samlestykkets byggemål.

Det første blad handler om afsætning af installationens højdemål i bygningen. Som målafsætningsplan anvendes et "meterplan", beliggende 1 m over udgangsplanet for projektering, se DS 1000, pkt. 2.

Meterplanets skæringslinie med bygningens vægge benævnes meterstregen og markeres med en mærkat som vist i fig. 13.1. Fra meterstregen, der forudsættes afsat i alle rum med installationer, foretages al afsætning af højdemål. Meterstregen bør også udnyttes af andre fag til afsætning af højdemål.

Den interne målgivelse af rørsystemet er beskrevet i DS/R 1036. Efter denne henføres enhver målgivelse for placering af rørene til disses centerlinier. Afstande mellem centerlinier eller mellem disses skæringspunkter kaldes midte-midte-mål.

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, se fig. 13.2.

Med dette målgrundlag kan der udføres procestegninger af installationsarbejdet, se fig. 13.3, hvor alle rørdele, samlestykker og armaturer er målsat eentydigt. Herved bliver det muligt at præfabrikere større enheder af installationerne og derefter samle disse ved enkle montageoperationer på byggepladsen.

I rekommandationsbladet DS/R 1037 behandles sammenbygningen af installationer og råhus. For at muliggøre en høj grad af præfabrikering af installationerne, er det nødvendigt, at disse i et vist omfang gøres uafhængige af bygningen. Hvor rørinstallationen passerer vægge og dæk, og hvor installationsgenstande er fastgjort til bygningen, må der nødvendigvis foregå en sammenbygning som kræver en udligning af de målafvigelser, der uundgåeligt optræder mellem de nævnte komponenter.

Rørarbejdet skal derfor planlægges således, at denne udligning af målafvigelser kan finde sted, og rekommandationen giver anvisninger på, hvorledes dette kan gøres i en række typiske sammenbygningstilfælde, se fig. 13.4.

*) Z-målene og midte-midte-metoden indførtes oprindeligt af det schweiziske firma Georg Fischer A/S.

DS/R 1036

Midte-midte-mål

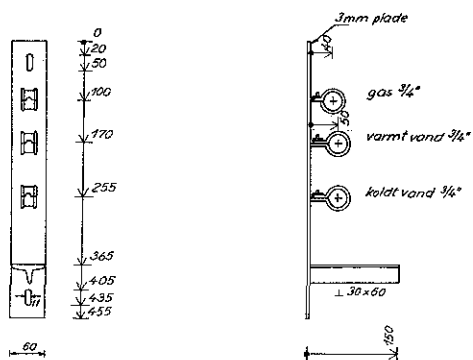
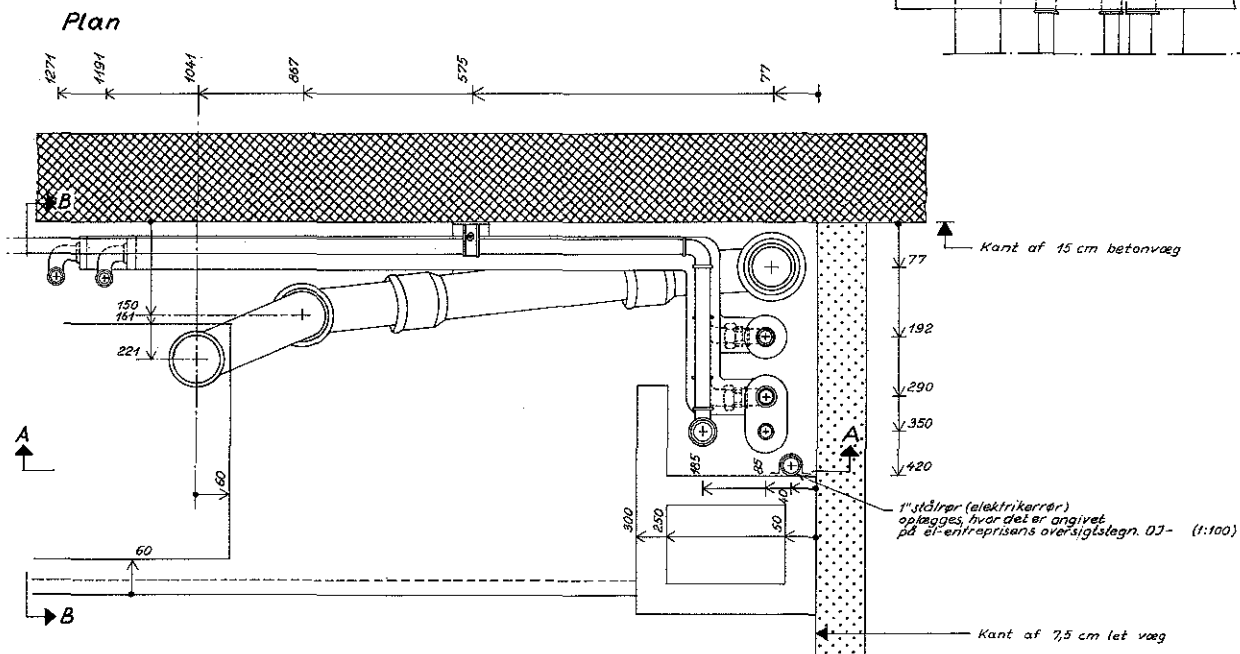
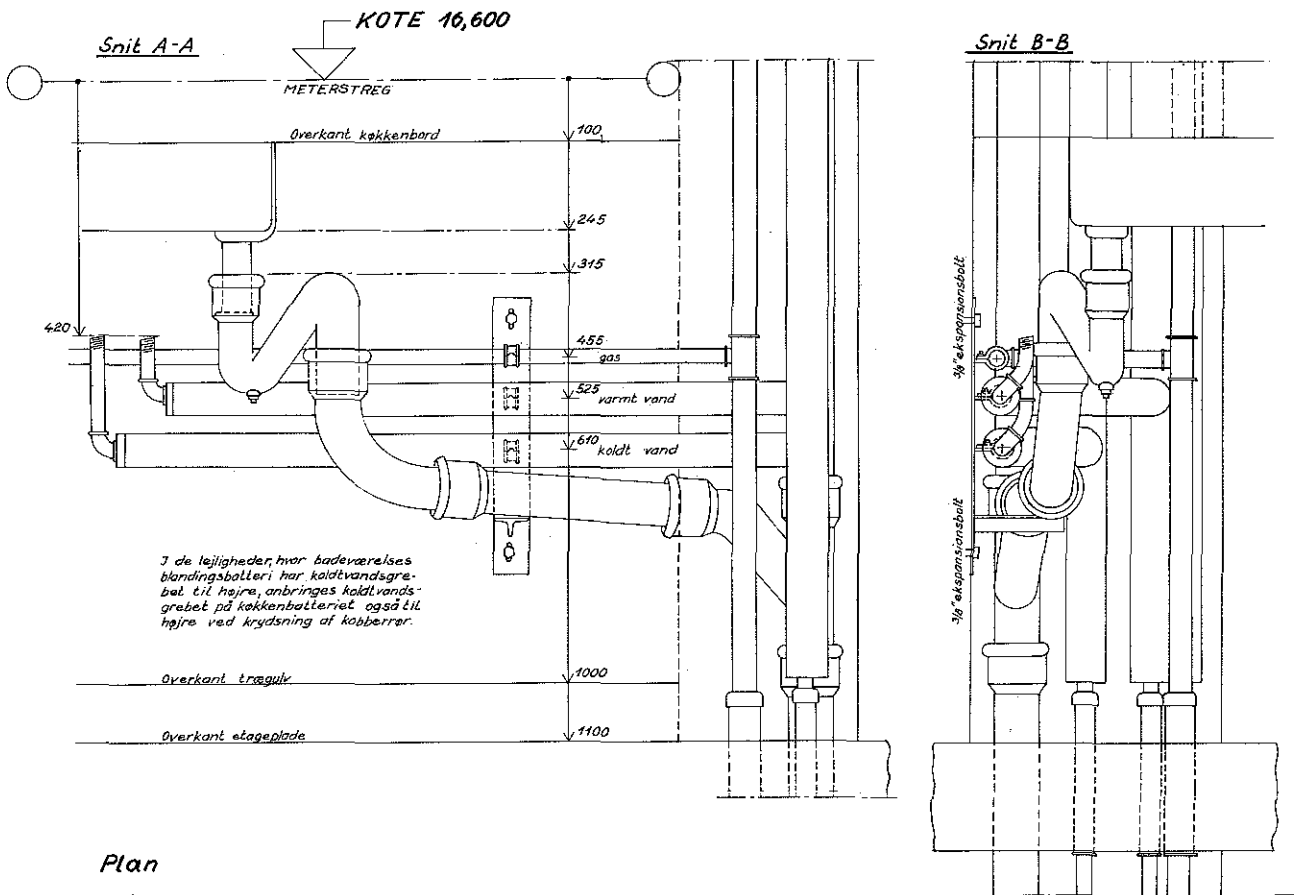
Byggemål

Installationsarbejdets procestegninger

DS/R 1037

Installation og råbygning

Udligning af målafvigelser



**BALLERUPPLANEN
KØKKENINSTALLATIONER**

*Rørbærere og I-jern svejses på pladen.
Alle jerndele gælx efter tilfærdiggørelsen.*

Alle ubenævnte mål er mm.

Fig. 13.3. Procestegning af rørinstallationen. Tegningen angiver de (sande) mål, der skal bruges ved udførelse af installationsarbejdet. Det er ikke tilstræbt at give rørsystemets byggemål modulmål, idet dette på grund af de nødvendigvis små målspring i fittings, rørdimensioner mv. ville blive uøkonomisk.

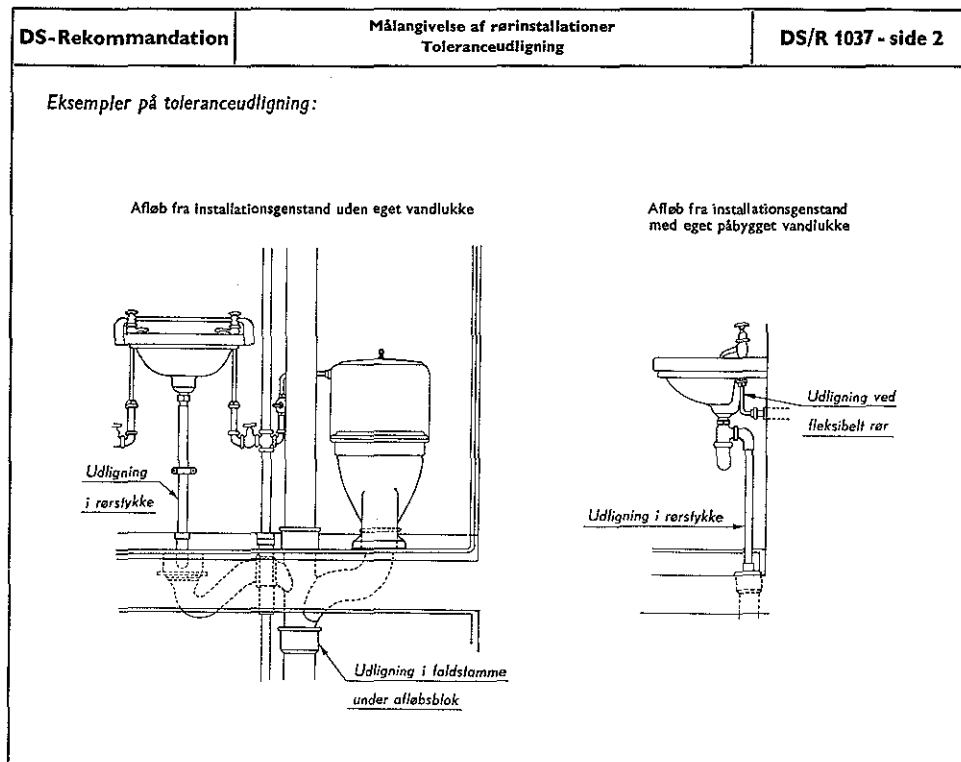


Fig. 13.4. DS/R 1037 Toleranceudligning.

13.2 Installations-units

Bestræbelserne på at gøre installationsarbejdet til en montage af præfabrikerede enheder har ført til fremstilling af hele installationsrum, særlig badeværelser og køkkener. Både danske og udenlandske virksomheder har produceret sådanne installations-units oftest til brug i bestemte projekter - altså i de såkaldte lukkede systemer.

Disse units giver byggeriet den klare fordel, at hovedparten af arbejdsprocessen kan foregå under gunstige betingelser på et værksted, med alle de fordele, dette indebærer for produktiviteten, og herved reduceres arbejderne på byggepladsen til et minimum.

Hvis der med de forskellige installations-units skal opnås en større rationaliseringsgevinst, end den, det enkelte byggeforetagende kan give, må disse units gøres generelt anvendelige, så de kan aftages på et åbent marked. Betingelsen herfor er, som vi har set, dels at komponenternes generelle tilslutningsmål har modulmål, dels at komponenternes sammenbygning med flest mulige andre relevante komponenter klares op. Vanskelighederne er imidlertid meget betydelige for så store enheder som hele badeværelser o.l. og det er derfor naturligt, at de hidtidige units er fremkommet inden for de lukkede systemer.

Units gør installationsarbejdet til en montageoperation

Kan installationsenhederne gøres generelt anvendelige?

Den gennemsnitlige installationsstandard i vore boliger er alt for ringe

Med den livlige udvikling, der i dag foregår på hele installationsområdet, kan der i de nærmeste år forventes en betydelig produktivitetstigning i denne vigtige del af byggeriet, og man må så håbe, at gevinsten vil blive brugt til at skaffe større og bedre udstyrede installationsrum. Et badeværelse på kun 2,5 m² (byggelovens minimum) burde ikke forekomme i nutidigt boligbyggeri.

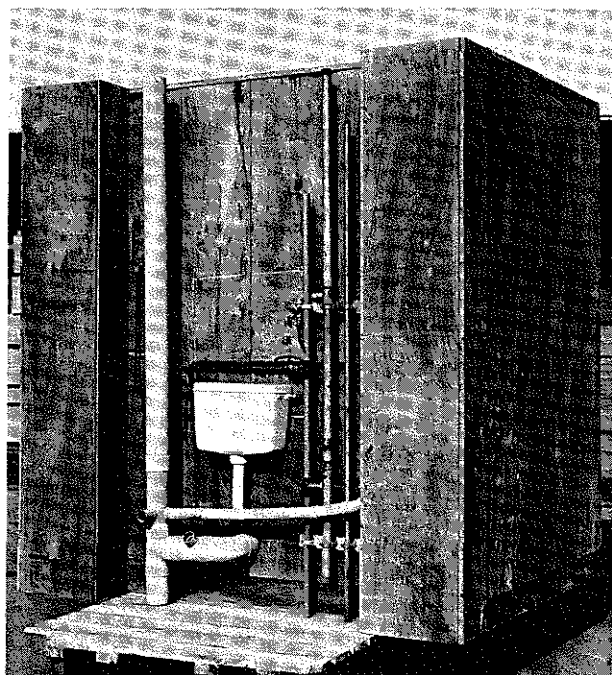


Fig. 13.5. Installationsunit fremstillet af vandfast finer med rør af plast og kobber.

