

Modul og montagebyggeri. S. 1 - 150

Henrik Nissen

Lærebøger

-

1975

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

3324 kend oprettet

TILHØRER
INSTITUT FOR BYGNINGER OG ENERGI
DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET
SV NR 0401069

tilegnet Povl E. Malmstrøm

UDK 69.002
721
ex. 3, 3. opl.

MODUL OG MONTAGEBYGGERI

3. oplag

TILHØRER
INSTITUTTET FOR HUSBYGNING
DEN POLYTEKNISKE LÆREANSTALT

af ingeniørdocent Henrik Nissen 1975 Polyteknisk Forlag

1. Modul - hvorfor? side 10

- 1.1 Byggeriet i velfærdssamfundet, 10
- 1.2 Målkoordinering, 10
- 1.3 Variantbegrænsning, 20
- 1.4 Standardisering, 20
- 1.5 Præfabrikering, 20
- 1.6 Industrialisering, 22
- 1.7 Produktivitet, 22
- 1.8 Landsbyggeloven, 25
- 1.9 Litteratur, 25

2. Modulordningens grundlag side 28

- 2.1 Byggemodul, grundmodul, 29
- 2.2 Modulmål, byggemål og tilvirkningsmål, 30
- 2.3 Planlægningsmoduler, 32
- 2.4 Præferencemål, 36
- 2.5 Placering af komponenter, 37
- 2.6 Modulnet og -komponenter, 40
- 2.7 Modulære rummål, 50
- 2.8 Tolerancer, 55
- 2.9 Litteratur, 67

3. Modul og standardisering side 70

- 3.1 International standardisering, 71
- 3.2 Dansk standardisering, 71
- 3.3 Standardiserings- og rekommandationsudvalg, 73
- 3.4 DS-blade og -rekommandationer, 74
- 3.5 SBI's måltypiseringsrapport, 76
- 3.6 Internationalt modulararbejde, 81
- 3.7 Litteratur, 83

4. Modul og statik side 86

- 4.1 Bygningslovgivningens bestemmelser, 86
- 4.2 Statiske funktionskrav, 89
- 4.3 Bærende hovedsystemer, 93
- 4.4 Elementer, 98
- 4.5 Kraftoverførende samlinger, 104
- 4.6 Laboratorieforsøg, 111
- 4.7 Generelle detaljer, 122
- 4.8 Litteratur, 135

5. Installationer side 138

- 5.1 Målangivelser og installationer, 138
- 5.2 Installationer og konstruktioner, 141
- 5.3 Installationsunits, 144
- 5.4 Litteratur, 150

6. Projekteringsforudsætninger side 152

- 6.1 Byggeprogram, 152
- 6.2 Valg af hustype, materialer og metoder, 153
- 6.3 Produktudvikling – komponenter og bygninger, 154
- 6.4 Litteratur, 158

7. Projektmateriallets tegninger side 160

- 7.1 Skitser, 162
- 7.2 Moduldetaljer, 163
- 7.3 Moduloversigtstegninger, 165
- 7.4 Tilvirkningstegninger, processtegninger, 166
- 7.5 Samlingsdetaljer, 168
- 7.6 Montagetegninger, 172
- 7.7 Signaturer og målafsetning, 172
- 7.8 Tegningsoversigt, 173
- 7.9 Litteratur, 181

8. Etagehus af betonelementer side 184

Modulprojekt, eksempel 1

- 8.1 Byggeprogram og valg, 185
- 8.2 Opklaring af detaljer, 186
- 8.3 Moduloversigtstegning, 190
- 8.4 Produktionstegninger, 191
- 8.5 Alternative ydervægskonstruktioner, 197

9. Muret etagehus med dækelementer .. side 202

Modulprojekt, eksempel 2

- 9.1 Byggeprogram og valg, 203
- 9.2 Opklaring af detaljer, 205
- 9.3 Moduloversigtstegning, 210
- 9.4 Produktionstegninger, 211

10. Muret etagehus med dækelementer . side 220

Modulprojekt, eksempel 3

- 10.1 Byggeprogram og valg, 221
- 10.2 Opklaring af detaljer, 222
- 10.3 Moduloversigtstegning, 229
- 10.4 Processtegninger, 230
- 10.5 Fleksibilitet i planen, 233

11. Ballerupplanen side 238

Modulprojekt, eksempel 4

- 11.1 Projekteringsgrundlag, valg af byggesystem, 239
- 11.2 Modulære rummål, 240
- 11.3 Skitseprojekt, typeplaner, 242
- 11.4 Opklaring af detaljer, 244
- 11.5 Facadeelementer, 245
- 11.6 Moduloversigtstegninger, arbejdstegninger, 250

12. Terrassehus	side 256	19. De grønne montageskoler	side 362
Modulprojekt, eksempel 5		Modulprojekt, eksempel 10	
12.1 Byggeprogram og valg, 256		19.1 Projekteringsforudsætninger, 362	
12.2 Opklaring af detaljer, 262		19.2 Byggeprogram og valg, 363	
13. Modul og enfamiliehus	side 274	19.3 Opklaring af detaljer, 370	
13.1 Individuelle huse, gruppe A, 275		19.4 Moduloversigtstegning, 373	
13.2 Typehuse, gruppe B, 276		19.5 Samlingsdetaljer, 374	
13.3 Typehuse som montagebyggeri, gruppe C, 277		19.6 Elementtegninger, 378	
13.4 Arkitekternes Typehuskontor, 279		20. R & S typekontorhus	side 386
14. Arkitekternes typehus	side 284	Modulprojekt, eksempel 11	
Modulprojekt, eksempel 6		20.1 Byggeprogram og valg, 386	
14.1 Byggeprogram og valg, 284		20.2 Elementer, 389	
14.2 Opklaring af detaljer, 286		20.3 Installationer, 392	
14.3 Moduloversigtstegning, 291		20.4 Samlinger, 393	
14.4 Arbejdstegninger, 292		21. H & S typehal	side 404
15. Leif Olsens typehus	side 296	Modulprojekt, eksempel 12	
Modulprojekt, eksempel 7		21.1 Byggeprogram og valg, 404	
15.1 Byggeprogram og valg, 296		21.2 Statisk hovedsystem, 409	
15.2 Opklaring af detaljer, 299		21.3 Elementer og samlinger, 410	
15.3 Facadeelementer, 306		22. English summary	side 422
16. Gårdhus type 2.70	side 312		
Modulprojekt, eksempel 8			
16.1 Projekteringsforudsætninger, 312			
16.2 Råhuset, 314			
16.3 Færdighuset, 319			
16.4 Samlingsdetaljer, 321			
17. Institutions- og erhvervsbyggeri	side 326		
17.1 Målkoordinering, 327			
17.2 Brugskrav, 330			
18. Fynsplanens skoler	side 334		
Modulprojekt, eksempel 9			
18.1 Projekteringsforudsætninger, 334			
18.2 Byggeprogram og valg, 339			
18.3 Opklaring af detaljer, 343			
18.4 Moduloversigtstegning, 355			
18.5 Produktionstegninger, 357			
18.6 Erfaringer og fremtid, 359			

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.

UDK 721.013

Eftertryk tilladt, men kun med kildeangivelse:
 ”Henrik Nissen: MODUL OG MONTAGEBYGGERI”.

Forord til 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 ryggen 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 standards, 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 modulkonsulenttjenesten i samarbejde med Byggecentrum. Bogen anvendes i undervisningen i husbygning på Danmarks Ingeniørakademi, og den er anbefalet

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.

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 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, fx bjælke-søjlehuset. Men har man først fået fat i den metodik, der ligger bag gennemtegningen af alle eksemplerne, fra Ballerupplanen 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.

Forord til Modul og Montagebyggeri

„Under byggeriets tekniske udvikling og strukturændring må der skabes sikkerhed for, at der i alle led af uddannelsessystemet til stadighed foregår ajourførte uddannelser i et sådant omfang og af et sådant indhold, at byggeriets produktion og videre udvikling ikke hæmmes af mangel på kvalificerede fagfolk”.

For at denne betragtning fra Byggerapporten's afsnit om uddannelse skal kunne omsættes i praktiske resultater, er det nødvendigt, at den byggefaglige undervisning har et stadigt ajourført undervisningsgrundlag med meget nær tilknytning til praksis. „Modul og Montagebyggeri” er en prisværdig indsats for at tilføre undervisningen aktuel viden på et af de meget betydningsfulde områder af den udvikling, byggeriet er inde i: øget typisering og anvendelse af standardiserede komponenter.

Siden januar 1966 er 3 oplag af Praktisk Modulprojektering, i alt 4.500 eksemplarer blevet udsendt. I samme periode er boligbyggeriets årsproduktion vokset fra 40.000 til 50.000 lejligheder, og montagebyggeriet har vundet indpas overalt i byggesektoren, fra boligbyggeri til institutions- og erhvervsbyggeri. En stadig bredere kreds af byggefolk beskæftiger sig nu med montagebyggeri, og emnet er taget op i alle landets byggetekniske undervisningsinstitutioner samt inden for efteruddannelsen. Herved er der opstået et behov for en bredere fremstilling af montagebyggeriets teknik, og sigtet med denne bog har været at dække dette behov. Da modulordning og montageteknik har udviklet sig samtidigt i dansk byggeri, er modulstoffet stadig aktuelt, og det er i den nye udgave blevet revideret og ajourført i overensstemmelse med den nyeste danske og udenlandske viden på området. Men tyngdepunktet i bogen er flyttet fra modulordning til montageteknik, — og derfor har jeg givet bogen dens nye navn.

Modul og Montagebyggeri er skrevet ud fra følgende synspunkter: *Modulstoffet* er behandlet på grundlag af de fra Dansk Standardiseringsråd udsendte standarder og rekommandationer, idet modulordningen først og fremmest betragtes som et hjælpemiddel til byggeriets industrialisering. *Montagebyggeriets teknik* er beskrevet og vurderet ud fra de byggetekniske

I bogen er det teoretiske grundlag og praktisk viden fremstillet på en sådan måde, at det må være muligt udover lærebogssigtet at friste formgiveren — „designeren”, som det hedder på nudansk — til at kombinere funktion og æstetik i byggeopgaverne med grundlaget for effektiv produktion. Bogen får således værdi langt udover anvendelsen i grunduddannelsen, idet den vil kunne bruges i en hårdt tiltrængt efteruddannelse af de mange, der ude i praksis har behov for denne viden netop nu.

Og så har dette lærebogsarbejde en anden kvalitet: vi ved, at forfatteren selv kasserer bogen, når stoffet er forældet, og kommer med en ny!

Ove Hove
Arkitekt maa
Direktør for Byggecentrum.

funktionskrav, som nu i en årrække har været værdimåler for de bygningsfysiske egenskaber såvel inden for bygningslovgivningen som i den højere byggetekniske undervisning. *Projekteringseksemplerne*, som optager ca. halvdelen af bogens sider, er valgt blandt karakteristiske, avancerede byggerier. Blandt eksemplerne er der 5 etageboligbyggerier, 3 enfamiliehuse, 2 skoler, 1 kontorhus og 1 industrihal. I byggesystemerne er både murværk, beton, træ og stål repræsenteret.

Følgende personer, firmaer og institutioner har villigt stillet materiale og viden til rådighed for mit arbejde:

Andersen & Gravesen
Bigum og Steenfos
Boligministeriet
Byggecentrum
Bent-Erik Carlsen
Centralkontoret for praktiserende arkitekter på Fyn
Danmarks Statistik
Dansk Standardiseringsråd
Dansk Velux
Ejlers & Graversen
Fællestegnesteuen, Kronprinsessegade
H + H Gasbeton

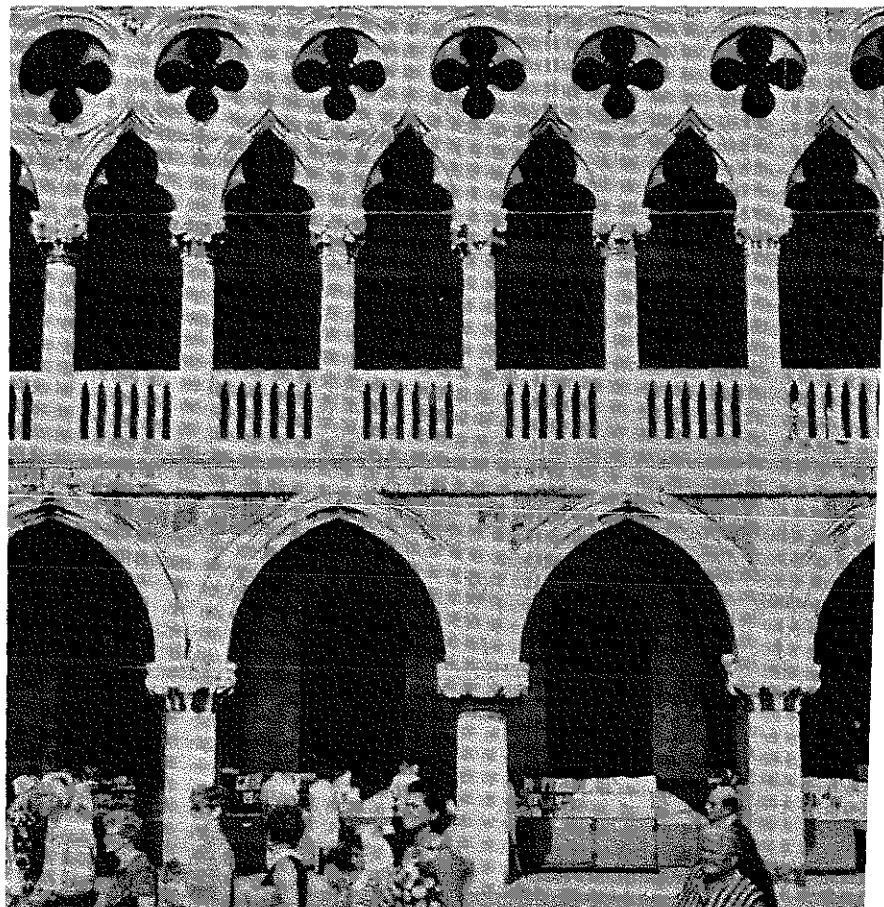
K. Hindhede
Højgaard & Schultz
Jespersen & Søn
Kabina
Børge Kjær
Svenn Eske Kristensen
Larsen & Nielsen
Larsen & Pedersen
Lemming & Eriksson
P. E. Malmstrøm
Erik Phaff Mørck
Chr. Nielsen
Søren Øivind Olesen
Leif Olsen
Rasmussen & Schiøtz
Statens Byggeforskningsinstitut
Studstrup & Østgaard
Teglbranchens tekniske tjeneste
L. H. Touborg
Triosan
Wilcken & Wulff

Ved udarbejdelsen af bogens tegninger har følgende medvirket: akademiingeniør P. Kjærbye, arkitekt m.a.a. Axel Nielsen, civilingeniørerne P. Jungmark og Jens Staalby, de tekniske tegnere Grethe Zacho Christensen, Ulla Klarskov, Kaj Thernøe og Bente Uhre. Engelsk oversættelse af figurtekster og summary er udført af civilingeniør W.R. Simonsen. Civilingeniør Peter Mogensen har bistået ved bogens tilrettelægning. Til udgivelsen er modtaget støtte fra Knud Højgaards fond. Jeg takker hver og en for værdifuld hjælp ved bogens tilblivelse.

Til slut vil jeg fremhæve den støtte, jeg har modtaget til arbejdet fra Danmarks Ingeniørakademi. Uden det miljø og de arbejdsvilkår, jeg har haft ved DIAB, kunne bogen ikke være skrevet.

København i januar 1970
Henrik Nissen
Ingeniørdocent i Husbygning ved DIAB

Fra Marcuspladsen i Venedig. Rytmen i de venetianske buegange beror på en bevidst anvendelse af ensartede målspring: Moduler.



1

1. Modul - hvorfor?

Økonomisk vækst og dynamik karakteriserer det moderne industrisamfund

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

1.1 Byggeriet i velfærdssamfundet

Boligmangelen – i dag en følge af den store efterspørgsel

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 utidsvarende 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.

Modulordningen er et led i byggeriets industrialisering

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.

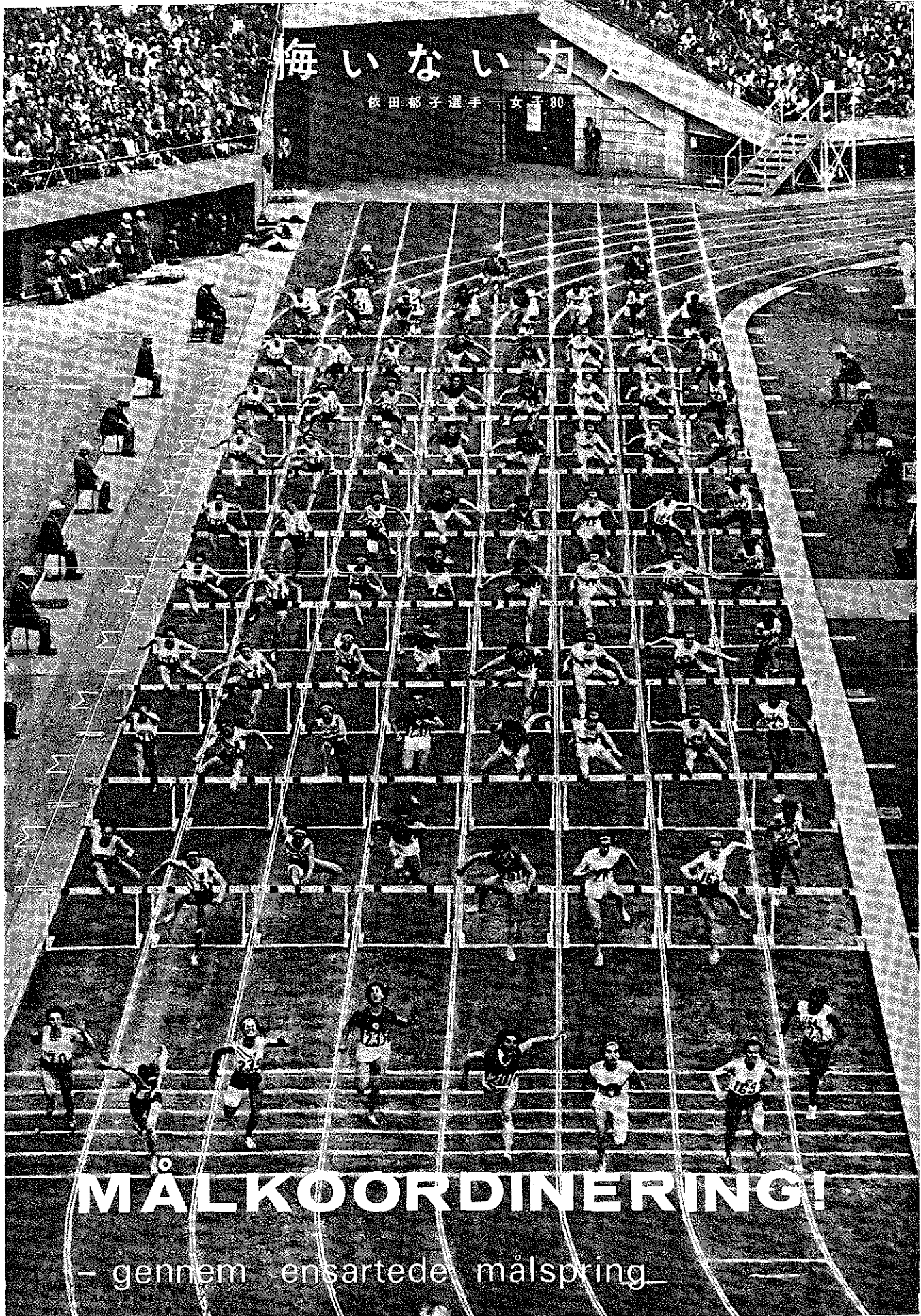
Med modulordningen søger vi at opnå følgende fordele for byggeriet:

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.

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.



悔いなき力

依田郁子選手—女子800

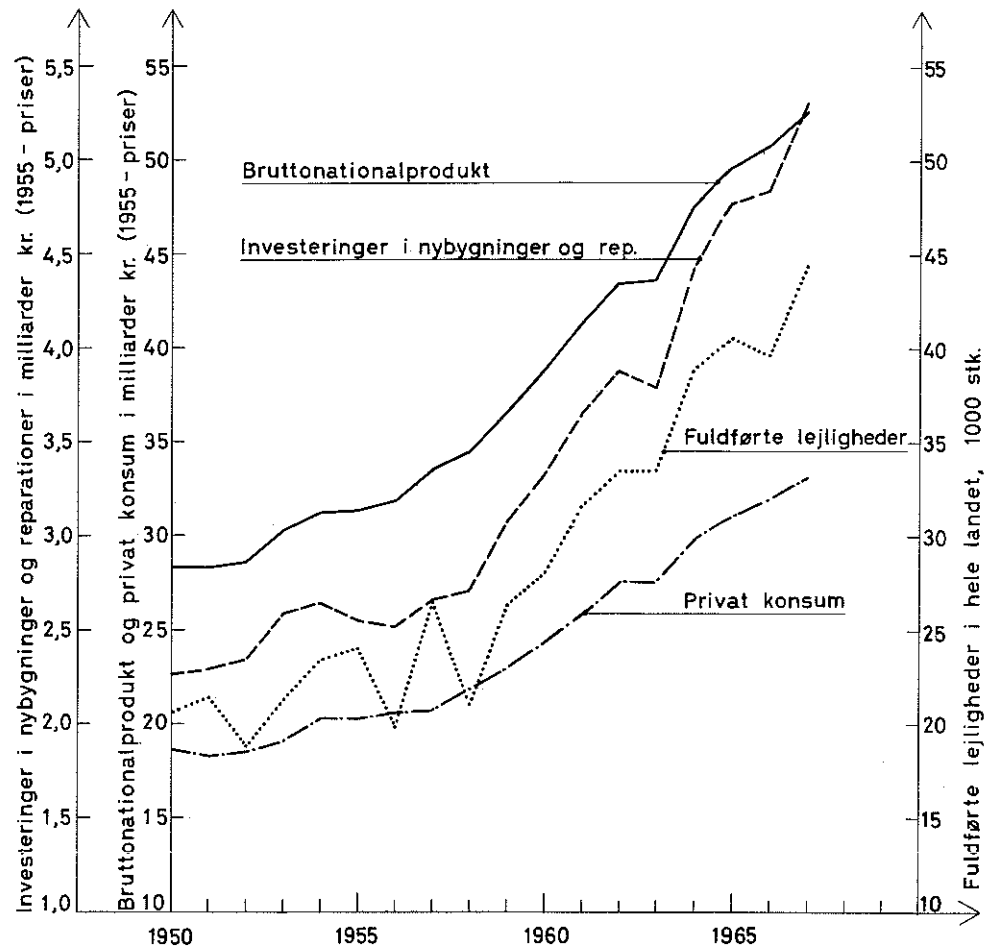
MÅLKOORDINERING!

- gennem ensartede målspring

Figur 1.01.

Byggeri og samfundsøkonomi. På kurverne kan Koreakrigen, „Helhedsløsningen” og en stærkt svingende boligpolitik aflæses.

★ Building and national economy. The curves show the Korean War, the „Overall Solution” and a heavily fluctuating housing policy.



BYGGERI OG SAMFUNDSØKONOMI

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

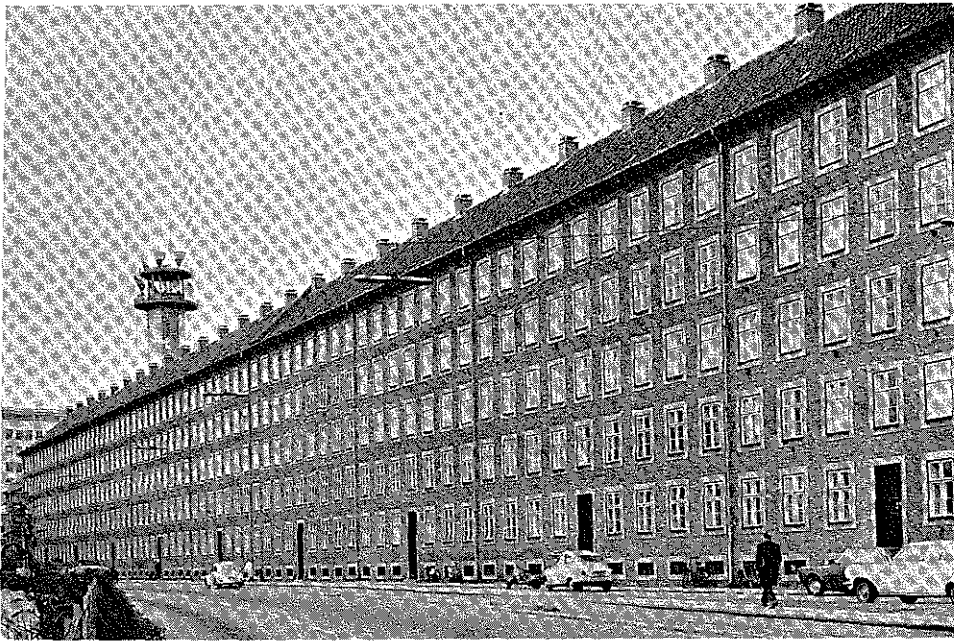
BRUGSFUNKTIONEN, der bestemmer størrelser på hovedmål og rummål mm og

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

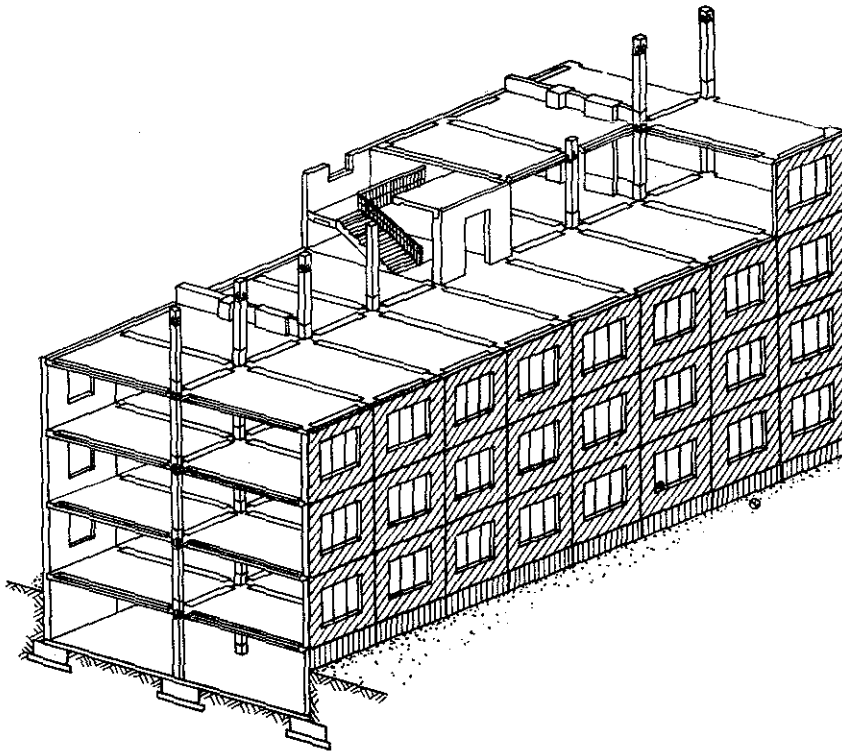
Men alle bygværkets mål er gensidigt afhængige og fordrer en koordinering, der helst skulle føre til et resultat, hvor der er harmoni mellem form, funktion og byggeteknik, – samtidig med at løsningen er økonomisk forsvarlig.

Ved fastlæggelse af mål på rum og bygningsdele vil man ofte finde, at en række vigtige mål kan gænges. Ensartede størrelser optræder i rum med samme brugsfunktion, og mange konstruktive led har ens funktion og får derfor samme dimensioner. Gængelsesprincippet kan således være begrundet både af brugskrav og af konstruktive forhold. Men princippet har også mange andre motiver: En gængelse medfører lettelse såvel for arbejdsudførelsen som for projekteringen. Størst gavn af serier af ensartede mål får naturligvis den byggemetode, der arbejder med præfabrikerede bygningsdele. Gængelsen af ensartede størrelser åbner mulighed for en industrialisering af produktionen.

Gentagelse af ensartede mål forenkler byggeriet



Figur 1.02.
Hornbækhus i Ågade,
København. Prof. Kay Fi-
sker.
★ „Hornbæk“-house at
Ågade, Copenhagen. Prof.
Kay Fisker.



Figur 1.03.
Østeuropæisk montage-
byggeri.
★ East-European prefabri-
cated building.

Anvendelsen af gentagelsesprincippet har tillige den allerstørste indflydelse på bygningens æstetiske kvaliteter. Det er således blevet fremført med stor styrke, at gentagelser medfører risiko for monoton og uniformering. Figur 1.02 viser et dansk eksempel på en umådeholden anvendelse af gentagelsesprincippet. Hvis huset ikke var tegnet af en estimeret arkitekturprofessor, ville man nok mene, at det var lidt kedeligt. Figur 1.03 viser et eksempl på et statstypiseret montagebyggeri fra Østeuropa. Her er vi ikke i tvivl om, at denne arkitektur er monoton.

Men gentagelsesprincippet er selve kernen i det, vi kalder rytme i arkitekturen. I musikken betyder rytme gentagelse af toner i en fast periodisk takt, en simpel

Gentagelsesprincippet

Rytme i arkitekturen

lovmæssighed, hvorover det musikalske stof er opbygget. Begrebet rytme har man lånt i arkitekturkritikken som betegnelse for gentagelse af ensartede målstørrelser, såsom vinduesfag, spændvidder, højder eller andre karakteristiske hovedmål i bygningens facade eller plan.

I denne betydning af gentagelsesprincippet bliver det en positiv kvalitet i arkitekturen, og hvor det er anvendt med sikker hånd, møder vi nogle af vore største arkitekturoplevelser. De klassiske epokers bygningskunst kan således fremvise talrige eksempler på, hvorledes gentagelse af hovedmål er udnyttet ved opbygning af hele husets rytme over et akse-system eller et modulnet; se fx figur 1.04.

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

Det doriske hjørneprincip

Det klassiske, doriske hjørneproblem er et godt eksempel på brydningen mellem arkitektonisk rytme og byggeteknik. Figur 1.05 viser, hvorledes man til frisen i templerne har fremstillet metoper og triglyffer (præfabrikeret!) med de samme mål, α og β , hele facaden igennem, også ved hjørnerne. Det samme gælder bjælkerne (epistylon), der spænder over åbningerne mellem søjlerne: de er overalt lige lange – også i hjørnefagene. Men for ikke at få et uskønt og byggeteknisk svagt formuleret vederlag på hjørnesøjlerne, er disse rykket ind til en kortere fagvidde, B, der tillige bibringer facaden en vis spænding ved at bryde den faste rytme i søjleafstandene A. Se også figur 1.04.

Figur 1.06 og 1.07 viser det simple, danske bindingsværkshus, som et hjemligt eksempel på fagdelt byggeri, hvor form, funktion og byggeteknik finder hinanden i et enkelt harmonisk udtryk.

Figur 1.04.

Græsk étplanshus fra 448 f.Chr. (Næste side)

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

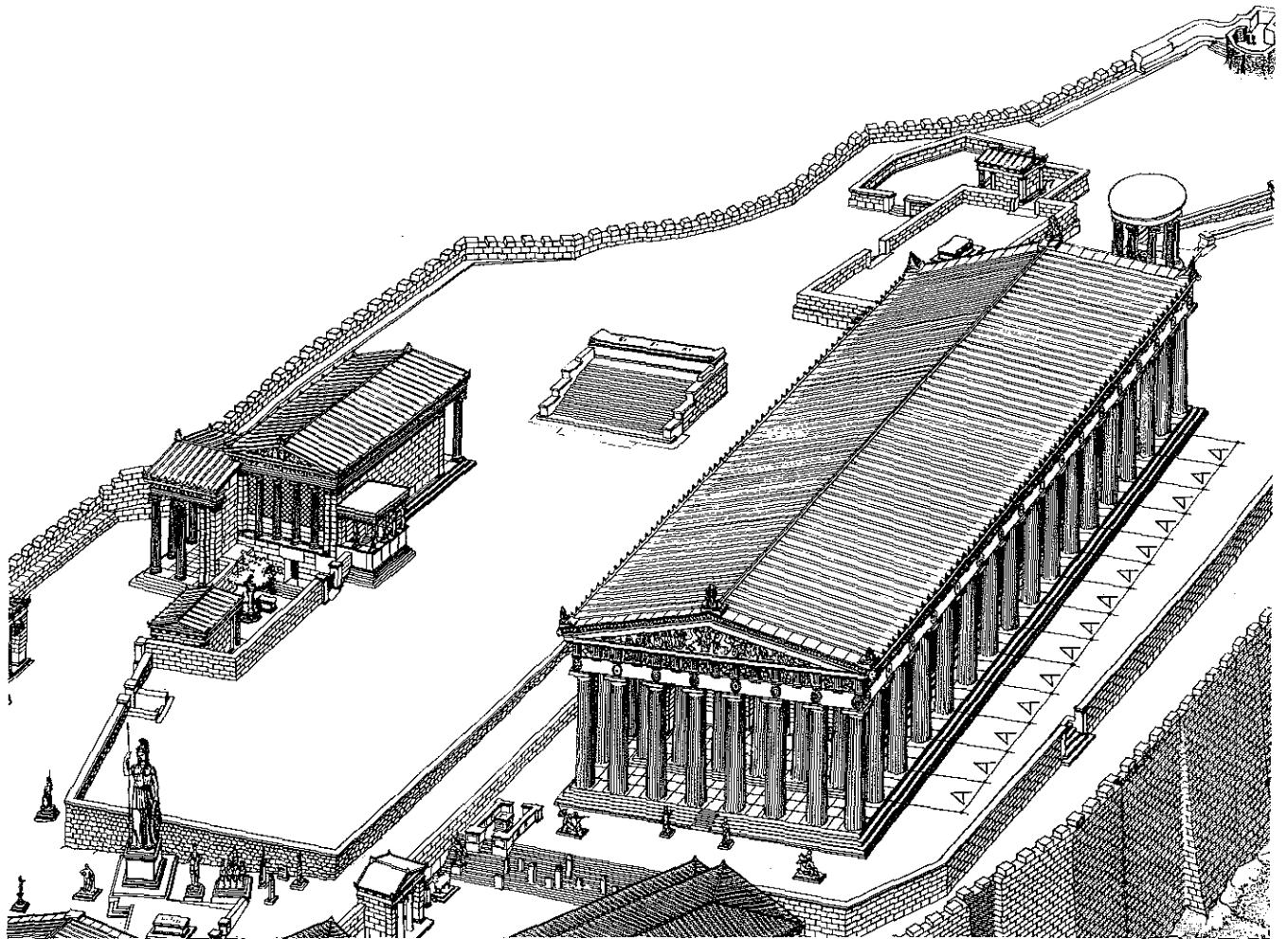
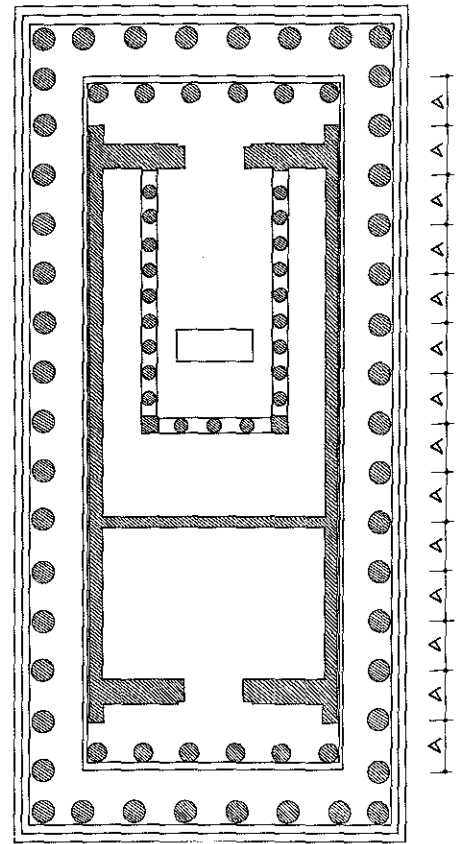
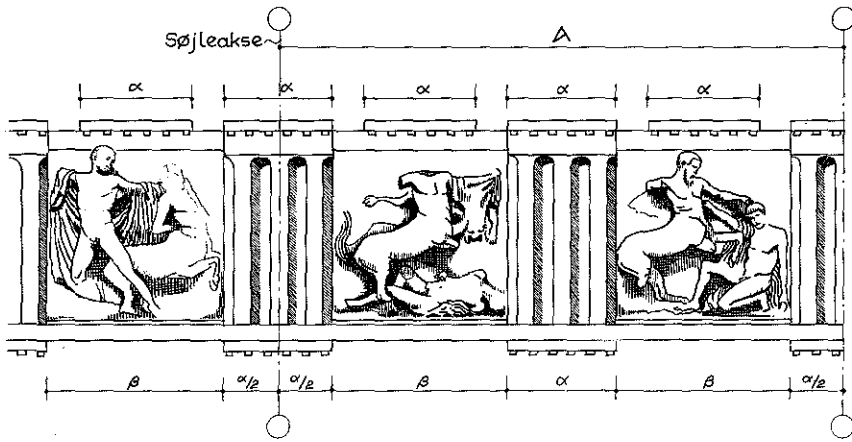
Facaderne er projekteret over en planlægningsmodul, $A = 4$ Athenefod. Hjørnefagene er kortere for at få samme opdeling af metope-triglyf-frisen: 2 metoper + 2 triglyffer = søjleafstanden A, sammenlign figur 1.05. Bygningen opfylder kravene til modulprojektering efter den danske landsbygge-lov af 1960, idet man har fremmet anvendelsen af målstandardiserede bygningsdele.

★ Greek one storey-house from 448 bef. Christ. (Next page)

Client:	The municipality of Athens.
Manager:	Perikles.
Architect:	Iktinos.
Supplier of facade units:	Modulmarmor Ltd, Pentelikon.
Design:	Fidias, assoc.

The facades have been designed over a planning module $A = 4$ Athenefeet. The corner bays are shorter to get the same division of the metopetriglyphfriezes: 2 metopes + 2 triglyph = the intervals of the columns, A (compare figure 1.05). The building fulfills the demands for modular design according to the Danish building code of 1960, as the use of building components of standardized dimensions have been promoted.

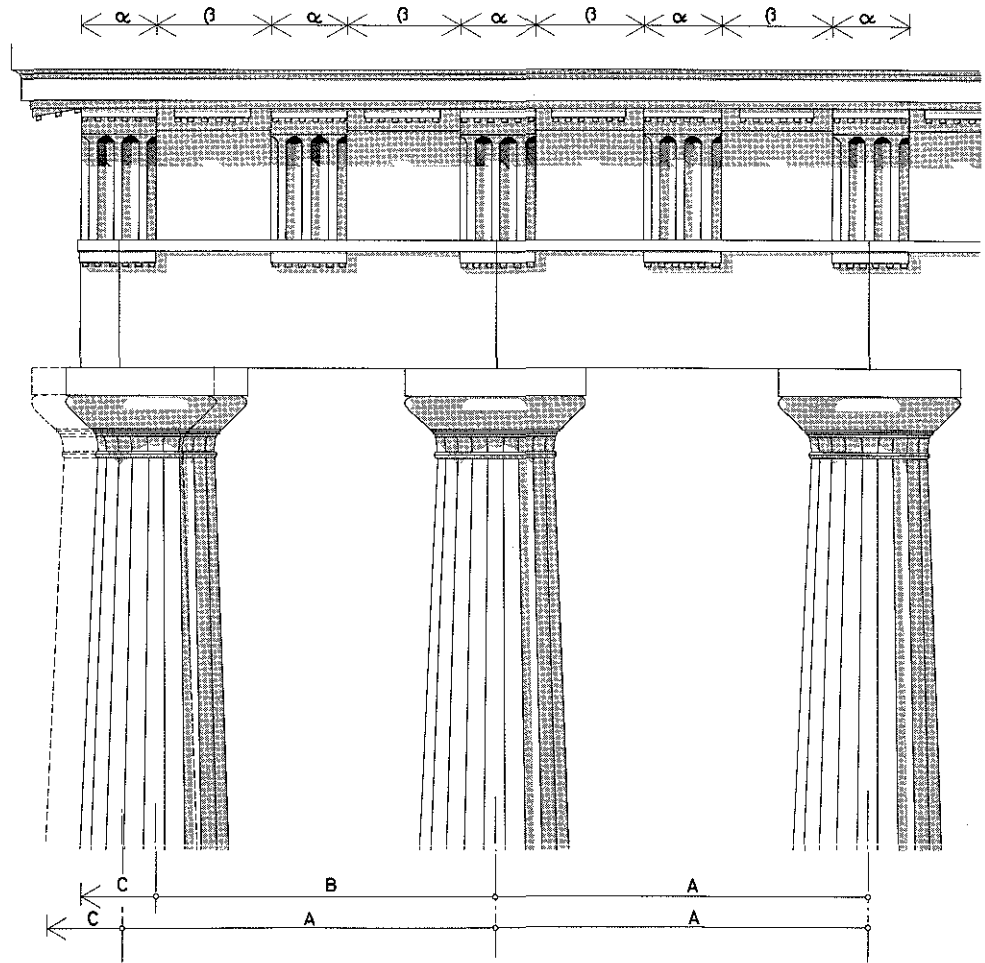
ΑΚΡΟΠΟΛΙΣ ΤΩΝ ΑΘΗΝΩΝ



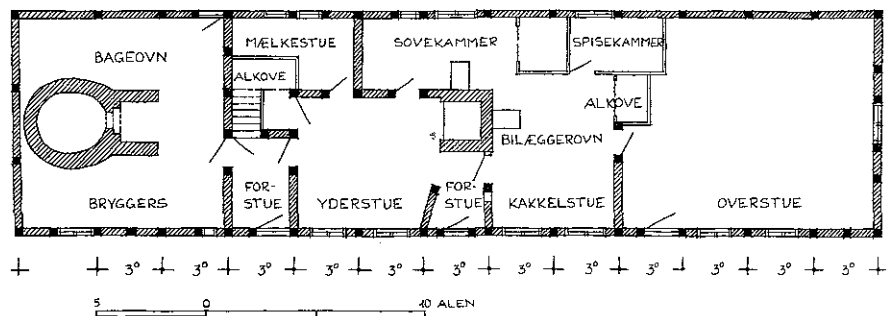
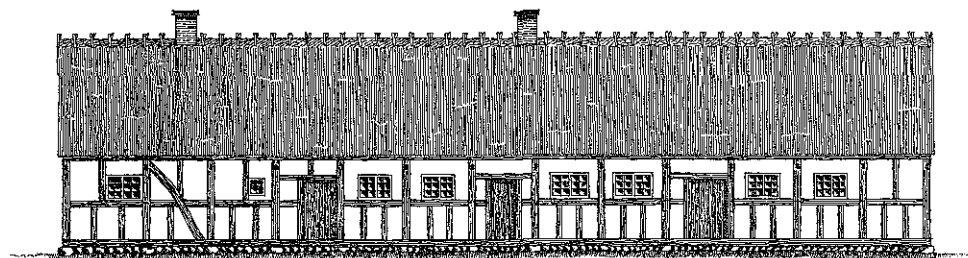
Figur 1.05

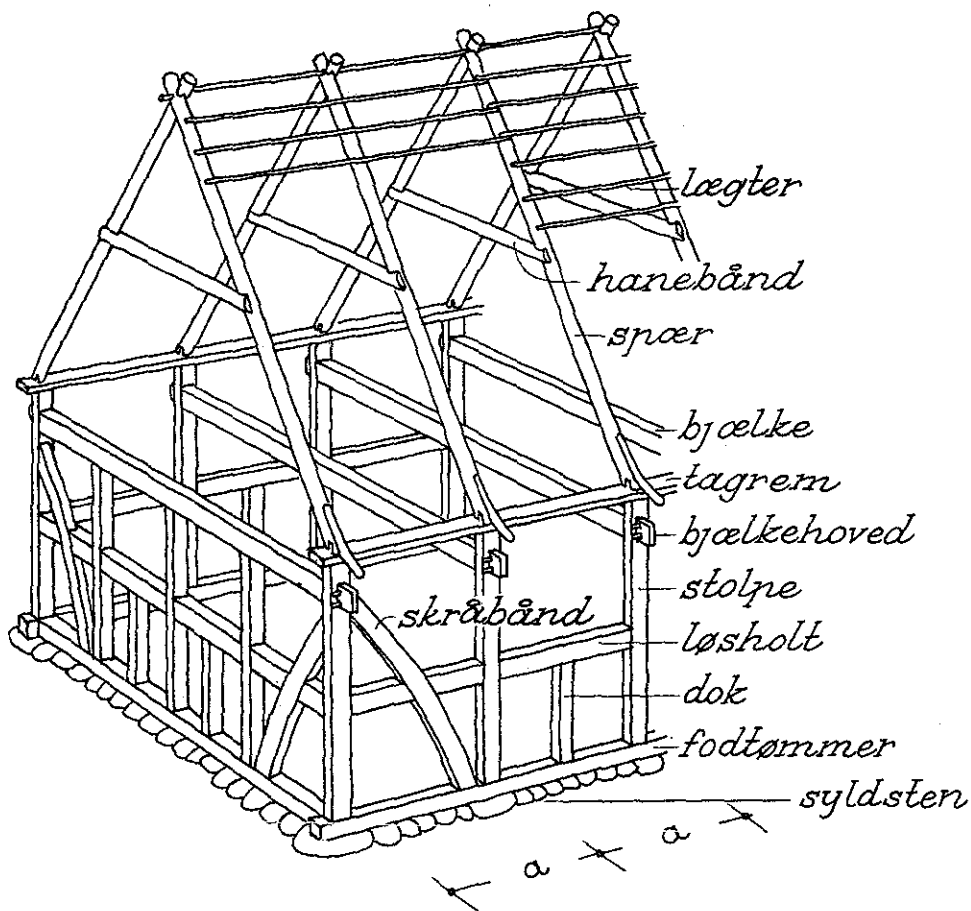
Hjørnefag B og normalfag A fra dorisk tempelfacade. Mens frisens elementer er ens i de to fag, er søjleafstanden kortere i hjørnefaget. Punkteret er vist søjlens placering, hvis fagene A og B var gjort lige store – Det går ikke!

★ Corner bay B and normal bay A from Doric temple facade. While the elements of the frieze are equal in the two bays, the intervals of the columns are shorter in the corner bay. The placing of the column is shown in dots, in case the bays A and B had been made equally big. – That won't do!



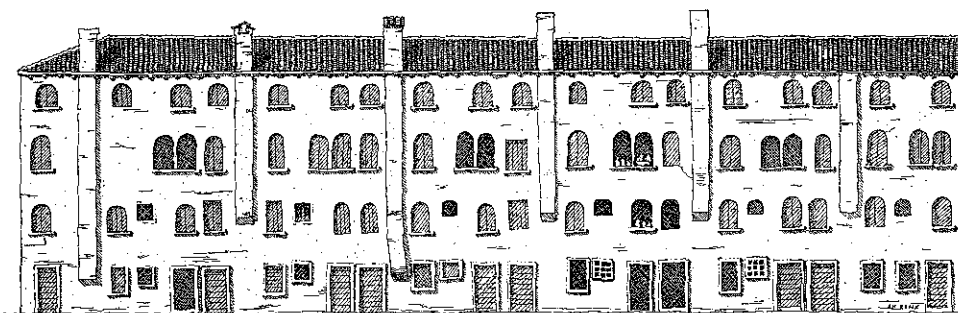
DET DORISKE HJØRNEPROBLEM





Figur 1.07.
Bindingsværkets komponenter. Modulmålet a er oftest 2 eller 3 alen. Fra [1.1].

★ The components of the framework. The modular dimension a is usually 4 or 6 feet. From [1.1].



Figur 1.08.
Rækkehus fra det femtende århundrede i Calle dei Preti ved Via Garibaldi i Venedig.

★ Terrace house from the 15th century in Calle dei Preti near Via Garibaldi in Venice.

Figur 1.06. (Forrige side)

Dansk eetplanshus 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!

★ Danish one storeyhouse from 1690. The severe modular rhythm in the facade is only broken in the exterior span by the oven which is from a later extension. The two opposite exterior spans which are identically like the original are also from an extension, and here the client could order the rebuilding with the builder like this: „ I should like to have extended towards East adding two bays in standard execution”. Standard house with flexible plan from the year 1700!

Analogien mellem musikkens og arkitekturens rytme kan drives overordentligt vidt og har optaget kunstnere og forfattere stærkt i tidens løb. Goethe siger således i et af sine "Sprüche", [1.2], at arkitektur er stivnet musik; – men han har lånt ideen fra den græske digter Simonidis fra Chios. Steen Eiler Rasmussen skriver i sin bog, Om at opleve arkitektur, [1.3], følgende om Quirinal-Paladset i Rom: „Afstanden mellem vinduer både vandret og lodret er nøje afvejet. Det er, som om man har arbejdet længe med dem, indtil de er kommet i fuldstændig ro og balance. Den stadige gentagelse virker ikke trættende, men opløftende. Det er intonationen til et stort værk, akkorderne, der i et *andante maestoso* danner grundlaget og indledningen til komplicerede oplevelser”.

Steen Eiler Rasmussen skriver et andet sted i sin bog om venetianske række-huse: ”Og fra det femtende århundrede eksisterer fire-etagers rækkehuset hvert til to familier og dannende en meget kompliceret rytme skiftende for hver etage, men med skorstenene som de lodrette taktstreger, der holder det hele sammen. – Man lader blikket gå hen over facaden fra venstre mod højre og oplever noget, der på en mærkelig måde minder om en kompliceret danse-rytme.” Se figur 1.08.

Disse linier fortæller os, hvordan en stor arkitektur-kender oplever rytmen i arkitekturen. Vil man analysere problemet helt nøgternt, matematisk eller geometrisk, erfarer man, at analogien er holdbar i forbavsende grad. Figur 1.09 viser en enkel, geometrisk rytme gennemført i de to medier: Musik og arkitektur, med nodebilledets geometri som det forbindende mellemlid. [1.4].

4- og 8-taktsperioder

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

Figur 1.09. (næste side)

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

★ Repetition = rhythm in music and architecture. The analogy between Mozart's and Iktinos's use of form may be demonstrated from the smallest detail to the great form. Please note that the upbeat „Kom – Maj. .” falling outside the system by 1/8 note is exactly corresponding to what is missing in the end of the last bar: note, 3/8 + pause, 1/4 = 5/8! Mozart and the Viennese classics were that particular with their geometri in notes. The modules had to come right! – And yet, their music was easy and effortless, open for the most playful ideas!

Kom Maj du søde milde

W.A. Mozart

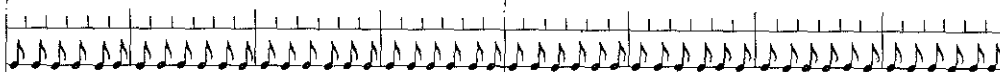


Kom Maj du sø-de mil - de, gør Skoven at-ter grøn, og lad ved Bæk og Kil - de Vi - o - len blomstre skøn. Hvor



vil-de jeg dog ger - ne, at jeg i - gen den saa! Ak! Ka - re Maj, hvor ger - ne i - gen i Mar-ken gaa!

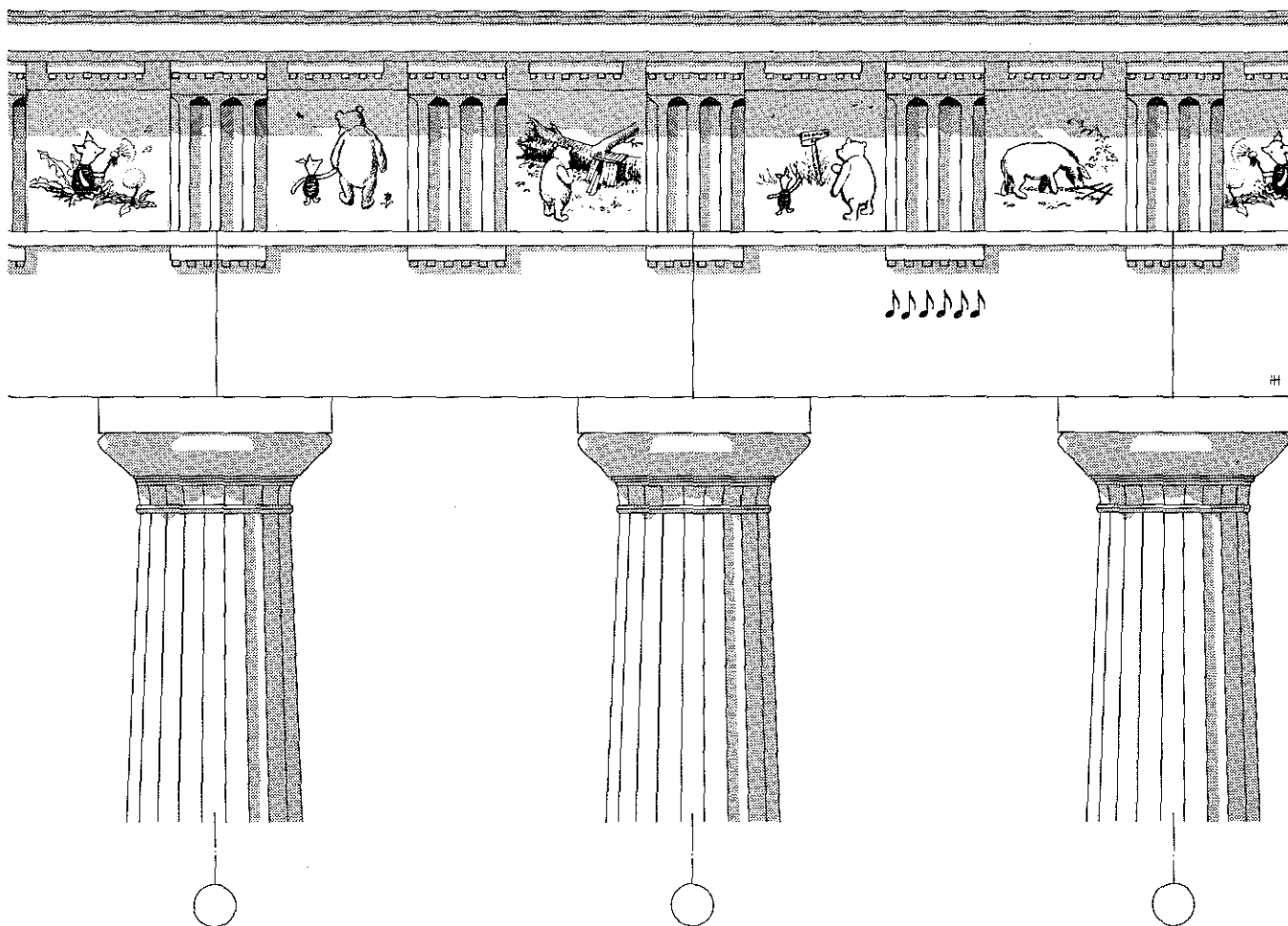
Grundmodul, M
=Taktenhed, 1/8

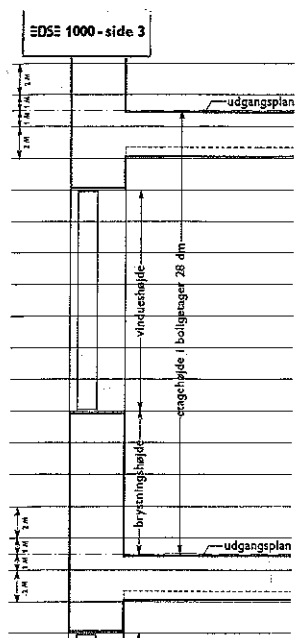


Plantægningsmodul
=Takt, 6/8



Præferencemål
=Firetaktperiode





Figur 1.10.
Højdemål fra 1. udgave af DS 1000 fra 1958; sammenlign den nye udgave fra maj 1968.

★ Height measure from the first edition of the DS 1000 from 1958; compare the new edition from May 1968.

Arbejdsdeling og specialisering forøger industriens produktivitet

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. Begrænsningerne skal fjerne de overflødige varianter, men naturligvis tage hensyn til motiverede brugs- og produktionskrav mv.

Et af de første eksempler inden for byggeriet er standardiseringen af "Faste etagehøjder i bygninger", der kom som DS 1000 i 1958 og fastlagde bruttoetagehøjden til 280 cm. Se figur 1.10. 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 2.4, 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 detaljerede mål og kvalitetskrav for en række produkter, kan disse fremstilles på flere forskellige virksomheder – og alligevel anvendes i samme konstruktion. Dette muliggør tre ting, som er vigtige og karakteristiske for al industriel udvikling:

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

Gennem en sådan arbejdsdeling vokser produktiviteten i industrien og velstanden i samfundet. Standardiseringsarbejdet inden for byggesektoren er nærmere omtalt i kapitel 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, se fx figur 1.11. Hvor det anvendes i større udstrækning, medfører det en række særlige vilkår både for projekteringen og for produktionen.

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

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



Figur 1.11.
 Præfabrikerede søjlekapi-
 tæler fra synagogen i Ka-
 pernaum.
 ★ Prefab capitals from the
 synagogue of Capernaum.



Figur 1.12.
 I montagebyggeriet anven-
 des færdige komponenter,
 som ikke skal tildannes på
 byggepladsen.
 ★ Industrialized building
 technique uses ready com-
 ponents which do not
 need shaping at the build-
 ing site.

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.

Dette er ideen med et tolerancesystem: at fastlægge grænser inden for hvilke alle variationer på et opgivet mål kan tolereres. Se nærmere herom i afsnit 2.8.

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.

Præfabrikering kræver af-
 tale om produktionens
 nøjagtighed: Tolerancer

Figur 1.13.

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

★ The switch-over of the building-industry is not only a technical question, but just as well a question of organization.



1.6 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 Produktivitet

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

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

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

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

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

Industrielle metoder i byggeriet

Arbejdsproduktivitet

Højere produktivitet i byggeriet betyder flere huse med færre mandtimer

Produktivetsstigninger muliggør højere realløn

BEREGNING AF ARBEJDSPRODUKTIVITETEN

Nr.	Betegnelse	År	1958	1962	1964	1966	1967
1	Etagearealer ¹⁾ i nybygninger, 1000 m ²		3550	6400	8030	8390	8870
2	Index		100	181	226	237	250
	Bruttoinvesteringer i bygninger 1955-priser, mill. kr.:						
3	Nybygninger		1730	2930	3455	3830	4290
4	Index		100	169	200	222	248
5	Reparation + vedligeholdelse		975	950	970	1005	1015
6	Index		100	97	100	103	104
7	Ialt nybygninger + reparationer + vedligeholdelse		2705	3880	4425	4835	5305
8	Index		100	144	164	179	196
9	Beskæftigede ved byggeri og anlægsarbejde, ialt incl. medarbejdende mestre	117500 ²⁾	137500 ²⁾	144300	143800	151200	
10	Beskæftigede ved nybyggeri + reparation + vedligeholdelse	83500 ³⁾	98700	101800	102300	107600	
11	Index		100	118	122	123	129
12	Beskæftigede ved reparation og vedligeholdelse	38500 ⁴⁾	37600	38200	38900	39250	
13	Index		100	98	99	101	102
14	Beskæftigede ved nybyggeri	45000	61100	63600	63400	68350	
15	Index		100	136	141	141	152
16	Arbejdsproduktivitetsindex for nybygninger efter m ² , linie 2: linie 15		100	133	160	168	165
17	Arbejdsproduktivitetsindex for nybygninger efter prisen, linie 4: linie 15		100	124	142	157	163
18	Arbejdsproduktivitetsindex for reparationer efter prisen, linie 6: linie 13 ⁵⁾		100	99	101	102	102
19	Arbejdsproduktivitetsindex for bruttoinvesteringer efter prisen, linie 8: linie 11		100	122	135	146	152

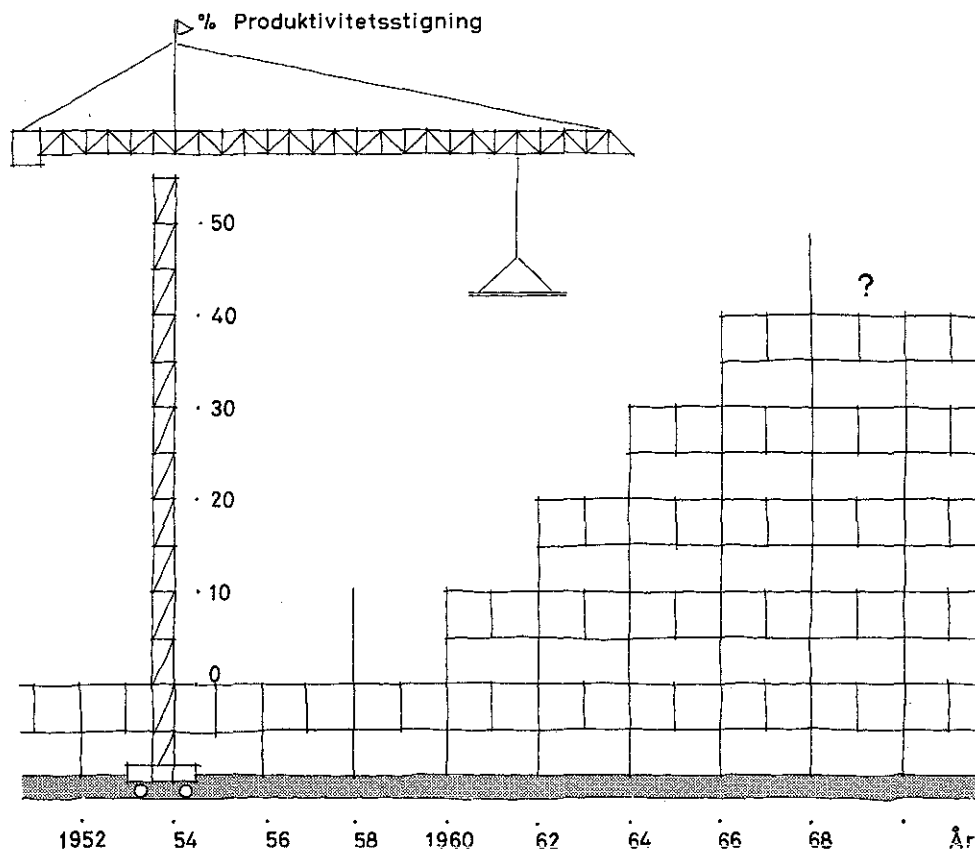
- 1) Etagearealet er beregnet som middeltallet af fuldført og påbegyndt byggeri i året.
- 2) Tallene fra 1958 og 1962 er skønnede på grundlag af erhvervstællingen i 1958, suppleret med senere oplysninger om medarbejdende mestre og beskæftigede i offentlig bygge- og anlægsvirksomhed.
- 3) Tallet fra 1958 er ikke opgjort i den officielle statistik og er derfor anslået til 71 pct af samtlige beskæftigede ved byggeri og anlægsarbejder i lighed med senere år, hvor optælling har fundet sted.
- 4) Tallet fra 1958 er skønnet til 38500 (= gennemsnittet for de følgende år), idet beskæftigelsen for dette arbejde viser en betydelig konstans.
- 5) Disse index viser, at produktiviteten for reparations- og vedligeholdelsesarbejder, som venteligt, er konstant; sammenlign linie 5 og linie 12.

Kilder: Statistisk Årbog 1968, Byggeindustrien, Statistiske efterretninger nr. 20, tabel 6, suppleret med oplysninger hentet i Danmarks Statistik, 4. Kontor.

Figur 1.14.

Mens boligproduktionen i 1950'erne lå på ca 20.-22.000 boliger om året, nåede man i første halvdel af 60'erne op over 40.000. Rationaliseringsbestræbelserne i dansk byggeri har ført til en mærkbar produktivitetstigning.

★ While during the 1950ies the housing production amounted to about 20.-22.000 apartments and one-family houses each year, more than 40.000 houses were built yearly during the first half of the 60ies. The efforts of rationalization in Danish building has lead to a perceptible increase in production.



PRODUKTIVITET

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

Tallene i foranstående tabel anvendes på den måde, at man ved hjælp af index udtrykker den relative stigning i produktion, index 2, 4, 6, 8, og arbejdsindsats, index 11, 13, 15 med året 1958 som basisår. Dividerer man herefter index for produktionsstigning med index for arbejdsindsats, fremkommer herved et relativt mål for produktivitetstigningen gennem årene. Se fx index 16 og 17, der viser fremgangen i nybyggeriet.

Arbejdsproduktiviteten i nybygninger er således steget med ca 60 pct i 10-året 1958-1967, se index 16 og 17. For de enkelte perioder i skemaet får vi følgende vækstrater, udregnet fra index 17:

$$1958-1962 \quad \frac{(124 - 100) \times 100}{4 \times 100} \quad \text{pct} = 6,0 \text{ pct pr år}$$

$$1962-1964 \quad \frac{(142 - 124) \times 100}{2 \times 124} \quad \text{pct} = 7,3 \text{ pct pr år}$$

$$1964-1966 \quad \frac{(157 - 142) \times 100}{2 \times 142} \quad \text{pct} = 4,6 \text{ pct pr år}$$

$$1966-1967 \quad \frac{(163 - 157) \times 100}{1 \times 157} \quad \text{pct} = 3,8 \text{ pct pr år}$$

Produktivitetstigninger udtrykkes ved hjælp af index

Den gennemsnitlige årlige vækstrate er således 5,4 pct. Dette tal må ses på baggrund af det foregående 10-års byggeri, hvor der næsten ingen stigning fandt sted. Forholdet er illustreret i figur 1.14.

Udviklingen i byggeriet går således i den rigtige retning, men der savnes i høj grad detaljerede oplysninger om mandtimeforbrug på de enkelte byggerier og byggesystemer. Fra de meget få opgørelser, der foreligger, kan således nævnes, at mandtimeforbruget på Ballerupplanen (1963) var 986 timer pr lejlighed (å 84 m²); på Gladsaxeplanen (1965), 923 timer pr lejlighed (å 92 m²), mens mandtimeforbruget for hele landet i 1964 lå på omkring 1400 timer pr lejlighed i gennemsnit. Denne væsentlige forskel er naturligvis ikke nået uden betydelige investeringer i arbejdskraftbesparende maskineri og materiel på de store montageplaner.

1.8 Landsbyggeloven

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 landsbyggeloven 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".

Landsbyggelovens modulkrav

I bygningsreglementet fra august 1966, 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 (Byggemodul) og DS 1011.2 (Planlægningsmoduler)."

– og bygningsreglementets

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 landsbyggelovens forstand er et projekt, i hvilket der kan anvendes flest mulige præfabrikerede, standardiserede bygningsdele.

Modul – sådan!

Dette er 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.

1.9 Litteratur

- [1.1] Frilandsmuseet Vejleder. Kbh 1965
- [1.2] Goethe, Johannes Wolfgang von Sprüche. Wegener, Hamburg 1963-1966.
- [1.3] Rasmussen, Steen Eiler Om at opleve arkitektur. Kbh 1966.

[1.4] Mozart, Wolfgang Amadeus	Komm lieber Mai, Wien 1791. K.V. 596.
[1.5] Dansk Standardiseringsråd	DS 1000 Kbh 1958 og 1968
[1.6] Rostas, Laszlo	Comparative Productivity in British and American Industry. Cambridge 1948.
[1.7] O.E.E.C.	Terminology of Productivity. Paris 1950.
[1.8] Danmarks Statistik	Statistisk Årbog. Kbh 1968.
[1.9] Danmarks Statistik	Statistiske efterretninger nr 20, Kbh 1968.
[1.10] Boligministeriet	Landsbyggeloven. Kbh 1960.
[1.11] Boligministeriet	Bygningsreglement for købstæderne og landet. Kbh 1966.

*Mange former i naturen er sammensat af ens-
artede elementer – uden at helheden bliver
monoton.*



2

2. Modulordningens grundlag

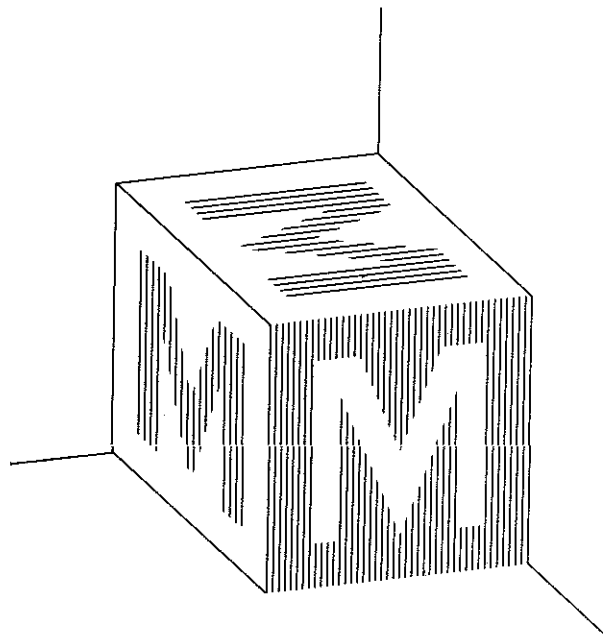
Modulordningens vigtigste træk er den fælles længdeenhed, *modulen**), som anvendes til at koordinere byggeriets dimensioner. I forrige kapitel har vi set eksempler på forskellige måleenheder valgt i forskellige perioder af bygningskunstens historie. I dag er en *byggemodul* på 100 mm standardiseret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

Byggemodulen $M = 100$
mm

Figur 2.01.

Byggemodulen M er den grundliggende længdeenhed, der i princippet anvendes til koordinering af byggeriets mål i alle tre dimensioner.

★ The building module M is the basic unit of measure used for coordinating the dimensions of the building in all three dimensions.



„Basis-module“, 4” =
101,6 mm

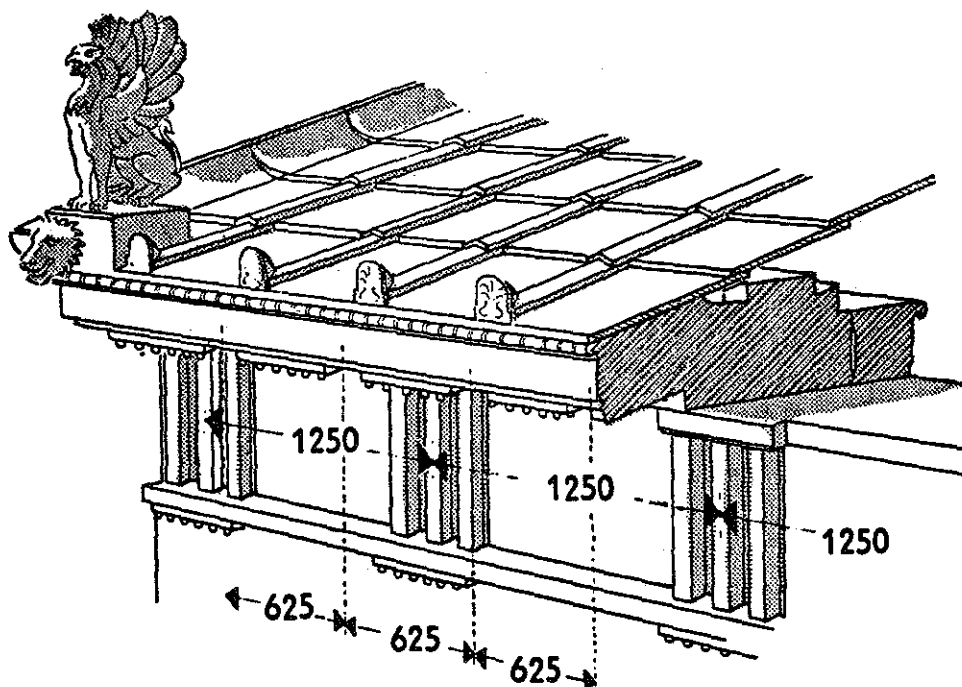
I Amerika benyttes en byggemodul på 4 inches = 101,6 mm, og selv om dette mål således ikke stemmer overens med den metriske modul, foregår der et betydeligt internationalt samarbejde om modulordningen, hvilket har ført til en række ensartede principper og anvendelsesregler samt fælles terminologi for de forskellige landes modulordninger. I England foregår al modulstandisering på grundlag af $M = 100$ mm og $3M = 300$ mm med henblik på landets overgang til det metriske system i 1972. Se [2.2]. Det internationale modulsamarbejde, der blandt andet skal fremme den internationale handel, omtales i afsnit 3.6.

Den tyske ”oktameter” =
 $1/8$ m = 125 mm

Et bemærkelsesværdigt træk i det internationale modulararbejde er den tyske modulordning, der er baseret på byggemodulen $OM = 125$ mm = $1/8$ m. Denne enhed, kaldet oktameteren (sammenlign decimeteren), anvendes som grundmodul for koordinering af alle mål vedrørende råbygningen, medens modulmål afledt af 100 mm modulen kun anvendes ved dimensionering af indbygningsdele. Den tyske modulordning er udformet og motiveret med stor dygtighed og energi af Ernst Neufert, hvis bøger ”Bauentwurfslehre” [2.3] og ”Bauordnungslehre” [2.4] er grundlæggende for al dimensionskoordinering i Tyskland. Der er hermed ingen større udsigt til europæisk enighed i dette spørgsmål for tiden.

Neufert

* Modul, byggemodul og de følgende med kursiv anførte termer er standardiserede i DS 1010, Modulordning for byggeindustrien, [2.1].



Figur 2.02.

Illustration fra E. Neufert: Bauordnungslehre. Figuren viser to af Neuferts planlægningsmoduler $WOBA = 625 \text{ mm}$ og $IBA/2 = 1250 \text{ mm}$, sammenlign afsnit 2.3, Planlægningsmoduler.

★ Illustration from E. Neufert: Bauordnungslehre. The figure shows two of Neufert's planning modules $WOBA = 625 \text{ mm}$ and $IBA/2 = 1250 \text{ mm}$, compare chapter 2.3, Planning modules.

2.1 Byggemodul, grundmodul

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.

10 cm kontra 12 cm

Byggemodulen, 10 cm er standardiseret i DS 1011.1, se figur 2.03. 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 sådanne dimensioner umodulære mål. For vægtykkelser er de umodulære mål 15 og 18 cm eksempelvis standardiserede.

Væg og søjletykkelser er ofte modulære

Det har været overvejet at basere disse umodulære mål samt mål mindre end 100 mm på de såkaldte submoduler, $\frac{M}{2}$, $\frac{M}{4}$ og $\frac{M}{5}$. Disse mål spiller en vis rolle i udenlandske – særlig østeuropæiske – modulordninger, men har endnu ikke vundet indpas i den danske modulordning. Et udvalg under Dansk Standardiseringsråd vil muligvis tage spørgsmålet op i forbindelse med et forslag om præferencemål, se afsnit 3.5.

Submoduler $M/2$, $M/4$ og $M/5$

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, og derfor har man indført de såkaldte planlægningsmoduler, der anvendes ved planlægning af råbygningens hoveddimensioner: fagvidder, etagehøjder mv. Planlægningsmodulerne, der er multipla af byggemodulen, er omtalt i afsnit 2.3.

Figur 2.03.

I de danske standards 1011.1 og 1011.2 er måleenhederne *M*, *2M* og *3M* fastlagt. Disse standards er optaget i landsbygningsreglementet som lovkrav. ★ In the Danish standards 1011.1 and 1011.2 the units of measure *M*, *2M* and *3M* have been established. These standards have been included in the Danish building code as statutory.

EDSE DANSK STANDARDISERINGSRÅD		Modulregler for byggeriet Byggemodul Modulr. rækkemål	Dansk Standard DS 1011.1 1. udg. Maj 1985 UDC 72.013	EDSE DANSK STANDARDISERINGSRÅD		Modulregler for byggeriet Planlægningsmodul Modulr. rækkemål	Dansk Standard DS 1011.2 2. udg. Maj 1985 UDC 72.013
<p>»Modulregler for byggeriet er en serie af byggestandarder, der omhandler de elementære regler for modulordningens anvendelse.» Angående den tekniske 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 tekniske grundlag for disse regler henvises til DS 1010: Modulordning for byggestandarder.</p>			
1. Byggemodulen (betegnes <i>M</i>)	er den grundlæggende længdeenhed, som anvendes ved fastlæggelse af byggestandardens generelle tilslutningsmål. Byggemodul <i>M</i> er 1 dm (100 mm)			1. Planlægningsmoduler	er længdeenheder, som er multipla af <i>M</i> . Planlægningsmoduler anvendes fortløbsvis ved projektering af råkbyggeriet. a) når der i et byggeri forekommer gentagelser af de samme funktionseenheder. b) når det f.eks. af tekniske, økonomiske eller æstetiske grunde er hensigtsmæssigt at begrænse målsættelser for større byggeplaner.		
2. Byggemodulnet	er kvadrater med maskeværdi <i>M</i> . Netlinjerne betegnes modulnetter. Modulelementer placeres således at samlinger mellem dem præcis ligger i midten af lodrette og vandrette modulnetter. I praksis kan det være nødvendigt at arbejde med flere indbyrdes forskudte byggemodulnet i samme rum eller bygning.			2. Planlægningsmodulnet	er net med lodrette eller rektangulære masker og med planlægningsmoduler som maskeværdier. Netlinjerne betegnes planlægningsmodulnetter. I praksis kan det være nødvendigt at arbejde med flere indbyrdes forskudte planlægningsmodulnet i samme bygning.		
<p>*) Oplysning om Danske Standard og DS-kommunikationer med tilføjelse af modulordningen kan fås ved henvendelse til Dansk Standardiseringsråd.</p>				<p>*) Planlægningsmodulnet <i>2M</i> og <i>3M</i> svarer til de regelmæssige målingssystemer, der kan opstå i mureværk af normalmur. *) Oplysning om Danske Standard og DS-kommunikationer med tilføjelse af modulordningen kan fås ved henvendelse til Dansk Standardiseringsråd.</p>			
<p>100240</p>				<p>100240</p>			

2.2 Modulmål, byggemål og tilvirkningsmål

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

- generelle tilslutningsmål (= modulære byggemål)
- planlægningsmoduler
- præferencemål

DS 1010

– se de følgende afsnit og DS 1010.

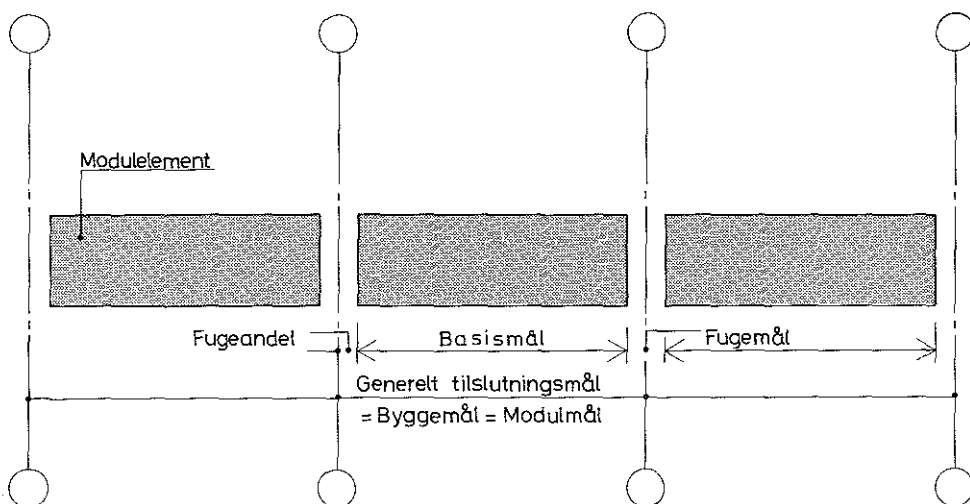
Generelle tilslutningsmål betegner de mål, der bestemmer en bygningsdele sammenbygning med andre bygningsdele. I reglen vil hovedmålene, længde, bredde og højde være bestemt af sådanne generelle tilslutningsmål. Ved sammenbygning opstår der *fuger*, hvis størrelse og art er afhængig af materialer og byggeteknik, og disse fuger indvirker igen på elementets eget mål, dets *basismål*.

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

Hvert element inklusive en fuge udfylder en vis del af rækkens længde, se figur 2.04, og denne længde kaldes elementets *byggemål* eller det *generelle tilslutningsmål*, som skal være deleligt med 10 cm. I DS 1011.3, Dimensionering af modulelementer er denne fremgangsmåde for bestemmelse af fuge- og basismål standardiseret.

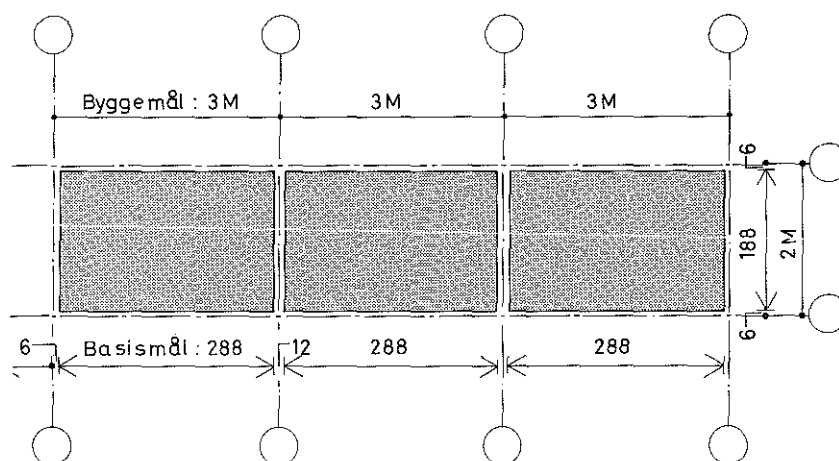
DS 1011.3

Bestemmelse af basismål og fugemål vises bedst gennem nogle eksempler fra praksis:



Figur 2.04.
Basismål + fuge = bygge-
mål, som skal være deleligt
med M .

★ Basic measure + joint =
building measure which
must be divisible by M .



Figur 2.05
Modulære byggeblokke.
★ Modular building blocks.

BYGGEBLOKKE 1:10

Eksempel A

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

Vandret byggemål	$3M = 300 \text{ mm}$
Fuger	12 mm
Vandret basismål	288 mm
Lodret byggemål	$2M = 200 \text{ mm}$
Fuger	12 mm
Lodret basismål	188 mm

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

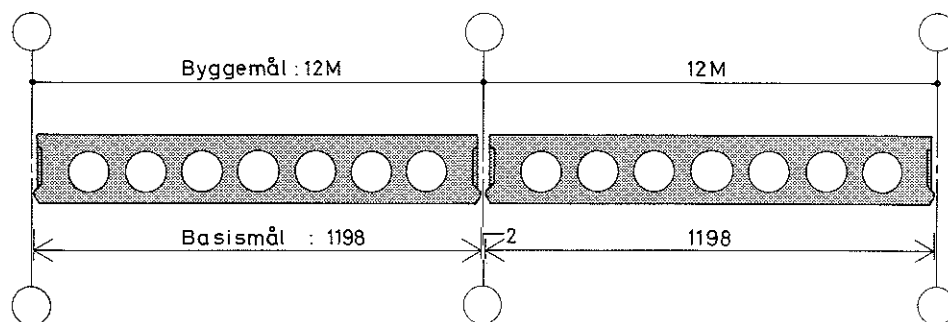
Eksempel B

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 figur 2.06)

Eksempel A. Blokstens- væg

Eksempel B. Elementdæk

Figur 2.06.
Modulære dækplader.
★ Modular floor components.



1:20

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

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

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

Eksempel C. Vindue i murhul

Eksempel C

Et vindue skal indsættes i en muråbning, og omkring vinduet skal der lukkes med en normal mørtelfuge på 10 – 15 mm. Vinduets basismål bestemmes da ligesom i eksempel A og B ud fra det valgte byggemål (modulmål) med fradrag for to fugeandele = 1 fuge, se figur 2.07.

Åbningers basismål

På tilsvarende måde bestemmes murhullets basismål af byggemålet med tillæg for to fugeandele. Herved bliver vinduets modullinier placeret midt i fugen lige som i eksemplerne A og B.

Vi siger, at vindue og murhul har samme modulmål eller *nominelle mål* $B \times H = 15M \times 12M$, men de har forskellige basismål:

$$15M \times 12M \text{ vindue: } \begin{aligned} b &= 1488 \text{ mm} \\ h &= 1188 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$15M \times 12M \text{ åbning: } \begin{aligned} b &= 1510 \text{ mm} \\ h &= 1210 \text{ mm} \end{aligned}$$

DS 1003 – DS 1009, standardvinduer

Modulmål og basismål for en lang række forskellige vinduestyper er standardiseret i DS 1003 DS 1009.

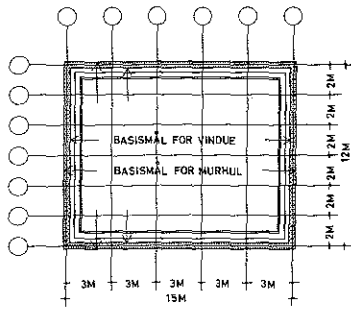
2.3 Planlægningsmoduler

DS 1011.2

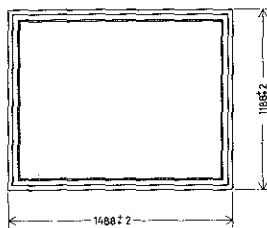
”Råhus” og ”færdighus”

Planlægningsmodulerne er standardiseret i DS 1011.2. Planlægningsmodulerne skal være multipla af byggemodulen. De anvendes fortrinsvis ved projektering af ”råbygningen”, dvs at alle bærende og afskærmende dele i bygningen planlægges ved hjælp af disse mål; medens grundmodulen anvendes ved projektering af indbygningsdelene, det såkaldte ”færdighus”.

MODULMÅL/BASISMÅL
(SKEMATISK)

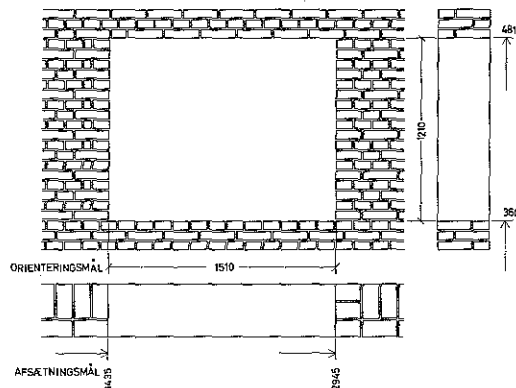


BASISMÅL FOR VINDUER



1:50

BASISMÅL FOR MURÅBNING



Figur 2.07.
Modulært vindue i modu-
lær muråbning.
★ Modular window in
modular wall gap.

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

I bogens eksempler kapitel 8, 9, 10 m fl er beskrevet byggerier, der er projekteret over planlægningsmoduler, fx 3M × 3M vandret og 2M lodret, 3M × 12M vandret eller 6M × 6M vandret. For andre byggeformer end boligbyggeriet kan anvendes andre planlægningsmoduler, se fx kapitel 17-21. For at kunne anvende flest mulige fælles elementtyper i boligbyggeriet og i de øvrige byggerier, hvilket vil øge markedet for sådanne produkter, bør disse byggerier projekteres med planlægningsmoduler, der er multipla af 3M, medmindre stærke funktionsbestemte krav taler for andre mål. Fastlæggelse af større planlægningsmoduler for erhvervs- og institutionsbyggeriet er en vigtig, aktuel standardiseringsopgave.

Planlægningsmodulen 3M er almindelig som vandret mål i de fleste europæiske lande, incl de skandinaviske, men 3M-målet anvendes ofte også som lodret planlægningsmodul. I dette spørgsmål står Danmark således mere isoleret med sit 2M-højdemål, der som nævnt er afledt af de lodrette mål i dansk normal-murværk.

I Neuferts oktameter-verden møder vi planlægningsmodulerne

IBA = 2500 mm til planlægning af hovedmål i industri-
(Industriebaumass) byggeri

$\frac{IBA}{2}$ = 1250 mm til planlægning af barakker og landbrugs-
bygninger mv.

WOBA = 625 mm til planlægning af boligbyggeri!
(Wohnbaumass)

3M og 2M for boligbygge-
riet

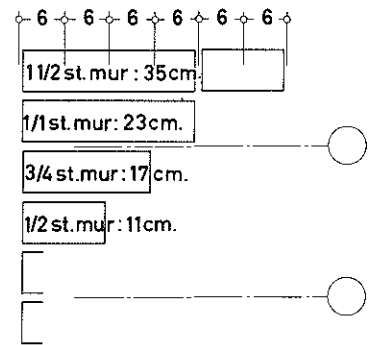
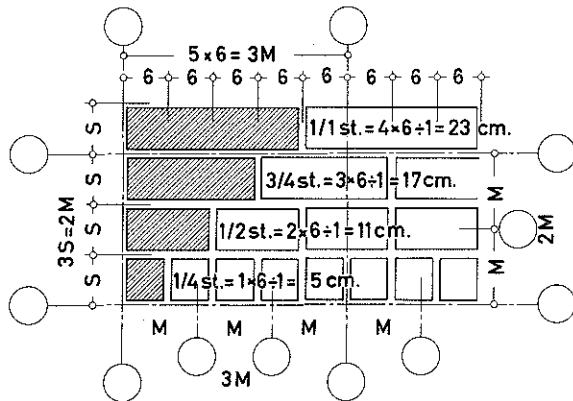
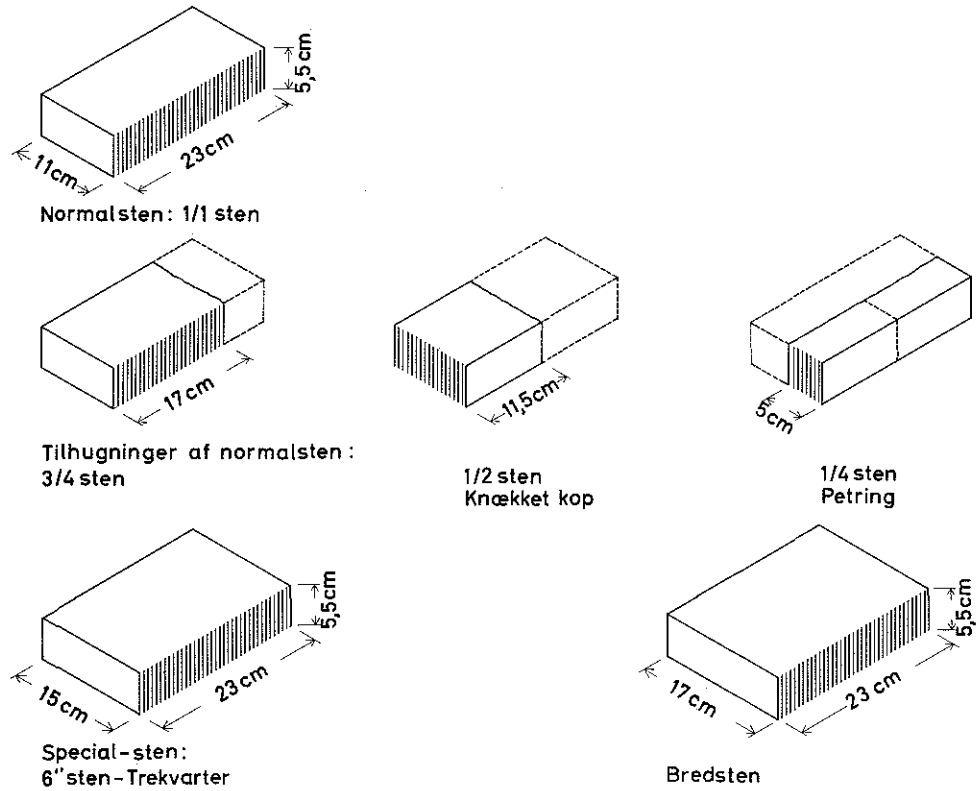
Planlægningsmodulerne
2M, 3M, 6M og 12M

Planlægningsmoduler af-
ledt af oktameteren

Figur 2.08.

Mursten og murværksmål med danske normalsten, efter DS 1048.

★ Bricks and measures of brickwork assuming the use of Danish standard bricks according to DS 1048.



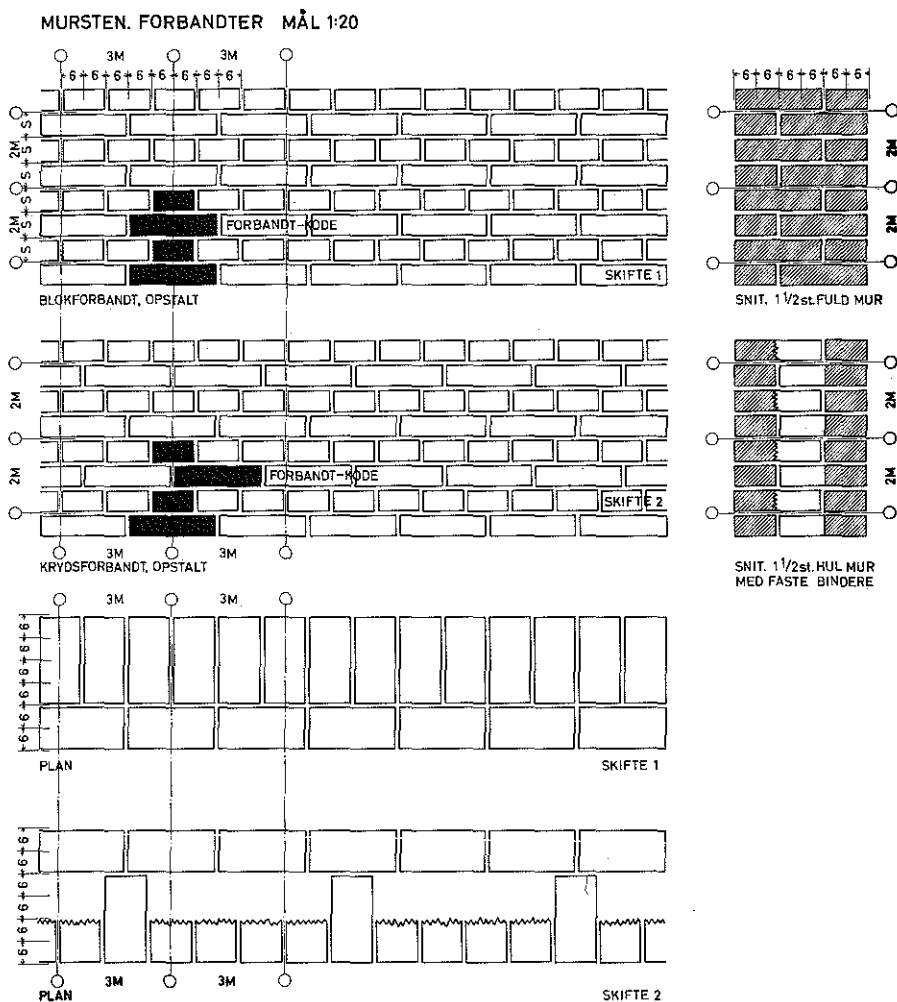
FORBANDTMÅL

MURTYKKELSER

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

BA = 250 mm til dimensionering fx af byggeblokke og sten
(Baumass) mv.

Med disse mål placerer Tyskland sig klart uden for det europæiske modul-fællesskab, og en udveksling af byggevarer mellem Tyskland og de øvrige lande vanskeliggøres. Et særligt grelt eksempel har vi i planlægningsmodulen for boligbyggeri, WOBA = 625 mm, som ikke kan bringes i harmoni med noget mål inden for den internationale modulordning. Målet er meget almindeligt på tyske byggevarer.



Figur 2.09.
 Krydsforbandt og blokforbandt. Forbandterne skal være 1/4 stens forbandter for at kunne passe med 3M-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.
 ★ Cross bond and English bond. The bonds must be 1/4 brick bonds to fit in with the 3M pattern. The ordinary cross and English bonds are more suitable for full walls than for hollow walls due to the course of headers, see course 2 demanding cutting of the headers.

Ved valget af de danske planlægningsmoduler 3M og 2M har hensynet til murværket været afgørende. Med disse mål kan murværkets byggemål, der er multipla af 60 mm, vandret og $66 \frac{2}{3}$ mm, lodret kobles sammen med modulmålene. Sammenhængen fremgår af figur 2.08 – 2.10 og følgende ligninger:

Vandrette mål: $5 \times \frac{1}{4}$ stens spring = 5×60 mm = 3M

Lodrette Mål: 3 skifter = $3 \times 66 \frac{2}{3}$ mm = 2M

Basismålene for sten og murværk er i figur 2.08 opgivet med de i praksis anvendte, afrundede værdier i cm. De nøjagtige værdier af stenenes basismål vil efter DIF's nye murværksnormer, [2.6], blive:

Normalsten $1 \times b \times h = 228 \times 108 \times 55$ mm
 Bredsten $1 \times b \times h = 228 \times 168 \times 55$ mm

Se også afsnit 2.8 om tolerancer, samt DS 1048.

Den hidtil anvendte "skillerumssten" eller 6"-sten, se figur 2.08, med målene $230 \times 150 \times 55$ mm, afløses i disse år på en del værker af den førnævnte „bredsten“, med målene $228 \times 168 \times 55$ mm, som passer med murværkets egne byggemål, $n \times 60$ mm, idet

breddemål + fuge = $168 + 12 = 180 = \frac{3}{4} \times 240$ mm (= 3/4 sten)

Murværkets 60 mm byggemål

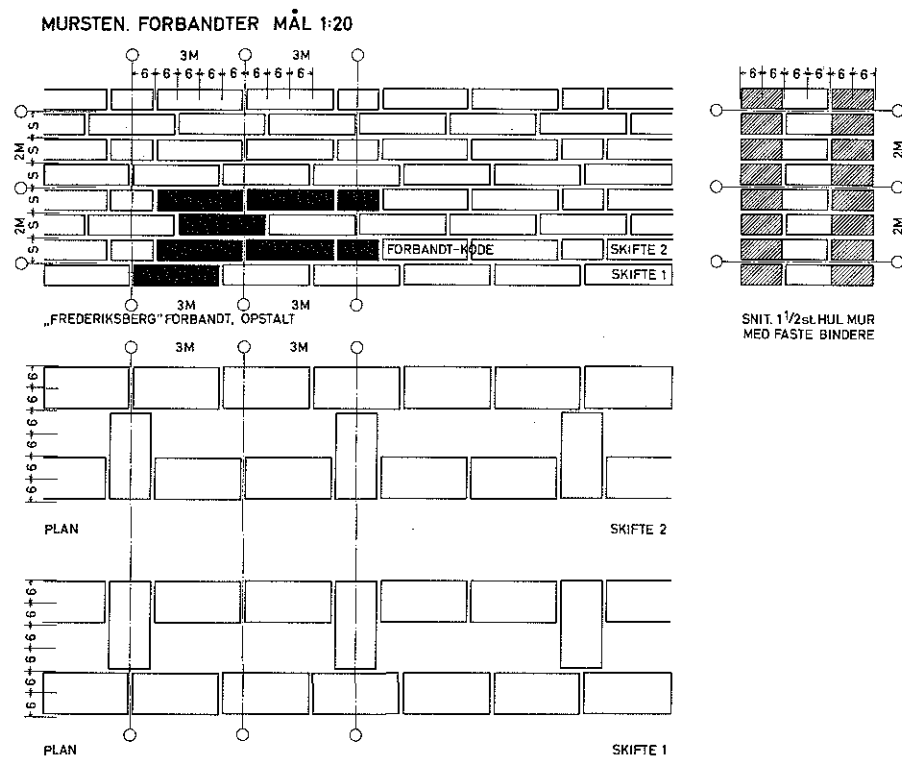
DS 1048

6"-sten og bredsten

Figur 2.10.

„Frederiksberg-forbandet” er velegnet til hule mure. Ingen hugning af stenene.

★ The „Frederiksberg-bond” is suitable for hollow walls. No cutting of the bricks.



Ovennævnte sammenhæng mellem murværksmål og modulmål er standardiseret i DS 1048, Normalmurværk og modulprojektering, der indgår som en del af Dansk Ingeniørforenings nye murværksnormer. Sammenbygningen af normalmurværk med modulære bygningsdele vil blive vist og omtalt i kapitel 9, 10 og 14.

Nye DIF-normer for murværk

2.4 Præferencemål

Ligesom planlægningsmoduler for råbygningen begrænser variationer på eksempelvis spændvidder og højdemål til spring på 3M, henholdsvis 2M, kan man for de større bygningsdele vælge større multipla af grundmodulen for at opnå en øget variantbegrænsning. Sådanne foretrukne modulmål kaldes *præferencemål*. Præferencemålene anvendes ved dimensionering af modulære komponenter efter reglerne i afsnit 2.2. og DS 1011.3, Dimensionering af modulkomponenter.

DS 1011.3

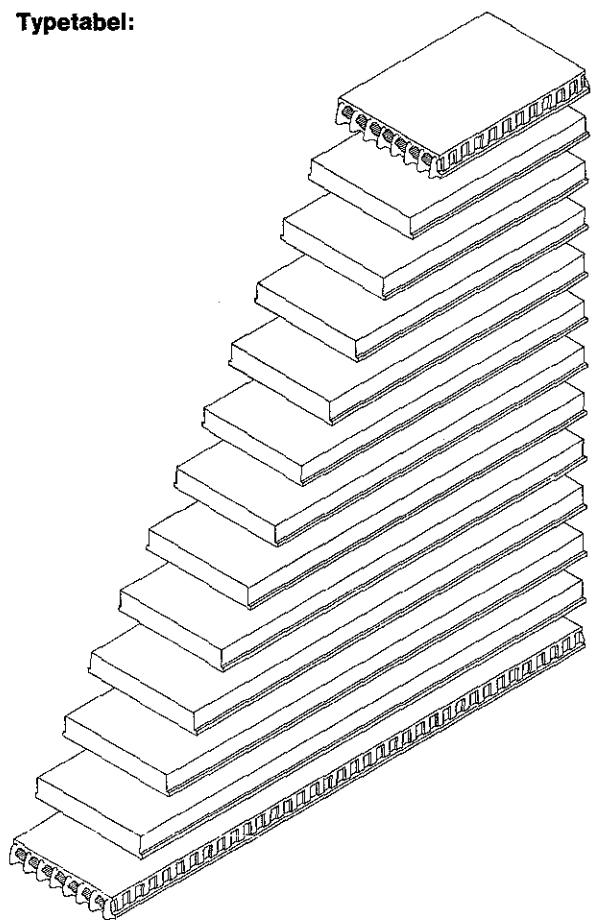
Præferencemål giver variantbegrænsning

Præferencemålene tjener til at gøre en elementproduktion rationel og økonomisk. Tænker man sig fx dækelementer udført med breddemålene 6M, 9M, 12M og 15M samt længdemålene 24M, 27M, 30M 48M i overensstemmelse med planlægningsmodulen 3M, ville man få en serie på 36 forskellige dækelementer. En sådan serie kan ikke danne grundlag for en rationel, industrialiseret produktion.

DS/R 1038

I rekommandationsbladet, DS/R 1038 for hule dækkomponenter af beton er der angivet præferencemål for elementer af forskellige vægklasser. På grundlag heraf kan betonelementfabrikanterne udvælge rationelle målserier til deres produktion.

Figur 2.11 viser en serie dækelementer fra Højgaard & Schultz's katalog. Som breddemål har man valgt 12M, mens længdemålene varierer i spring på 3M fra 18M til 54M. Dog vil fabriken være i stand til at levere supplementsbredder, fx B = 6M og B = 15M, men til en væsentlig højere pris pr m², idet sådanne

Typetabel:

Type mrk.	Længde		Vægt kg/stk.
	M	mm	
PE 1800	18	1780	600
PE 2100	21	2080	700
PE 2400	24	2380	810
PE 2700	27	2680	920
PE 3000	30	2980	1.020
PE 3300	33	3280	1.130
PE 3600	36	3580	1.230
PE 3900	39	3880	1.340
PE 4200	42	4180	1.440
PE 4500	45	4480	1.550
PE 4800	48	4780	1.660
PE 5100	51	5080	1.760
PE 5400	54	5380	1.870

Figur 2.11.
Præferencemål på dækele-
menter.
★ Preferred dimensions for
floor components.

elementer skal fremstilles i individuelle forme ved den såkaldte værkstedspro-
duktion, hvor udstøbning og transport mv foregår som mekaniseret håndværk.

Maskinproduktion og
værkstedproduktion

Valget af præferencemål er selvfølgelig ikke kun et spørgsmål om produktions-
teknik og økonomi. Præferencemålene virker direkte ind på rumstørrelser,
fagvidder mv, og de må derfor bestemmes ud fra de brugsmæssige krav til
projektet. Spørgsmålet om rumdimensionering ud fra brugskravene har optaget
bygeforskningen overalt i verden i de senere år, og en omfattende litteratur er
opstået om emnet. For danske forhold kan fx henvises til SBI-rapport 56,
Måltypisering [2.8], der beskæftiger sig indgående med, hvordan præferencemål
kan udvælges ud fra fordoblingsrækker; se nærmere herom i afsnit 3.5.

Præferencemål og brugs-
krav

Måltypisering

Som eksempler på andre præferencemål fra praksis kan nævnes dørmål efter
DS 1028, hvor dørenes breddemål er standardiseret til 7M, 8M, 9M og 10M. I
DS/R 1043, Køkkenelementer af træ, er der angivet præferencemål på 4M og
6M for bredden af køkkenelementer.

DS 1028, dørbredder 7M,
8M, 9M og 10M
DS/R 1043, bredder af
køkkenelementer: 4M og
6M

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

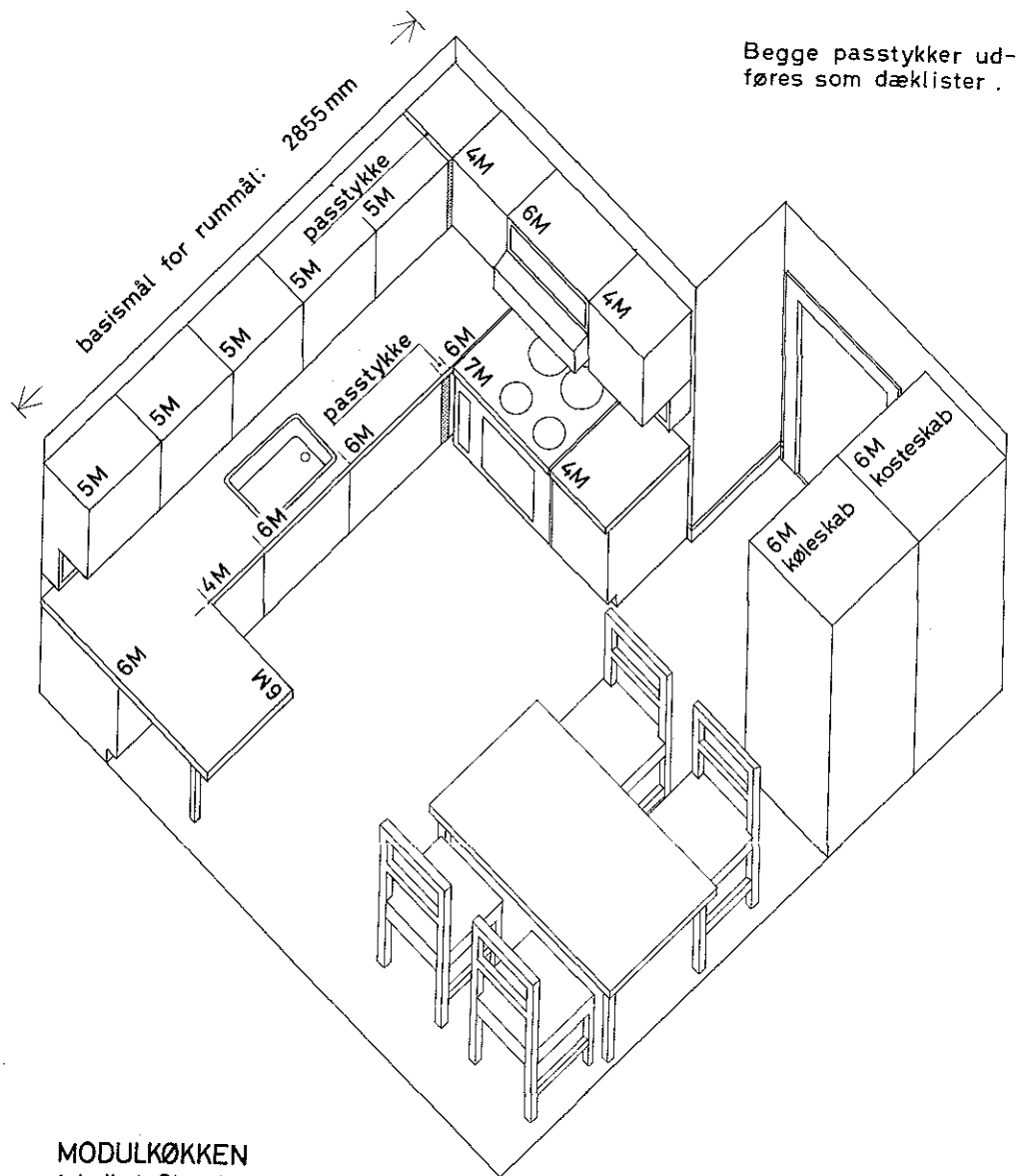
2.5 Placering af komponenter

Under projekteringen placeres bygningsdelene i forhold til hinanden med plan-
lægningsmodulerne som koordineringsmiddel. For etageboligbyggeriet er der
udarbejdet placeringsregler i DS/R 1049, Bærende vægge og dæk, og princip-
perne heri vil kunne overføres til de fleste andre bygningstyper. Figur 2.13
viser placeringsskitser fra rekommandationsbladet.

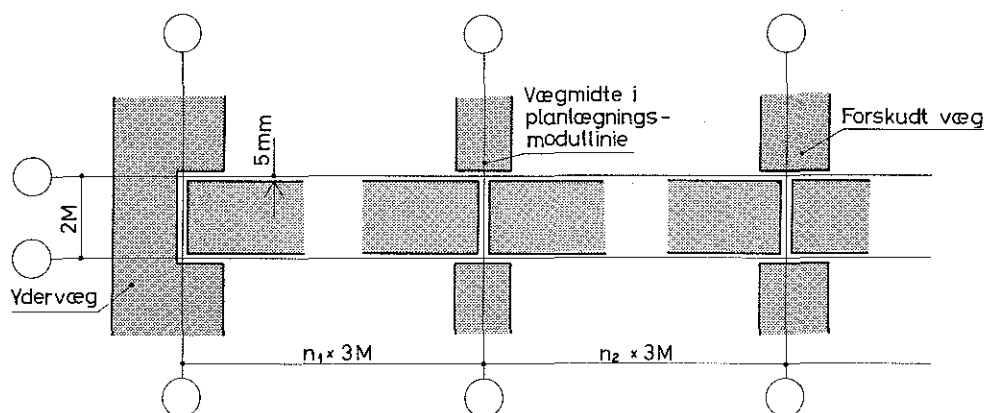
DS/R 1049

Bærende vægge og dæk

Figur 2.12.
 Modulære køkkenelementer efter DS/R 1043.
 ★ Modular kitchen components according to DS/R 1043.



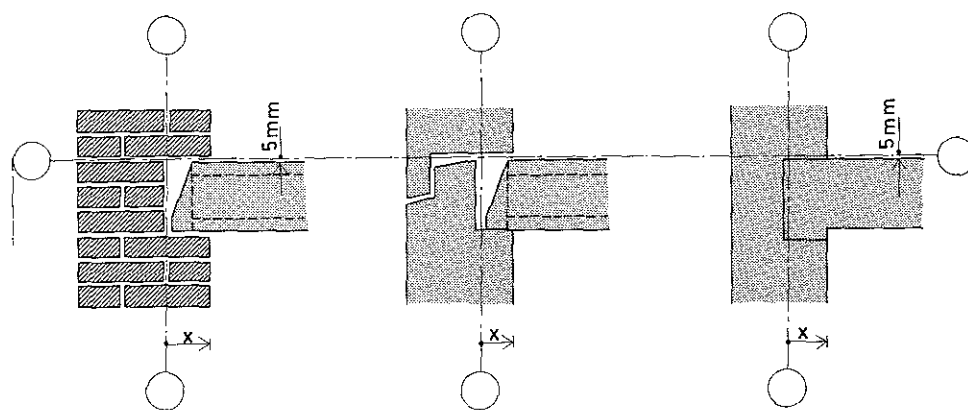
Figur 2.13.
 Samlinger mellem bærende vægge og dæk efter DS/R 1049.
 ★ Connection of bearing walls and floor according to DS/R 1049.



Ved skitseprojektering (af råbygningen) benyttes planlægningsmodulerne 3M x 3M for de vandrette mål:

Vandrette mål

- Bærende vægge placeres i planlægningsmodullinier
- Fuger mellem dækkomponenter placeres i planlægningsmodullinier
- Fuger mellem vægkomponenter placeres i planlægningsmodullinier



Mål: 1:20

Dæk: hule betonelementer

Væg: 1½ stens murværk

Dæk: hule betonelementer

Væg: betonelementer

Dæk: beton in situ

Væg: typen underordnet

Figur 2.14.
Placering af planlægningsmodullinier i bærende ydervægge. Afstanden x bestemmes af byggeteknikken.

★ Placing of the planning modular lines in the load-bearing exterior walls. The distance x is decided by the building technique.

De byggetekniske vilkår for samlingerne kan bevirke, at komponenterne må forskydes i forhold til modullinierne, som figur 2.13 og 2.15 viser. Derfor må der udføres skitser af samlingerne, hvor disse spørgsmål klares op, således at samlingerne opfylder de relevante byggetekniske krav. Skitserne, der bestemmer komponenternes placering i forhold til modullinierne kaldes *moduldetaljer*. Termen er standardiseret i DS 1010, pkt 4.3.

Skitser og moduldetaljer

Moduldetaljer, se DS 1010

Ved udarbejdelsen af moduldetaljerne anvendes følgende placeringsregler:

Bærende indvendige vægge placeres med midterplan i en planlægningsmodullinie, medmindre byggetekniske forhold motiverer en afvigende placering.

Bærende udvendige vægge placeres således, at de byggetekniske krav til samlingerne opfyldes bedst muligt; se figur 2.14.

Dækkomponenter placeres inden for deres modulområder.

Adskilte planlægningsmodulnet kan optræde som følge af særlige byggetekniske forhold i samlingerne, se figur 2.15.

Figur 2.14 og 2.15 viser afvigelser fra de simple placeringsregler. Bogens eksempler i kapitel 8 og følgende redegør for, hvorledes sådanne samlinger udføres og giver begrundelserne herfor. DS/R 1049 indeholder en række eksempler på moduldetaljer for almindeligt forekommende konstruktioner.

De lodrette mål i etage-boligbyggeriet er styret af planlægningsmodulen 2M og den faste etagehøjde 28M, som er standardiseret i DS 1000, Højdemål i normaletager. Etageadskillelsens bærende del, rådækket, placeres efter DS/R 1049 en fugeandel = 5 mm under et modulplan. Dette kaldes „5 mm reglen“, og fra dette plan udgår de øvrige lodrette mål.

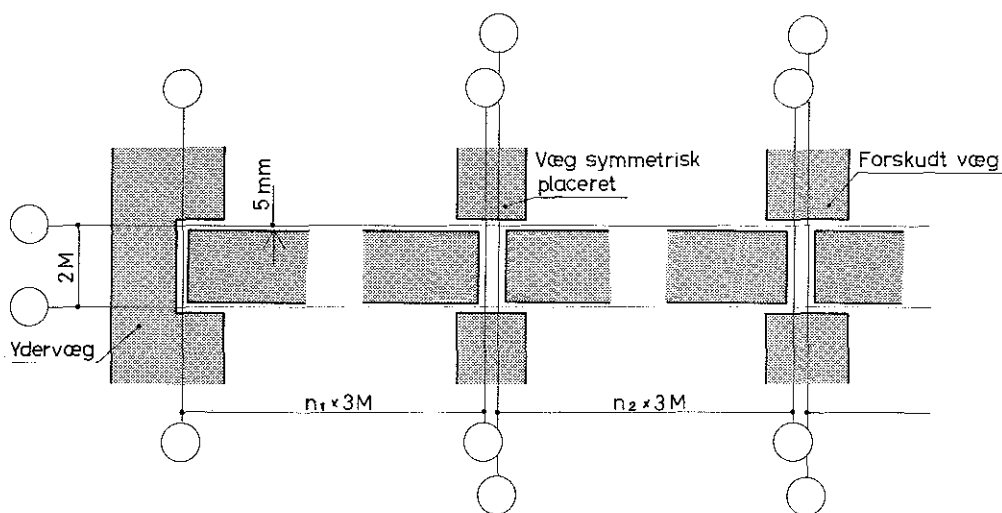
Lodrette mål

”5 mm reglen”

Når man har valgt at lægge rådækkets overside fast i forhold til de lodrette modulmål, hænger det sammen med, at de sidste års udvikling i byggeriet har bragt adskillige nye dæktyper og gulvtyper med meget varierende tykkelser på markedet. Disse variationer indvirker direkte på rumhøjden og har samtidig betydning for dørhøjder og en lang række højdemål for inventar og installationer. Med ”5 mm reglen” har man fået et fast udgangspunkt for styring af disse højdemål under projekteringen.

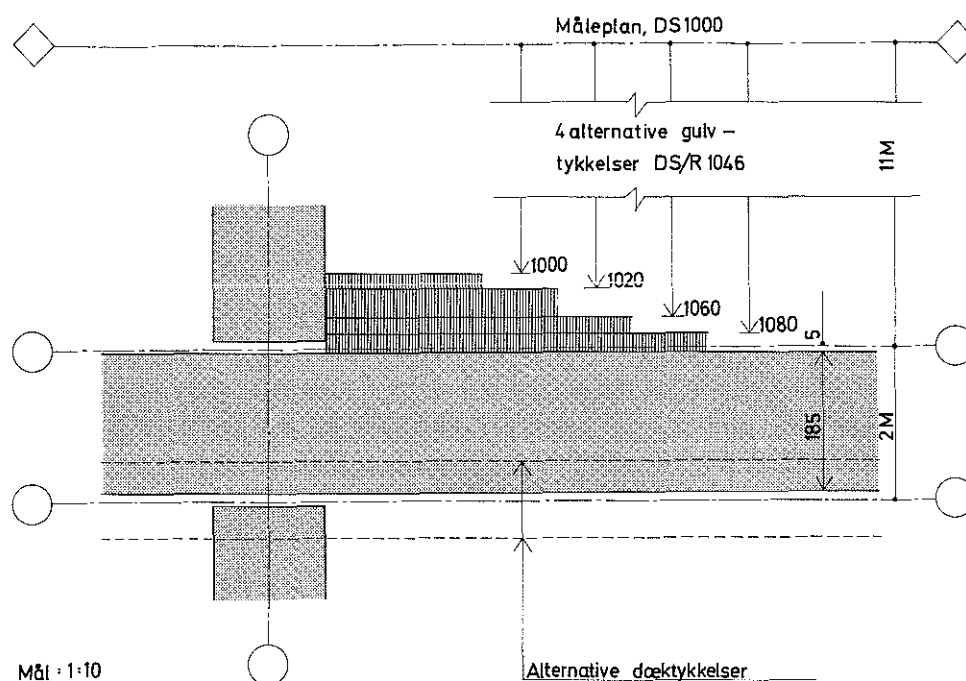
Figur 2.15.
Samlinger med adskilte
planlægningsmodulnet ef-
ter DS/R 1049.

★ Connection in case of
separate planning modular
grids according to DS/R
1049.



Figur 2.16.
Etageadskillelse med varie-
rende gulv- og dæktykkel-
se.

★ Floors with variations in
thicknesses of concrete
components and floor cov-
ering.



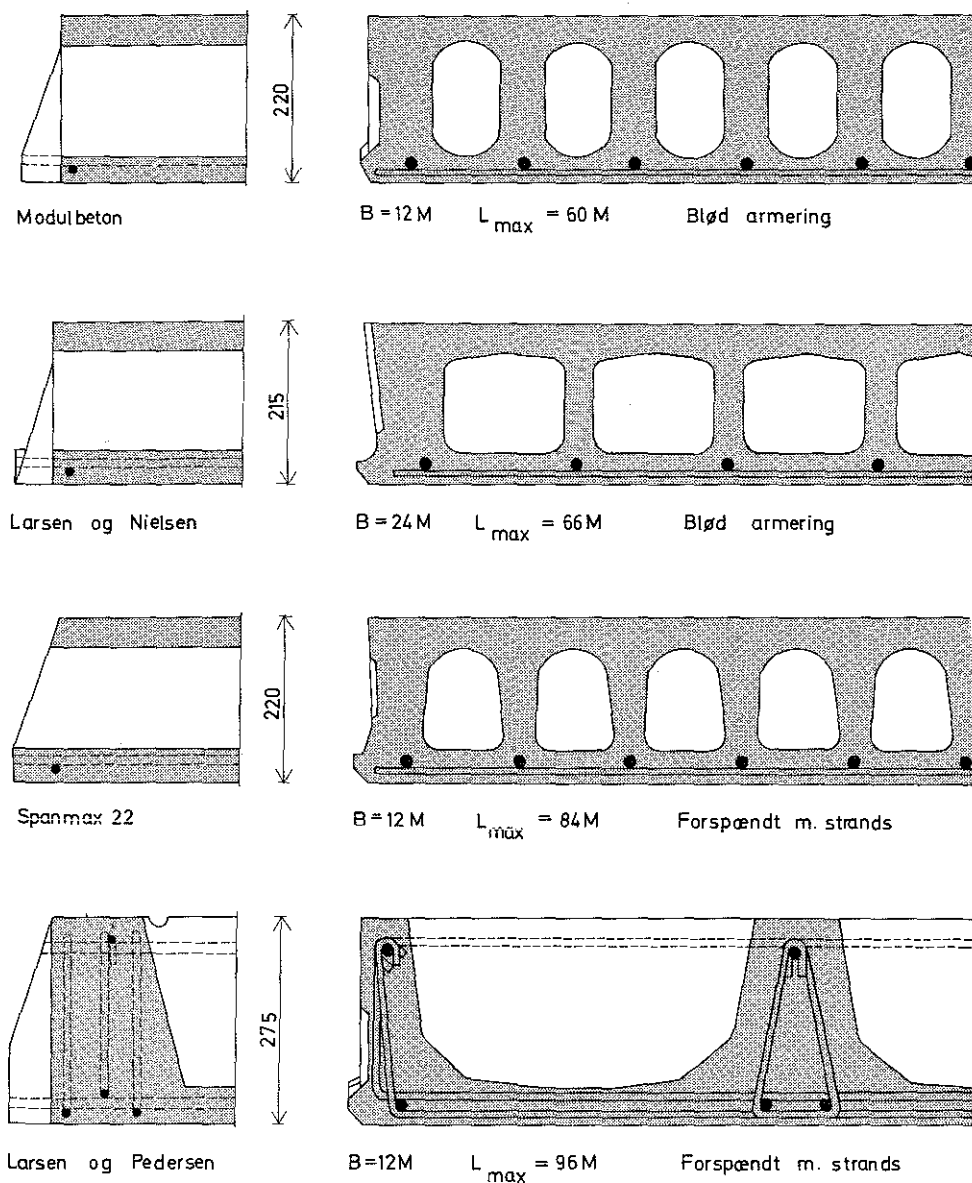
DS/R 1046, overgulve

Figur 2.16 viser forskellige, aktuelle tykkelser på etageadskillelsen. De fire gulvtykkelser er fra DS/R 1046, Gulvoverfladers højdeplacering, der rekommanderer overgulve fra 25 mm, eksempelvis slidlag eller tekstilbelægninger, til 105 mm, eksempelvis trægulv på strøer. Af rådæktykkelserne er kun de hule dækelementer standardiseret med tykkelsen 185 mm, se DS/R 1038, men flere elementfabrikker har såkaldte langspænddæk på programmet med tykkelser på ca 220 mm og spændvidder op til 8-10 m. Se figur 2.17. Disse dæktykkelser må i reglen kombineres med de tyndere overgulve for at overholde byggelovskravet om rumhøjden $R = 250$ cm. I grænsetilfælde har Boligministeriet dispenseret 1 à 2 cm på rumhøjden ved tykke etageadskillelser, men fastholdt kravet om etagehøjden 28M.

Den nye udgave af DS 1000 indeholder en oversigt over samtlige standardiserede højdemål i dag (januar 1970): se figur 2.18.

2.6 Modulnet og -komponenter

Når modul, planlægningsmodul og præferencemål er valgt, eventuelt standardiseret, kan man gå to forskellige veje ved den videre udbygning af modulordningen.



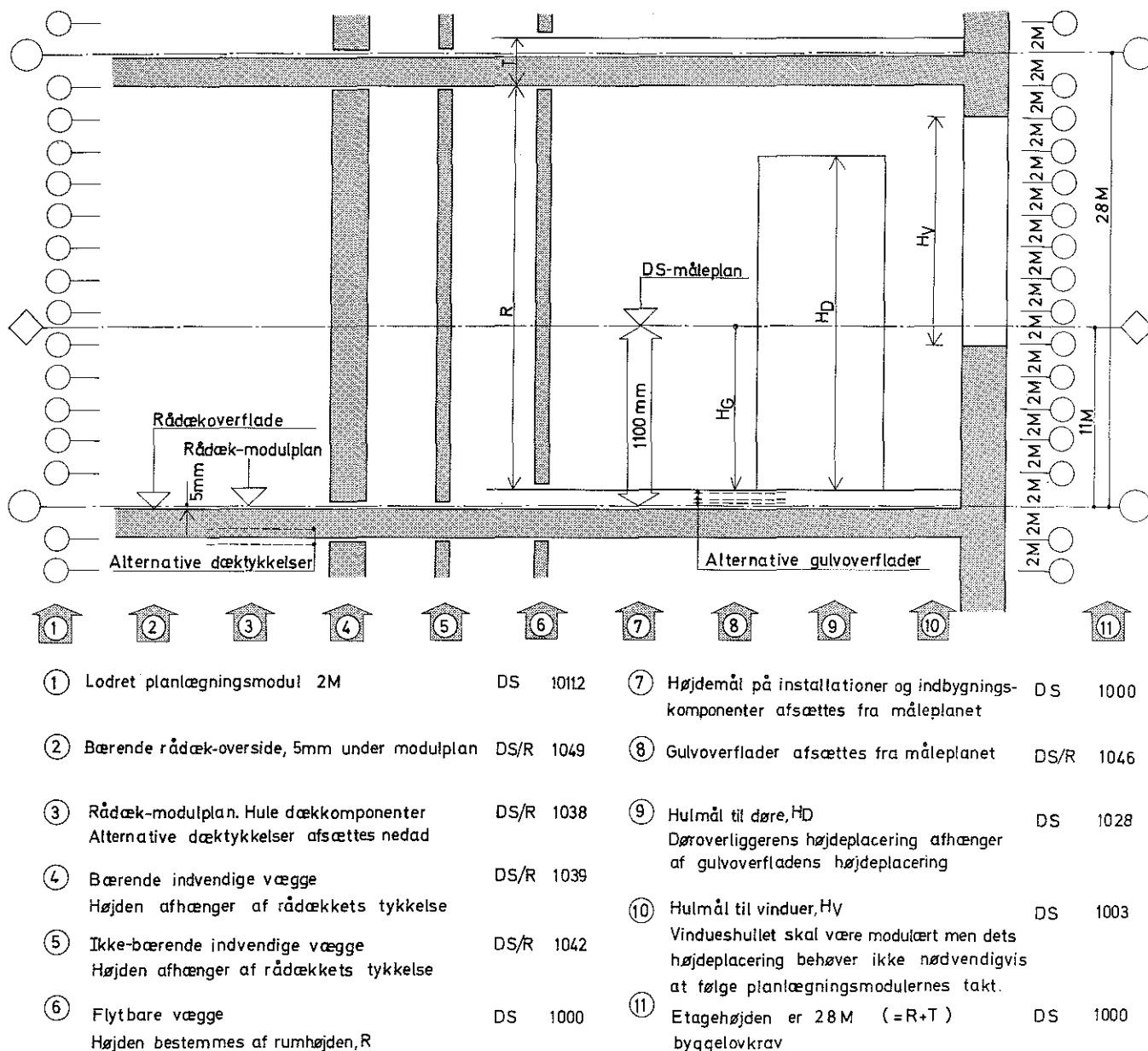
Figur 2.17.
Langspænddæk.
★ Long span floor components.

LANGSPÆND DÆK 1:10

- A. Man kan projektere over *modulnet*
- B. Man kan projektere med *modulkomponenter*

I tilfælde A optegnes projektet over et gennemgående modulnet, og såvel hovedmål som detailmål indpasses efter nettet. I tilfælde B dimensioneres først de enkelte elementer som modulelementer, hvorefter de bygges sammen uden anvendelse af modulnet.

Som så ofte når man står overfor to muligheder, beslutter man, at det skal være enten kun den ene eller kun den anden, og de to opfattelser, modulnet *kontra* modulkomponenter har da også præget den internationale moduldebat i de sidste 10-15 år. For 50 år siden diskuterede man analogt hermed, om det skulle være jævnstrøm eller vekselstrøm. I dag anvender man begge dele, og tilsvarende har man nu også fundet ud af, at man kan nærme sig målet, en øget industrialiseringsgrad i byggeriet ad begge veje, dvs *både* ved at bruge modulnet og modulkomponenter. De forskellige byggetekniske vilkår vil være afgørende for, om man skal bruge net eller ej, eventuelt hvor langt man i et givet projekt kan anvende nettet. Dette vil fremgå af bogens eksempler i de følgende afsnit.



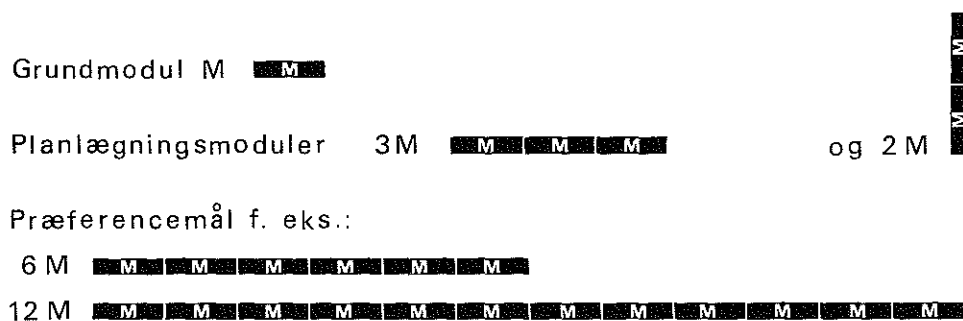
Figur 2.18.

Sigt over standardiserede højdemål efter DS 1000. Måleplanet beliggende 1100 mm over rådækmodulplanet anvendes som afsætningsplan på arbejdstegningerne. Hvor rådækkets tykkelse overskrider 2M, må de bærende vægges højde, (4), afpasses herefter, således at etagehøjden 28M, (11), kan opretholdes.
 ★ Review of vertical measures according to DS 1000. The horizontal plane situated 1100 mm above the raw floor modular plane is used as starting point on the workshopdrawings. Where the thickness of the raw floor exceeds 2M, the bearing walls' height (4), must be adjusted similarly, so that the height of the floor 28M, (11), can be maintained.

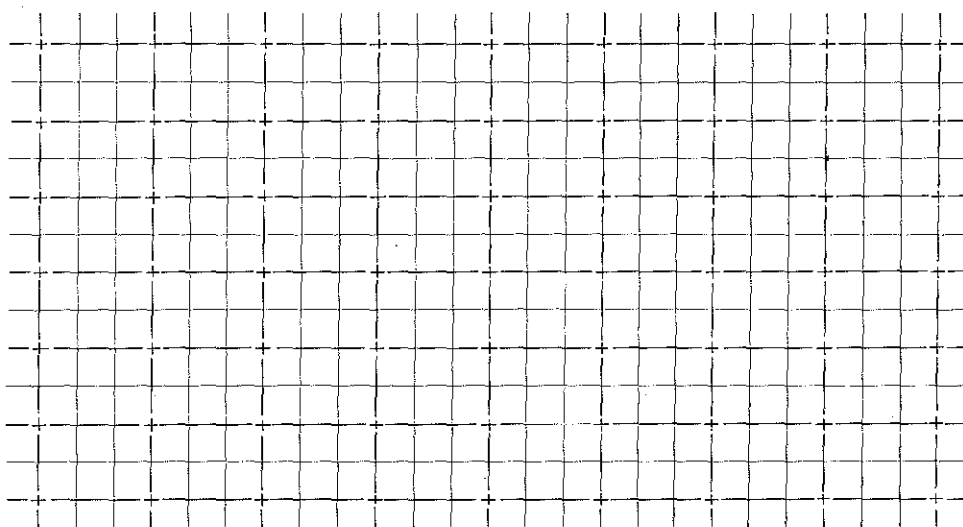
Allerede i 1955 skrev sekretæren for SBI's modulkomité, arkitekt Edvard Heiberg, følgende kloge ord om emnet modulnet, [2.9]:

Modulretningen, 1947

"I Sverige (og i den internationale diskussion) havde arkitekterne Dahlberg og Bergvalls "Modulretning" 1947 bestyrket den opfattelse, at modul og modulnet hører uvægerlig sammen. I det praktiske arbejde med modulmålsætninger har det imidlertid vist sig, at man kan komme et langt stykke på vej i retning af koordinering på grundlag af en fælles enhed uden at behøve



Figur 2.19.
Byggemodul, planlægningsmodul og præferencemål for boligbyggeri.
★ Basic module, planning module, and preferred dimensions, for dwellings.



Figur 2.20.
Modulnet.
★ Modular grid.

at måtte gå til den yderste konsekvens modulnettet – ja erfaringerne har vist, at kravet om et konsekvent gennemført net kan hæmme og sinke udviklingen.”

Modulnettet dannes af planlægningsmodulerne og eventuelt af grundmodulen, se figur 2.20.

Nettet af planlægningsmoduler anvendes fortrinsvis til projektering af råbygningen. Moduldimensionerede komponenter placeres normalt i modulnettet med kanterne langs modullinier. Området mellem disse modullinier kaldes *elementets modulområde*. 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: fer og not, bolteforbindelser og lignende, se figur 2.21.

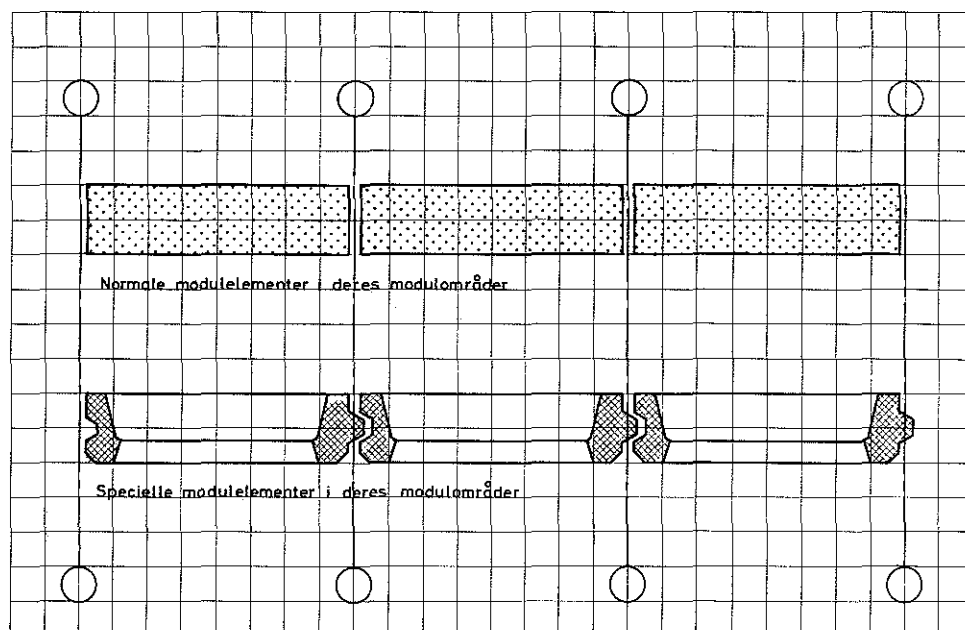
Fer- og not-samlinger

Hvor simple ensartede modulelementer står på række som i figur 2.21, er der ingen konflikt med modulnettet, vi kan projekttere både med net og med modulelementer; men så snart man i praksis skal udforme andre samlinger, fx hjørner eller T-samlinger, melder problemerne sig, og da må enten nettet vige, eller der må udføres specialelementer, som ofte bliver umodulære.

Hjørne- og T-samlinger

Figur 2.22 viser øverst to rækker (vægge) af modulelementer, der skal bygges sammen i et hjørne, og nedenunder et udvalg af de mange forskellige muligheder, der rent *geometrisk* findes for denne sammenbygning. Når man i praksis skal vælge mellem disse og eventuelle andre mulige løsninger, må valget træffes ud fra de byggetekniske hensyn. Dvs at man afhængigt af materialer, fuger, produktionsteknik, montagemuligheder, arkitektur og andet må finde frem til den bedste løsning. Ved den detaljerede udformning af disse hjørnesamlinger vil

Figur 2.21.
Modulelementer og modulområder.
★ Modular components
and modular regions.



Specialelementer og hjørner

man så i en række tilfælde opdage, at nogle af de løsninger, der er vist med normalelementer (nr. 7-9) måske alligevel kræver specialelementer, eller i hvert tilfælde varianter, hvor den flade, der vender imod naboelementet i hjørnet, skal udformes (profileres) specielt som følge af fugeteknikken.

Net- og elementforskydninger

I figur 2.22 repræsenterer samlingerne nr. 1-6 løsninger, hvor elementerne, som hovedsagelig er specialelementer, ligger korrekt i forhold til nettet, dvs inden for deres modulområder og efter vægakseprincippet, medens samlingerne nr. 7-9 viser løsninger, hvor man har forskudt elementer og net i forhold til hinanden. Det må fremhæves, at begge disse muligheder er fuldt "legale", dvs lige modulære. Valget mellem dem er kun et spørgsmål om "produktionsvenlig" byggeteknik i førnævnte omfattende betydning – og om sund fornuft.

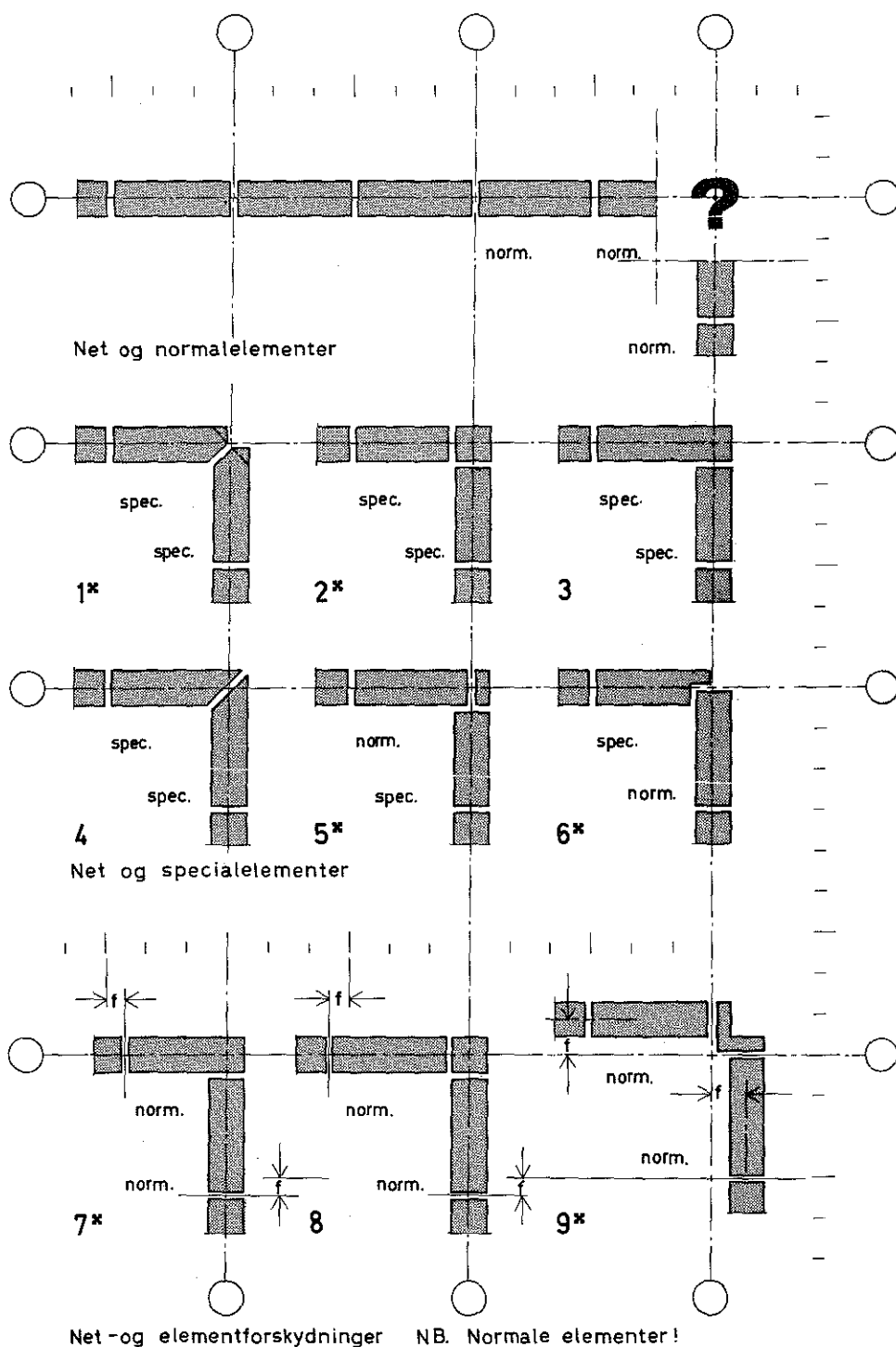
Figur 2.23 viser som eksempler hjørnesamlingerne nr. 1, 2, 5, 6, 7 og 9 som de er udført i nogle kendte bygninger.

Det rumlige modulnet

DS/R 1049

Går vi ud fra planen til rummet, forstærkes disse samlingsproblemer naturligvis betydeligt. Blandt de byggetekniske krav, der her skal tilgodeses, er først og fremmest de statiske, som ofte vil bevirke specielle udformninger af elementer og samlinger. Det er disse vilkår, der undertiden medfører, at modulnettet deles i to eller flere adskilte områder, som vist i DS/R 1049, Bærende vægge og dæk – Placering af komponenter. Emnet vil blive mere udførligt behandlet i kapitel 4, Modul og statik.

Figur 2.24 viser en model af en bygning, hvor samtlige bygningsdele ligger korrekt i deres modulområder. Vægakseprincippet er overholdt, og på grund af de modulære væg- og dækttykkelser ligger der modulplaner i alle elementoverflader; herved bliver også alle rummål modulære. Dette teoretiske eksempel kan i dag kun realiseres i modelbyggeri, fx i Modulex-klodser eller tilsvarende, se figur 2.25, men næppe i praktisk byggeteknik. Her vil man kun sjældent kunne dimensionere og placere samtlige bygningsdele modulært i forhold til det rumlige modulnet på grund af de vekslende byggetekniske krav til samlinger, dimensioner og tolerancer. Et par eksempler fra praksis vil tydeligt vise hvorfor.



Figur 2.22.
 Samlingerne med * er vist
 på figur 2.23 i en række
 løsninger fra praksis.
 * Connections with * are
 shown on figure 2.23 in
 several solutions from
 practice.

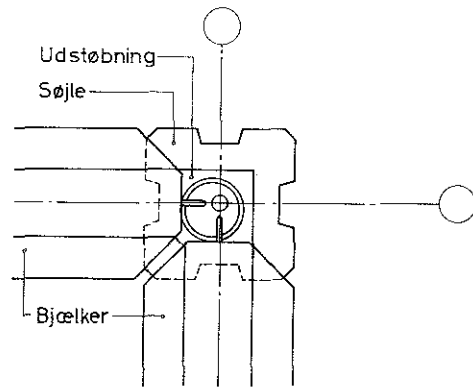
HJØRNESAMLINGER, TEORETISK

I planen figur 2.26 er de bærende konstruktioner bygget op over et planlægningsmodulnet på 3M x 12M. 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 150 mm – bestemt som den mest økonomiske tykkelse ud fra de statiske og akustiske funktionskrav i projektet – kan indbygningsdelene, lette vægge og køkkeninventar, ikke placeres med deres fuger i modullinierne, se detaljerne figur 2.27 og 2.28. Både de lette vægge og køkkeninventaret har i sig selv modulmål, dvs at deres samlinger danner en ny modultakt – et forskudt modulnet, om man vil. Man har tidligere i modularbejdet været i gahg med at standardisere disse

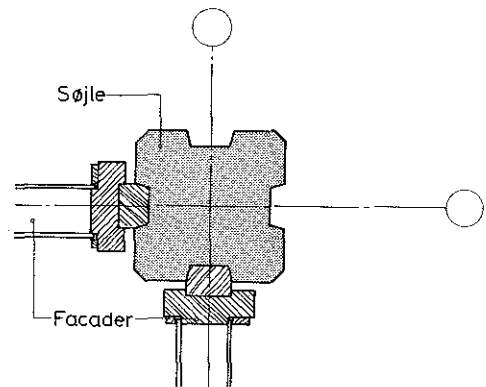
Figur 2.23.

Hjørnesamlingerne, figur 2.22 nr. 1, 2, 5, 6, 7 og 9 i udgaver fra praksis.

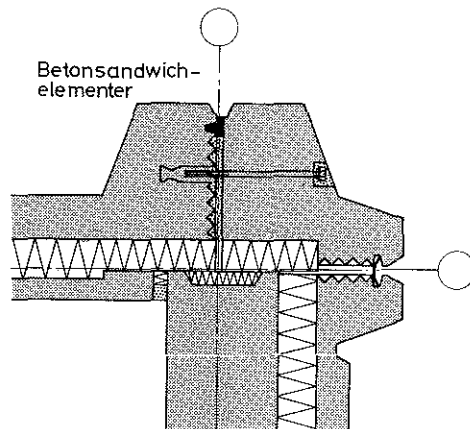
★ Corner connections, figure 2.22 Nos. 1, 2, 5, 6, 7 and 9 from practical solutions.



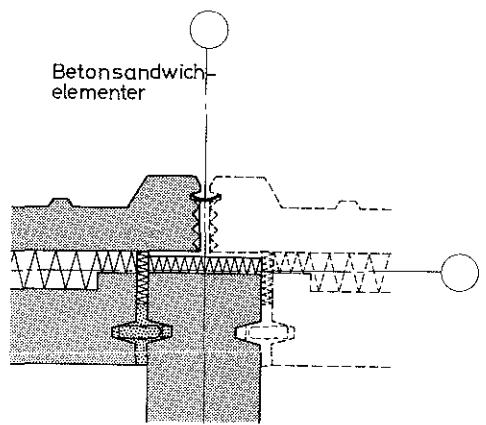
1
Skolehjem, Zakynthos



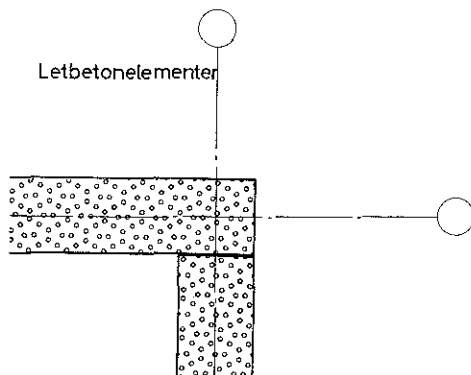
2
Skolehjem, Zakynthos



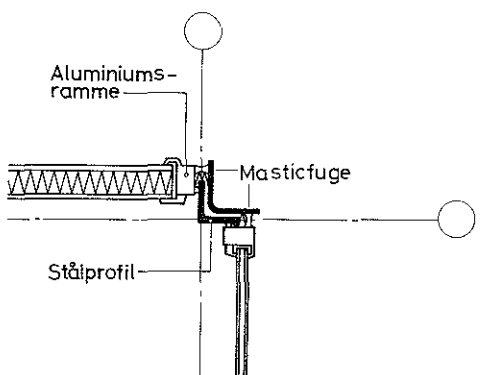
5
Hareskovvej, Kbh.



6
Bellmannsgade, Kbh.



7
Gasbetonhus, indv. væg



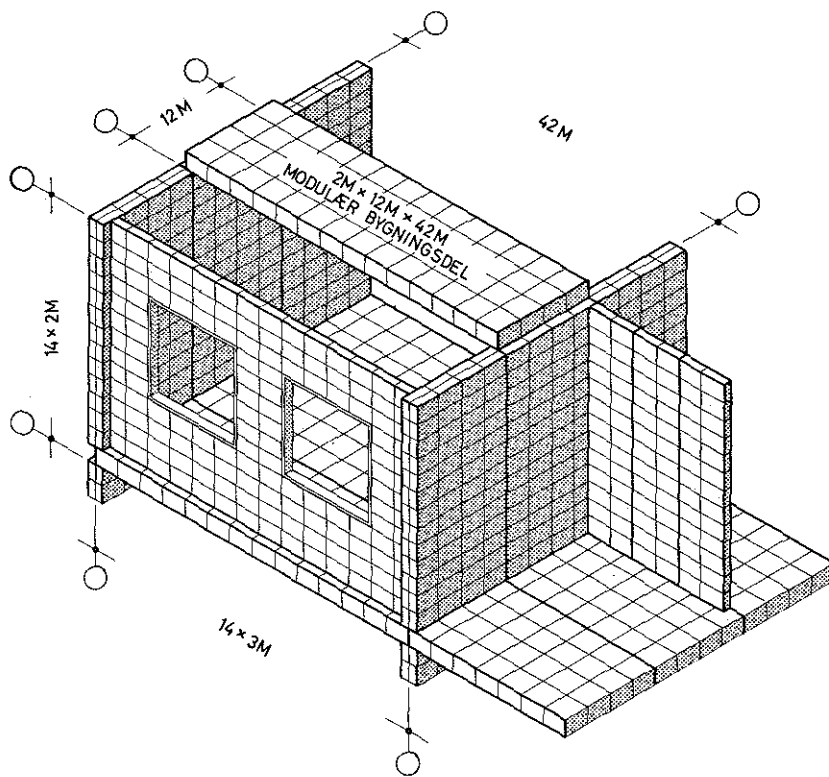
9
Åndsvageforsorgens skoler

HJØRNESAMLINGER FRA PRAKSIS 1:10

Standardiserede netforskydninger

netforskydninger til $1/2M = 5$ cm, se første udgave af DS 1011.1 fra 1958. Men dette er modulformalisme. Man skal ikke indføre nye net i planerne bare for at stille et køkkenskab på plads. Skabet og de lette vægge skal stå, hvor der er brug for dem, og dertil behøves ingen modullinier, men kun simpel byggeteknisk viden om samlingernes udførelse.

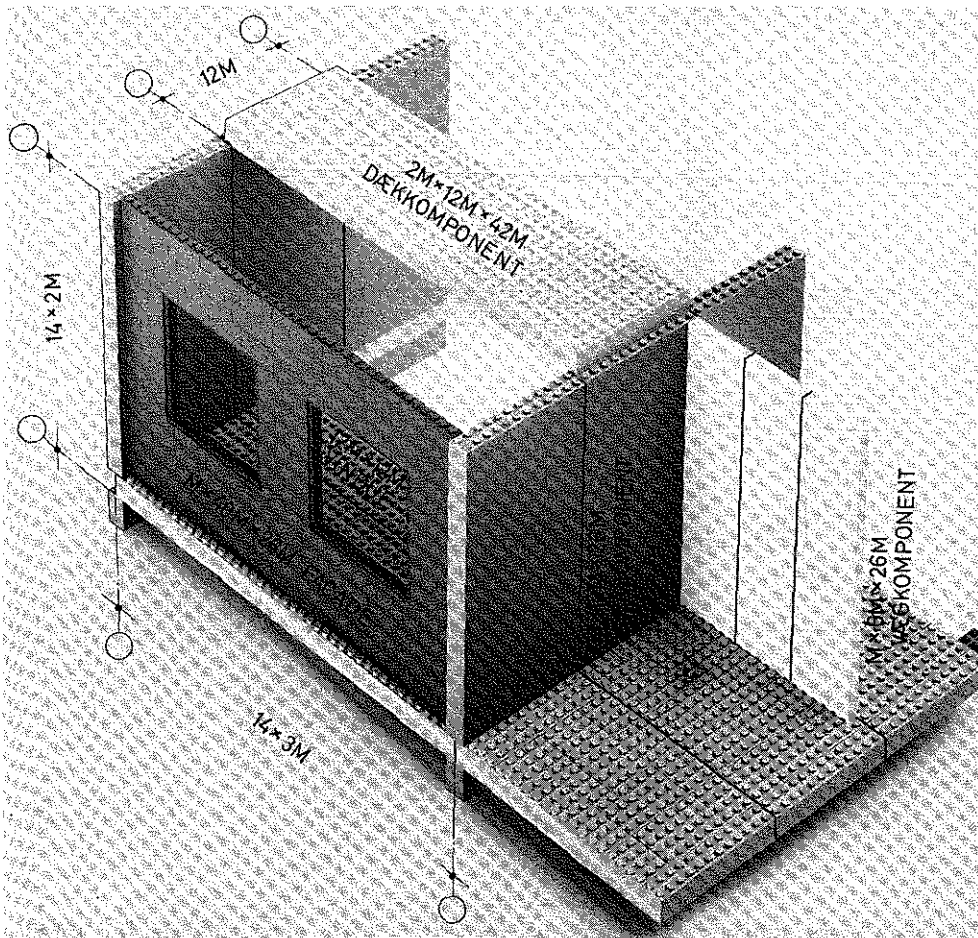
Køkkeninventar og lette vægge har modulmål, for at elementerne kan standardiseres og produceres industrielt, men ikke for at de skal tvinges ind i et modulnet.



Figur 2.24.

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.

★ All building components in this model are placed correctly in their modular regions in the space modular grid. But the technical detailing of the connections usually has the consequence that the grid is broken in one or several places.



Figur 2.25.

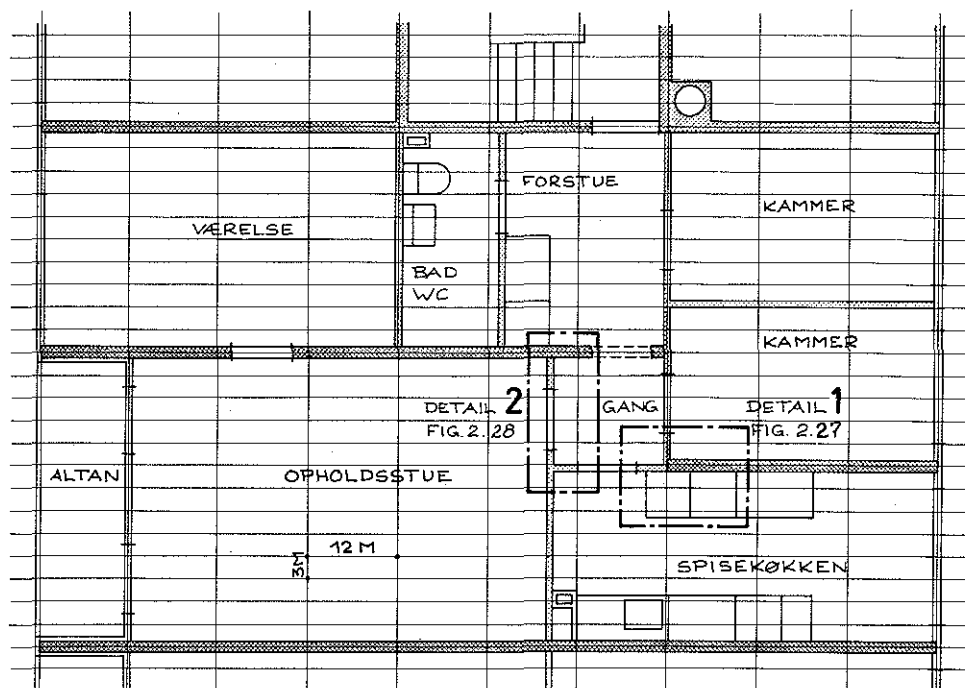
Modellen fra figur 2.24 opført af rene modulkomponenter.

★ The model from figure 2.24 constructed of modular regular components.

Det foregående eksempel viser, hvorledes modulnettet opbygget af planlægningsmodulerne anvendes i forbindelse med råbygningen – og kun der. For den del af projektet, der omfatter færdighuset, forlader man modulnettet, fordi det ikke længere er til nogen nytte med den anvendte byggeteknik.

Færdighuset – uden modulnet!

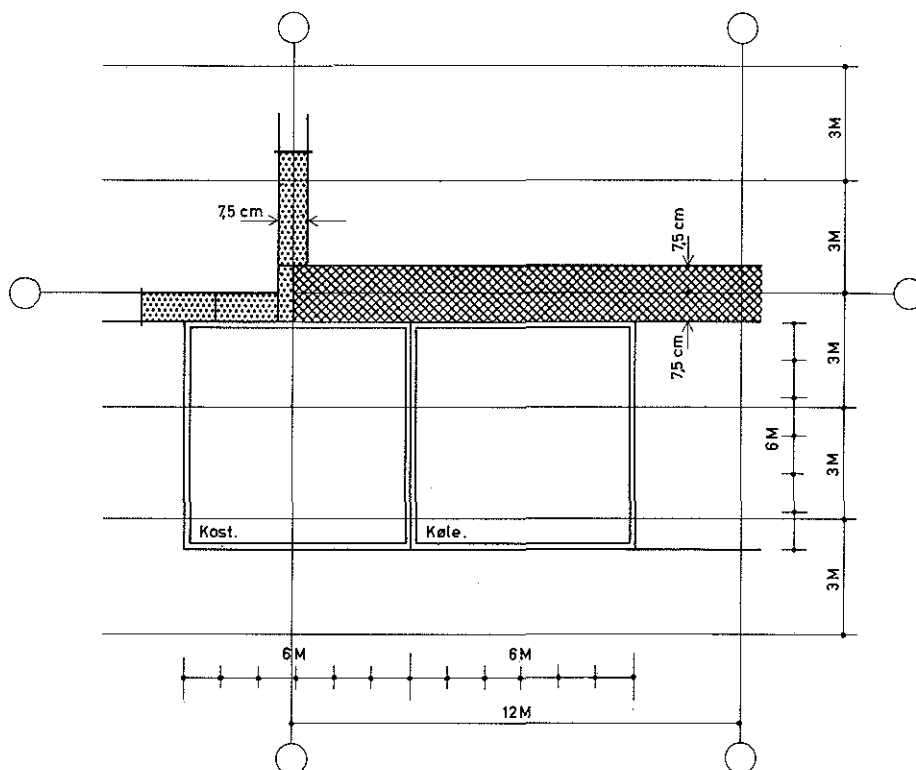
Figur 2.26.
Lejlighedsplan i 3M x 12M
planlægningsmodulnet.
★ Apartment project in 3M
x 12M planning modular
grid.



1: 100

Figur 2.27.
Et udsnit af køkkeninventaret er stillet op langs den bærende 15 cm betonvæg. Køkkeninventarets modulmål passer ikke ind i råbygningens 3M x 12M net. Og det gør ikke noget!

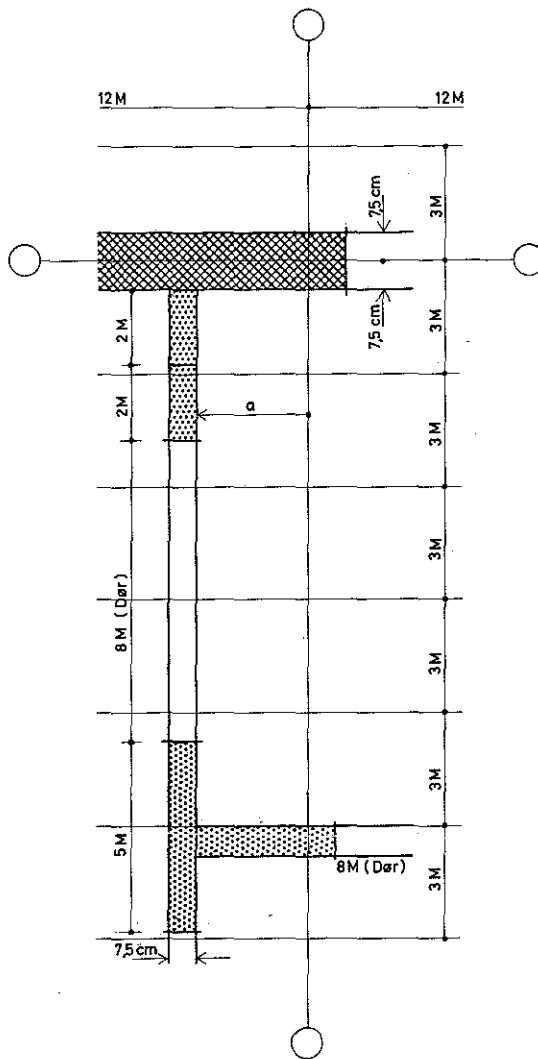
★ Part of the kitchen furniture has been placed along the 15 cm concrete wall. The kitchen furniture's modular dimensions do not fit in with the 30 x 120 cm grid of the structure. And that doesn't matter!



DETAIL 1, 1:20

Der kan også nævnes eksempler på projekter, hvor man allerede for råbygningens vedkommende opgiver nettet på et meget tidligt tidspunkt under projekteringen. Planen, figur 2.29, viser et enfamiliehus med en række vinduer, døre og facadeelementer, der alle er modulære – og alle er normalelementer! Disse modulkomponenter sammenbygges med hinanden og med murværket i væggene, og den byggetekniske opklaring af samlingerne medfører de viste

Adskilte modulnet

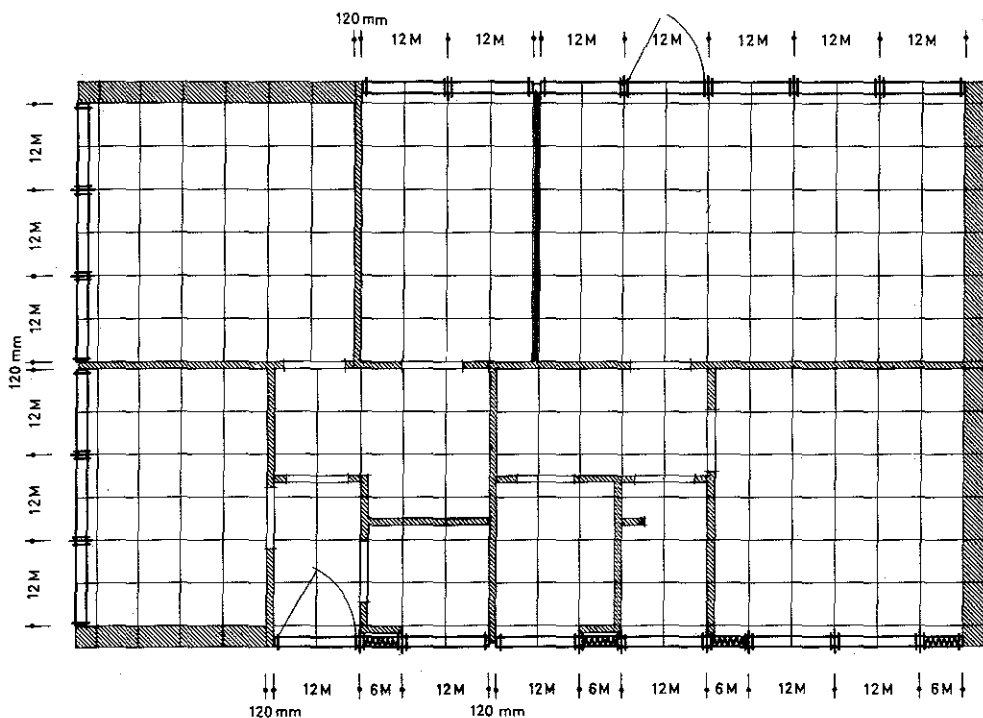


DETAIL 2, 1:20

Figur 2.28.

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.

★ Considerations of function have decided the placing of the light-weight partitions with modular widths $n \times M$. The measurement a may be chosen arbitrarily. The modular rhythm of the light-weight partitions need not fit in with the planning modular grid. At the end of each row of light-weight partitions a fitting piece must be included.



TYPEHUS 1:100

Figur 2.29.

Plan af enfamiliehus opbygget af modulære facade- og vindueselementer. Modulnettet er på grund af frarykninger mellem komponenterne gået i 6 stykker, og er derfor uegnet for den videre projektering, specielt for arbejds-tegningerne.

★ Plan of one familyhouse built of modular facade- and window units. The modular grid has gone into 6 pieces due to pulling apart of the components and is therefore unfit for further designing, especially for the workshopdrawings.

frarykninger af elementerne og dermed af modulnettene. Modulnettene får herved så komplicerede relationer til hinanden, at de ikke er til nogen nytte på de færdige procestegninger, og derfor opgives de. Projektet, der er fra Arkitekternes Typehuskontor, er udførligt omtalt i kapitel 14, til hvilket der henvises.

Som konklusion af det foregående kan vi nu fastslå, at man ved modulprojektering i praksis kan følge to veje:

A: Projektering af råbygningen over et gennemgående modulnet med deraf følgende specialelementer ved hjørne-, kryds- og T-samlinger med flere, medens de øvrige elementer fra færdighuset indpasses i projektet ud fra simple brugsmæssige og byggetekniske hensyn.

B: Projektering af hele bygningen med flest mulige modulære komponenter og sammenstilling af disse alene ud fra de byggetekniske og brugsmæssige krav uden anvendelse af modulnet.

– se figur 2.30.

Det understreges, at der i praksis vil forekomme overgange mellem disse to fremgangsmåder, som i øvrigt næppe selv eksisterer i rendyrket form. Projekteringspraksis efter disse retningslinier vil fremgå af bogens eksempler, hvor planlægningsmodulnettet altid er anvendt som grundlag for den første skitsering, medens det spiller en varierende rolle i det videre projekteringsarbejde.

Ved detailprojekteringen, når man har valgt sine komponenter, kan det som omtalt i det foregående ske, at man må frigøre sig fra nettet og udforme sine samlingsdetaljer alene ud fra de byggetekniske krav. Hvor langt man i hvert enkelt tilfælde kan anvende nettet, afhænger af det valgte byggesystem og materialerne.

2.7 Modulære rummål

I den ideelle modulmodel, figur 2.24, er alle rummål modulære. Dette medfører, at modulære indbygningsdele, lette vægge og inventar mv uden tildannelse kan placeres i rummene. I det praktiske modulararbejde har man overvejet, om disse muligheder kunne virkeliggøres: at projektere modulære rummål, og at indbygge modulære komponenter heri uden tildannelse på stedet.

Vægakseprincippet og modulære rummål

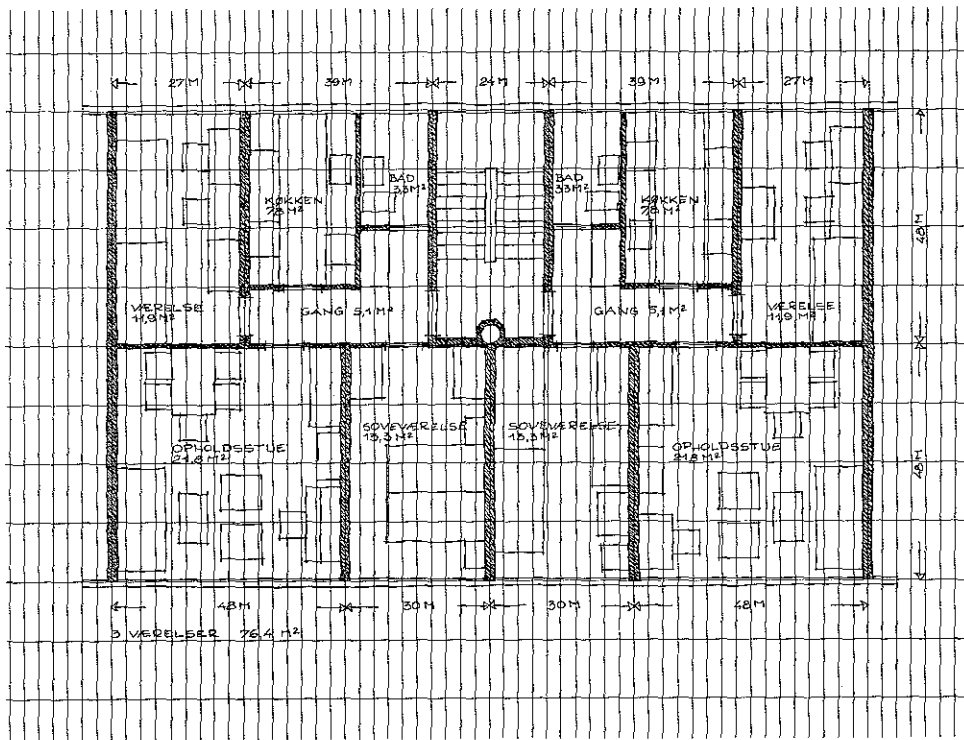
Placeres råbygningens komponenter efter vægakseprincippet, kan modulære rummål kun opnås, hvis også vægtykkelserne er modulære, se figur 2.31. A. Men for betonvægge er tykkelsen 2M uøkonomisk, i hvert fald i det lave byggeri, hvor man normalt bruger den rekommanderede tykkelse, 150 mm, og i det murede byggeri giver stenformaterne ligeledes umodulære vægtykkelser.

Akustiske krav

En byggeblok, kalksandstens modulblok, med $t = 188$ mm er udviklet for at imødekomme ønsket om modulære skillevægge. Produktet mangler endnu (januar 1970) godkendelse som lejlighedsskel over for bygningsreglementets akustiske krav, men det anvendes i vid udstrækning på dispensation.

Neutral zone

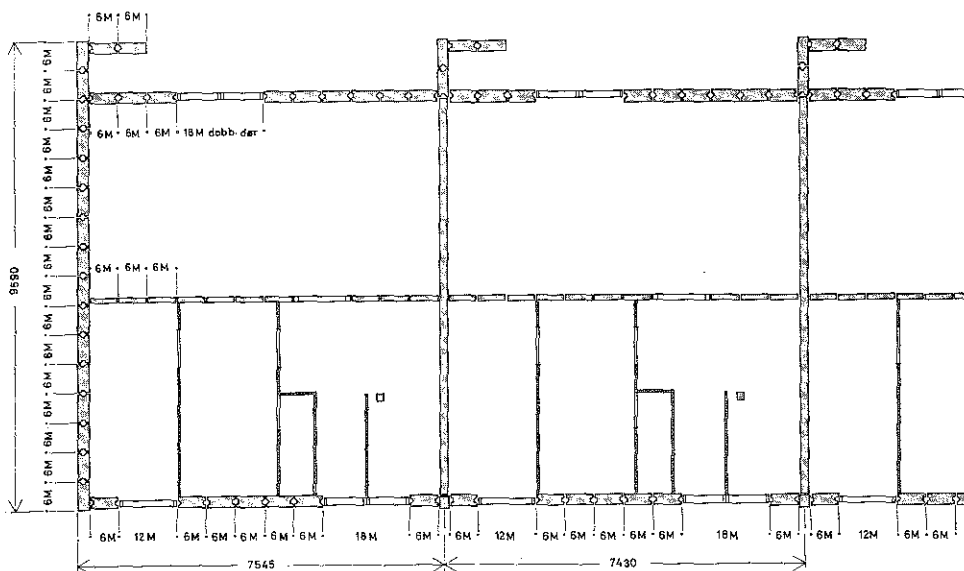
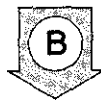
Fraviger man vægakseprincippet, kan man i vægge, der er tykkere end 2M, tilsyneladende opnå modulære rummål ved at indskyde en neutral zone i væggen, se figur 2.32.



NETHUS
Ballerupptanen



PRAKTISK MODULPROJEKTERING
Modul → Planlægningsmodul → Præferencemål



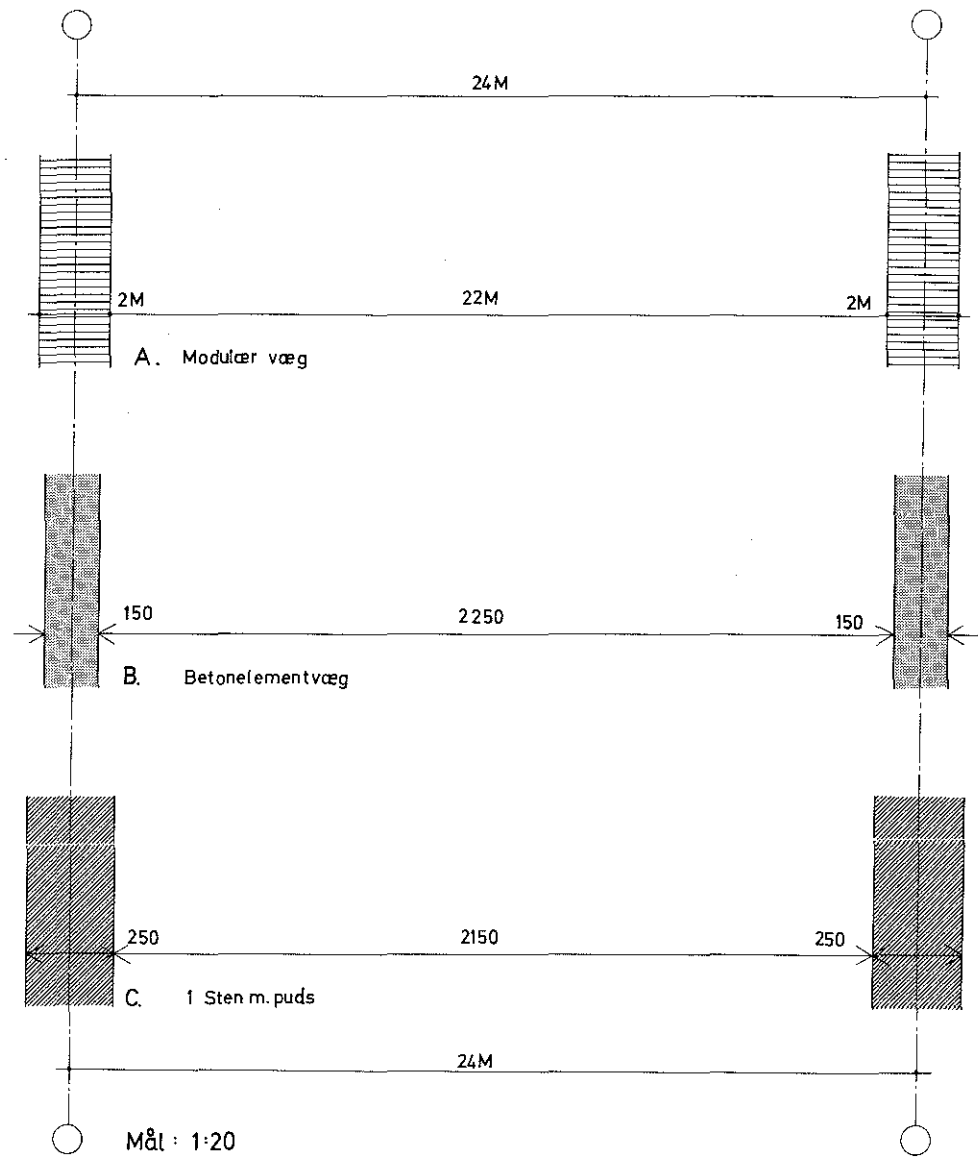
KOMPONENTHUS
Engstrands Alle

Figur 2.30.
Projektering med A: Modulnet, og B: Modulkomponenter.
★ Design with A: Modular grid, and B: Modular components.

Figur 2.31.

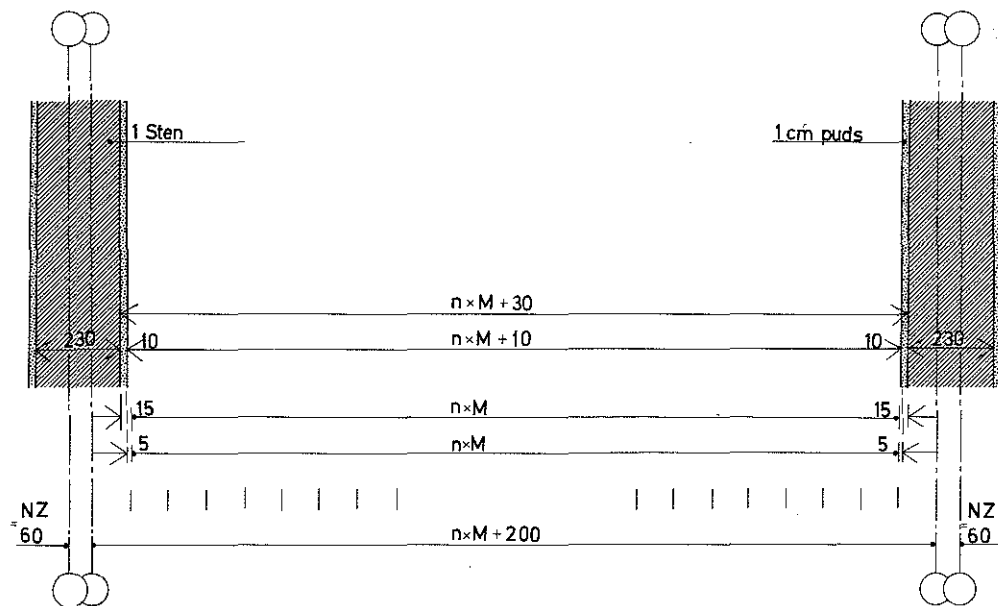
Vægtykkelser, vægakseprincip og modulære rum-mål.

★ Wall thicknesses, wall axis principle, and modular room dimensions.



2.32. 1 stens vægge med neutral zone på 60 mm. Modulært rummål?

★ 23 cm brick wall with neutral zone of 60 mm. Modular room dimension?



Det modulære rummål bliver med puds $n_1 \times M + 10$ mm og uden puds $n_1 \times M + 30$ mm. Man kan således hævde, at rummålet er dimensioneret efter reglerne for modulære åbninger, idet basismålet er lig med modulmålet + en fuge.

Fugemål

Forudsætningen for rigtigheden af dette ræsonnement er imidlertid, dels at vægoverfladerne holder sig inden for deres respektive modulområder – og det kan næppe opnås med de i praksis mulige nøjagtigheder i murværket, dels at fugeandelen fra vægoverflade til modullinie har en størrelse, der passer til den fuge, der skal udføres mellem væg og indbygningsdel. Her kommer den afgørende vanskelighed, for hvor stor er denne fuge? Skal den regnes til den upudsede, den pudsede eller til en eventuelt (delvist!) flisebeklædt overflade? Og skal den på den anden side regnes mod et skabselement, en let væg, der sættes op før pudsningen, efter pudsningen, med limfuge eller med mørtelfuge? Alle disse – og flere – muligheder kan forekomme i praksis, og da de ikke kan bringes på nogen fælles formel, kan fugemålet ikke bestemmes generelt, og det modulære rummål kan derfor ikke udnyttes.

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

Modulære rummål i 1. udgave af DS 1011.1 fra 1958

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

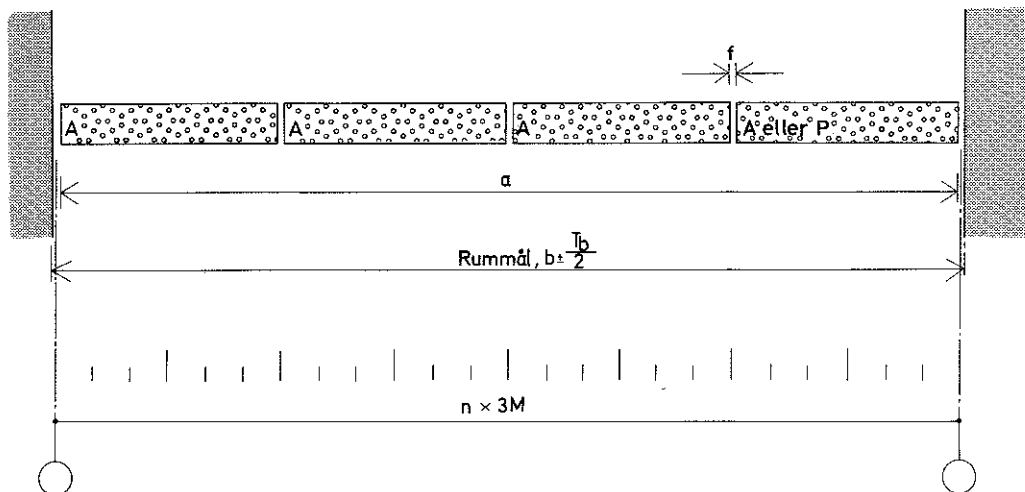
På Ballerupplanen (se kapitel 11) søgte man ved projekteringsens begyndelse at leve op til dette krav. Man regnede således med at projektere med 180 mm tykke vægge, hvorved rummålene blev modulære: $n \times M + 20$ mm, og heri kunne man så indbygge færdighusets modulære komponenter. I løbet af projekteringen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

Ballerupplanens modulære rummål

Man valgte den sidste løsning, da en arbejdsproces med grove mørtelfuger ikke passede ind i den øvrige arbejdsproces; og herefter var det modulære rummål jo helt uden betydning. Derved forsvandt en begrundelse for at benytte 180 mm vægtykkelser, og da disse også af andre grunde var umotiverede i projektet, se kapitel 11, valgte man at udføre de bærende tværvægge 150 mm tykke. Med dette eksempel kan vi formulere konklusionen på de sidste 10 års overvejelser om de modulære rummål:

2M tykke vægge bliver til 150 mm vægge

Modulære rummål i råbygningen kan normalt ikke opnås med økonomiske vægtykkelser. Der er i reglen heller intet behov for dem, og de ville endelig med den nuværende byggeteknik ikke kunne udnyttes, fordi råhusets unøjagtigheder er betydeligt større end færdighusets, se figur 2.33.



Figur 2.33.

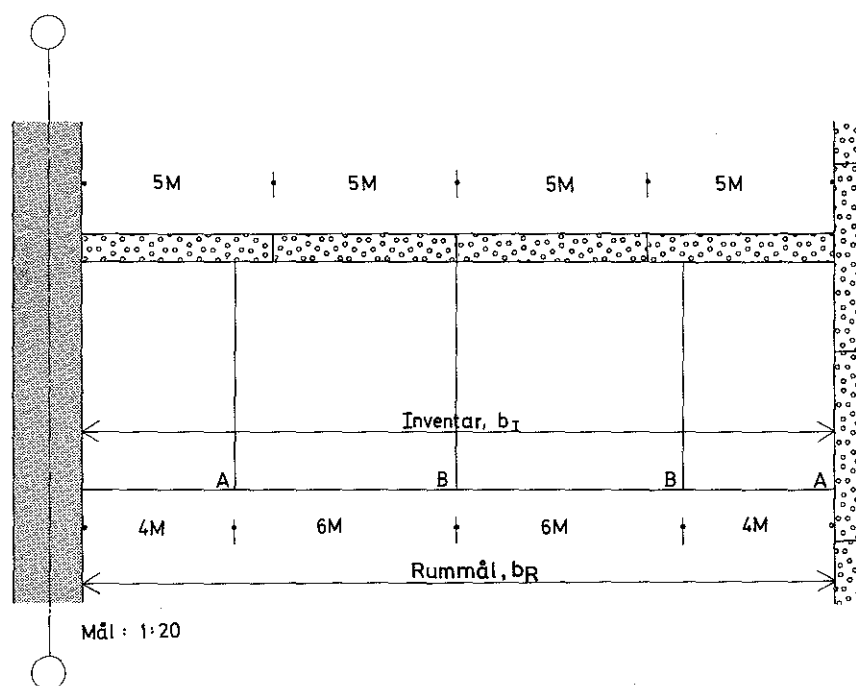
Modulære rummål. Muligheden for at indbygge modulkomponenterne A i åbningen b , afhænger af tolerancerne og fugernes evne til at udligne målafvigelser. Antager vi, at $T_b = \pm 10$ mm, en realistisk værdi for vægge af stenmaterialer, og $f = 2$ a 3 mm, svarende til snedkerarbejde eller limede letbetonelementer, risikerer vi at få et rummål $= b \div 10$ mm, der er mindre end målet $a = 3A + 3f + P$. Så kan rækken ikke komme på plads uden en afkorting. Da tolerancen på rummålet næppe kan vælges mindre end ± 5 a 10 mm, selv med en forøget nøjagtighed i byggeriet, må komponentrækken kunne udligne dette mål, både med positive og negative tolerancer, hvis vi skal kunne udnytte de modulære rummål. Udligning kan foregå enten ved specielle fuger eller ved et særligt passtykke, P i hver række. Opgaven er da at rationalisere denne tilpasning.

★ Modular room dimensions. The possibility of being able to fit in the modular components A in the opening b depends on the tolerances and the capability of the joint to counterbalance the deviations of measure. If we suppose that $T = \pm 10$ mm, a realistic value for walls of brickwork or concrete, and $f = 2$ or 3 mm, corresponding to joinery or glued lightweight concrete units we may risk to have a room dimension $= b \div 10$ mm, which is smaller than the measure $a = 3A + 3f + P$. Consequently the row cannot be placed without a reduction. As the tolerance of the room dimension may hardly be chosen less than ± 5 or 10 mm, even considering the possibility of increasing the accuracy in building, the row of components must be able to compensate for this inaccuracy both in respect to positive and negative tolerances, if the modular room dimensions are to be utilized. Adjustment may take place either through special joints or through a special unit, P in each row. The task is then to rationalize this fitting in.

Modulære rummål, opbygget med lette, modulære vægelementer

Figur 2.34 viser et andet sammenbygningstilfælde, der hyppigt forekommer i praksis: Modulært inventar skal indbygges i et rum begrænset af en bærende væg og en let væg. Benyttes til den viste opstilling standardelementer fås følgende mål:

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



Figur 2.34.
Modulært inventar i modulært rum bestemt af modulære lette vægge.
★ Modular furniture in modular room determined by modular light weight walls.

For inventarets vedkommende regnes med tolerancer efter DS/R 1043, Køk-
kenelementer af træ, og for den lette væg regnes med limfuger på 2 mm.
Inventarrækken får breddemålet:

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

medens rummålet bliver

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

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

Dette er umuligt, og man må derfor i praksis øge rummålet. Det kan ske ved at
erstatte et 5M vægelement med 2 stk. 3M elementer, hvoraf det ene eventuelt
kan kortes ned til fx $b = 250 \text{ mm}$ eller et andet til planen passende mål større
end 200 mm. Åbningen mellem væg og inventar kan lukkes med et dækbræt,
se figur 2.35. Herved er sammenbygningen gjort praktisk gennemførlig, – men
det modulære rummål er væk! Eksemplet er i øvrigt forenklet til et liniært
(endimensionalt) problem, medens det i praksis er et rumligt, dvs 3-dimensio-
nalt problem.

Om fremtidens byggeteknik med en større nøjagtighed i råhus og færdighus, vil
bringe de modulære rummål frem igen, så vi nærmer os modellen i figur 2.24,
kan ikke siges i øjeblikket, men med den nuværende byggeteknik er de
modulære rummål i hvert fald ikke aktuelle.

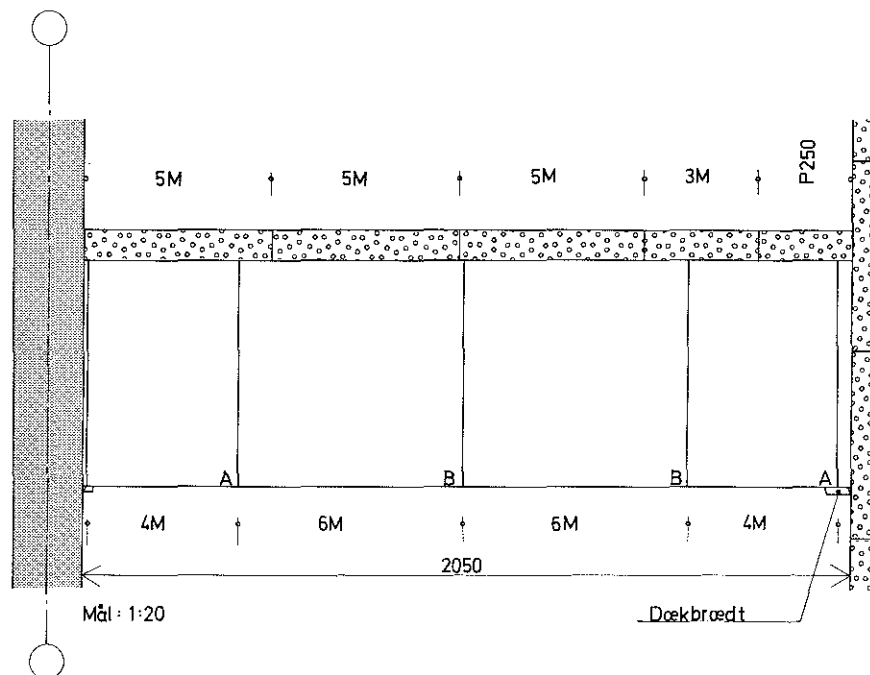
2.8 Tolerancer

Betingelsen for at kunne gennemføre montagebyggeriets idé om præfabrikerede
komponenter, der samles på byggepladsen uden tildannelse, er, at disse kompo-
nenter er fremstillet med en passende nøjagtighed. Komponenterne skal kunne
finde plads i deres modulområder uden fejlplacering, og inventaret skal kunne

DS/R 1043

Figur 2.35.

Rummålet er øget ved hjælp af passtykke, P250, og inventarrækken er afsluttet med et dækbord.
★ The room dimension has been increased by means of a unit, P 250, and the row of furniture is finished off with a covering board.



Tolerancer skal sikre komponenternes sammenbygghed

stå mellem de begrænsende vægge. Derfor må de mål, der er afgørende for en komponents sammenbygning med nabokomponenterne, være udført med tilstrækkelig stor nøjagtighed.

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

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

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

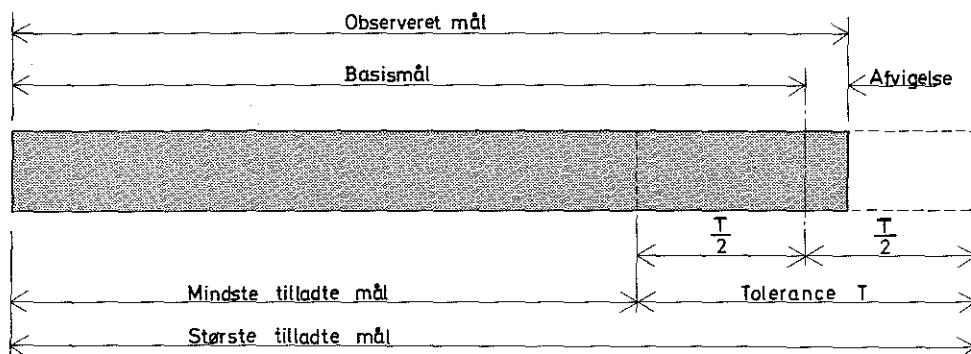
Byggemål,
basismål og
tolerancer

DS/R 1050

For at få tolerancebegrebet gjort almindelig kendt og anvendt i byggeriet har Dansk Standardiseringsråd udsendt en rekommandation, DS/R 1050, Anvendelse af tolerancer i byggeriet. Den følgende fremstilling bygger på denne rekommandation. For en udførligere omtale af emnet henvises til bladet og til speciallitteraturen, se afsnit 2.9.

Afvigelser og tolerancer

Bladet begynder med at fremhæve den afgørende forskel, der er mellem begreberne: afvigelser og tolerancer. Afvigelser forekommer ved alle arbejdsprocesser, fremstilling og montering mv. Ingen målforskrifter kan overholdes helt præcist. For at sikre sammenbygghed og korrekt funktion må disse afvigelser begrænses, og dette gøres ved at vælge grænser for de tilladelige afvigelser.



Figur 2.36.
Tolerance, basismål, øvre og nedre grænsemål. Observeret mål og afvigelse. ★ Tolerance, basic measure, upper and lower marginal dimensions. Observed dimension and deviation.

I byggeindustrien angives tolerancer med \pm afvigelser fra det foreskrevne mål (tegningsmålet), som kaldes *basismålet*. Tolerancen defineres da som hele forskellen mellem største tilladte og mindste tilladte mål. Se figur 2.36. Basismålet er middeltallet mellem største og mindste tilladte mål, eller mellem *øvre og nedre grænsemål*. Denne toleranceangivelse betegnes som *symmetrisk toleranceangivelse*.

Eksempel: En længde er opgivet med basismålet 1190 mm. Det kan tillades, at den varierer mellem grænserne 1185 mm = mindste tilladte mål og 1195 mm = største tilladte mål, og tolerancen bliver derfor $1195 - 1185 = 10$ mm. 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. DS/R 1050 indeholder i modsætning til fx de østeuropæiske toleranceblade ingen talværdier for tolerancernes størrelse. Det gælder normalt om at vælge sine tolerancer så store som forholdene tillader, da nøjagtighed lige som andre kvalitetskrav koster penge.

Det længdemål, man finder ved måling af en komponent, kaldes det *observerede mål*, og forskellen mellem dette mål og basismålet kaldes *afvigelsen*, se figur 2.36. Afvigelsen regnes ligesom tolerancen med fortegn.

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

Basisform, observeret form og formafvigelse

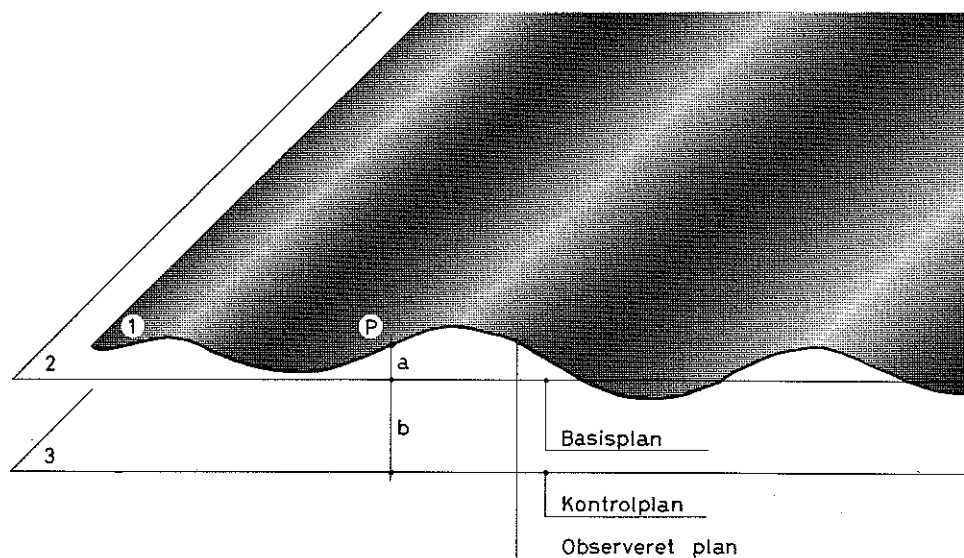
Som eksempel vises i figur 2.37, hvorledes afvigelser fra et plan (eller en ret linie) udtrykkes ved afstanden fra punkter på det observerede plan, 1 (linie) til basisplanet, 2 (-linien). Måling af afvigelsen a af et vilkårligt punkt P vil i praksis som regel foregå lettest fra et kontrolplan, 3 (-linie) i en kendt afstand, b fra basisplanet.

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

$$1180^{+15}_{-5}; \quad 1185^{+10}_{-0}; \quad 1188^{+7}_{-3}; \quad 1195^{+0}_{-10}; \quad 1200^{-5}_{-15};$$

Disse fem målangivelser svarer til samme mål og samme grænser for afvigelserne.

Figur 2.37.
 Formafvigelse udtrykt
 som længdeafvigelse, a .
 ★ Deviation in form
 expressed as deviation in
 length, a .



AFVIGELSER FRA PLAN

Vinkelafvigelser

Vinkelafvigelser kan tilsvarende på flere måder udtrykkes som længdeafvigelser. Figur 2.38 viser, hvorledes forskellen mellem observeret vinkel og basisvinkel udtrykkes ved længderne l .

Formtolerancer, der skal begrænse en komponents afvigelser vedrørende længde, vinkel, rethed og planhed, bliver let særdeles uoverskuelige og vanskelige at anvende i praksis. Eksempelvis kan en stor vinkelafvigelse måske tolereres, hvor den kun indvirker på en kort længde, mens omvendt større længder (på samme komponent) normalt vil kræve små vinkeltolerancer. En komponents formtolerancer sammenfattes derfor ofte ved anvendelse af det såkaldte kasseprincip, se figur 2.39, der viser en (vilkårlig) basisfigur beliggende mellem en indre og ydre figur, hvis overflader ligger symmetrisk om basisfigurens overflade. Den ene overflade ligger $\frac{T}{4}$ indenfor, den anden $\frac{T}{4}$ uden for basisfigurens overflade.

Kasseprincippet

Ved kasseprincippet begrænses en komponents afvigelser på såvel størrelse som form på en overskuelig måde, — i reglen ved hjælp af tre længdetolerancer; men princippet er normalt ikke egnet for direkte kontrol af de valgte tolerancer, da man ikke kan etablere den indre kontrolfigur. Princippet må derfor suppleres med specielle tolerancekrav, der muliggør en hensigtsmæssig kontrolmåling.

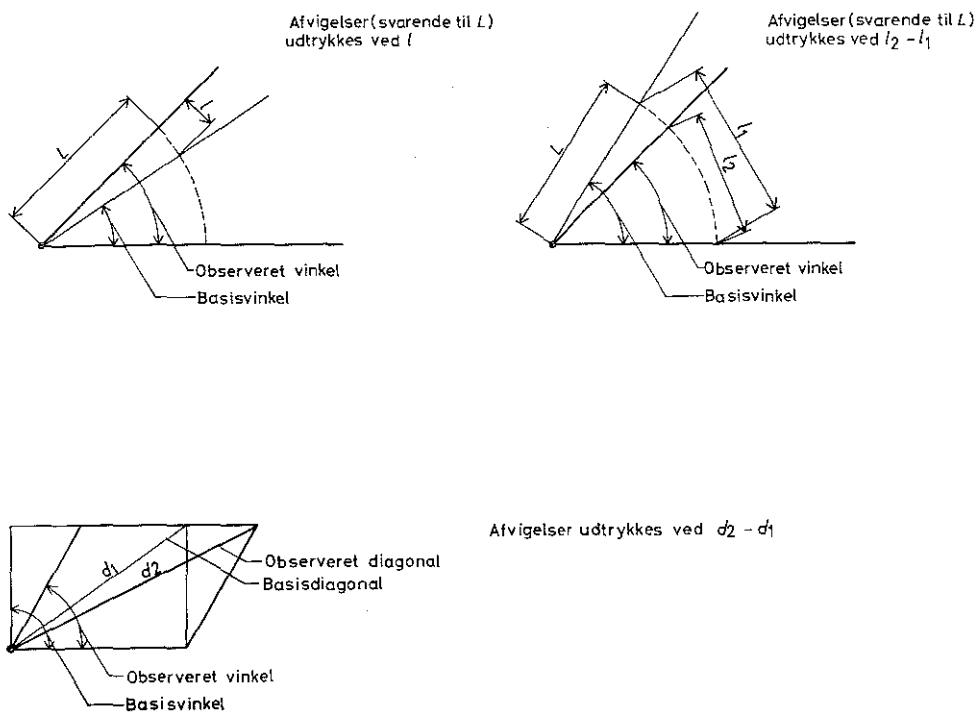
Kombination af tolerancer

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

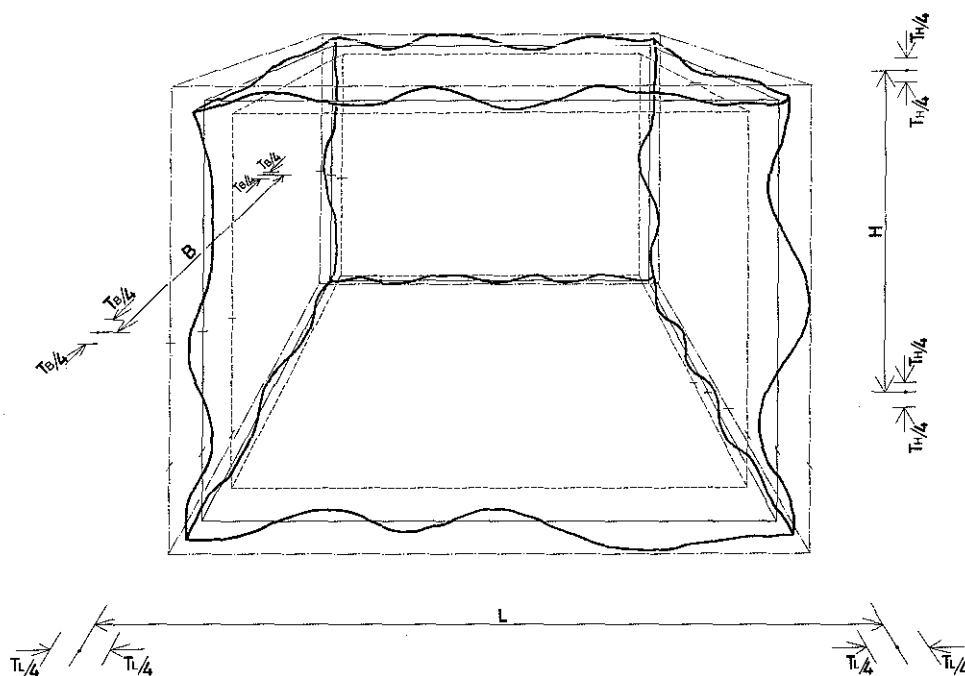
Det additive princip

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

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



Figur 2.38.
Vinkelafvigelser udtrykt som længdeafvigelser.
★ Angle deviations expressed as deviations in length.



Figur 2.39.
Kasseprincippet fra DS/R 1050.
★ Box principle from DS/R 1050.

KASSEPRINCIPPET

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

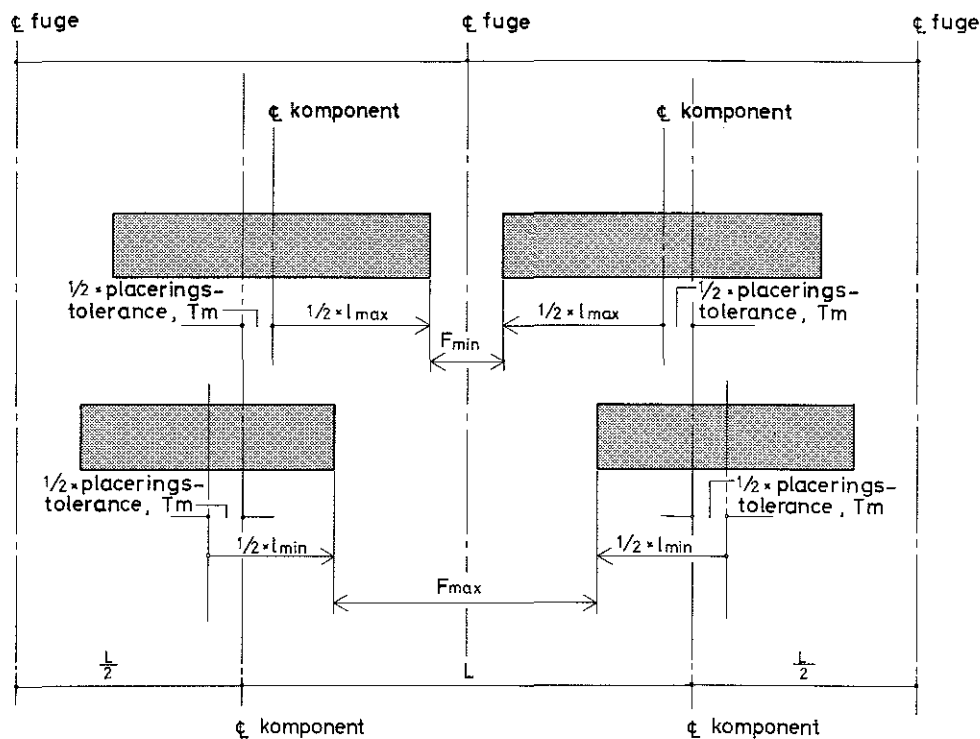
$$T_1 + T_2 + \dots + T_n \leq T_S$$

Denne sammenhæng mellem deltolerancer og sumtolerancer benævnes det additive princip.

Figur 2.40.

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

★ Example A. Relationship between dimensions, basic measure, width of joint and tolerances.



L : byggemål
 l : basismål, komponent
 F : basismål, fuge
 T_m : placerings- eller montagetolerance
 T_l : tolerance, komponent
 T_F : tolerance, fuge

TOLERANCER EKSEMPEL A

Modifikationer i det additive princip

Anvendelsen af det additive princip kan føre til urimeligt små deltolerancer respektive store sumtolerancer. I så fald kan princippet modificeres ved at indføre flere tolerancebestemmelser, der på forskellige måder har indflydelse på samme mål; sådanne tolerancer benævnes *sideordnede tolerancer*. Sideordnede tolerancer medfører, at de enkelte krav kan lempes, men forudsætter trinvis kontrol af, at de enkelte tolerancer overholdes.

I et følgende eksempel D, vises, hvorledes det additive princip kan modificeres ved justering af en af de indgående komponenters placering.

Tolerancer og sandsynlighedsregning

Man ser undertiden fejlteoriens beregninger anvendt på tolerancer, fx således, at en sumtolerance beregnes som kvadratroden af kvadratsummen af deltolerancerne. Herved får man en mindre sumtolerance end den, der kan beregnes ved det additive princip. Men fremgangsmåden er i strid med det her opstillede tolerancebegreb, idet tolerancer som nævnt udtrykker *tilladte* afvigelser. Når alle deltolerancerne er tilladte (og uafhængige), er pr definition også den samlede (ugunstigste) virkning af dem tilladt. At den muligvis indtræffer med en ringe hyppighed ændrer ikke dette forhold. Tolerancer kan altså ikke behandles efter de statistiske metoder, men det kan derimod afvigelser, når man kender deres fejlfordeling, og dette kan benyttes ved statistisk målkontrol inden for de forskellige produktioner. Der henvises herom til speciallitteraturen, se fx [2.10] og [2.14].

Valg af tolerancers størrelse

Tolerancers størrelse vælges ud fra hensyn til produktionsteknik, fugeteknik, æstetik og økonomi. Det afhænger af samlingerne mellem komponenterne, hvorledes de fire mål: byggemål, basismål, fugemål og tolerancer er forbundne.

I det almindelige tilfælde, hvor tolerancerne på en komponents basismål optages og udlignes i fugerne, har vi den i eksempel A, figur 2.40 viste sammenhæng.

Her er

$$\begin{aligned} F_{\min} &= L \div 2 \times 1/2 \times T_m \div 2 \times 1/2 \times l_{\max} \\ &= L \div T_m \div (1 + 1/2 \times T_1) \\ &= L \div 1 \div T_m \div 1/2 \times T_1 \end{aligned}$$

og

$$\begin{aligned} F_{\max} &= L \div 2 \times (1/2 \times l_{\min} \div 1/2 \times T_m) \\ &= L \div (1 \div 1/2 \times T_1 \div T_m) \\ &= L \div 1 + T_m + 1/2 \times T_1 \end{aligned}$$

da $L \div 1 = F$ = fugens basismål fås

$$\begin{aligned} F_{\min} &= F \div T_m \div 1/2 \times T_1 \text{ og} \\ F_{\max} &= F + T_m + 1/2 \times T_1 \text{ hvoraf } T_F \\ &= 2 \times T_m + T_1 \end{aligned}$$

Eksemplet er baseret på det additive princip.

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

Ved sammenbygning af de i afsnit 2.2, figur 2.06 omtalte dækelementer forudsattes det, at fugen skulle være selvforskallende: Det vil sige, at den skal kunne udstøbes 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 $12M = 1200$ mm, hvilket vil sige, at de under ingen omstændigheder må blive bredere end 1200 mm. Basismålet for bredden skrives da som 1198 ± 2 mm, der udtrykker, at elementets

Eksempel B
Tolerance på dækelementer

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

Murværk af danske normalsten giver som vist i figur 2.08 vandrette byggemål, der er delelige med 60 mm = 1/4 sten. Forudsætningen for, at byggemålene kan holdes under opmuringen, er, at stenene fremstilles med en passende nøjagtighed.

Eksempel C
Tolerance på mursten

I et almindeligt løberskifte med 1 sten og tilhørende lodfuger, se figur 2.41 kan stenens grænsemål bestemmes således: Byggemålet holdes fast på 240 mm. Største tilladte fuger er ca 16 mm, mindste tilladte fuger 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

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

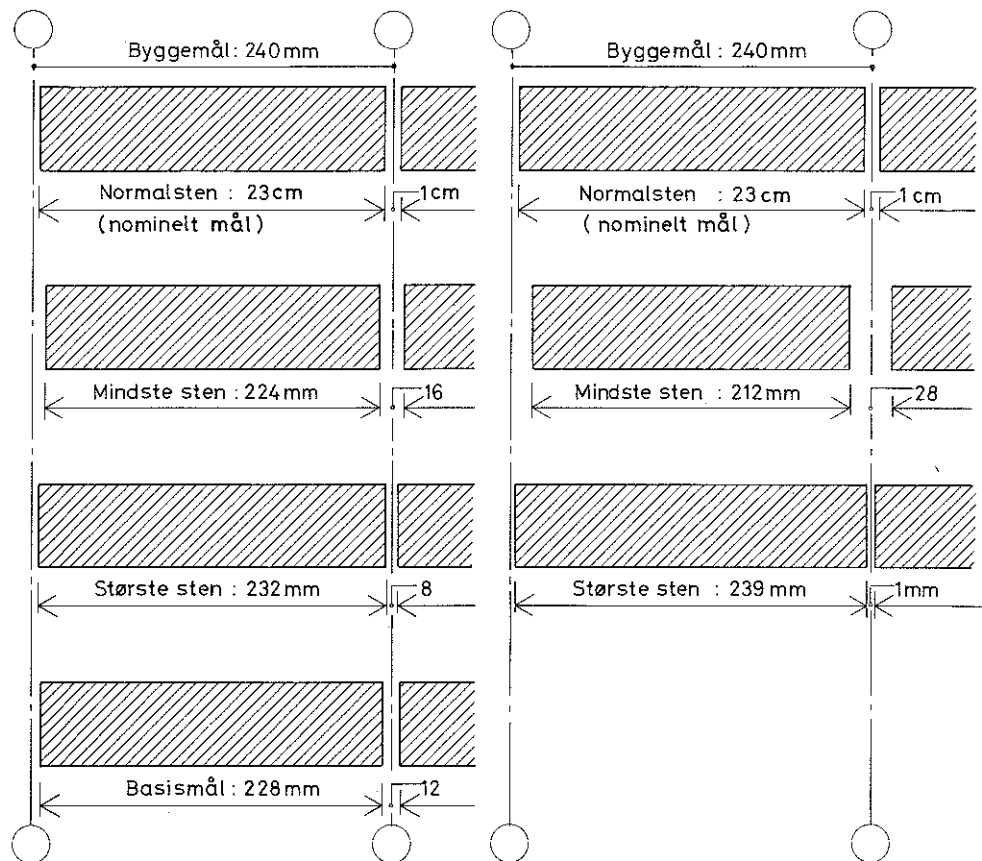
Stenens basismål bør derfor være:

$$\begin{aligned} \frac{232 + 224}{2} &= 228 \text{ mm, og tolerancen} \\ 232 - 224 &= 8 \text{ mm, eller } \pm 4 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Figur 2.41.

Stenmål for danske normalsten, udregnet efter 1: byggeteknisk forsvarlige fugemål. 2: GB4's tolerancer. – I begge tilfælde med fastholdelse af byggemålet 240 mm.

★ Dimensions of Danish standard bricks worked out from 1: width of joint, justifiable in respect to building technique. 2: GB4's tolerances. In both cases the controlling dimension 240 mm is kept.



NORMALSTEN 1:5

Basismål og grænsemål

Grænsemål efter GB4

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 $228 \text{ mm} \pm 4 \text{ mm} = 228 \text{ mm} \pm 1,8 \text{ pct}$.

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

$$230 \text{ mm} \begin{matrix} + 4 \text{ pct} \\ - 8 \text{ pct} \end{matrix} \text{ ifølge Akademisk Arkitektforenings generalbeskrivelse, GB4.}$$

Dette giver følgende grænsemål:

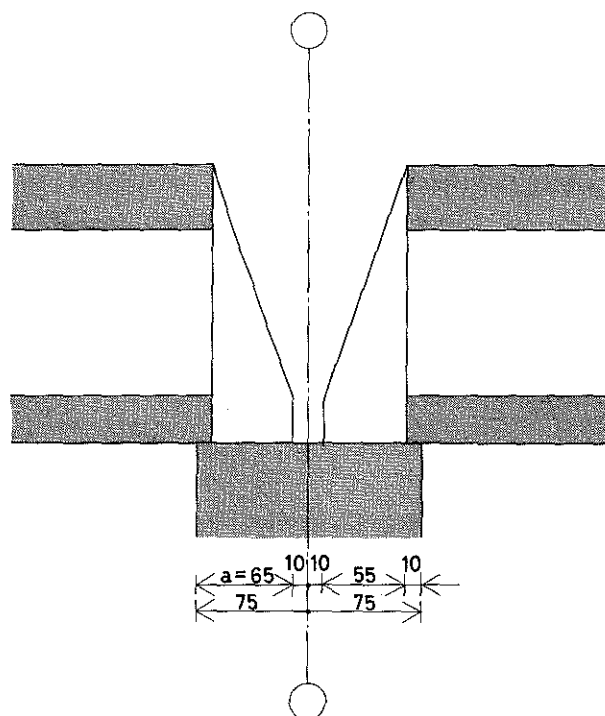
Største sten: $230 \text{ mm} + 4 \text{ pct} = 239 \text{ mm}$, hertil svarer en fuge på 1 mm, hvis byggemålet 240 mm skulle overholdes, se figur 2.41.

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

Ingen af disse fugemål er anvendelige i praksis, og teglbranchen er derfor også i gang med en revision af sine tolerancebestemmelser. Dette arbejde foregår blandt andet inden for Dansk Ingeniørforenings udvalg for nye murværksnormer. Det må bemærkes, at denne revision er nødvendig alene for at fastholde teglets egne byggemål – uanset om der modulprojekteres eller ej.

De tre eksempler A, B og C illustrerer toleranceprincippet ide:

Tolerancer er valgte, tilladte afvigelser på et foreskrevet mål.



ETAGEKRYDS 1:5
Vederlagets geometri

Figur 2.42.
Bærende etagekryds i be-
tonelementbyggeri.
★ Loadbearing floor cross
in concrete panel con-
struction.

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

Det følgende eksempel D viser, hvorledes det additive princip kan modificeres, når der i en montageproces kan foretages justering af nogle af de tolerancebestemte mål.

I et montagebyggeri med hule dækelementer og 150 mm vægelementer har det bærende etagekryds den på figur 2.42 viste geometri.

Med de anførte mål ses det, at den maksimale, tilladelige forskydning af dæk i forhold til væg er ± 10 mm, idet kravene er, at dækelementet skal have et vederlag, a , på mindst 55 mm, svarende til knastlængden, og højst 75 mm svarende til, at dækelementet går helt ind til modullinien i væggen midte.

Forskydningen mellem dæk og væg fremkommer som følge af unøjagtigheder i

1. tykkelse af vægelement
2. montage af vægelement
3. længde af dækelement
4. montage af dækelement

Svarende hertil vælges følgende fire tolerancer:

- T_1 = Tykkelsestolerance for vægelement
 T_2 = placeringstolerance for vægelement
 T_3 = længdetolerance for dækelement
 T_4 = placeringstolerance for dækelement

De fire tolerancer er uafhængige og skal derfor behandles efter det additive princip. Vederlagets størrelse vil afhænge af den fulde værdi af summen af de fire tolerancer.

Eksempel D
Modifikation af det additi-
ve princip ved justering

Sideordnet tolerancebestemmelse

Dette kan modificeres i det foreliggende tilfælde ved at udnytte en justeringsmulighed i konstruktionen og fastlægge en sideordnet tolerancebestemmelse i overensstemmelse hermed. Derved begrænses den samlede virkning af deltolerancerne, uden at man behøver at ændre på størrelsen af de enkelte deltolerancer. Den sideordnede tolerancebestemmelse vælges som en begrænsning af målafvigelseerne på rummålet.

Justeringsmuligheder under montagen

I praksis kan det foregå på den måde, at man under opstillingen af det andet vægelement i et fag kontrollerer rummålet, medens man endnu har mulighed for at justere væggens placering. Dette betyder, at man ikke tillader en fuld udnyttelse af placeringstolerancen for vægelement 2, hvis vægelement 1 står i sin ugunstigste position.

I en del projekter fra praksis har man anvendt følgende deltolerancer:

$$\begin{aligned}T_1 &= \text{tykkelsestolerance for vægelementet} = \pm 2 \text{ mm} \\T_2 &= \text{placeringstolerance for vægelementet} = \pm 5 \text{ mm} \\T_3 &= \text{længdetolerance for dækelementet} = \pm 5 \text{ mm}\end{aligned}$$

Ud fra disse tolerancer og kravet til vederlaget, 55 mm $\leq a \leq 75$ mm, gennemføres først en beregning af T_4 ved hjælp af det additive princip. Som udgangspunkt for beregningerne vælges fx et dækelement med byggemål 36M.

Dækelementets basismål er da

$$\begin{aligned}l_d &= 3600 \div 20 &&= 3580 \text{ mm} \\ \text{rummålets basismål:} \\ l_r &= 3600 \div 150 &&= 3450 \text{ mm} \\ \text{vederlagets basismål:} \\ a &= 1/2 \times (3580 \div 3450) &&= 65 \text{ mm}\end{aligned}$$

som vist på figur 2.42.

Mindste vederlag bestemmes:

$$\begin{aligned}\text{Korte dækelement} &= 3580 \div 5 &&= 3575 \text{ mm} \\ \text{største rummål:} \\ 3450 + 2 \times 5 + 2 \times 2/2 &&&= 3462 \text{ mm} \\ \text{mindste vederlag:} \\ a_{\min} &= 1/2 \times (3575 \div 3462) &&= \underline{56,5 \text{ mm}}\end{aligned}$$

ved symmetrisk oplægning af dækket, hvad der svarer til $T_4 = 0$.

Største vederlag bestemmes:

$$\begin{aligned}\text{Lange dækelement} &= 3580 + 5 &&= 3585 \text{ mm} \\ \text{mindste rummål:} \\ 3450 \div 2 \times 5 \div 2 \times 2/2 &&&= 3438 \text{ mm} \\ \text{største vederlag:} \\ a_{\max} &= 1/2 \times (3585 \div 3438) &&= \underline{73,5 \text{ mm}}\end{aligned}$$

ved symmetrisk oplægning af dækket.

Med de fundne ekstreme vederlag, a_{\min} og a_{\max} , kan dækelementet, når vederlagskravene skal overholdes, kun flyttes

$$\left. \begin{array}{l} 56,5 \div 55,0 \\ 75,0 \div 73,5 \end{array} \right\} = 1,5 \text{ mm, dvs at } T_4 = \underline{\pm 1,5 \text{ mm}}$$

Denne værdi er nok for lille i praksis, og tolerancebestemmelserne må derfor formuleres på en anden måde. Der indføres nu en sideordnet tolerancebestemmelse for rummålet l_r , idet dette kan justeres under montagen. Beregningerne gennemføres på følgende grundlag:

Givet:

Dækket er 36M, dvs	$l_d = 3580 \pm 5 \text{ mm}$
og elementet kan oplægges med en tolerance på	$T_4 = \pm 5 \text{ mm}$
Rummålet er	$l_r = 3450 \pm T_5/2 \text{ mm}$

– idet T_5 er den ubekendte rummålstolerance.

Vederlaget er	$a = 65 \pm 10 \text{ mm}$
vægtykkelsen	$l_v = 150 \pm 2 \text{ mm}$

Det forudsættes i første omgang,

at væg 2 under montagen kan justeres inden for rammerne af T_5 , og at vægtykkelsen indgår med sit basismål, $l_v = 150 \text{ mm}$, dvs $T_1 = 0$

Der kan da opstilles to ligninger (1) og (2), se figur 2.43, der udtrykker grænsebetingelserne for vederlagets størrelse, $55 \text{ mm} \leq a \leq 75 \text{ mm}$.

Største vederlag

$$2 \times a_{\max} = l_{d \max} \div l_{r \min} + 2 \times T_4/2 \quad (1)$$

som giver

$$150 = 3585 \div (3450 \div T_5/2) + 10 \quad \text{heraf } T_5/2 = 5 \text{ mm}$$

Mindste vederlag

$$2 \times a_{\min} = l_{d \min} \div l_{r \max} \div 2 \times T_4/2 \quad (2)$$

som giver

$$110 = 3575 \div (3450 + T_5/2) \div 10 \quad \text{heraf } T_5/2 = 5 \text{ mm}$$

De to ligninger giver således (af symmetri Grunde) den samme numeriske værdi for $T_5/2$, hvorfor vi har

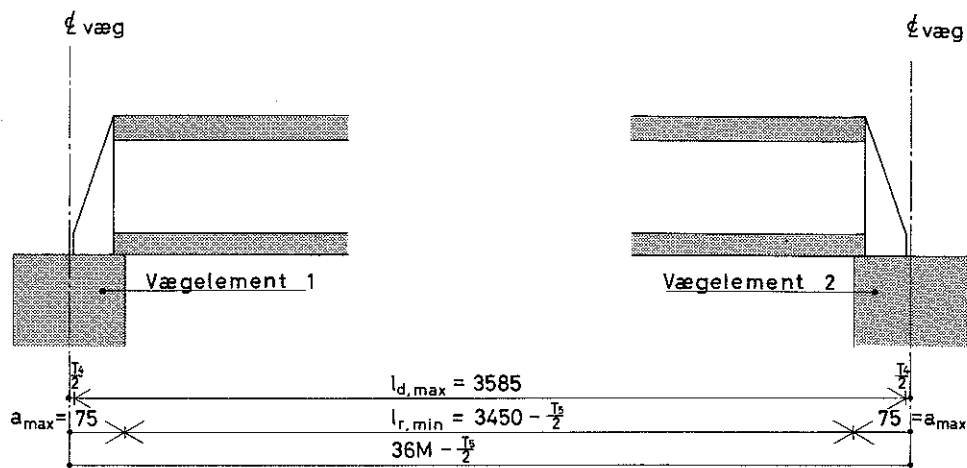
$$T_5 = \pm 5 \text{ mm}$$

Med de givne forudsætninger har vi ladet virkningerne af T_1 gå ind i nabo-fagene. Tager man hensyn til denne tolerance på vægtykkelsen, $T_1 = \pm 2 \text{ mm}$, får man $T_5 = \pm 3 \text{ mm}$.

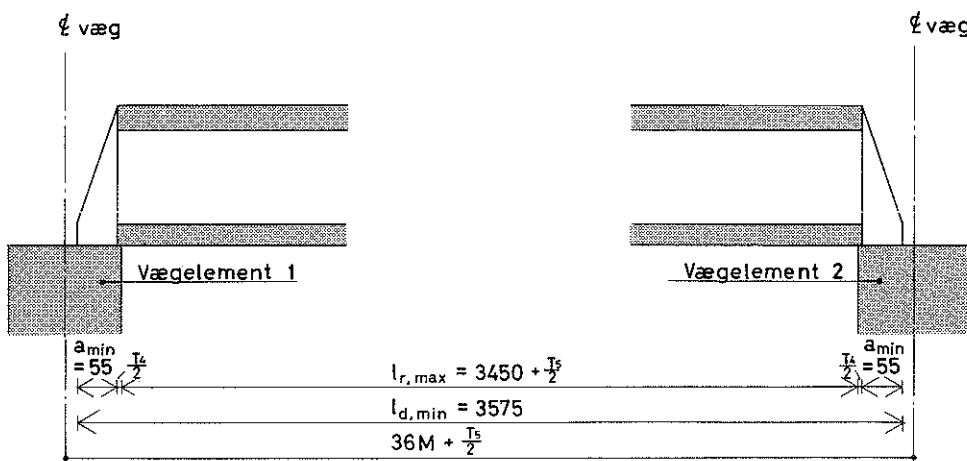
Beregningerne viser, at man i praksis kan foretage en deling af det samlede toleranceområde mellem tolerancerne T_1 , T_4 og T_5 idet byggesystemet indeholder en justeringsmulighed for disse mål.

Fordeling af tolerancer

Figur 2.43.
Bestemmelse af sideordnet rummåltolerance, T_5 .
★ Rules for coordinated tolerance of room dimensions, T_5 .



1. Største vederlag



2. Mindste vederlag

DÆKVEDERLAG OG TOLERANCER 1:10

I nogle projekter har man foreskrevet rummåltolerancen, $T_5 = \pm 10$ mm, hvorved T_4 bliver 0. Dette forsvares med, at man i så fald lægger dækket op med lige store vederlag, dvs justerer på plads indtil $T_4 = 0$. Betragtningen kan være berettiget, fordi dækelementet er det, der lettest lader sig justere.

Kontrolmålinger

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

- hvilke målinger og hvor mange,
- hvordan de skal udføres,
- hvem, der skal udføre dem,
- hvor, hvornår og under hvilke omstændigheder.

Svind og krybning mv

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

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

Kontrollen kan være en stykkontrol eller en stikprøvekontrol. I sidste tilfælde bør bestemmelserne indeholde aftaler, der gør det muligt at skærpe kontrollen, fx ved at øge antallet af prøver, såfremt det viser sig, at de gjorte forudsætninger ikke kan overholdes.

Hvis de aftalte kontrolmålinger viser afvigelser, hvis numeriske værdi er mindre end eller lig med den halve tolerance, er målet godkendt, – i modsat fald er det kasseret.

Produktions- og leveringsaftalerne skal indeholde klare aftaler om de konsekvenser, en eventuel kassation medfører.

Stykkontrol og stikprøvekontrol

Godkendelse

Kassation

2.9 Litteratur

- [2.1] Dansk Standardiseringsråd DS 1010 Modulordning for byggeindustrien. Kbh 1958.
- [2.2] British Standards Institution BS 4330 Metric Units. London 1968
- [2.3] Neufert, Ernst Bauentwurfslehre. 21. oplag. Berlin 1960.
- [2.4] Neufert, Ernst Bauordnungslehre. Bauverlag GmbH. Wiesbaden. Berlin 1965.
- [2.5] Dansk Standardiseringsråd Diverse modulstandards, se oversigten i afsnit 3.4.
- [2.6] Dansk Ingeniørforening Normer for murværk. DS 414. Kbh 1969.
- [2.7] Højgaard & Schultz Betonelementer i modulmål til boligbyggeri. Kbh 1966.
- [2.8] SBI rapport 56 Måltypisering. Kbh 1966
- [2.9] SBI Beretning fra SBI's Moduludvalg. Kbh 1955.
- [2.10] Hald, A Statistiske metoder. Kbh 1948.
- [2.11] Hartmann, Jul Måleteknik, 4. udg Kbh 1945.
- [2.12] Rasmussen, R E H Elementær måleteori. 2. udg Kbh 1956.
- [2.13] Andersen, Povl R Facadefuger: Tæthed- og toleranceproblemer. Særtryk af Nordisk Betong, 1964. 2.

- [2.14] Ohlin, Jan Statistisk beräkning af toleranser för sum-
mamått. SBI Stockholm, 1966.
- [2.15] Report on CIB-kongres Building Research and Documentation.
Rotterdam 1959 Amsterdam 1961.

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



3

3. Modul og standardisering



Ordet standardisering kommer af ordet standart, som betyder samlingsmærke, og en standard kan da opfattes som en aftale indgået mellem interesserede parter. I Dansk Standardiseringsråd plejer man i den forbindelse at henvise til de fire "fer":

fabrikanter
forhandlere
forbrugere og
forskere,

som de parter, der må samarbejde om standardiseringsopgaverne. Standardisering griber efterhånden ind i alle tilværelsens materielle sider. Fra at være en norm for skruer og bolte er standards blevet det nødvendige grundlag for alle produkter, der fremstilles industrielt. Hvor industrialiseringen har nået automationens fase med de enorme krav til anlæggenes kapacitetsudnyttelse, bliver standardisering helt uomgængelig.

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.

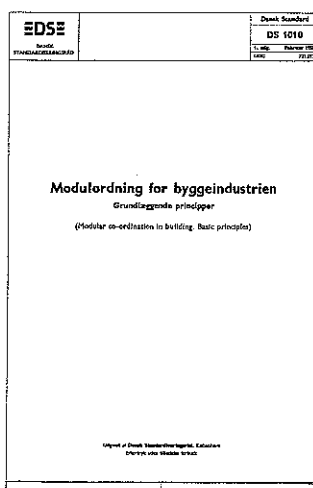
Med udgivelse af danske standards for en række byggevarer og -produkter er grundlaget skabt for investeringer i fabrikker og anlæg til fremstilling af industrielle produkter. Kun officielle standards kan give producenterne den sikkerhed, som gør det muligt at investere i kostbare produktionsanlæg, som først bliver lønsomme ved kontinuert produktion af passende lange serier.

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

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

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

Standardisering sigter mod forenkling



3.1 International standardisering

I maskinindustrien har disse forhold været erkendt i mange år, og alle industrilande har oprettet standardiseringsorganer, der samarbejder internationalt gennem *International Organisation for Standardization (ISO)*. Den første nationale standardiseringsorganisation, *British Standards Institution, (BSI)*, oprettedes i England i 1901 på initiativ af den engelske stålindustri, som igennem nogle år havde samarbejdet om ensartede stålprofiler mv. I 1917 etableredes *Deutscher Normenausschuss, (DNA)*, og i tyverne kom de skandinaviske lande til.

ISO
BSI
DNA

I 1926 oprettedes den første internationale standardiseringsorganisation, *International Federation of the National Standardizing Associations, (ISA)*, som i tiden indtil 2. verdenskrig udførte et omfattende standardiseringsarbejde, af hvilket ISA-tolerancerne nok er den bedst kendte del. ISA-organisationen, der til dels var domineret af tysk standardisering, brød sammen med 2. verdenskrig, men senere lykkedes det gennem FN at organisere den nuværende sammenslutning, ISO. ISO dannedes ved et møde i London i oktober 1946 mellem delegerede fra 25 lande. Idag tæller ISO over 50 medlemslande.

ISA

ISO fungerer gennem sine tekniske komiteer, ISO/TC, der er arbejdsgrupper nedsat inden for afgrænsede områder i standardiseringsarbejdet. De tekniske komiteers arbejde resulterer normalt i forslag, *Draft Proposals*, som derefter udsendes til kritik i medlemslandene. Når mindst 50 pct af disse har godkendt forslaget går det til generalsekretariatet i Geneve, der udsender det som en *Draft ISO Recommendation* til endelig afstemning blandt samtlige medlemslande. Hvis forslaget opnår mindst 60 pct af stemmerne, godkendes det af ISO's Council og er nu en *ISO-Recommendation*, der sælges offentligt af generalsekretariatet.

ISO-Recommendations

Denne procedure er, som det ses, ret omstændelig, men ISO-rekommandationernes antal vokser alligevel hastigt i disse år, sammenlign figur 3.01, og deres betydning for den internationale handel er overordentlig stor.

Ved siden af den store internationale ISO-organisation eksisterer der nogle mindre regionale enheder. De skandinaviske landes standardiseringsorganer har således etableret et samarbejde i organisationen, INSTA, hvis formål det er at koordinere disse landes standardisering, blandt andet gennem fælles stillingtagen til og optræden i ISO-arbejdet.

INSTA

Det europæiske fællesmarked og frihandelsområdet har ligeledes et regionalt samarbejde inden for *CEN, Comité Européen de Coordination des Normes*. Dette samarbejde, der er en direkte følge af de nævnte handelsorganisationers oprettelse, fungerer tilsyneladende tilfredsstillende ved siden af ISO-arbejdet, uden at give anledning til uønsket konkurrence eller dobbeltarbejde.

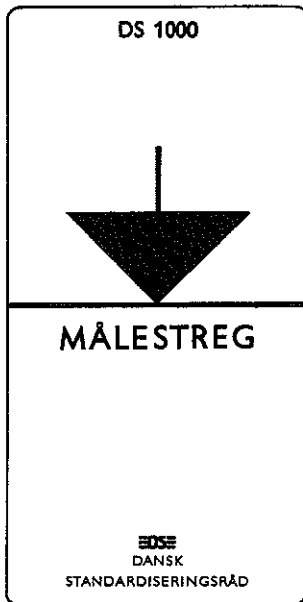
CEN

Endelig skal det nævnes, at der på det elektrotekniske område findes organisationer, der svarer til DS og ISO: *DEK = Dansk Elektroteknisk Komité* og *IEC = International Electrotechnical Commission*.

DEK og IEC

3.2 Dansk standardisering

Standardiseringsarbejdet i Danmark tog sin begyndelse i 1920'erne ved et samarbejde mellem *Dansk Ingeniørforening* og jernindustrien. I 1926 godkendte Handelsministeriet oprettelsen af *Den Danske Standardiseringskommission*, der i 1930 omdannedes til *Dansk Standardiseringsråd*. Rådets medlemmer udpeges af



Handelsministeriet for en 3-årig periode efter indstilling fra ministerier og erhvervsliv, og rådet har for tiden 46 medlemmer. Disse medlemmer fordeler sig i følgende fire fagråd:

- Fagrådet for Byggeri
- Fagrådet for Jern- og Metalindustri
- Fagrådet for Sygehusvæsen
- Fagrådet for Textilindustri

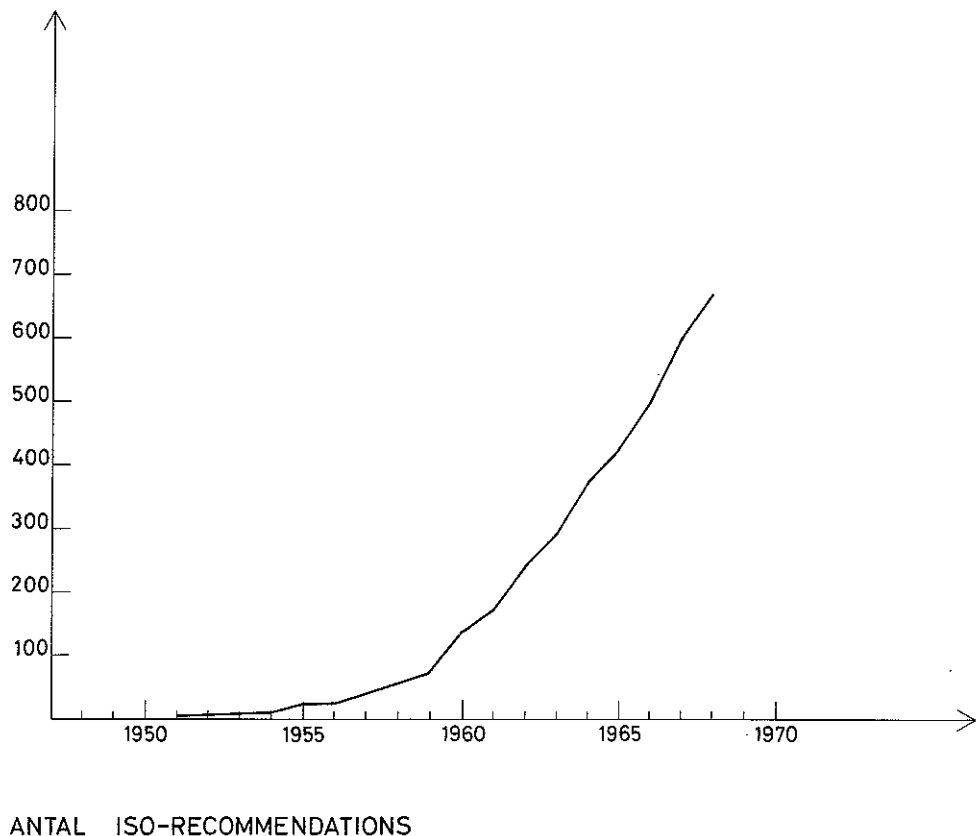
Standardiseringsrådets daglige arbejde forestås af sekretariatet, med direkte rapport til rådets forretningsudvalg. Kernen i hele standardiseringsarbejdet er standardiseringsudvalgene, der svarer til ISO's TC. Disse udvalg består af sagkyndige, udpeget af forskellige institutioner, og de arbejder vederlagsfrit med de specialer, der er omfattet af deres kommissorium. Der er for tiden (1970) over 1500 medlemmer fordelt i ca 150 standardiserings- og rekommandationsudvalg.

Standardiseringsrådets arbejde finansieres gennem lige dele private bidrag – overvejende fra industrien – og statsbidrag, idet staten har forpligtet sig til at yde bidrag af samme størrelse som det, der indkommer fra erhvervslivet. Desuden har standardiseringsrådet indtægter fra salget af danske og udenlandske standardblade. De årlige driftsudgifter har passeret 2 millioner kroner.

DS og DIF

Standardiseringsrådet er et udpræget samarbejds- og koordineringsorgan. Således er alle de opgaver, det påtager sig, opgaver der kommer ude fra, og som rådet er blevet opfordret til at løse. Med Dansk Ingeniørforening har rådet et særligt nært samarbejde, der blandt andet ytrer sig ved, at de fleste af Ingeniørforeningens normer bliver godkendt og udsendt som Dansk Standard. For tiden (1970) er over 1000 DS-publikationer i kraft, sammenlign figur 3.02 og [3.2], [3.3].

Figur 3.01.
Udviklingen af ISO-arbejdet.
★ Development of the ISO work.



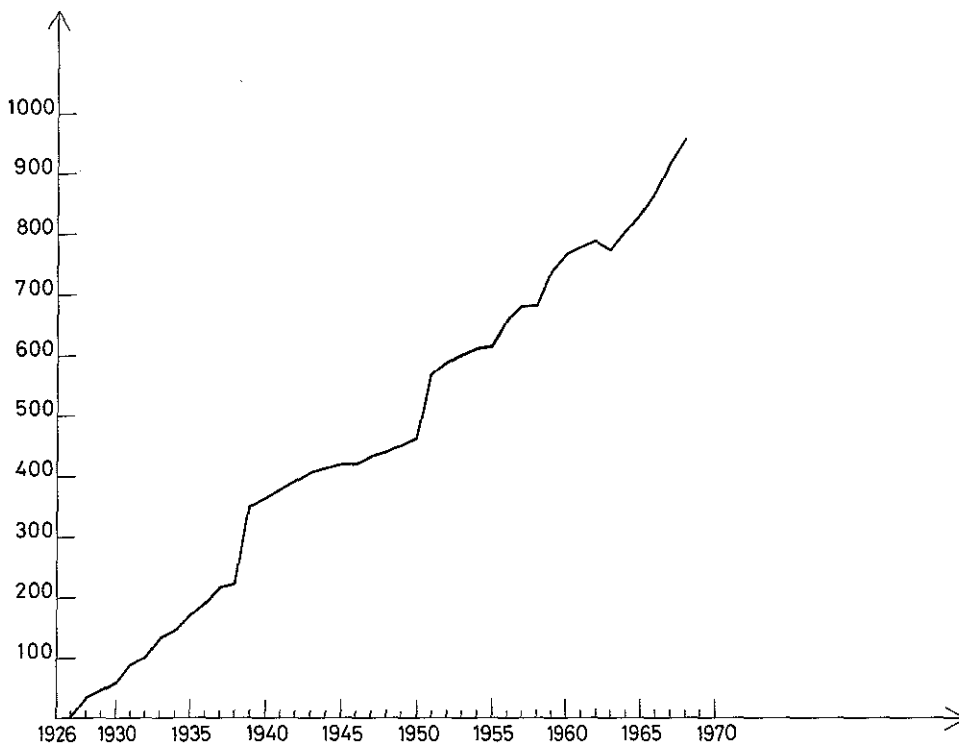
Under fagrådet for Byggeri hører 18 DS- og 13 DS/R-udvalg. Fagrådets vigtigste arbejdsområde er for tiden målkoordinering, dvs modulordning, toleranceprincipper, målaf sætning etc.

3.3 Standardiserings- og rekommandationsudvalg

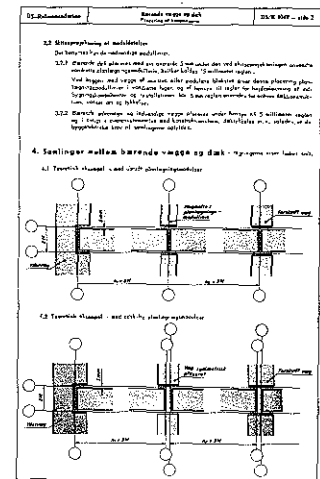
Arbejdet i standardiseringsudvalgene udføres ud fra hensyn til alle relevante interesser, og derfor sikrer man sig i udvalgene så bred en repræsentation som muligt. Herved kan udvalgene undertiden blive så store, at det går ud over arbejdstempoet, og man har derfor i mange tilfælde anvendt den hurtigere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

Når forslag fra standardiserings- og rekommandationsudvalg er færdige, behandles de i fagrådet, som videresender dem til forretningsudvalget med anmodning om at offentliggøre dem til kritik. Efter en kritikperiode på 1 eller 2 måneder behandles den indkomne kritik i udvalget, alle kritikere får skriftligt svar, og efter en eventuel revision og en fornyet behandling i forretningsudvalget kan bladet udsendes som Dansk Standard.

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.



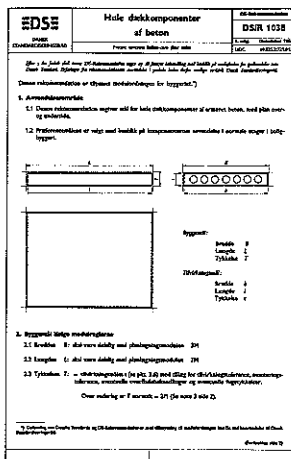
ANTAL DS-BLADE



Kritik af DS-forslag

DS og lovkrav

Figur 3.02.
Antal af udsendte DS-blade.
★ Number of published DS-papers.



DS-rekommandationerne har en gyldighedsperiode på tre år, hvorefter de tages op til revision, eventuelt med henblik på udsendelse som egentlige standardblade; DS-bladene skal revideres hvert femte år.

3.4 DS-blade og -rekommandationer

Pr. 1.1.1970 er udsendt følgende blade med tilknytning til modulordningen:

Modulblade med generelt indhold

- DS 1000 FASTE HØJDER I BYGNINGER
angiver visse modulariserede højdemål i råbygningen i boligbyggeri, samt principper for højdemålenes indbyrdes koordinering og af-sætning.
- 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/R 1012 MÅLAFSÆTNING PÅ BYGGEPLADSEN
Bladet angiver generelle regler for målaf-sætning på byggepladsen og indeholder desuden et tillæg med anvisninger på målangivelser på tegninger, udført som procestegninger.
- DS/R 1050 ANVENDELSE AF TOLERANCER I BYGGERIET
Rekommandationen omhandler regler for tolerancers anvendelse i byggeriet uden at give talmæssige værdier for disse tolerancers størrelse.
- DS/R 1075 HORIZONTALE PRÆFERENCEMÅL FOR BYGGERI
Indeholder præferencemål for såvel bygningskomponenter som bygninger.

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 til toløbstrapper i almindeligt boligbyggeri.

DS 1041 **BYGGEBLOKKE – MÅL OG FORBANDTER**
omhandler byggeblokke til opførelse af vægge med samme tykkelse som byggeblokkens bredde.

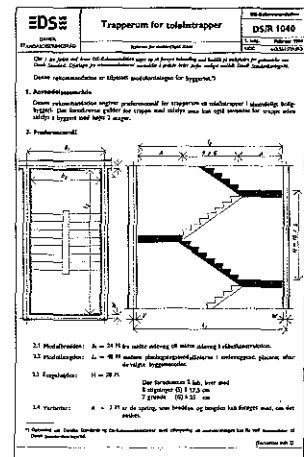
DS 1045 **ISOLERINGSRUDER**
hermetisk forseglede dobbeltruder, en-rammede vinduer.

DS/R 1046 **GULVOVERFLADERS HØJDEPLACERING**
fastlægger placering, og dermed tykkelse af 4 typer af overgulve med tykkelser fra 25 til 105 mm.

DS/R 1047 **ELEVATORSKAKTE MV TIL ETAGEBOLIGBYGGERI**
angiver præferencemål for elevatorskakte i byggeri på indtil 8 etager.

DS/R 1048 **NORMALMURVÆRK OG MODULPROJEKTERING**
indeholder blandt andet modulære byggemål for murværk af danske normalsten.

DS/R 1049 **BÆRENDE VÆGGE OG DÆK**
Placering af komponenter
angiver placering af råbygningens bærende komponenter.



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 – TOLERANCEUDLIGNING** behandler problemerne, hvor råhuset og rørinstallationerne mødes.

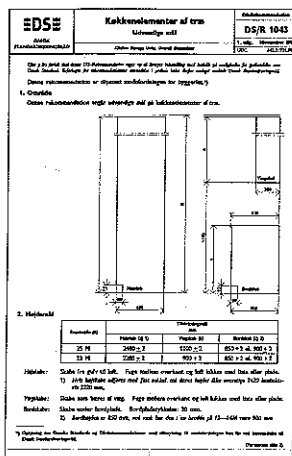
DS/R 1044 **EL-INSTALLATIONER I ETAGEBOLIGBYGGERI**
omhandler antal og placering af montagegenstande for stærkstrøm.

Modulblade vedrørende vinduer og døre

DS 1003 **VINDUER AF TRÆ – MODULMÅL, HULMÅL OG KARMYDERMÅL**

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 – TYBE B. 4.9
- DS 1009 NORMALVINDUER AF TRÆ – TYPE D. 2.05
Disse blade omhandler anvendelse, beslagliste, beslåning, beslag-oversigt, profilering mm samt detaljer i mål 1:1 (som løse bilag til opklæbning på stokke).

- DS 1028.1 INDVENDIGE, ENFLØJEDE DØRE – Hulmål.
- DS 1028.2 INDVENDIGE, ENFLØJEDE DØRE AF TRÆ – Karm og dørplademål.
- DS 1028.3 INDVENDIGE, ENFLØJEDE DØRE AF TRÆ – Kvalitetsbestemmelser.

Disse tre standards omhandler præferencemål, tilvirkningsmål og kvalitetsbestemmelser for indvendige døre.

- DS 1064 IKKE-PRØVEDE BRANDDØRE
(Forventes udgivet i begyndelsen af 1970).
- DS 1066 BRAND- OG RØGSIKRE DØRE, BRS-DØRE
- DS 1067 BRANDSIKRE DØRE, BS-DØRE
- DS 1068 BRANDDRØJE DØRE, BD-DØRE
- DS 1069 FLAMMESTOPPENDE DØRE, F-DØRE
- DS 1080 UDVENDIGE DØRE
Hulmål, Karm- og dørplademål.

Ialt 38 modulblade pr. 1.1.1970

3.5 SBI's måltypiseringsrapport

I modularbejdet har en forenkling af målene på bygnings hoveddimensioner – spændvidder, fagbredder og højder mv altid været en hovedopgave. I boligbyggeriet har dette som bekendt ført til standardisering af vandrette og lodrette planlægningsmoduler på henholdsvis 3M og 2M. Herved begrænses målspringene på råbygningens komponenter, og en industriel produktion af disse bygningsdele bliver mulig. Den nævnte udvælgelse af målspring på 3M og 2M er ikke altid tilstrækkelig. Selv i boligbyggeriet forekommer der eksempler på en yderligere begrænsning, hvor fx udvalget af pladebredder til dækelementer begrænses til 12M, eller hvor formaterne på modulære vindues- og facadeelementer begrænses til bestemte målsærier. Sådanne foretrukne mål kaldes præferencemål.

I institutions- og erhvervsbyggeriet, hvor større spændvidder ofte forekommer, er behovet for en måltypisering endnu mere udtalt, men i

Modul og målforenkling

Præferencemål

det officielle modulararbejde har dette område indtil for nylig ikke været behandlet i nævneværdigt omfang.

Spørgsmålet blev derfor undersøgt af et ekspertudvalg nedsat af Boligministeriet, og udvalget har afgivet en rapport, *Måltypisering*, af marts 1966; senere udsendt som SBI-rapport nr. 56, [3.4].

SBI-rapport 56

I rapporten undersøges muligheden for at udvælge begrænsede serier af målrækker, hvis mål alle er multipla af 3M, til dimensionering af hovedmål, såsom fagvidder, komponentlængder og – bredder mv i forskellige kategorier af bygninger.

De udvalgte mål må opfylde følgende krav:

1. Målene skal tilfredsstillende de funktionskrav (brugskrav), der er knyttet til bygningen og komponenterne gennem byggeprogrammet, og
2. Målenes talværdier skal besidde følgende egenskaber:
 - A. Udvalget af forskellige talstørrelser skal være tilstrækkeligt stort.
 - B. Fordelingen skal være regelmæssig, og således at springene vokser med tallenes størrelse.
 - C. Mellem alle tal skal der være enkle indbyrdes forhold.

Disse betingelser opfyldes bedst gennem talrækker udregnet som fordoblingsrækker. $p = n \times a \times 2^x$, hvor a er en grundenhed, her 3M, og eksponenten x samt faktoren n kan antage værdierne 0, 1, 2, 3,, dvs alle hele positive tal. Som eksempel på en sådan talrække nævnes:

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

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

Med voksende tal bliver målspringene stadigt større – og også for store for byggeriets formål – hvorfor denne udgangsrække må suppleres med andre rækker, hvor mellemliggende værdier er taget med. Eksempel: 9M, 18M, 36M, 72M, 144M Dette er også en fordoblingsrække, som altså har samme talmæssige egenskaber som udgangsrækken. Disse egenskaber – simple forhold mellem tallene osv – bevares derfor, hvis man kombinerer de to rækker:

Kombinerede rækker

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

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

Udvalget fremhæver, at brugskravene kun kan give relativt unøjagtigt bestemte mål, hvorfor man hellere bør gå den vej, at man foretager en systematisk udvælgelse af målene og derpå vurderer om den pladsstandard, disse mål giver i bygningerne er tilfredsstillende. Udvælgelsen af mål foretages ved hjælp af de nævnte fordoblingsrækker og kombinationer af disse. Figur 3.03 viser et udsnit af sådanne kombinerede rækker. Betegnelsen $n = 1 - 11$, se C-rækken, betyder, at faktoren n i formlen $p = n \times 30 \times 2^x$ indsættes med de ulige værdier 1, 3, 5, 7, 9, 11; analogt for de øvrige rækker.

Mål og pladsstandard

Figur 3.03.

Rækker af præferencemål.
Bemærk de tre rækker A,
B og C. Målene er angivet i
cm.

★ Columns of preferred
dimensions. Note the
three columns A, B and C.
The dimensions are stated
in cm.

A		B		C			
n=1	n=1-3	n=1-5	n=1-7	n=1-9	n=1-11	n=1-13	n=1-15 osv
30	30	30	30	30	30	30	30
60	60	60	60	60	60	60	60
—	90	90	90	90	90	90	90
120	120	120	120	120	120	120	120
—	—	150	150	150	150	150	150
—	180	180	180	180	180	180	180
—	—	—	210	210	210	210	210
240	240	240	240	240	240	240	240
—	—	—	—	270	270	270	270
—	—	300	300	300	300	300	300
—	—	—	—	—	330	330	330
—	360	360	360	360	360	360	360
—	—	—	—	—	—	390	390
—	—	—	420	420	420	420	420
—	—	—	—	—	—	—	450
480	480	480	480	480	480	480	480
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	540	540	540	540
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	600	600	600	600	600	600
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	660	660	660
—	—	—	—	—	—	—	—
—	720	720	720	720	720	720	720
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	780	780
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	840	840	840	840	840
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	900
—	—	—	—	—	—	—	—
960	960	960	960	960	960	960	960
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	1080	1080	1080	1080
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	1200	1200	1200	1200	1200	1200
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	1320	1320	1320
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—

osv

Som konklusion på overvejelserne om præferencemålene, deres forudsætninger og anvendelse når udvalget frem til følgende forslag:

- I. Som præferencemål for området 3M -24M anvendes for alle bygningskategorier følgende række:

3M - 6M - 9M - 12M - 18M - 24M

II. Som præferencemål for området 24M og større anvendes tre forskellige rækker, A, B og C, for følgende tre bygningskategorier:

A. *Haller,*

værksteds- og lagerbygninger, landbrugsbygninger og lignende

Målrækken, A:

24M - 36M - 48M - 72M - 96M - $n \times 3M \times 2^x$...

hvor $n = 1 - 3$, og $x = 1, 2, 3, 4, \dots$, idet rækken fortsættes ved fordobling.

B. *Institutioner,*

skoler, hospitaler og lignende

Målrækken, B:

24M - 30M - 36M - 42M - 48M - 60M - 72M - 84M -
..... $n \times 3M \times 2^x$

hvor $n = 1 - 7$, og $x = 1, 2, 3, 4, \dots$, idet rækken fortsættes ved fordobling.

C. *Andet byggeri*

Målrækken, C:

24M - 27M - 30M - 33M - 36M - 42M - 48M - 54M -
60M - 66M $n \times 3M \times 2^x$

hvor $n = 1 - 11$, og $x = 1, 2, 3, 4, \dots$, idet rækken fortsættes ved fordobling.

Denne række anviser udvalget som anvendelig "til mere komplicerede former for byggeri", og der nævnes som eksempel boliger; men problemerne omkring de normale planlægningsmoduler for boligbyggeriet og de foreslåede præferencemål er ikke behandlet i rapporten. Rækken er, som det ses, den mest findelte af de foreslåede, og den giver følgelig de bedste muligheder for tilpasning til funktionsmål, men for produktionen de største vanskeligheder i kraft af de mange produktionsmål.

Et overblik over forenklingen ved anvendelse af de foreslåede præferencemål sammenlignet med de almindelige planlægningsmoduler på 3M fås af tabellen, figur 3.04, der viser hvor mange pct af 3M målspringene, der er medtaget, henholdsvis udeladt i de forskellige rækker og intervaller.

Målforenklingsgraden

Af planlægningsmodulernes 30 cm spring er følgende procenter i rækkerne:

	A		B		C	
	med	udeladt	med	udeladt	med	udeladt
mål fra						
0-240 cm	75	25	87	13	100	0
240-480 cm	25	75	50	50	75	25
480-720 cm	13	87	25	75	50	50
720-960 cm	13	87	13	87	25	75

Figur 3.04.

Medtagne og udeladte 3M-spring i rækkerne A, B og C.

★ In- and excluded 3M-intervals in the columns A, B, and C.

Horisontale mål

Alle de til nu omtalte mål har været horisontale mål. De vertikale mål behandles mindre indgående i rapporten, men udvalget fremsætter dog ud fra tilsvarende overvejelser følgende forslag til målrækker for højdemålene:

Nettohøjder, dvs. rumhøjder vælges til 25M - 27M - 30M - 36M

Bruttohøjder, dvs etagehøjder vælges til 28M - 30M - 36M - 42M + eventuelt 32M og 33M, sidstnævnte af hensyn til tilsvarende udenlandsk standardisering.

Måltypiseringsrapporten har givet anledning til en ny indsats på modulstandardiseringens område. Et rekommandationsudvalg nedsat af Fagrådet for Byggeri har udarbejdet en DS-rekommandation for Horisontale præferencemål for byggeri, DS/R 1075,[3.5]. Rekommandationen opstiller rækken $n \times 3M \times 2^x$ for $n = 1 - 15$ som præferencemålrække både for komponenters byggemål og for bygningens hovedmål. Rækken er vist i figur 3.05. Den er, som det ses mere findelt end rækkerne A, B, og C i måltypiseringsrapporten.

DS/R 1075

Figur 3.05.
Præferencemålrækken fra DS/R 1075.
★ Column of preferred dimensions from DS/R 1075.

Præferencemålrækken Mål i M	Fordoblingsrækker							
	1	2	3	4	5	6	7	8
3	3							
6	6							
9		9						
12	12							
15			15					
18		18						
21				21				
24	24							
27					27			
30			30					
33						33		
36		36						
39							39	
42				42				
45								45
48	48							
54					54			
60			60					
66						66		
72		72						
78							78	
84				84				
90								90
96	96							
108					108			
120			120					
132						132		
144		144						
156							156	
168				168				
180								180
192	192							
216					216			
240			240					
264						264		
288		288						
312							312	
336				336				
360								360
384	384							
432								
48 M-spring osv								

Præferencemålrækken indeholder hele den talmængde, hvorfra alle bygge-riets specielle præferencemål skal udvælgjes fremover. Den kan derfor sammenlignes med maskinindustriens normtal, der anvendes til at fast-lægge målsrier med passende, voksende målspring for de forskellige maskinkomponenter.

Præferencemål og normtal

Målrækken er sammensat af otte fordoblingsrækker, og hvor der er be-hov for en yderligere målforenkling, end den hovedrækken giver, kan man udskyde en eller flere af delrækkerne, begyndende med nr. 8, 7, 6 osv fra højre. På denne måde opnår man, at det resterende udvalg af mål stadig vil være systematisk sammensat.

Yderligere målforenkling

Med præferencemålrækken som grundlag kan man nu arbejde videre og dels udvælge præferencemål som byggemål for specielle komponenter, fx dæk, vægge, bjælker osv, dels kan man vælge planlægningsmoduler for en række andre bygningskategorier end boligbyggeriet. Hele det store udvalg af typehaller, - skoler og - kontorer mv, der i dag er på markedet, savner en fælles koordinering gennem planlægningsmoduler; og betonelementindustrien har da også gennem mange år efterlyst sådanne standards, der kunne give et sikrere målgrundlag for denne produktion. Et forslag til præferencemål for halvbyggeri er under udarbejdelse (efter-året 1969) i et udvalg nedsat på initiativ af SBI.

Planlægningsmoduler for typehaller, -skoler etc

Til slut skal fremhæves, at DS/R 1075 kun indeholder horisontale mål, men at arbejdet i udvalget går videre med forslag til præferencemål for de vertikale mål.

3.6 Internationalt modulararbejde

Det internationale standardiseringsarbejde tog sin begyndelse inden for maskinindustrien, specielt jernindustrien, fordi det var på dette område, den internationale handel havde størst behov for fælles aftaler. Bygge-industrien har i det meste af dette århundrede været en udpræget na-tional industri med en meget ringe udveksling af varer over landegræn-serne og har derfor ikke haft det samme behov for internationale af-taler. Dette forhold har ændret sig siden 2. verdenskrig, og derved er der opstået stærke ønsker om en international målkoordinering i bygge-riet. Sigtet i dette arbejde er at nå frem til en fælles international modulordning.

Følgende internationale organer har arbejdet med modulproblemerne:

European Productivity Agency (EPA), under OEEC har set modul-ordningen som en nødvendig produktivitetsforanstaltning, og har der-fer udført en række undersøgelser af de nationale europæiske modul-ordninger og udsendt to rapporter herom [3.7] og [3.8].

EPA

International Modular Group (IMG). Da EPA i 1961 indstillede sit modulararbejde med udsendelse af ovennævnte rapporter, besluttede en kreds af interesserede eksperter at bevare de etablerede kontakter og dannede derpå IMG, som senere er omdannet til en arbejdskomité under CIB, (Sammenslutningen af de nationale byggeforskningsinsti-tutter).

IMG

ISO, TC 59, der behandler internationale standardiseringsopgaver in-denfor byggeriet, har særlige underudvalg, sub-committees, som be-skæftiger sig med målkoordinering, herunder modulordningen.

ISO, TC 59

CMEA

Council for Mutual Economic Aid (CMEA), – det østeuropæiske fællesmarked – har en permanent bygningskomité, der har udsendt meget vidtgående modulregler og -standards, som tilsammen udgør en fast, gennearbejdet modulordning,

UMS

The Unified Modular System (UMS). Denne ordning er fra 1. Januar 1967 blevet obligatorisk for alle CMEA-medlemslande.

NKB

Nordisk Komité for Bygningsbestemmelser (NKB) har udført et meget effektivt koordineringsarbejde af modulordningerne i Norden, og det er herved lykkedes at få vidtgående overensstemmelse mellem de nordiske landes modulordninger, incl en del helt identiske modulstandardblade.

Med alle disse organer er det internationale samarbejde på vej mod en fælles modulordning, som dog endnu mangler meget i sin virkeliggørelse. Der er nogenlunde enighed om basismodulen, $M = 100$ mm (Tyskland har dog $OM = 125$ mm, samt $M = 100$ mm, og USA med flere lande har $M = 4$ inches = 101,6 mm). Desuden har man nået til en vis overensstemmelse om blandt andet følgende emner: Præferencemål, stormoduler, submoduler og etagehøjder. Det følgende skema viser, hvor langt man er kommet i nogle forskellige europæiske lande. Det bemærkes, at listen ikke er komplet, idet de anførte lande kun er medtaget som eksempler.

LAND	Stormoduler for vandrette mål							Submoduler				Etagehøjder i boligbyggeri					
	2 M	3 M	6 M	12 M	15 M	30 M	60 M	$\frac{M}{2}$	$\frac{M}{4}$	$\frac{M}{5}$	¹⁾	25 M	26 M	27 M	28 M	30 M	32 M
IMG-rekommandation		X	X	(X)	(X)	X	X						(X)	X	X	X	
CMEA-landene	X ²⁾	X ²⁾	X ²⁾	X ²⁾	X ²⁾	X ²⁾	X ²⁾	X		X	X			X	X	(X)	
Danmark		X													X		
England		X ³⁾						X ³⁾	X ³⁾				X ³⁾	X ³⁾			
Fintand		X													X ⁴⁾		
Frankrig		X	X						X				X	X	X	X	X
Italien		X ²⁾	X ²⁾	X ²⁾				X	X							(X)	
Jugoslavien			X												X	X	
Norge		X												X ⁴⁾			
Schweiz		X ⁴⁾	X ⁴⁾						X ⁴⁾					X ⁴⁾			
Spanien		X ⁴⁾	X ⁴⁾										X	X	X	X	X
Sverige		X ⁴⁾												X	X		
Vesttyskland												(X) ⁵⁾				X	

1) CMEA-landene bruger desuden submodulerne $\frac{M}{10}$, $\frac{M}{20}$, $\frac{M}{50}$ og $\frac{M}{100}$ for de helt små mål; litt. (3.11)

2) De forskellige målspring, 2M, 3M, ... 60M, anvendes ved mål af forskellige størrelsesordener.

3) Skal anvendes ved Englands overgang til metersystemet i 1972

4) Foreligger i udkast

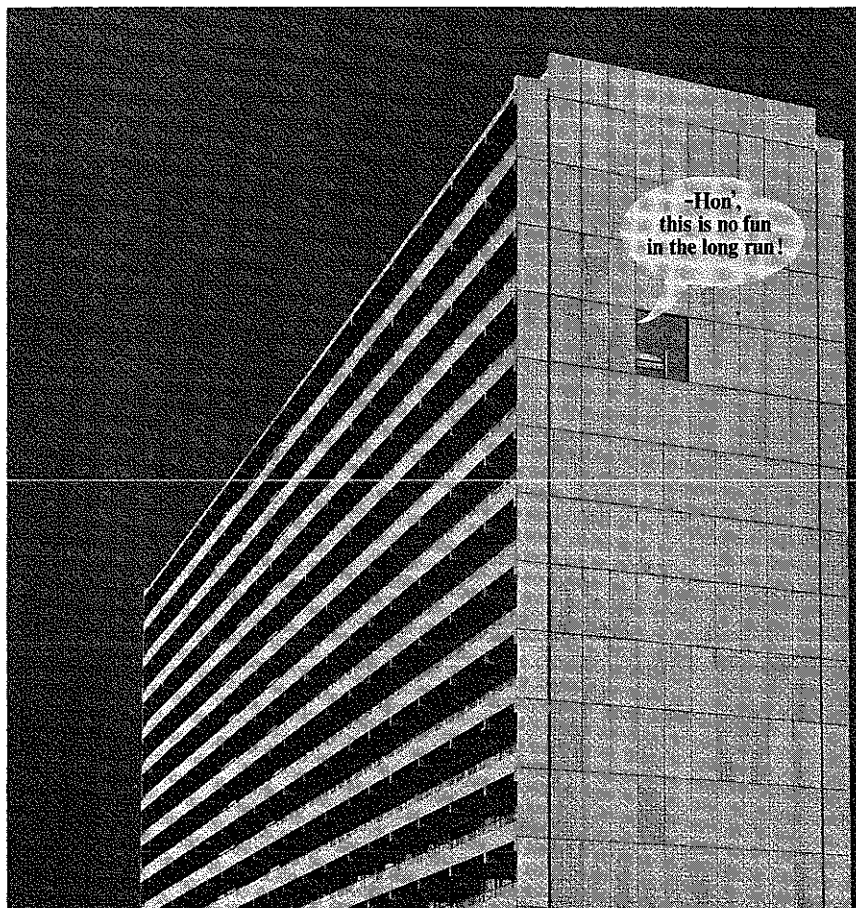
5) Desuden rekommanderes højderne 2,25 2,625 og 2,75 m.

() Målene i parentes anvendes kun i begrænset omfang

3.7 Litteratur

- [3.1] Rambøll, B. J. Rationelt byggeri, Kbh 1955.
- [3.2] Dansk Standardiseringsråd Beretning 1967, Kbh 1968.
- [3.3] Dansk Standardiseringsråd Katalog over DS-publikationer.
- [3.4] SBI-rapport 56 Måltypisering, Kbh 1966.
- [3.5] DS/R 1075 Horisontale præferencemål for byggeri. Kbh 1969.
- [3.6] EPA, Projekt 174 Modular Coordination in Building, Paris 1956.
- [3.7] EPA, Projekt 2nd report Modular Coordination, Paris 1961.
- [3.8] Dansk teknisk tidsskrift Nr 1, 1966.
- [3.9] Byggstandardiseringen Modulprojektering, særtryk af Byggnad-industrin 4, 5 og 6. Stockholm 1967.
- [3.10] Weincke, O. Standardisering. 3 forelæsninger på DTH i 1967.
- [3.11] Den czekoslovakiske stats normer, CSN 73 00 05 Modulkoordinering i byggeriet.

*Julekort 1968 fra Ren og anvendt meka-
nik, DIAB Kbh.
Montagebyggeriets statiske problemer er
siden 1966 blevet undersøgt ved laborato-
rieforsøg på DIAB*



4

4. Modul og statik

Boligministeriets tillæg 3
til BR

De statiske principper og løsninger i dette kapitel gælder i hovedsagen kun for byggeri i 1-6 etager, mens der for bygninger på 7 etager og derover gælder særlige krav, jævnfør Boligministeriets tillæg 3 fra februar 1969 til Bygningsreglementet af 1966.

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

Når en bygning opføres af præfabrikerede dele bliver den af "korthustypen", hvilket medfører en række specielle statiske problemer. Det falder udenfor rammerne af denne bog at give en komplet gennemgang af de statiske problemer i forbindelse med byggeri af præfabrikerede komponenter; men på den anden side må det være naturligt, når vi hele tiden understreger sætningen: "*Flest mulige præfabrikerede modulære komponenter*", at gøre opmærksom på de vigtigste statiske konsekvenser af denne hovedregel. Der henvises iøvrigt til litteraturfortegnelsen for dette kapitel specielt [4.1] og [4.18].

Montagebyggeriet giver
simpelt understøttede
konstruktioner

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 undersøttede konstruktionselementer. På den anden side medfører dette princip, at vi må træffe særlige foranstaltninger til at sikre konstruktionens *stabilitet over for vandrette kræfter*.

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

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

Udvikling af montagebyggeriets teknik kræver forsøg

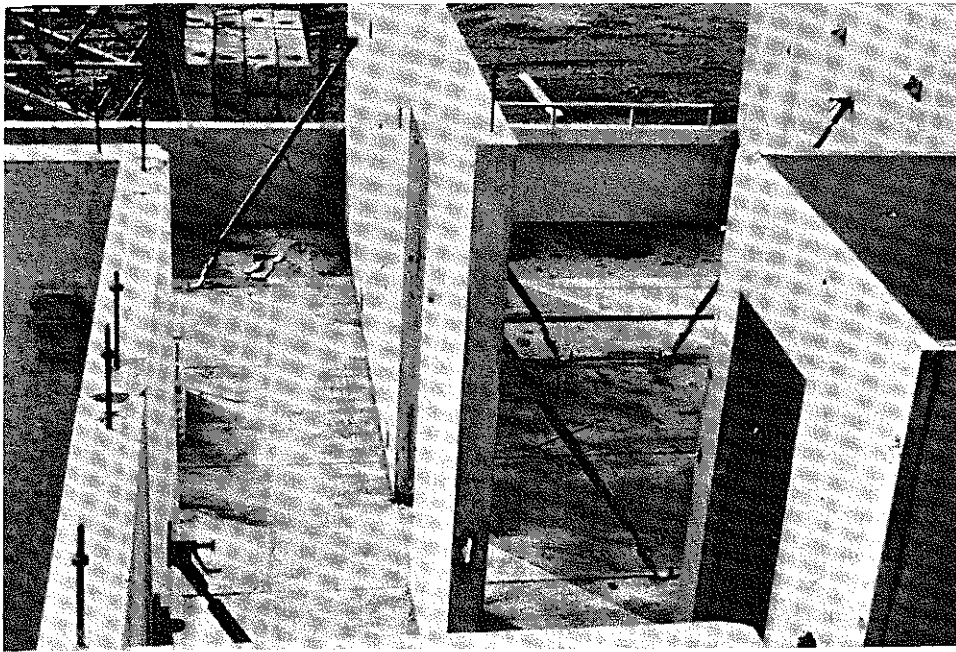
I en lang række tilfælde kan kraftforløb, deformationer og brudmekanismer etc ikke forudses med tilstrækkelig sikkerhed, uden at man supplerer analyserne med forsøg. Se herom i afsnit 4.6.

4.1 Bygningslovgivningens bestemmelser

Byggetraditionen

Dansk bygningslovgivning er i høj grad udformet ud fra gammel dansk byggetradition, hvor en væg er en muret væg, og en facade er en muret facade. Med landsbyggeloven og det tilhørende bygningsreglement er der dog åbnet mulighed for, at lovgivningsbestemmelserne kan administreres smidigt i kontakt med udviklingen i byggeriet. Dette er opnået ved at basere bygningsreglementets bestemmelser på funktionskrav, hvis opfyldelse kan dokumenteres enten ved beregninger eller ved målinger, mens de helt konkrete anvisninger i reglementet

Landsbygningsreglementets funktionskrav



Figur 4.01.

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

★ Inclined braces are used when erecting the wall units. In the finished building the stabilizing forces are transferred via the floor cross to the floor slab lending it on to the longitudinal bracing walls, f. inst. the staircase endwall.

(fx på bærende mures tykkelse) kun er *eksempler* på, hvorledes et funktionskrav er tilgodeset. Se herom i [4.2]. Det bør nævnes, at blandt eksemplerne på bærende vægge finder man hverken i Københavnsloven eller i bygningsreglementet vægge af betonelementer omtalt; og ordet montagebyggeri er end ikke nævnt nogen af stederne!

Byggetraditionens indflydelse i lovgivningen indskrænker sig ikke til at foreskrive de traditionelle materialer, fortrinsvis murværk og træ, men ses også i omtalen af plantyperne og dermed af de statiske hovedsystemer.

Den traditionelle etagebolig, som den er forudsat, først og fremmest i Københavns bygningsvedtægt, har bærende, muret hovedskillevæg – som kaldes hovedskillerum – og bærende, murede facader. I Københavnsvedtægten omtales princippet med bærende tværvægge og lette facader slet ikke. Foruden den gennemgående hovedskillevæg forudsætter vedtægten gennemgående afstivende tværvægge med en vis minimumafstand. Sådanne optræder blandt andet ved lejlighedsskel, og med disse konstruktioner, til hvilke der stilles en række krav, er husets stabilitet sikret i rigeligt mål.

Ved projektering af traditionelt boligbyggeri efter Københavnsloven er det derfor overflødigt at foretage de i indledningen til dette afsnit nævnte analyser og beregninger af bygværkets stabilitet. Et flertal af vore traditionelt byggede huse er da også opført helt uden overvejelser om vandrette kræfter. Følger man bygningsvedtægtens detaljerede bestemmelser om murdimensioner, vægafstande, facadeudformning osv, er man sikker på, at bygningen bliver tilstrækkelig stabil, og der kræves ingen særlig eftervisning af dette forhold. Til gengæld er det ikke rationelt at projektere på denne måde, og der er heller ikke mange arkitekter, der bryder sig om at tegne de huse, bygningsvedtægten forudsætter. Figur 4.02 viser fra bygningsvedtægtens § 22, stk 1 de bestemmelser, der omhandler bygningers konstruktive forhold. Det bemærkes, at man som en selvfølge forudsætter, at bygningen har bærende hovedskillevæg.

Montagebyggeri er ikke omtalt i dansk bygningslovgivning

Bærende hovedskillevægge og facader

Figur 4.02.

Uddrag af Københavns bygningsvedtægt, §22.

★ Extract from the Copenhagen building by-law, §22.

§ 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 facademurenes 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 $1/3$ af afstanden fra midte til midte af de tilstødende muråbninger, for en hjørnepilles vedkommende mindst $1/3$ af afstanden fra hjørnet til midten af den tilstødende muråbning, og hjørnepillen derhos, såfremt der findes muråbninger i begge de til et hjørne stødende ydermure, tillige tilfredsstiller reglen for mellempiller, idet afstanden, målt i de to ydermures midtlinie, sammenlægges, samt når i øvrigt ingen bærende facadepille får mindre bredde end $2 \frac{1}{2}$ sten.

Huse med bærende tværvægge kræver stabilitetsberegninger

Vil man projekttere 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 1966 findes tilsvarende bestemmelser, som i Københavnsloven, men desuden åbnes der mulighed for projektering med bærende tværvægge uden statiske beregninger, men på visse betingelser, se figur 4.03, som er gengivet fra kapitel 5.5.3, stk 5-8.

Figur 4.03.

Uddrag af landsbygningsreglementets kapitel 5.5.3.

★ Extract from the Danish building code, chapter 5.5.3.

Stk. 5. 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 4 nævnte, kan udføres med bærende skillevægge i følgende dimensioner:

- a. i øverste etage 17 cm mur,
- b. i de 2 følgende etager 23 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 23 cm mur. Ligeledes skal skillevæggen i den tredjeøverste etage, dersom højden i denne etage forøges ud over 2,8 m, udføres som mindst 35 cm fuld mur eller 23 cm mur i bastardmørtel.

Stk 6. 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 17 cm mur,
- b. i de 3 følgende etager 23 cm mur,
- c. i de 2 derpå følgende etager 35 cm fuld mur,
- d. i de følgende etager 47 cm fuld mur.

Er etagehøjden i den næstøverste etage forøget ud over 2,8 m, skal skillevæggen i denne etage forøges til mindst 23 cm mur, og ligeledes skal skillevæggen i den femteøverste etage, dersom højden i denne etage forøges ud over 2,8 m, udføres som mindst 35 cm fuld mur eller 23 cm mur i bastardmørtel.

Stk 7. 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 5. Er gennemsnittet af de to tilstødende afstande mindre end 3,6 m, kan reglerne i stk 6 anvendes.

Stk 8. Bærende skillevægge, der i henhold til reglerne skal udføres af 47 cm eller 59 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.

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.

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, og myndighederne vil kræve opfyldelsen af alle nødvendige funktionskrav dokumenteret gennem beregninger, eventuelt ved forsøg.

4.2 Statiske funktionskrav

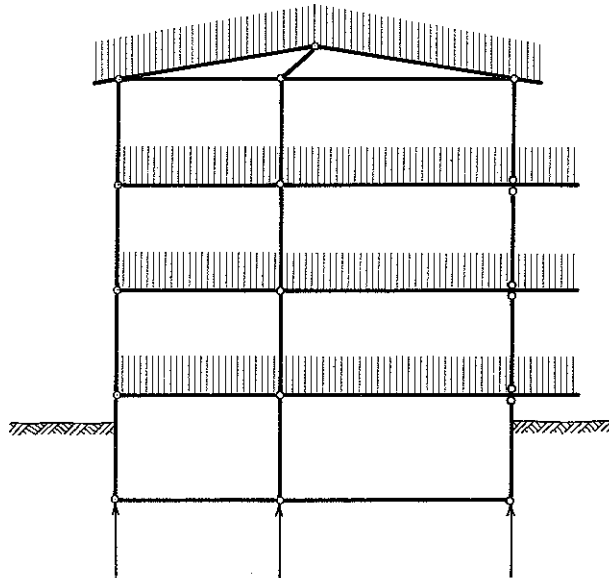
Bygværkets bærende hovedsystem skal optage såvel lodrette som vandrette belastninger og føre disse til byggegrunden med fornøden sikkerhed overfor brud, revner og skadelige deformationer.

De lodrette belastninger omfatter kræfter fra konstruktionens egenvægt, bevægelig belastning fra tag og altaner (snelast og personlast) samt fra etagerne

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

Lodrette belastninger

Figur 4.04.
Lodrette belastninger i boligblok.
★ Vertical loadings in apartment house.



(person- og møbellast). I boligbyggeriet har vi efter DS 410, [4.3] følgende belastninger på normaletagerne:

Nyttelast	150 kg/m ²
Dækelementer	ca 300 kg/m ²
Gulv + eventuel isolering	ca 50 kg/m ²
Lette skillevægge	<u>150 kg/m²</u>
Ialt på etageadskillelsen	ca 650 kg/m ²

Belastningen fra de lette skillevægge er normalt en linielast men kan, hvis dækkene virker tilstrækkeligt lastfordelende, ækvivaleres med en fladebelastning som anført. Se DS 410, § 5 og [4.4]

I figur 4.04 er de lodrette kræfter indtegnet på et tværsnit af en boligblok, og det ses, hvorledes kræfterne føres ned til fundamentene.

Vandrette belastninger

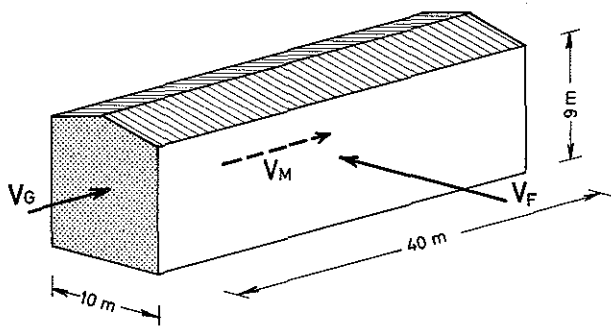
Massekraften = 1 1/2% af bygningens samlede lodrette belastning

De vandrette belastninger kommer fra enten vindkræfter eller den såkaldte massekraft, der efter DS 410, § 7 skal sættes til 1 1/2 pct af bygningens samlede lodrette belastning, egenvægt + nyttelast. Massekraften, der rent vedtægtsmæssigt er indført i normerne som en i de fleste tilfælde fiktiv belastning, skal sikre, at bygværket får en passende stabilitet. Kraften kan tænkes at opstå ved rystelser, eventuelt sætninger i jorden. Hvis den afstivende konstruktion udføres af murværk, kræver Københavns kommune bygværket beregnet for en massekraft på 2 1/2 pct.

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 angrebepunkter 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.



Figur 4.05.
Vandrette kræfter på boligblok.
★ Horizontal loadings in apartment house.

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 figur 4.05.

Beregningseksempel for vandrette kræfter

Kræfterne udregnes på grundlag af følgende belastninger:

- Lodret belastning på etageadskillelse 650 kg/m^2
- Samlet lodret belastning pr. etage, overslagsværdi 1000 kg/m^2
- (– idet vi skønmæssigt sætter vægten af bærende og afstivende vægge samt facader (lette) til ca. 350 kg/m^2 . Den korrekte værdi må udregnes i hvert tilfælde for sig).
- Vindbelastningen, tryk + sug, svarende til bygningshøjden 9 m bliver, idet der her ses bort fra det flade tag.
- $c \times q = (0,7 + 0,5) \times 78 = \dots\dots\dots 94 \text{ kg/m}^2$
- Se [4.3]

Herefter bliver:

- Vægten af huset over terræn, 3 etager:
- $40 \times 10 \times 3 \times 1 \dots\dots\dots 1200 \text{ t}$
- Vindkraft ialt på facader:
- $V_f = 40 \times 9 \times 0,094 \dots\dots\dots 34 \text{ t}$
- Vindkraft ialt på gavle:
- $V_g = 10 \times 9 \times 0,094 \dots\dots\dots 8 \text{ t}$
- 1 1/2 pct-kraften (massekraften):
- $V_m = 0,015 \times 1200 \dots\dots\dots 18 \text{ t}$

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 $V_m = 18 \text{ t}$ og i husets tværretning for vindkraften $V_f = 34 \text{ t}$. Dette er typisk for langstrakte bygningsformer.

$$V_f > V_m > V_g$$

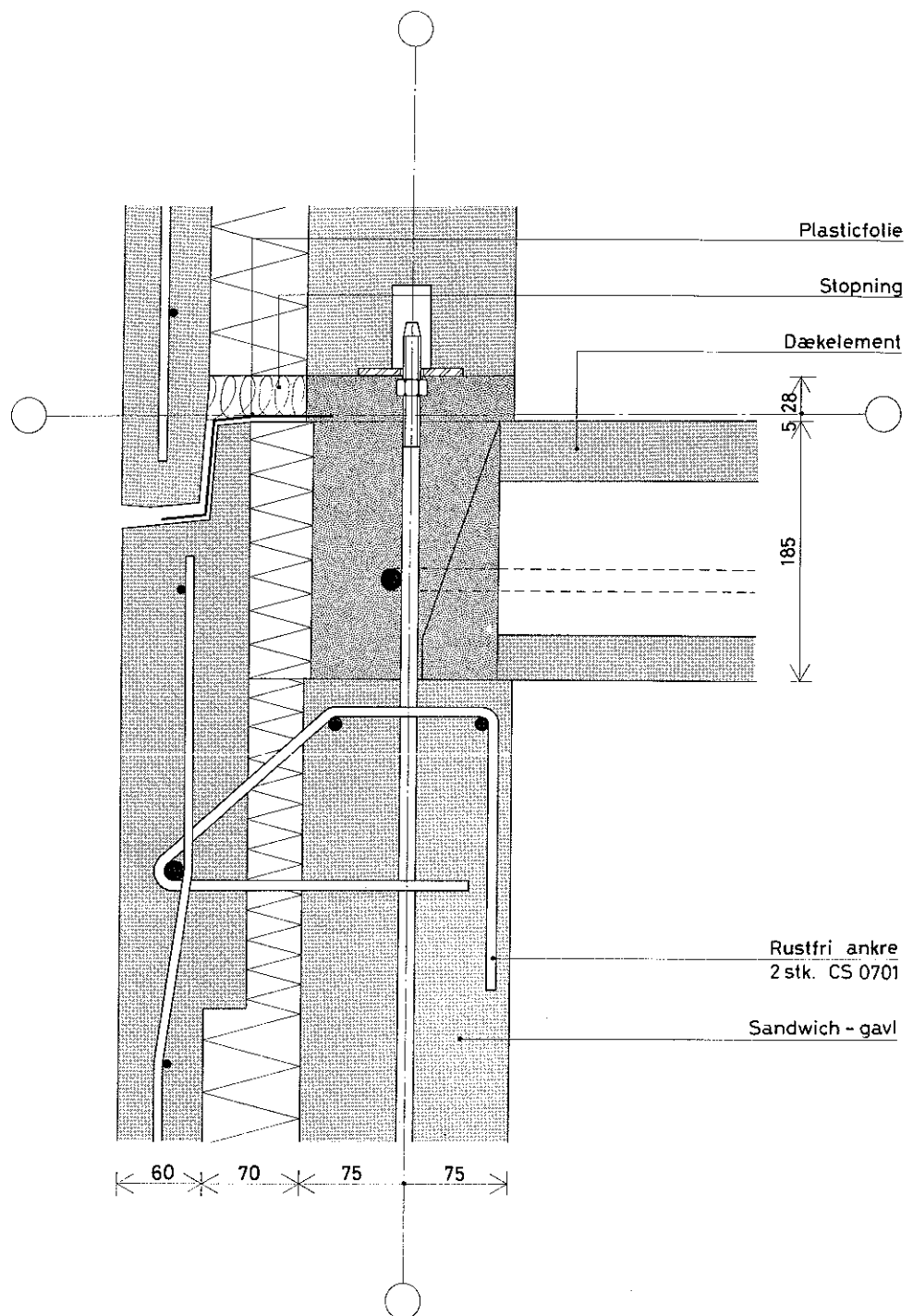
Temperatursvingninger i den bærende konstruktion giver anledning til bevægelser i denne. Konstruktionen må derfor udformes således, at disse bevægelser kan optages uden at give anledning til skadelige revnedannelser. For boligbyggeriet, hvor der samtidig stilles krav om en effektiv varmeisolering, er det en nærliggende løsning at placere den bærende konstruktion inden for isoleringen og derved undgå større temperaturbevægelser. Dette kan lade sig gøre i en række tilfælde, se fx gavlkonstruktionen i figur 4.06, mens det i andre tilfælde er umuligt. For altaners vedkommende vil således hovedparten af den bærende konstruktion normalt være udsat for udeluftens temperatursvingninger, og fremgangsmåden vil som regel her være den at søge den udvendige konstruktion adskilt fra den indre, eller kun forbundet med denne gennem enkelte, bevægelige forbindelser. Der henvises herom til fx [4.1].

Temperaturbevægelser

Figur 4.06.

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

★ Loadbearing sandwich-gablewall. The inside concrete diaphragm is protected against changes in temperature. The outside diaphragm is suspended in stainless anchorages in such a way, that it is able to follow the changes in temperature freely.



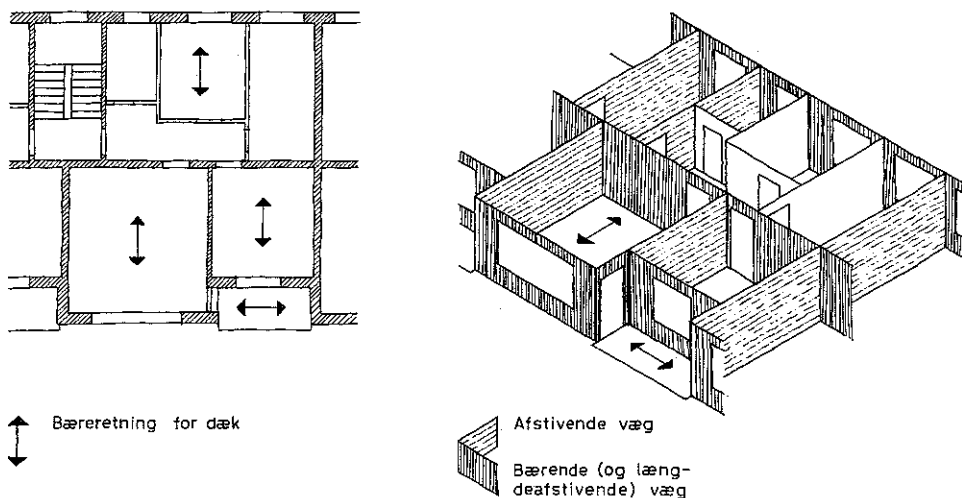
SNIT G₀ 1:5

Svindbevægelser

Et lignende forhold gør sig gældende for svindbevægelsernes vedkommende. Som påvist i [4.5] er svindbevægelser i beton delvist reversible, således at der ligesom for temperaturbevægelsernes vedkommende må tages hensyn til disse som tilbagevendende fænomener. Hovedparten af svindet, som ikke er reversibelt, optræder dog i hærdeperioden og under betonens udtørring.

Dilatationsfuger i større betonkonstruktioner

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



Figur 4.07.
 Boligplan med bærende hovedskillevæg fra 1930'erne.
 ★ Housing project with loadbearing main partition wall from about 1930.

HOVEDSYSTEM BÆRENDE HOVEDSKILLEVÆG OG FACADER

I de senere års montagebyggerier (eksempel, „Ballerupplanen” med flere) er man gået bort fra denne praksis, og der er udført bloklængder over 100 m uden dilatationsfuger. I disse bygninger fordeles temperatur- og svindbevægelserne så ligeligt over samlingerne — etagekrydsene, at man ingen steder har konstateret ulemper, ja næppe synlige revner som følge af bevægelserne. Forklaringen er, at den bærende konstruktion er ”pakket ind” i bygningens varmeisolering, hvorved konstruktionen befinder sig i omtrent konstante temperatur- og fugtforhold året rundt.

Ingen dilatationsfuger i det nyere danske montagebyggeri

4.3 Bærende hovedsystemer

Som omtalt i afsnit 4.1 anvendes i det traditionelle boligbyggeri normalt bærende hovedskillevæg og facader som statisk hovedsystem. Figur 4.07 viser et eksempel herpå fra 1930'erne. De bærende vægge er udført af murværk, og til etageadskillelser er valgt hulstensdæk, simpelt understøttet på væggene.

Bærende hovedskillevæg og facader

Bygningens lejlighedsskel, trappevæggene og de øvrige tværvægge virker som tværafstivning i konstruktionen, mens de lette vægge bæres af dækkene. Den bærende funktion i facaden stiller særlige krav til denne og hindrer eller vanskeliggør placering af større vinduesåbninger samt anvendelse af lette materialer, ligesom der vil være problemer med at opnå en tilfredsstillende varmeisolering i facaden. Da mere end en fjerdedel af facadebredden er murpiller, er der ingen problemer med bygningens længdestabilitet, sammenlign figur 4.02.

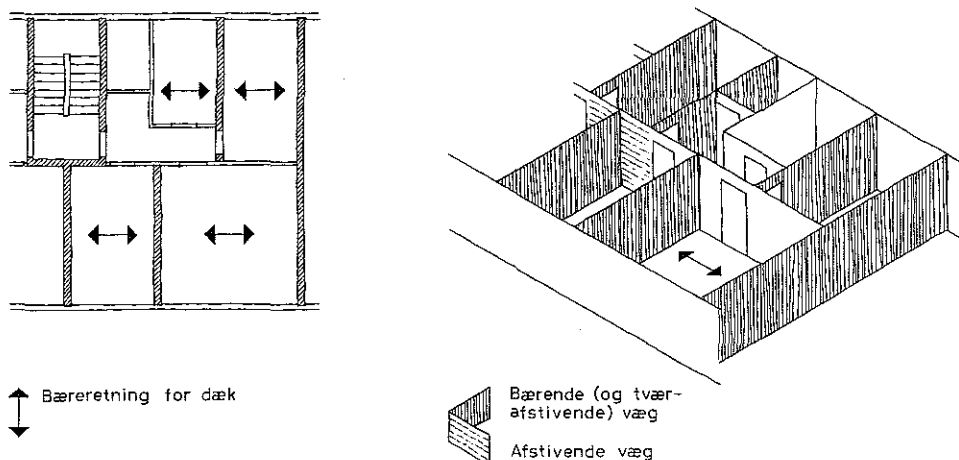
Bærende tværvægge

Figur 4.08 viser en nyere plantype med bærende tværvægge, længdeafstivning i trappeendevæggen og lette facadeelementer, hvis statiske funktion kun består i at optage vindkræfter på facaden. Facadeelementerne må derfor dimensioneres således, at de gennem en bøjningspåvirkning kan optage vindtrykket og overføre det til etageadskillelserne; se figur 4.09. Desuden må samlingen mellem facade og dæk udformes således, at den kan klare kraftoverføringen her, incl forankring af facaden mod vindsuget.

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

Figur 4.08.
Boligplan med bærende tværskillevægge fra 1950'erne.

★ Housing project with loadbearing cross partition walls from about 1950.



HOVEDSYSTEM BÆRENDE TVÆRVÆGGE

Hvis der anvendes elementdæk, må fugerne mellem dækelementerne derfor udføres sådan, at de kan optage forskrydningskræfter. Dette opnås dels ved fortanding af fugerne, dels ved indlægning af montagejern i disse, se figur 4.09 og 4.10.

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 fundamenterne. Også væggene skal derfor dimensioneres for bøjningspåvirkning, og den trækspænding, vi altid har i forbindelse med bøjning, må, hvis der er tale om murværk, ophæves af en endnu større trykspænding fra den lodrette belastning, da murværk som bekendt ikke må tage trækspændinger. Anvendes der elementer i væggene, kan det blive nødvendigt at udføre elementsamlingerne som træksamlinger, se herom i [4.1].

Fordele og ulemper ved princippet, bærende tværvægge

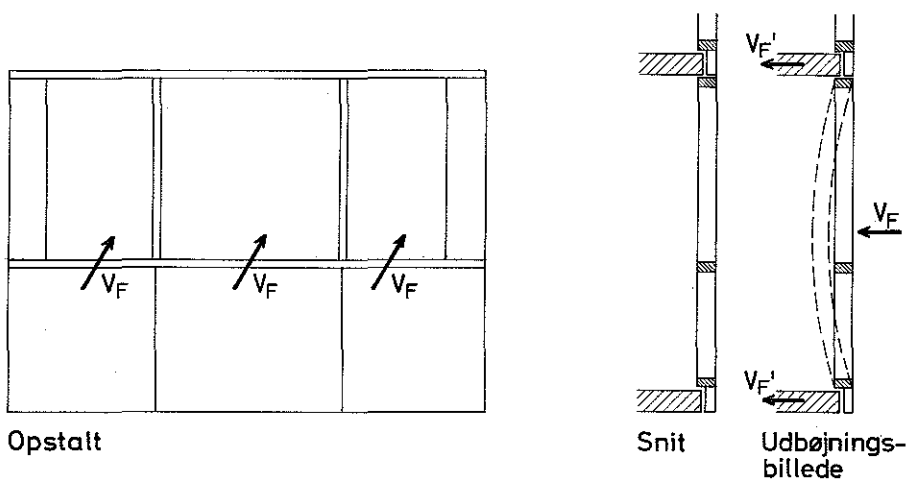
Konstruktionsprincippet med de bærende tværvægge åbner en række muligheder for en friere udformning og et varieret materialevalg i facaden i overensstemmelse med moderne arkitektoniske ideer. Ulemperne ved konstruktionsprincippet er de relativt tæt placerede, bærende tværvægge, der giver en vis begrænsning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

Bærende længde- og tværvægge

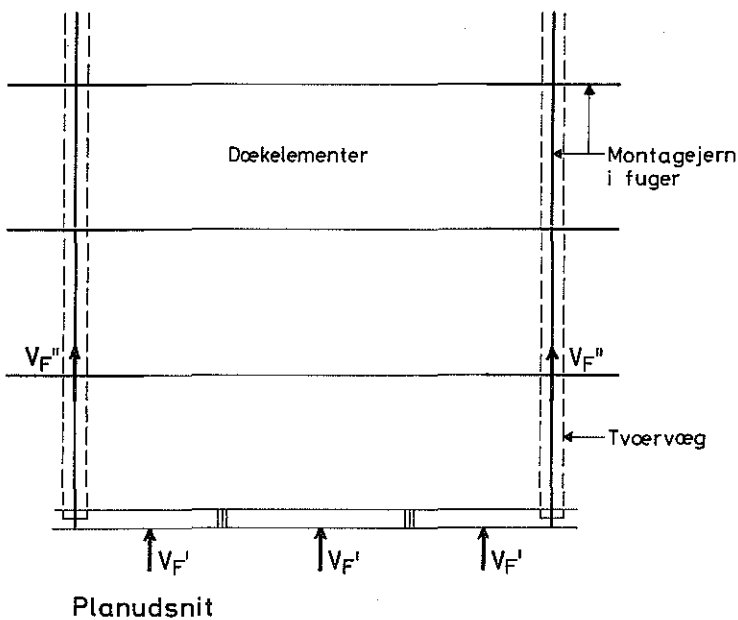
Figur 4.11 viser en plantype med kombinerede, bærende længde- og tværvægge. Facaderne kan være ikke-bærende eller bærende, og herved bliver dækkene henholdsvis 3- og 4-sidet understøttede. Sådanne dæktyper egner sig ikke for præfabrikering — pladerne måtte i givet fald være rumstore — og disse dæk udføres da normalt som pladsstøbt jernbeton.

Pladesystemer

Mens de ovenfor nævnte statiske systemer, der undertiden kaldes pladesystemer, har domineret i de senere års byggetekniske udvikling, er der dog fra



Figur 4.09.
 Vindbelastning på facaden giver bøjnings- og forskydningspænding i det afstivende system.
 ★ Windload on the facade causes bending and shear stresses in the bracing system.



Figur 4.10.
 Fortandede fuger og indlagte montagejern gør elementdækket til en sammenhængende skive.
 ★ Tongued joints and in-laid tie reinforcement transform the component floor to an unbroken diaphragm.

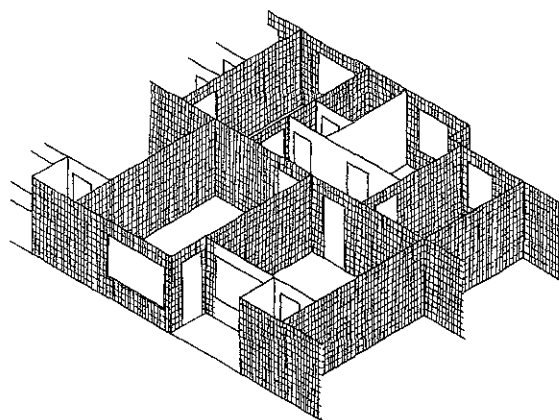
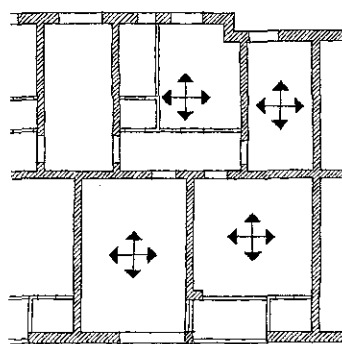
forskellig side gjort forsøg på at udvikle andre typer af bærende hovedsystemer, som fx bjælke-søjlesystemer, rammesystemer og kassettesystemer. Figur 4.12 viser det såkaldte TVP-system, hvor bjælker og søjler er kombinerede til T- eller V-formede halvrammer, mens P'et står for pladerne i dækket. Byggesystemet er nærmere beskrevet i [4.6], til hvilken der henvises.

Bjælke-søjle-systemer

TVP-huset

Figur 4.11.
 Boligplan med bærende
 længde- og tværskillevæg-
 ge og pladsstøbte dæk.

★ Housing project with
 loadbearing longitudinal
 and cross partition walls
 and cast in situ floor slabs.



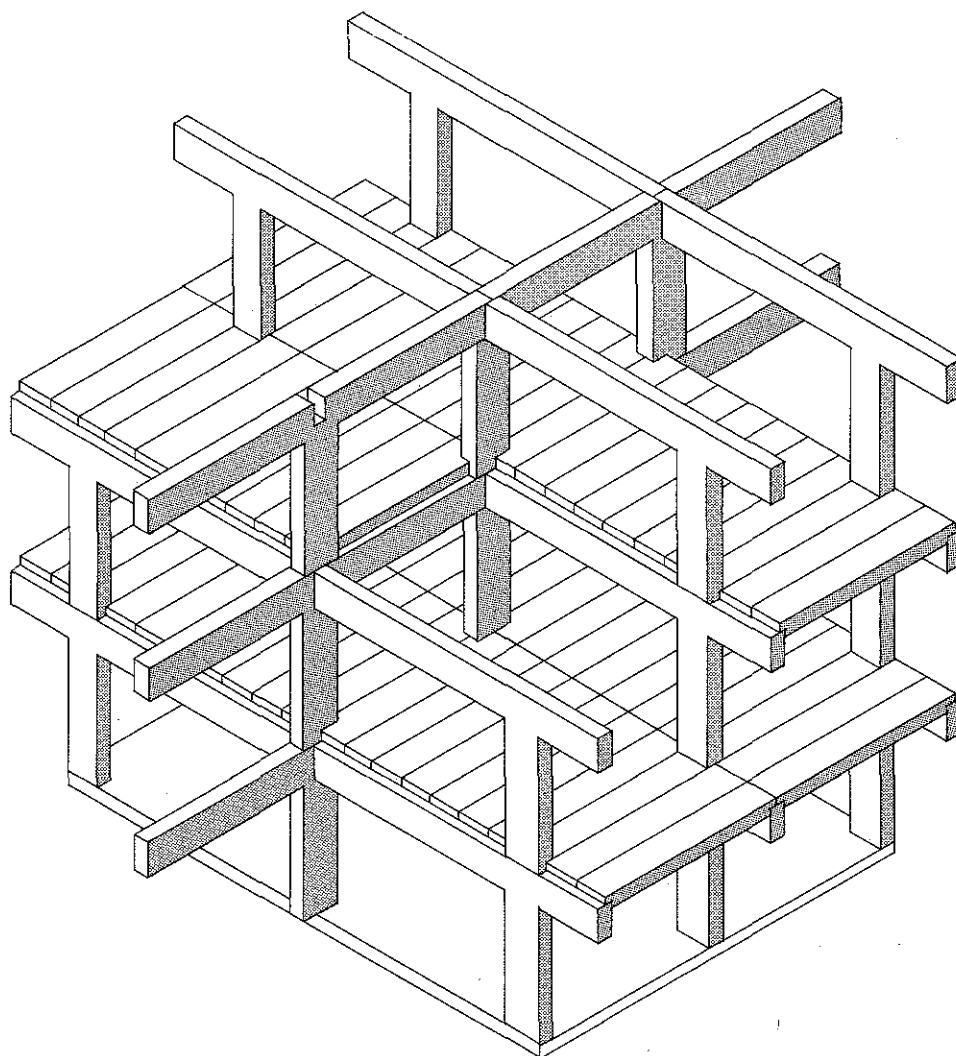
↑ ↓ Bæretning for dæk

⌊ Bærende og
 afstivende vægge

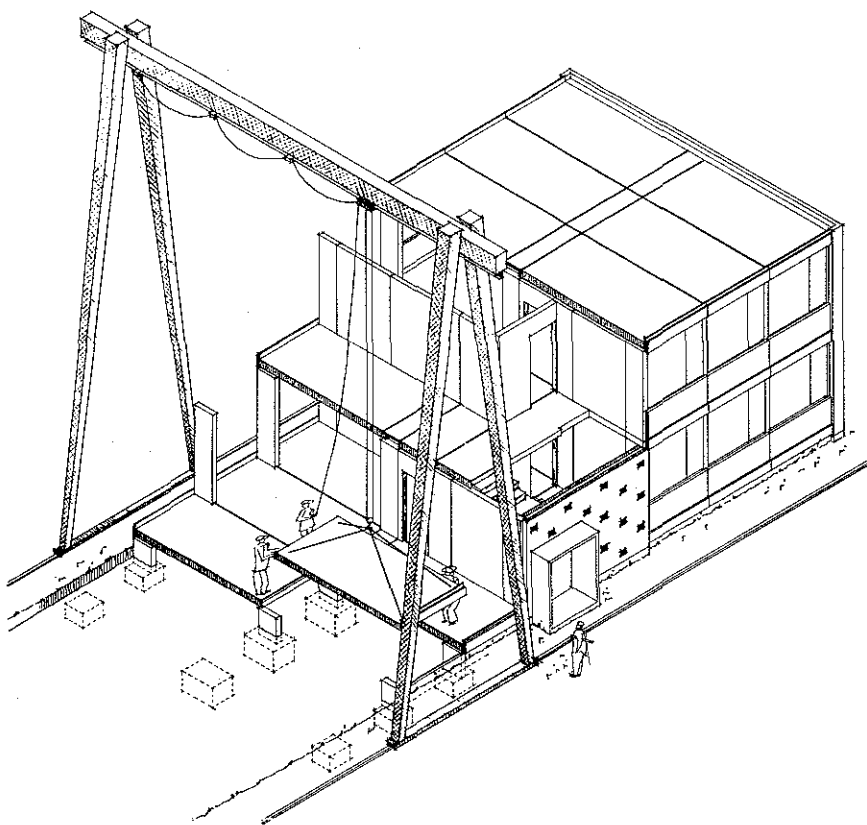
HOVEDSYSTEM
 BÆRENDE LÆNGDE- OG TVÆRVÆGGE

Figur 4.12.
 Isometri af TVP-husets
 konstruktionsprincip.

★ Isometry of the con-
 structional principle of the
 TVP-house.



ISOMETRI AF TVP-SYSTEMET



Figur 4.13.
 Plade-søjle-system fra
 byggeriet „Egeris” i Skive.
 ★ Slab-column-system
 from the housing-project
 "Egeris" in Skive.

Figur 4.13 viser en isometri af byggeriet Egeris, Skive, som er et plade-søjle-system, hvor stabiliteten er opnået med de pladsstøbte stive trappetårne; og figur 4.14 viser et andet interessant projekt fra Jylland, "Conbox-systemet", hvor de enkelte rum er udført som færdige bokse, monterede i et skelet af præfabrikerede jernbetonrammer.

Disse eksempler illustrerer den store variation, der findes i udviklingen af montagebyggeriets teknik her i landet. Går man til udlandet, bliver spektret endnu bredere. I [4.7] og [4.8] er anført flere eksempler på de senere års byggesystemer.

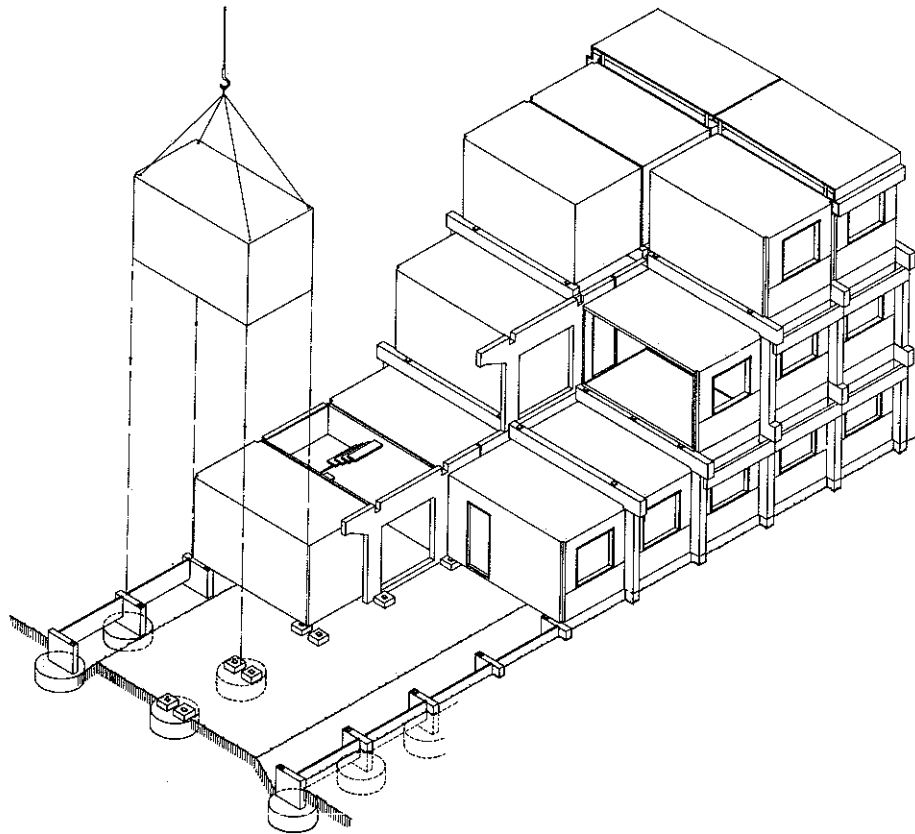
Som eksempel på et samlet kraftforløb af vandrette kræfter fra vind- og massekraft er i figur 4.15 vist et kontorhus, udført som bjælke-søjle-pladekonstruktion. De to gavle udgør bygningens afstivende system, idet der ikke er regnet med momentstive samlinger mellem bjælker og søjler. De vandrette kræfter føres gennem dæskiverne til gavlene, som ved hjælp af trappevæggene også er gjort stive i husets længderetning. I bygningens tværetning optages vindkræfterne af selve gavlvæggene, se den resulterende gavlspænding i figurens nederste højre hjørne. I bygningens længderetning, hvor massekraften som sædvanlig er dimensionsgivende, vil påvirkningen fra dæskiverne give trækspændinger i de langsgående trappevægge, som må armeres svarende hertil.

Vandrette kræfter på bjælke-søjlehus

En gennemregning af det statiske hovedsystem i et muret og et betonelement byggeri er givet i [4.9], henholdsvis [4.1], se disse.

Byggesystemerne illustreret med figurerne 4.12, 4.13 og 4.14 er udpræget lukkede systemer, hvortil der normalt kun kan anvendes elementer, som er udviklet specielt til projekterne af disses teknikere, der i større eller mindre grad har monopol på det pågældende system. Beskrivelsen af montagebyggeriets elementer i næste afsnit, 4.4, vil derfor væsentlig holde sig til standardelementer fra de åbne systemer, hvor elementerne har en større generel anvendelighed.

Figur 4.14.
 Isometri af Conbox-systemet.
 ★ Isometry of the Conbox-system.



4.4 Elementer

De pladeformede elementer til dæk, vægge og trapper mv i dansk montagebyggeri har gennemgået en udvikling, der har gjort det muligt at standardisere disse primære råhuskomponenter. Den følgende gennemgang er baseret på de udsendte DS-rekommandationer suppleret med en beskrivelse af de katalogvarer, elementfabrikkerne producerer. DS-rekommandationerne indeholder de modulære præferencemål for komponenterne, mens basismål, tolerancer og materiale-specifikationer fastlægges af de projekterende og producenterne.

DS/R-blade

Dækelementer efter DS/R 1038

De fleste dækelementer udføres som 2M tykke hulplader af enkeltarmeret jernbeton med præfabrikerede, helsvejste armeringsnet af kamstål. Komponenterne omtales i DS/R 1038, der foreskriver følgende byggemål:

$$\begin{aligned} \text{L og B: } & n \times 3\text{M} \\ \text{T: } & 2\text{M} \end{aligned}$$

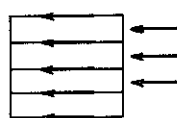
Ved valg af præferencemål tages der hensyn til elementvægten, idet dækkene inddeles i tre vægtklasser: 1 - let, 2 - middeltung og 3 - tung. For disse vægtklasser angives følgende præferencemål for bredden:

1. B = 6M
2. B = 12M, med supplement af 15M.
3. B = 24M (eventuelt 18M og 21M)

For længden angives ingen præferencemål. For tykkelsen angives foruden byggemålet 2M, tillige basismålet 185 mm.



Vindkraft på facade
OPSTALT

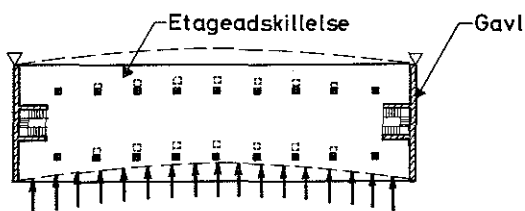


Vindkræfter
i etager



Vindkraft i
gavl

Figur 4.15.
Søjlehus påvirket af vandrette kræfter.
★ Framed construction influenced by horizontal forces.

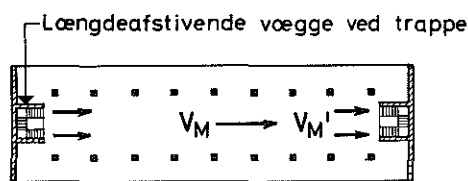


Udbøjningsbillede for vind på facade
PLAN

Bøjningsspænding
i gavle fra vind
på facade.

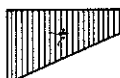


Trykspænding i
gavle fra lodret
belastning



Massekraft i etageadskillelse
PLAN

Resulterende
trykspændinger
i gavle



Figur 4.16 viser en principtegning til bestemmelse af dækelementets basismål ud fra byggemålene. Basismålet fremkommer af byggemålet ved fradrag af fugeandelene, sammenlign afsnit 2.2, specielt figur 2.06. Figur 4.17 og 4.18 viser henholdsvis arbejdstegning og foto af dækelementet.

I DS-rekommandation nr 1039 foreskrives to tykkelser, 150 mm og 180 mm for de bærende, normalt uarmerede vægelementer. Præferencemålene er følgende:

Vægelementer efter DS/R
1039

Højdemål: 26M, svarende til etagehøjden, 28M

Breddemål: 1. let vægtklasse: ingen præferencemål

2. middeltung »: 12M og 18M, suppleret med 15M og 24M, sidstnævnte for elementer med døråbninger

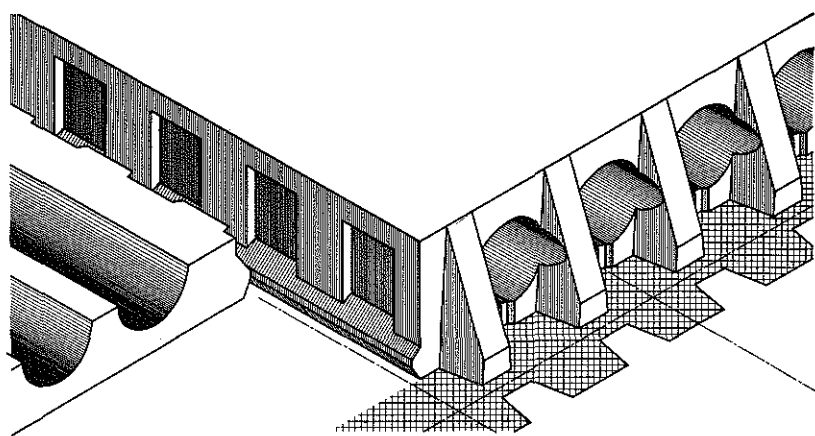
3. tung vægtklasse: ingen præferencemål

Grænserne mellem vægtklasserne ligger ikke fast, og i de senere år har der været en tendens til at udføre både elementer med åbninger og elementer uden åbninger med $B = 24M$, sidstnævnte vejer ca 2.2 t for et 150 mm element. Figur 4.19 viser en principtegning for bestemmelse af vægelementers basismål ud fra byggemålene, og figur 4.20 viser en elementtegning af et normalt, uarmeret vægelement.

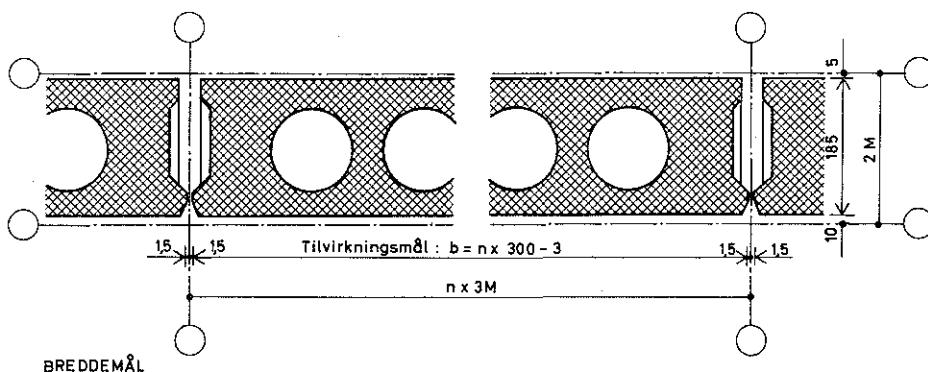
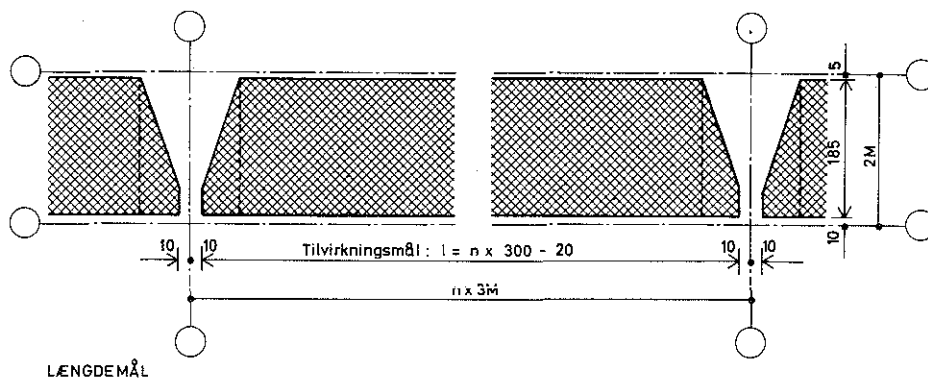
Figur 4.16.

Dækelement efter DS/R 1038. Byggemål og basis-mål. Det skraverede areal ved dækvederlaget (se isometrien) viser udstøbningsbetonen i etagekrydset.

★ Floor unit according to DS/R 1038. Dimensions and basic measures. The hatched area on the supporting wall (see isometry) shows the cast-in-situ concrete in the floor cross.



ISOMETRI



HULE DÆKKOMPONENTER 1:10

Ubenevnte mål i mm

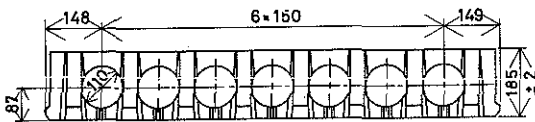
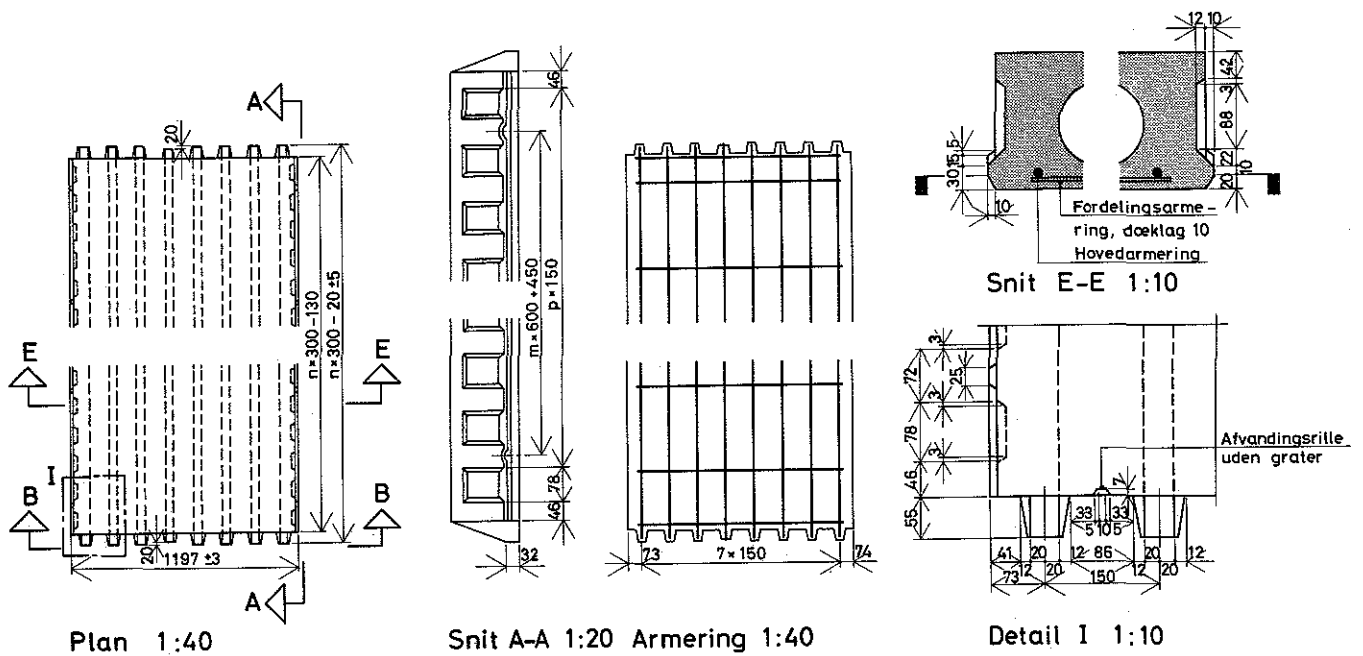
Modulmål efter DS/R 1038

Tilvirkningsmål efter katalog fra betonelementfabrik

Trapper efter DS/R 1040

DS-rekommandation nr 1040 beskriver byggemål og tilslutningsmål i det normale trapperum for toløbstrapper. Rekommandationen indeholder ikke som de to foregående forskrifter for komponentmål, men angiver generelle målkrav for det trapperum, i hvilket komponenterne skal indbygges. Dette forhold er blandt andet begrundet i, at trapperummets vægge kan udføres enten af betonelementer eller murværk, hvilket giver en række forskelle i tilslutningsmålene, som rekommandationen gør nærmere rede for. Fælles for de forskellige trappeløsninger er byggemålene $L \times B = 48M \times 24M$, se figur 4.21.

Afhængigt af de valgte materialer og placeringen af de tilstødende komponenter, fås en række variationer i målene l , b , t , og p . Der henvises herom til

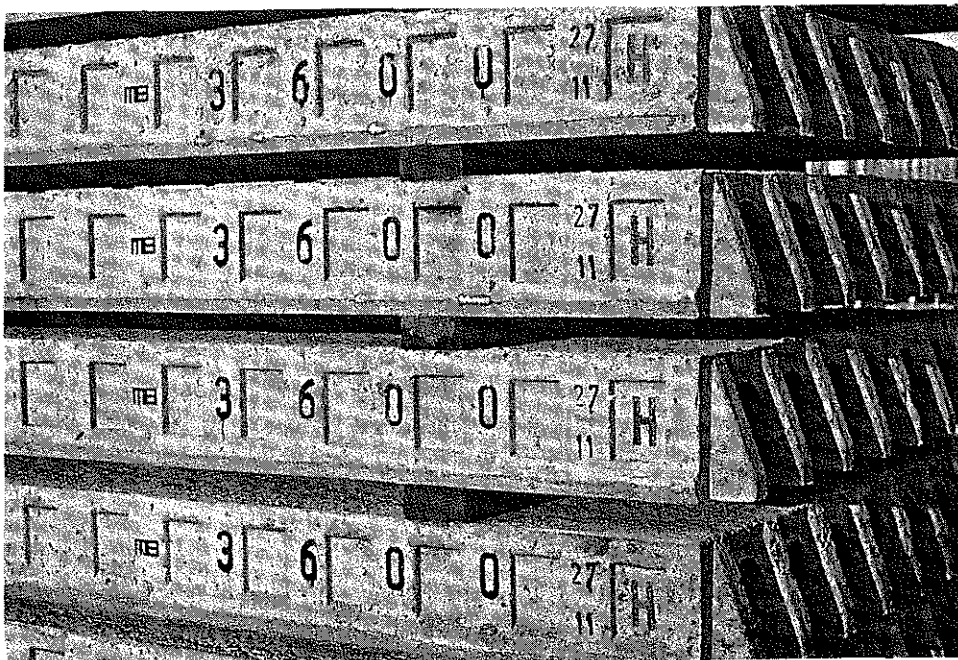


Hovedarmering: KS 42 S
 Fordelingsarmering: HFA
 Betonkvaliteter: L ≤ 48M: $d_T \approx 240 \text{ kg/cm}^2$, klasse A
 L > 48M: $d_T \approx 280 \text{ kg/cm}^2$, klasse A

Principtegning
 DÆKELEMENT PE 0

■ på snit E-E angiver bundformens udstrækning
 Alle bæreknaster renses for grater
 Alle ubenævnte målt er mm

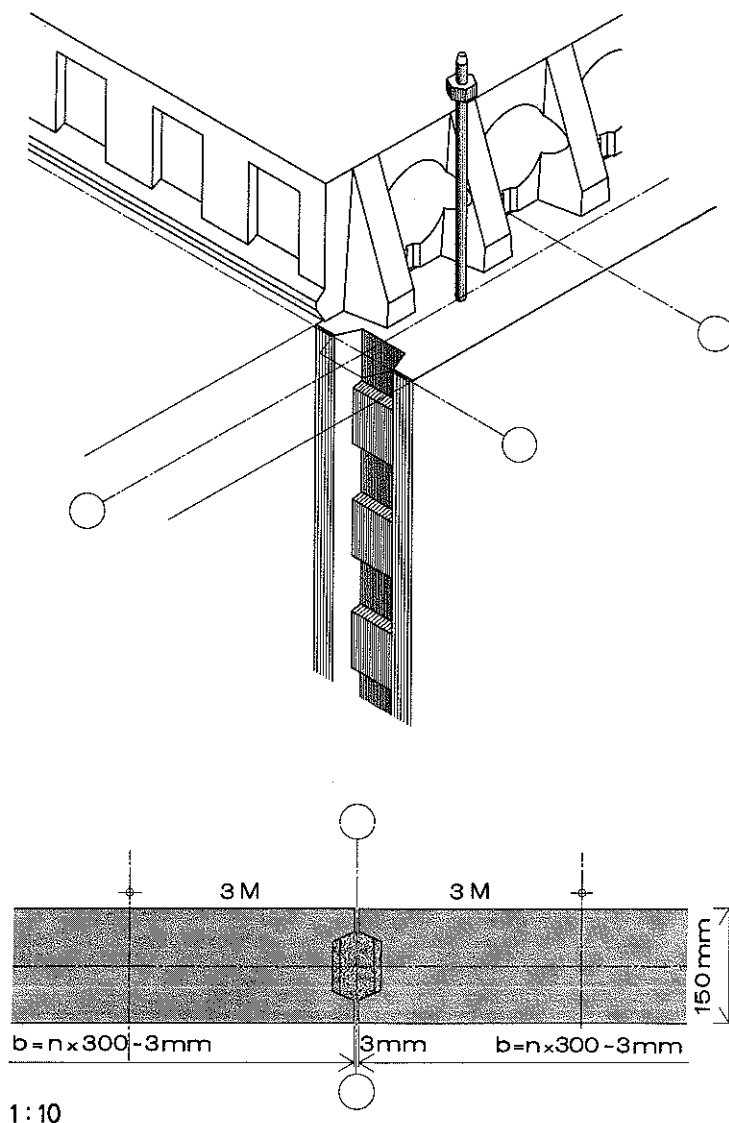
Figur 4.17
 Procestegning af dækelement med oplysning om alle geometriske detaljer.
 ★ Process drawing of the floor unit with information of all geometric details.



Figur 4.18.
 Foto af dækelementets vederlagsknaster og forandede sidekant.
 ★ Photo showing bearing projections and tongued edges of the floor unit.

Figur 4.19.
Vægelement efter DS/R
1039. Byggemål og basis-
mål.

★ Wall unit according to
DS/R 1039. Dimensions
and basic measure.



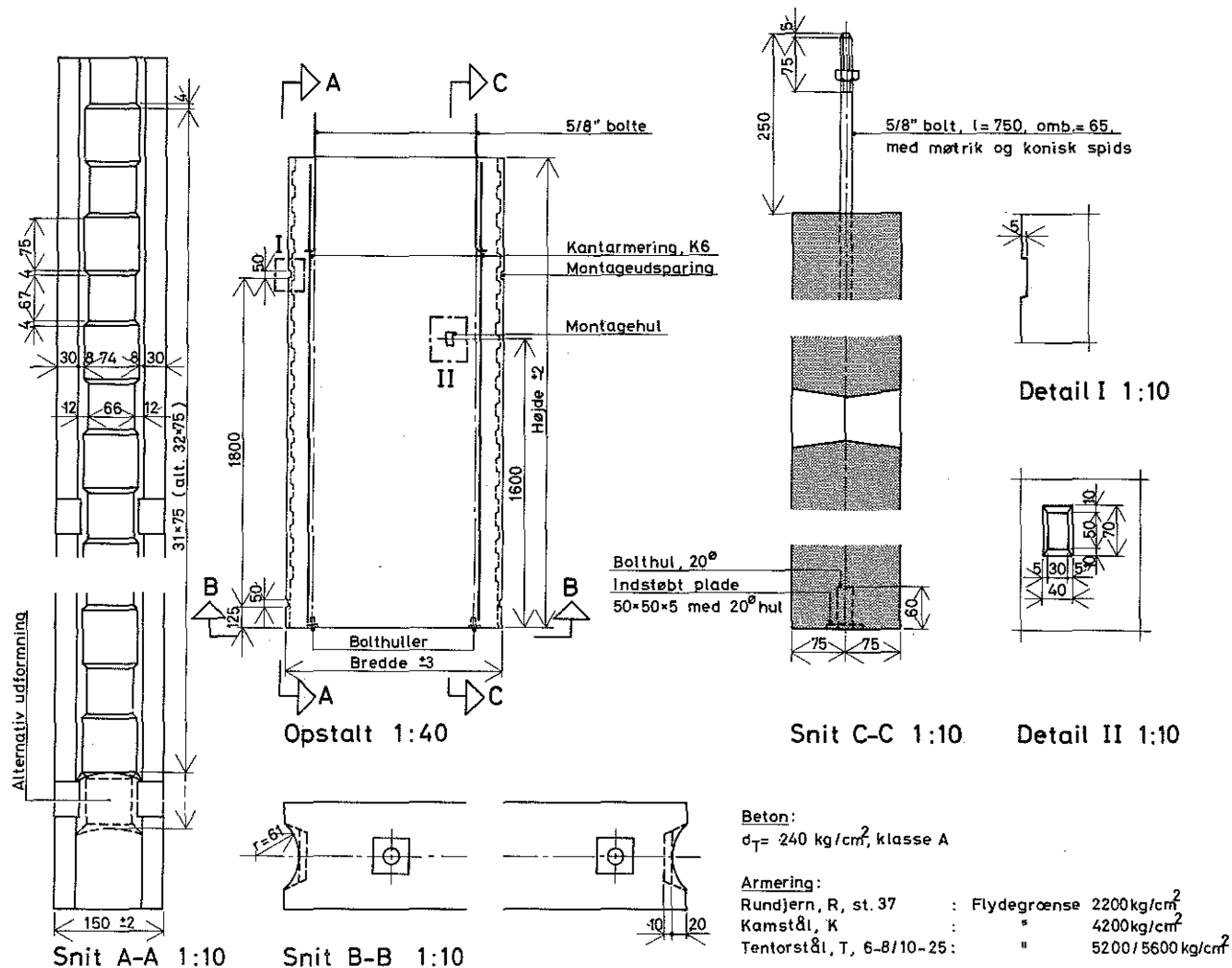
rekommendationens detaljer, samt til denne bogs afsnit 4.7 og projekterings-
eksemplerne i kapitel 8, 9 og 10, hvis trappeløsninger er i overensstemmelse
med DS/R 1040.

Modulære facader og gavle

Elementerne til facade- og gavlkonstruktioner er endnu ikke beskrevet i nogen
DS-publikation, men alligevel findes der modulære katalogvarer for disse byg-
ningsdele på markedet, ligesom flere individuelt projekterede facadeløsninger er
moduldimensionerede. For de lette facadeelementer henvises til kapitel 11,
Ballerupplanen, og som eksempel på et bærende gavlelement vises i figur 4.22
et beton-sandwichelement.

Betonsandwich elementer

Den bærende funktion bevirker, at den indvendige betonskive må gøres relativt
svær; der vælges i reglen 150 mm, svarende til de indvendige, bærende vægge.
Den samlede tykkelse bliver da ca 300 mm afhængigt blandt andet af den ydre
betonskives profilering. Med denne dimension bliver vægten ca 500 kg/m², og i
den middeltunge vægtklasse vælges da i reglen byggemålene H × B = 28M ×
12M, som giver en elementvægt på ca 1,5 t. I nogle projekter, hvor krankapaci-
teten tillader det, går man op til B = 24M og en elementvægt på ca 3 t. Figur
4.22 viser en elementtegning af et gavlelement, og figur 4.06 et lodret snit i
normalfugen ved dækket.

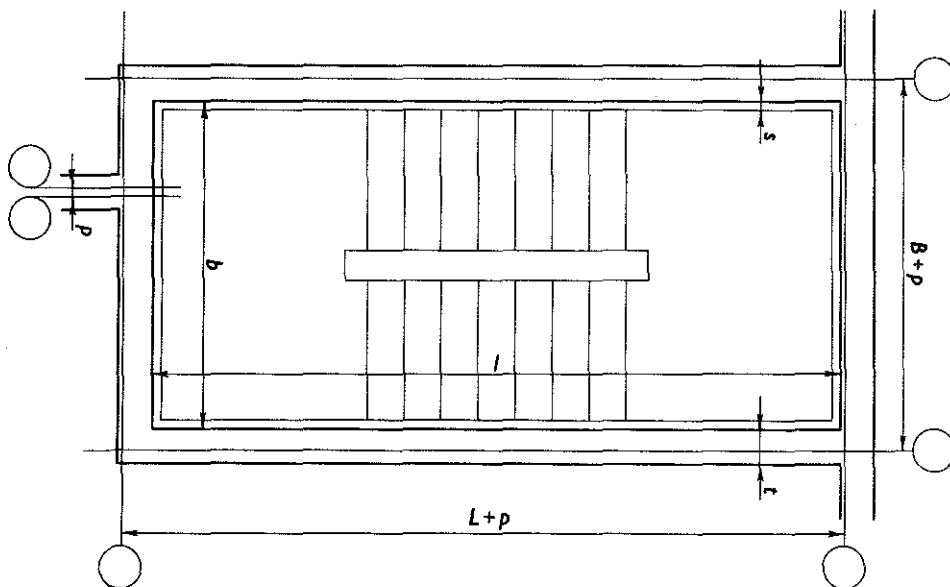


Principtegning
VÆGELEMENT, VE0

Figur 4.20.

Procestegning af vægelement med oplysning om alle geometriske detaljer.

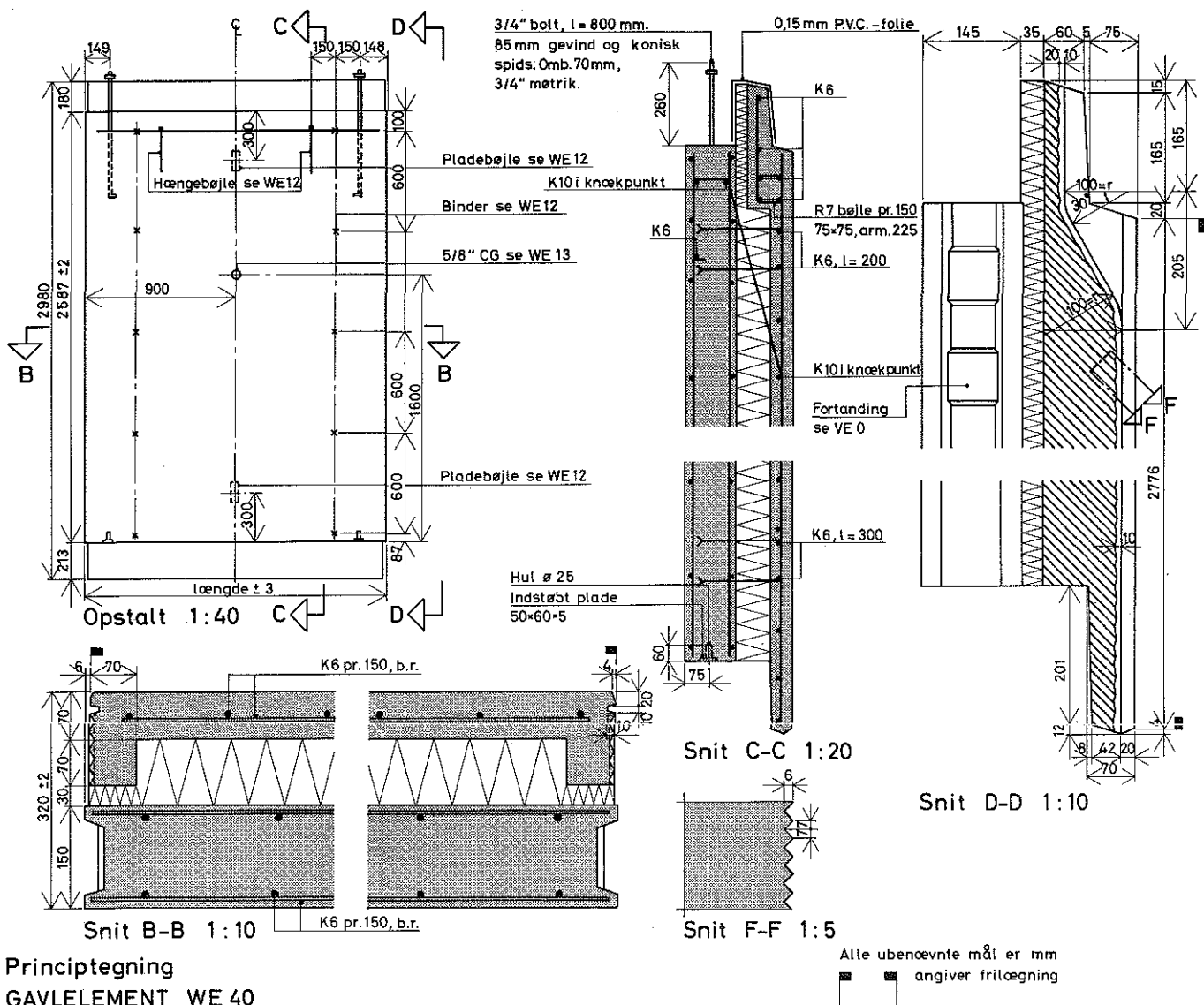
★ Process drawing of wall unit with information of all geometric details.



Figur 4.21.

Trapperum efter DS/R 1040.

★ Staircase according to DS/R 1040.



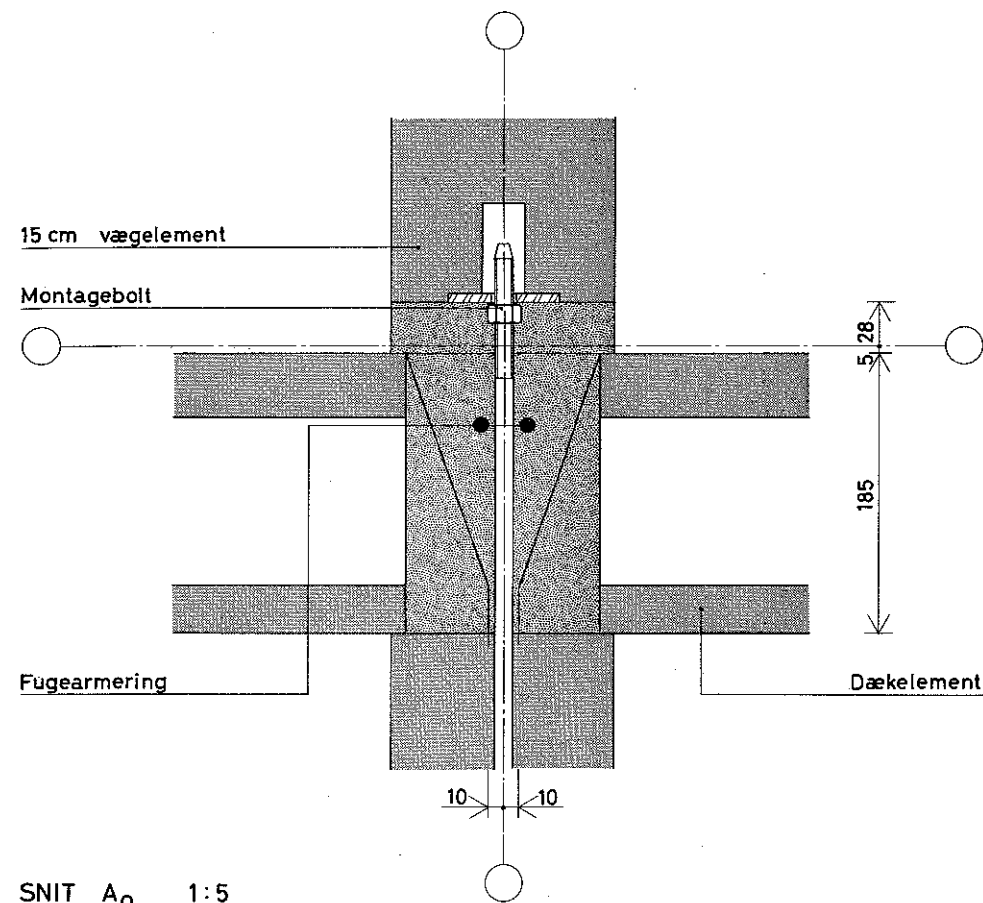
Figur 4.22
Bærende sandwich-gavlelement.
★ Loadbearing sandwich-gableunit.

4.5 Kraftoverførende samlinger

Etagekrydset mellem præfabrikerede dæk- og vægelementer er en af montagebyggeriets grundlæggende konstruktionsdetaljer, hvor en række bygge- og montagetekniske krav er søgt honoreret i en enkel produktionsvenlig løsning. Samlingen er beskrevet ud fra funktionskravene i [4.1] og ud fra nøjagtighedskravene i afsnit 2.8, Tolerancer. Figur 4.23 viser den normale udførelse med 150 mm vægge.

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

Bæreknasterne og deres armering



Figur 4.23.
 Etagekryds med standard
 betonelementer. Bærende
 vederlag.
 ★ Floor cross with stan-
 dard concrete units. Sup-
 port.

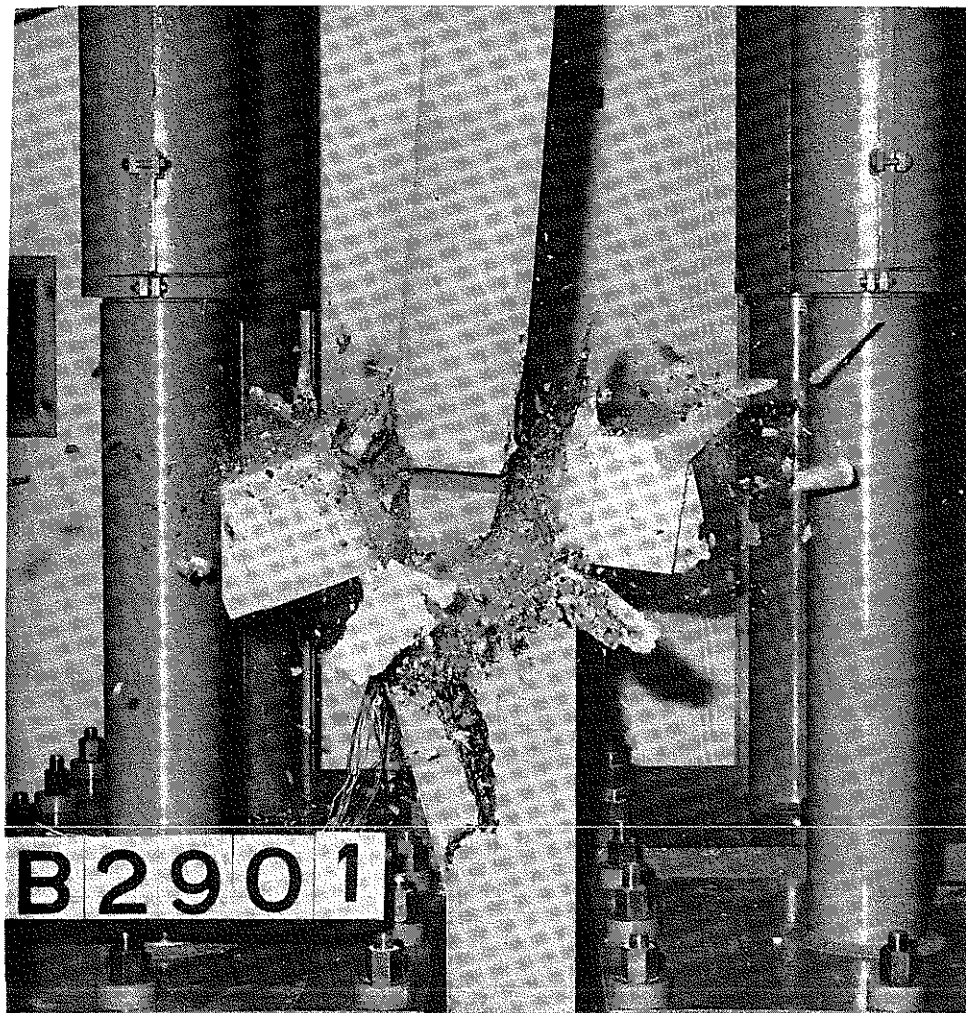
1. Vederlagskræfter skal overføres fra dæk til væg.
2. Lodrette kræfter skal føres igennem etagekrydset.
3. Dækenden skal kunne dreje omkring vederlagskanten ved nedbøjning.
4. Vandrette kræfter i dækskiven skal kunne overføres i begge retninger.
5. Dilatation mellem dækelementerne skal kunne optages.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

Figur 4.16 viser, hvorledes tværsnittet i etagekrydset er fordelt mellem knastvederlag og den udstøbningsbeton, der overfører belastningen fra den overliggende væg.

ad 1. Belastningen fra dækkene fordeles på de aktive dæknaster og overføres via knasfugen til væggen. Jernbetonnormernes krav til forankringslængde for dækarmeringen er ikke opfyldt, og der må derfor udføres forsøg med bæreevnen. Disse forsøg, som er omtalt i [4.1] og [4.19], viser, at der er tilstrækkelig sikkerhed i det korrekt udførte dækvederlag, mens vederlag, hvor armeringen ikke er ført langt nok ind over væggen, har en meget ringe bæreevne. Fra praksis kendes eksempler på, at plader med for små knastvederlag er faldet ned, hvilket understreger vigtigheden af at overholde nøjagtighedskravene til armeringens placering og vederlagets størrelse.

ad 2. Kraftoverføringen fra den overliggende væg gennem etagekrydsets udstøbningsbeton foregår gennem et antal "beton-horste", hvis grundareal er vist skravet på figur 4.16. Bæreevne og brudmekanisme i denne samling er undersøgt på DIAB's laboratorium i København. Figur 4.24 viser en optagelse fra forsøgene, og der henvises herom til [4.11].

Figur 4.24.
Forsøg med etagekrydsets
bæreevne.
★ Test of the bearing capacity
of the floor cross.



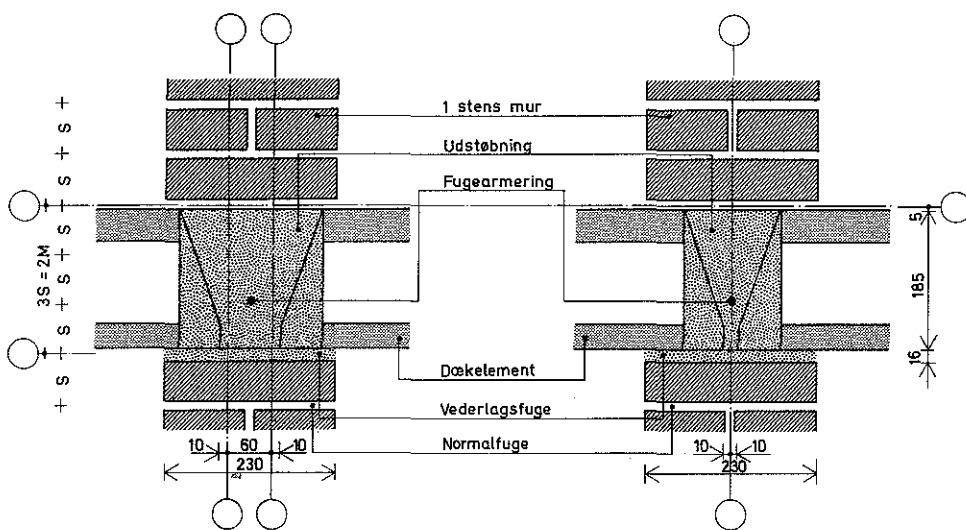
ad 3. Da dækelementerne ikke er forsynet med oversidearmring, kan de ikke optage væsentlige negative momenter over understøtningerne. Forsøg på DIAB – se [4.13] – viser, at dæknasterne takket være adhæsionen er kraftigt indspændt i udstøbningsbetonen, hvis denne er omhyggeligt bearbejdet, og derfor er forudsætningen om dækkenes simple understøtning på væggene ikke gyldig. Forholdet kræver nærmere undersøgelser ved forsøg.

ad 4. Dækskiven vil normalt indgå i bygningens afstivende system og skal derfor kunne overføre vandrette kræfter igennem etagekrydset. Der indlægges armering i dækfugerne, som vist på figur 4.10. Fortanding og knaster på dækkets side- og endeflader forøger fugernes evne til at overføre de vandrette kræfter.

ad 5. Svind i dækskiverne fordeles jævnt takket være den ovenfor nævnte fugearmering og giver kun anledning til små dilatationsbevægelser i etagekrydset. Erfaringer fra praksis viser, at der kan udføres blokke over 100 m's længde uden at etablere egentlige dilatationsfuger.

ad 6. Etagekrydsets evne til at optage målafvigelser er behandlet i afsnit 2.8.

Spørgsmålene om etagekrydsets bæreevne er særligt aktuelle for det høje byggeri. For blokbebyggelser i 3 - 4 etager er der normalt rigelig sikkerhed i konstruktionen.



Figur 4.25.
Muret etagekryds med og uden neutral zone.
★ Brick built floor cross with and without neutral zone.

SNIT H_0 1:10

SNIT I_0 1:10

Hvor dækelementerne, der som nævnt har fået deres knastudformning fra betonelementbyggeriet, anvendes sammen med murede vægge, opstår der nye problemer, idet dækkets geometri ikke umiddelbart passer til de 230 mm tykke 1 stens vægge. 3/4 stens vægge med $t = 170$ mm (eventuelt 150 mm) passer i tykkelse til dækelementernes knaster, men disse vægge kan ikke anvendes som lejlighedsskel, da deres lydreduktionstal er for lave. Figur 4.25 viser etagekrydset med 1 stens vægge i to udgaver med forskellig beliggenhed af dækelementerne. Også her er der knasfuge mellem dæk og væg, idet den viste vederlagsfuge forudsættes udstøbt, afrettet nøjagtigt på ledere og afbundet, inden dækkene lægges op.

Det murede etagekryds

Løsningen, I_0 følger de normale placeringsregler – vægakseprincippet, mens løsningen, H_0 viser en frarykning af dækelementerne, hvorved der opstår en såkaldt "neutral zone" på 60 mm mellem de viste modullinier. Målet 60 mm er valgt for at overholde murværkets egenmodul, $1/4$ sten = 60 mm, og dækvederlaget bliver herved 75 mm.

Neutral zone

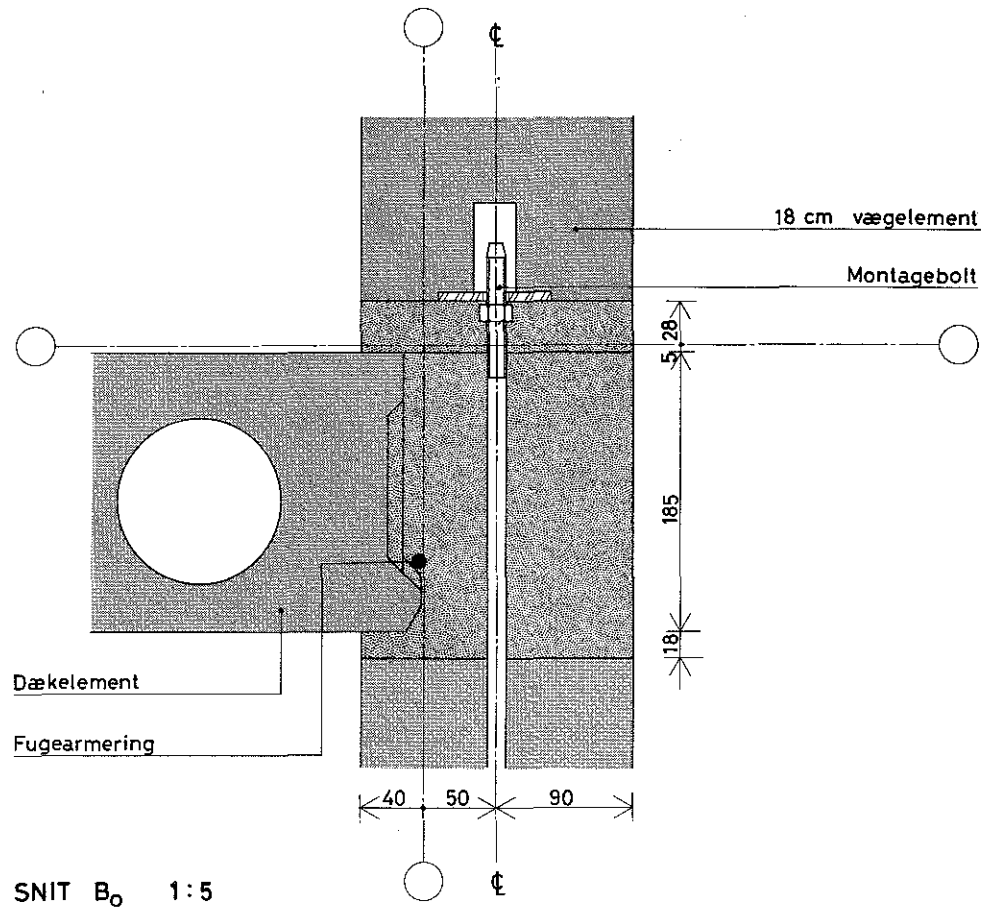
Ved frarykningen opnås, at udstøbningsbetonen i etagekrydset mellem dækelementerne bliver disse 60 mm bredere, og at dækelementerne sandsynligvis bliver mindre fast indspændt i etagekrydset. Begge dele formodes at øge etagekrydsets bæreevne og tilgodeser det forhold, at dækelementerne ikke er armerede for negative momenter. Løsningen med den neutrale zone har derfor været anvendt i en lang række projekter, selvom den komplicerer planerne derved, at modulnettet skæres i stykker og ikke kan blive gennemgående. Trods denne komplikation skønnes etagekrydset med neutral zone af de nævnte statiske grunde at være så meget bedre end etagekrydset uden neutral zone, at Boligministeriet går ind for denne løsning som den foretrukne. Også på ingeniør Malmstrøms tegnestue har løsningen med neutral zone været foretrukket både til 3 etagers byggeri (fx „Muret forsøgsbyggeri” i Albertslund) og til 8 etagers byggeri (fx højhusene på Sjælør Boulevard i København).

Boligministeriet foretrækker løsningen med neutral zone

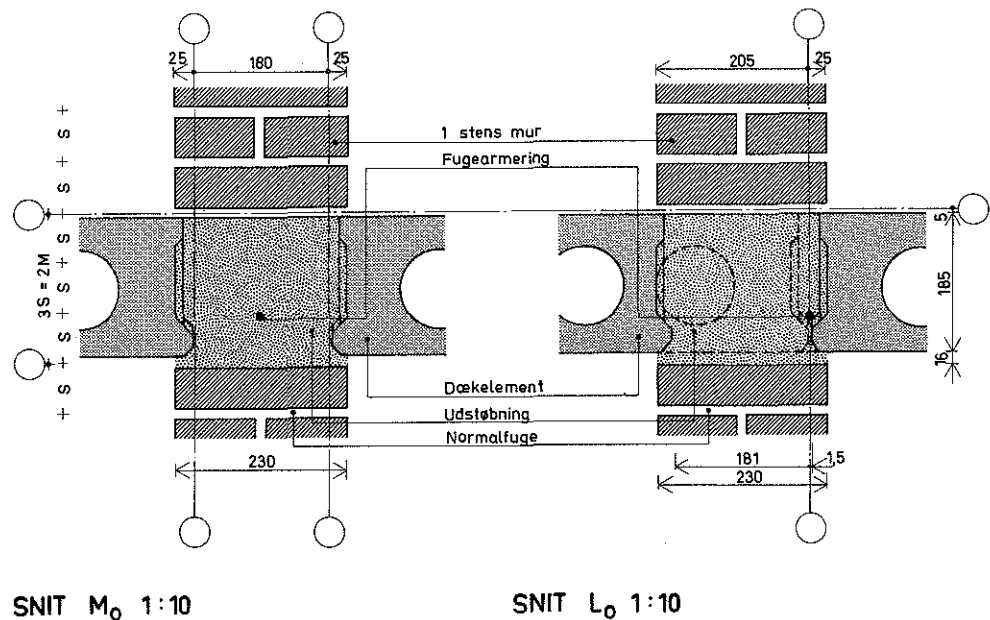
De nævnte overvejelser om den bedste løsning bygger på formodninger, og derfor har laboratoriet for Husbygning ved DIAB, Kbh udført forsøg med disse samlinger for at få fastlagt deres bæreevne på et mere objektive grundlag. Forsøgene er omtalt i næste afsnit. Resultatet af forsøgene går ud på, at etagekrydsets bæreevne er uafhængig af, om der er neutral zone i væggen eller ej.

DIAB's laboratorieforsøg

Figur 4.26.
 Etagekryds ved dækside-
 kant. Betonelementer.
 ★ Floor cross at edges of
 concrete units.

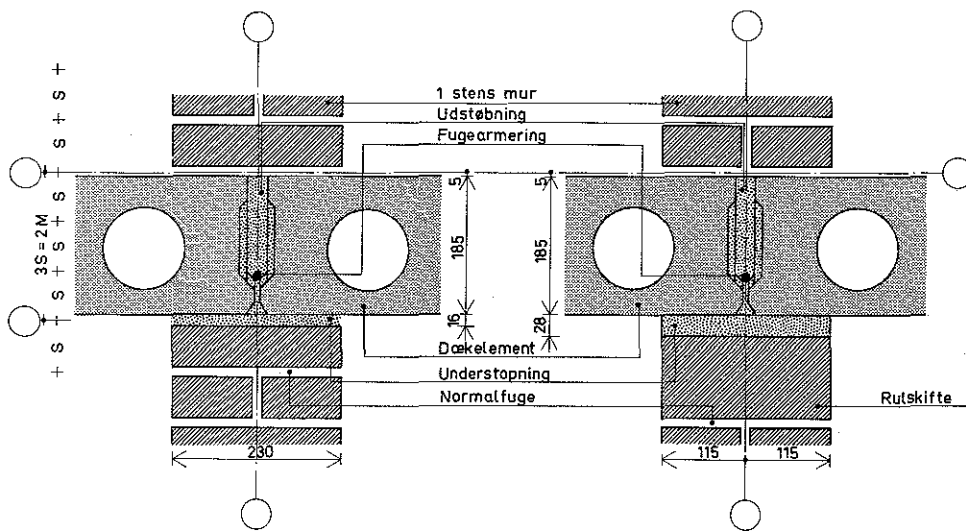


Figur 4.27.
 Muret etagekryds ved
 dæksidekant, med og uden
 neutral zone.
 ★ Brick built floor cross at
 edges of concrete units,
 with and without neutral
 zone.



Etagekryds med dækside-
 kanter

Etagekrydset mellem væg og dækkets ikke-bærende sidekanter er vist i figur 4.26 med en 180 mm længdefastivende væg af beton. Selvom dækket ikke regnes bærende langs den viste kant, vil samlingen normalt alligevel være kraftoverførende, nemlig for egenvægt og som led i den afstivende konstruktion. Derfor er dæk og modullinie placeret ved kanten af væggen, således at der bliver plads til en effektiv udstøbning i etagekrydset. Eventuelle dæk på den anden side af væggen må fremstilles med reduceret bredde og bliver derved specialdæk. Væggen kan også udføres med 150 mm's tykkelse.



SNIT J₀ 1:10

SNIT K₀ 1:10

Figur 4.28.

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

★ Brick built floor cross with edges of concrete units without neutral zone. Risk of faults in execution.

I det murede byggeri udføres dette etagekryds efter tilsvarende overvejelser, se figur 4.27, M₀, der viser samlingen med modullinien placeret 25 mm inde i væggen og en 180 mm neutral zone.

Også denne løsning er begrundet med kravet om en sikker kraftoverføring i den afstivende væg, og løsningen er den af Boligministeriet foretrukne. Vil man undgå at bryde modulnettet, som vist, kan man i nogle projekter klare det ved at skære af det ene dækelement, som så bliver et specialelement, se figur 4.27, snit L₀. Anvender man vægakseprincippet i denne samling for at bevare det ubrudte modulnet, får man løsningen i figur 4.28, J₀, som har den afgørende fejl, at man ikke i praksis kan garantere for den effektive understopning af lejefugen, når dækelementerne er oplagt på de bærende vederlags knasfuger, se figur 4.25.

Fugen er for tynd, med et basismål på 16 mm, og understopningen lader sig derfor vanskeligt udføre og kontrollere. Erstatte man de to øverste skifter med et rutskifte, se figur 4.28, K₀, får man en fuge på 28 mm. Denne fuge kan understoppes effektivt, og hvis det sker, har etagekrydset sin fulde bæreevne, hvilket er godtgjort gennem DIAB's laboratorieforsøg, se afsnit 4.6. Som en sidste ulempe ved denne løsning resterer dog stadig den vanskelige kontrolmulighed med den færdige fuge. I betonelementbyggeriet nærer man ingen betænkeligheder ved de 33 mm tykke understøpningsfuger, der findes i alle de bærende vægge, se fx figur 4.23; men i det murede byggeri har det ofte i praksis vist sig usikkert at få gennemført selv sådanne elementære kvalitetskrav tilstrækkeligt samvittighedsfuldt. Hvis fugen ikke er effektiv men kun en nødtørftig lukning skjult under pudsen, vil det kunne føre til alvorlige sætninger og revnedannelser i bygningen.

Kontrolmuligheder for lejefugen

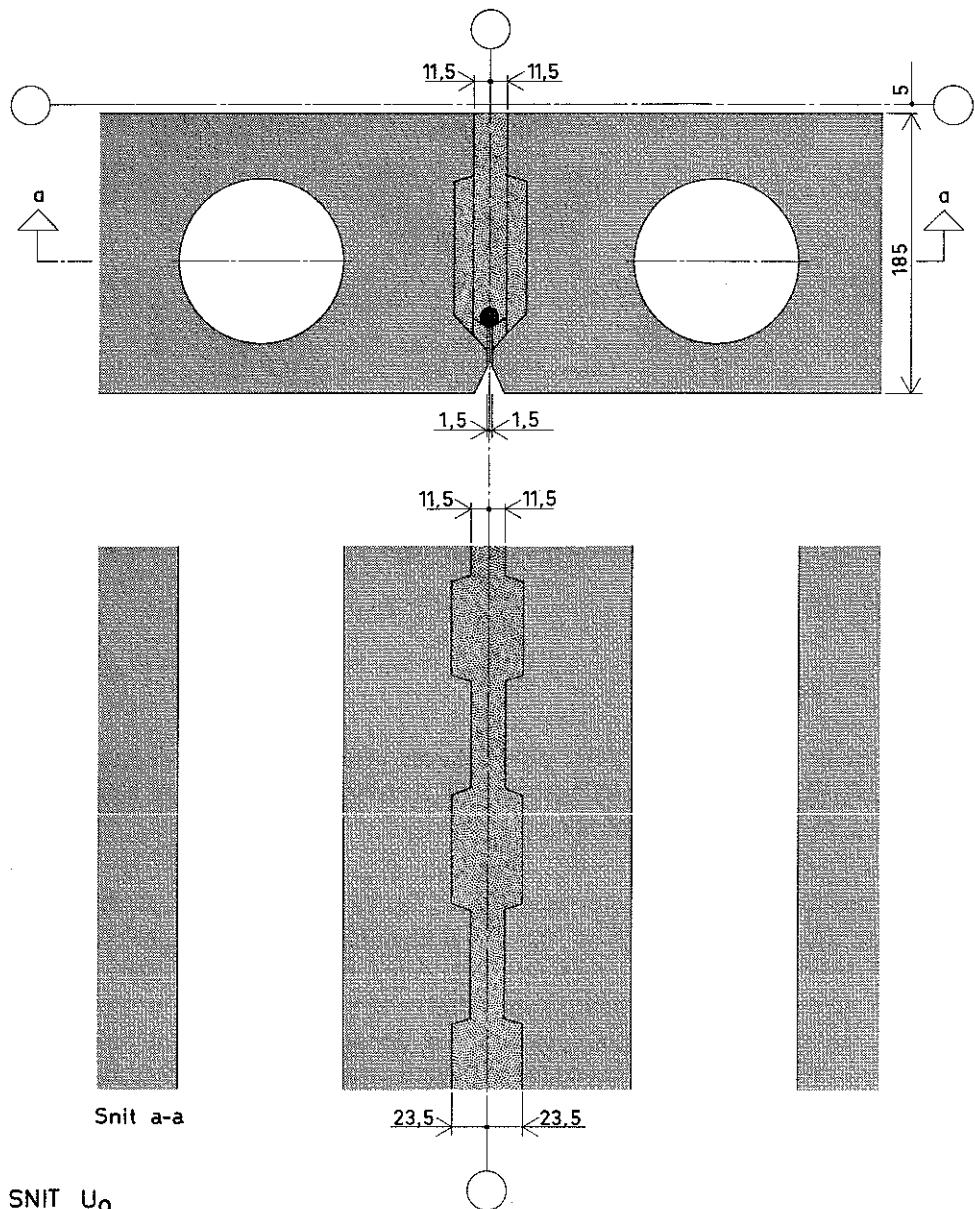
Dæk- og vægsamlinger

Skivevirkning

Samlingen mellem dækelementer indbyrdes og den tilsvarende mellem vægelementer er udformet med selvforskallende fuger, se figur 4.29 og 4.30. For at etablere skivevirkning i dæk- og vægskiverne er elementernes kanter udformet med den viste profilering og fortanding, som i forbindelse med de jern, der indstøbes i dækfugerne, (figur 4.10) skal sikre overføring af forskydningskræfterne fra element til element. Derimod er de lodrette vægfuger normalt uarmerede. Forsøg med fortandede vægfuger er omtalt i afsnit 4.6.

Figur 4.29.
Selvforskallende dækfuge
med fortanding og fuge-
jern.

★ Self-closing floor joint
with dovetail and joint re-
inforcement.



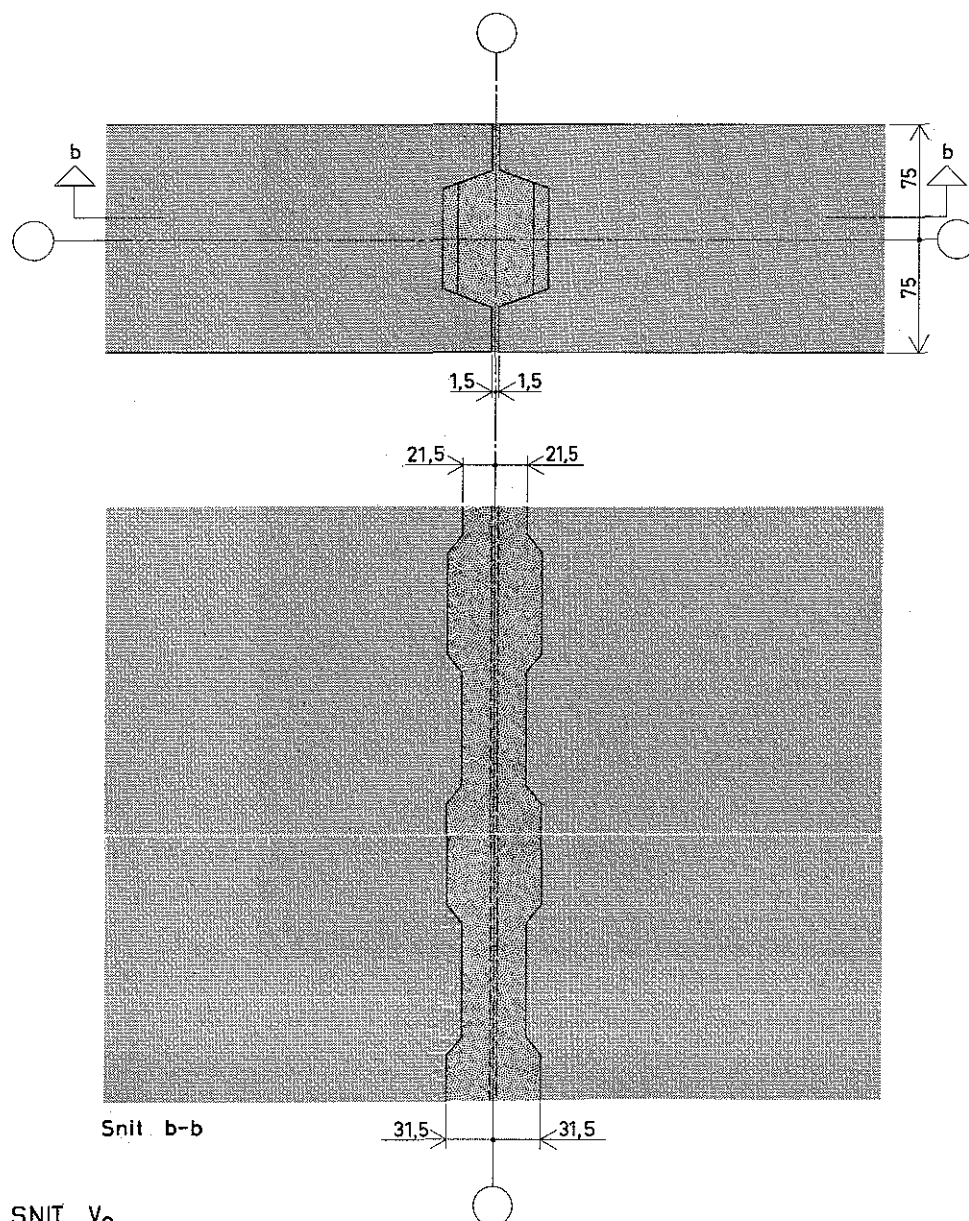
SNIT U₀
DÆK - DÆK FUGE 1:5

Omstøbning af fugejern

Jernene i dækfugerne, figur 4.29, nedlægges i bunden af fugen, hvor de hviler på de viste bæreknafter, se også figur 4.17 snit A-A og detalje I, således at jernene løftes lidt op over fugens bund, hvorved en omstøbning kan opnås. Erfaringer fra praksis viser, at det er vanskeligt at sikre sig, at denne omstøbning bliver effektiv. Fugetværsnittet er for lille. Fugebetonen, som ikke kan vibreres, har svært ved at løbe sammen under jernet. En væsentlig større bredde af fugen – uden at åbne den i bunden – ville forbedre udstøbningsmulighederne. En effektiv kontrol, som kan foretages nedefra med et knivsblad, er påkrævet. Der arbejdes for tiden med disse problemer og med opgaven at give montagebyggeriet en større stabilitet og en mere monolitisk karakter. Arbejdet er igangsat efter de sørgelige erfaringer ved nedstyrtningskatastrofen på højhuset i Ronan Point, Canning Town, London. Se figur 4.31 og [4.12],

Tryk- og træksamlinger i montagebyggeriet

De foran omtalte elementsamlinger er alle tryk- og forskydningsamlinger, og ingen af dem er i stand til at optage trækspændinger, som i det hele taget er vanskelige at overføre i montagebyggeriet, fordi fugeløsningerne normalt ikke giver fornøden plads til forankring af trækjern. Til at etablere de nødvendige trækforbindelser er der udviklet løsninger, med anvendelse af fx bolte, stødjern i udsparingskanaler udført med ductubes, muffe, inserts etc. Der henvises



Figur 4.30.
 Selvforskallende vægfuge
 med fortanding.
 ★ Self-closing wall joint
 with dovetail.

SNIT V_0
 VÆG - VÆG FUGE 1:5

herom til [4.1]. Svejsning, som anvendes i betydelig grad i østeuropæisk montagebyggeri (se figur 4.32), har aldrig vundet større udbredelse i dansk montageteknik, blandt andet fordi arbejdsprocessen passer dårligt ind i den glidende montererytme, og fordi kontrollen på byggepladsen er vanskelig og dyr. Det vil sjældent være muligt at beskæftige en svejser fuldtids på byggepladsen. Den kontinuitet, som svejsning kan indføre i elementbyggeriet, bør dog nok på baggrund af den øgede interesse for sikkerhedsproblemerne bevirke, at svejseteknikken tages op til overvejelse påny.

Svejsning af stødjern

4.6 Laboratorieforsøg

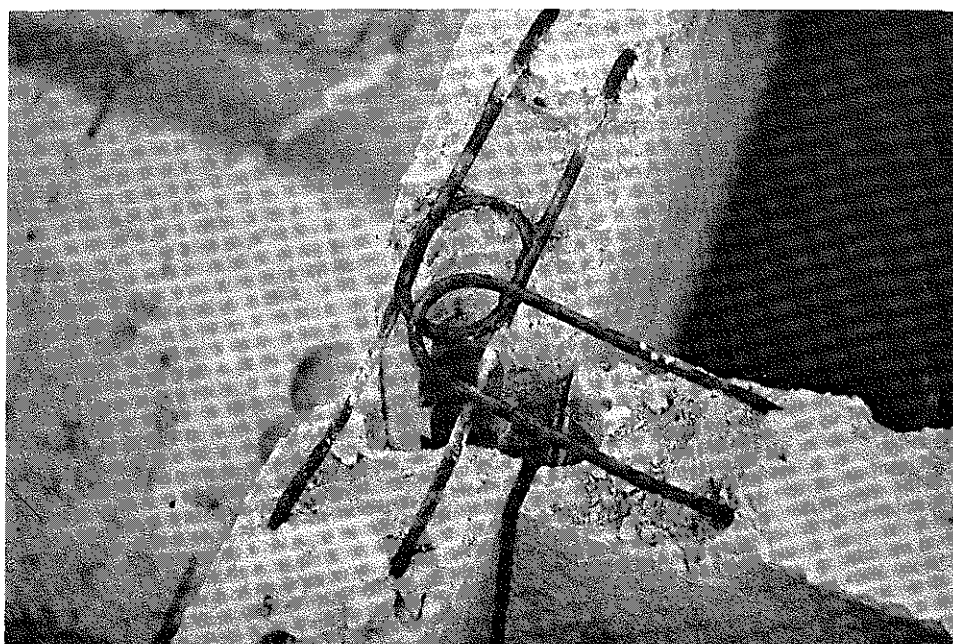
Med det omfang montagebyggeriet har fået her i landet, er det i grunden fantastisk, så lidt vi ved om brudsikkerhed, brudmekanismer og bæreevne i dets konstruktioner og samlinger. Det er, som om vore traditionelle forskningsorganer ikke i tide har interesseret sig nok for disse problemer. Derfor har udviklingen af montageteknikken fundet sted ved trinvis forsøg fra projekterendes og producenters side med konkrete byggesager for bygherrens regning og delvis risiko.

Figur 4.31.
Højhus ved Ronan Point,
Canning Town, London.
Se [4.12]
★ High block at Ronan
Point, Canning Town,
London. See [4.12].

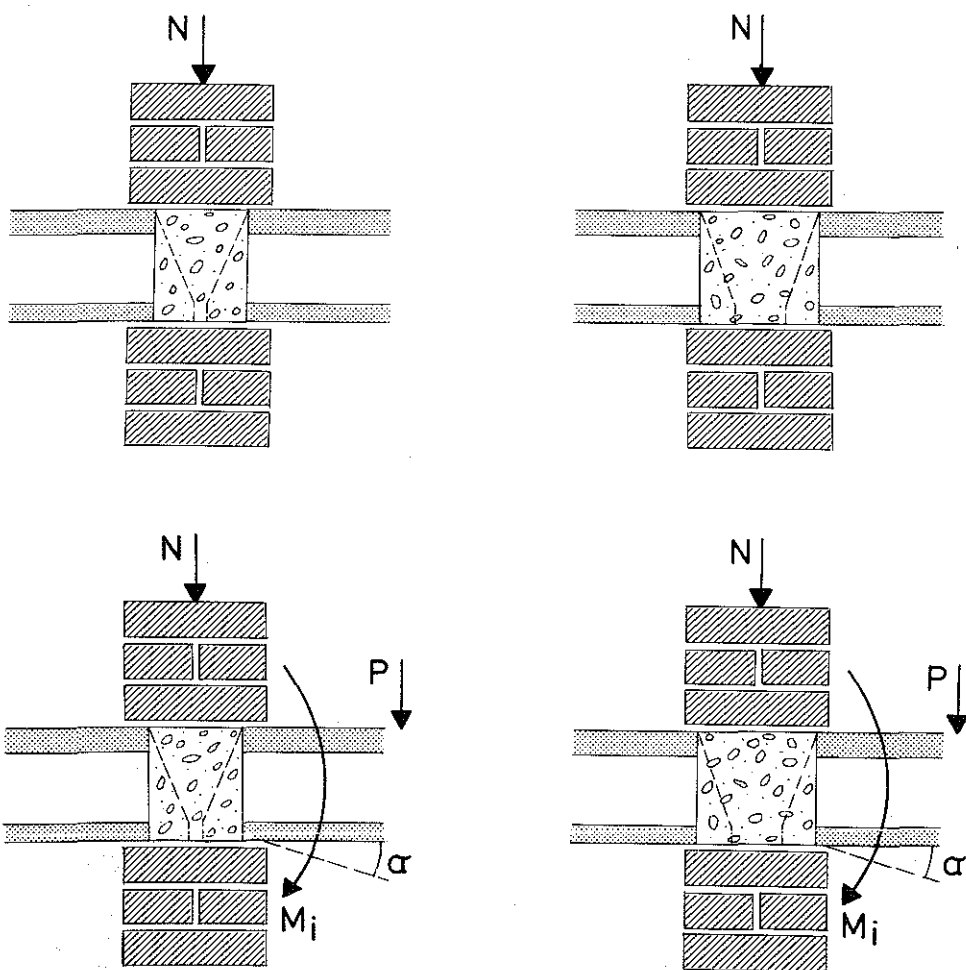


Figur 4.32.
Svejste stødjern i czekisk
montagebyggeri. Den pri-
mitive udførelse demon-
strerer de produktionstek-
niske vanskeligheder med
løsningen.

★ Welded connection iron
in Czeck industrialised
building. The primitive
way of execution of the
work indicates the diffi-
culties of this solution.



Siden 1966 har DIAB taget montagebyggeriets statiske problemer op til undersøgelse i et langsigtet forskningsprogram. Dels i samarbejde med projekterende og producerende firmaer i branchen, dels i samarbejde med SBI og endelig gennem det i 1967 nedsatte Byggeteknisk konstruktionsforsknings udvalg, BKF-udvalget, som har henlagt en væsentlig del af sit program til DIAB's laboratorium.



Figur 4.33. Oversigt over DIAB's forsøgsprogram for det murede etagekryds.

★ Outline of the test program of DIAB for the brick built floor cross.

HB/L - 1 og 2, belastninger

Ønsket om at få et pålideligt svar på spørgsmålet om, hvorvidt det murede etagekryds med 1 stens vægge skal udføres med eller uden neutral zone førte i 1966 til, at Laboratoriet for Husbygning ved DIAB, Kbh påbegyndte forsøg i fuld skala med disse konstruktioner for at bestemme deres bæreevne. For de projekterende såvel som for bygningsmyndighederne har det været en utilfredsstillende og uholdbar situation, at man ikke kunne foretage et kvalificeret valg mellem disse to udgaver af etagekrydset, se figur 4.25. Usikkerheden har blandt andet medført, at man i standardiseringsarbejdet også har måttet anvise begge løsninger, uden at kunne fortælle, hvilken der burde foretrækkes. Se fx DS/R 1040 og DS/R 1049.

DIAB's første forsøgsrække, kaldet HB/L -1, omfatter fire emner med bærende vederlag, heraf to med og to uden neutral zone. Emnerne belastedes alene med centralt tryk, se figur 4.33, og resultatet af forsøgene blev, at de fire emner var lige stærke med en meget lille spredning på målingerne; dvs at etagekrydsets bæreevne var uafhængigt af den neutrale zones tilstedeværelse. Brudformen var for alle fire mure en kløvning på langs som følge af tværtrækspændinger i stenene, se figur 4.36. Forsøgene er omtalt i [4.13]. Figur 4.34 viser et foto af et prøveemne opstillet i laboratoriets standardramme, hvor emnet belastes med hydrauliske donkrafte.

I HB/L - 1 var den neutrale zone, eller knastafstanden den eneste uafhængige parameter, men etagekrydsets bæreevne antages også at afhænge af belastning-

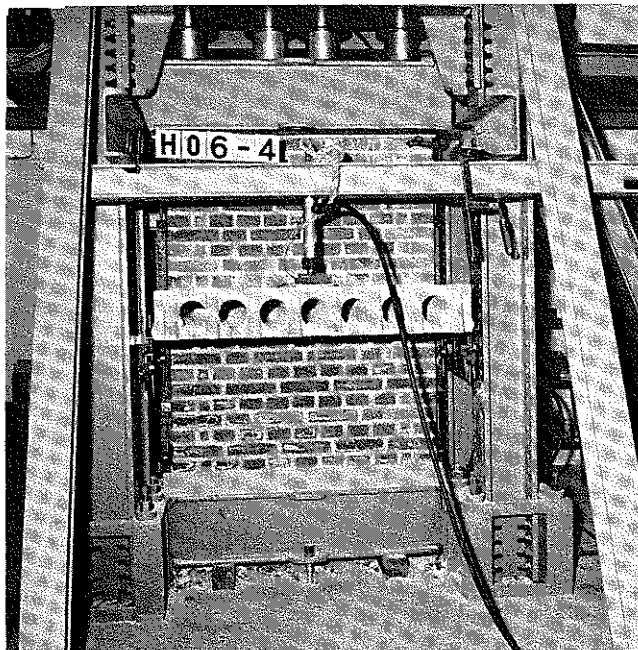
Det murede etagekryds og den neutrale zone

DS/R 1040 og 1049 viser løsninger med og uden NZ

HB/L - 1

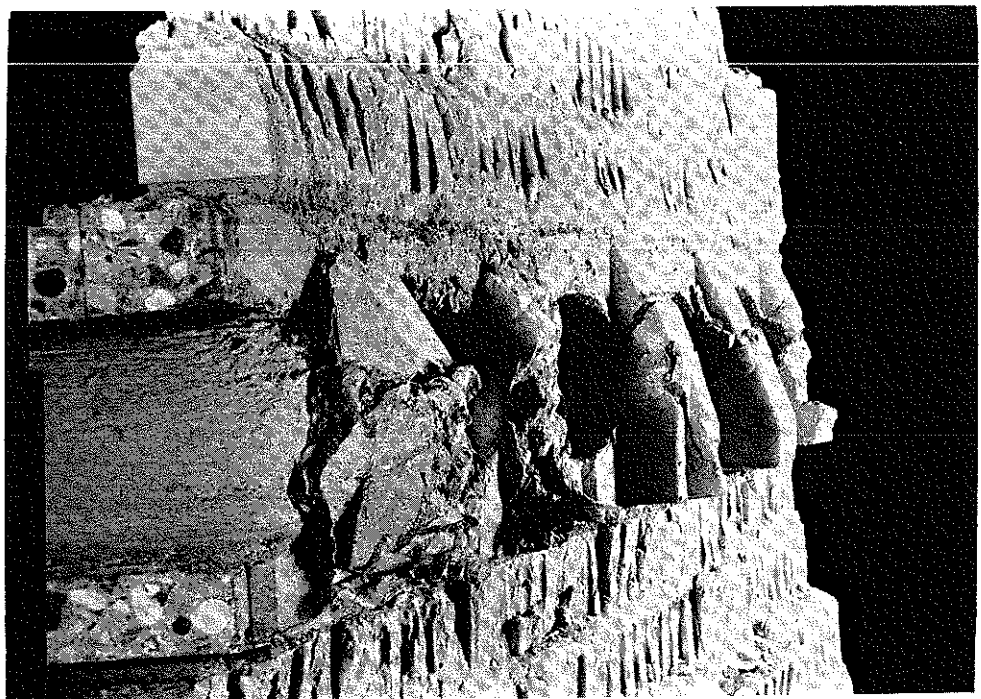
Forsøgsresultater

Figur 4.34.
Forsøgsopstillingen.
★ Arrangement of the
experiment.



Figur 4.35.
Knastbruddet i HB/L - 2 er
et bøjningstrækbrud i den
uarmerede knastoverside.
Dækelementerne er fast
indspændte i etagekrydset
på grund af udstøbnings-
betonen.

★ Failure in the projecting
knob in HB/L - 2 is a
failure in tension due to
bending in the unreinforced
top of the knob. The
floor units have been firmly
fixed in the floor cross
due to the cast - in situ -
concrete.



HB/L - 2

erne på dækelementerne, og derfor udvidedes forsøgsprogrammet med denne parameter i forsøgsrækken, HB/L - 2, sammenlign figur 4.33, belastningen P.

Fremgangsmåden ved disse forsøg var følgende:

1. Belastningen N sættes på, indtil en murspænding på 10 kg/cm^2 er nået.
2. Belastningen P øges trinvis til P_{bR} = brudlasten, hvor dækelementerne knækker ud af indspændingstværsnittet ved et bøjningstrækbrud i knasterne, se figur 4.35.
3. Belastningen N øges trinvis til brud i muren, N_{bR} .



Figur 4.36.
Forsøgsemne nr HB/L -
2.6 i brudøjeblikket.
★ Test material No HB/L -
2.6 at the moment of failure.

Resultatet af disse forsøg var det overraskende, at selv efter at muren var blevet delvis beskadiget under ovennævnte operation 2, opnåedes samme bæreevne N_{br} i operation 3 som i første forsøgsrække. Etagekrydsets bæreevne viste sig påny uafhængig af den neutrale zone. Brudformen for væggen var påny en kløvning af denne som følge af tværtrækspændinger i stenene. Figur 4.36 viser et forsøgsemne i brudøjeblikket, og der henvises til [4.13] for en nærmere omtale af forsøget.

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

Herefter blev der udført forsøg med to etagekryds med sidevederlag, hvor dækelementerne lå tæt sammen med en normal fuge midt i væggen, se figur 4.28, J_0 . Første emne var udført med en effektiv lejefuge, og dette etagekryds havde da også den fulde bæreevne, mens andet emne var udført med en tilstræbt forkert, men veldefineret lejefuge, hvor de midterste 150 mm af fugen var erstattet med blød skumplast. Som kraftoverførende areal var der således kun 2×40 mm tilbage af lejefugens bredde eller 35 pct, og bæreevnen blev som ventet ringe. Der indtraf et normalt spaltebrud ved en murspænding på 30 kg/cm^2 , refereret til den fulde murbredde; de øvrige etagekryds holdt i gennemsnit 66 kg/cm^2 . Figur 4.37 giver en samlet oversigt over resultaterne fra forsøgsrækkerne HB/L - 1, 2 og 3.

Dækbelastningens indflydelse

Bæreevnen af rene mure

Etagekryds med sidevederlag uden neutral zone, HB/L - 3

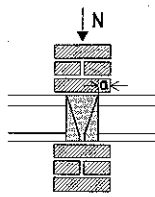
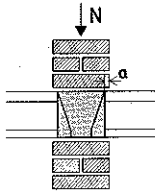
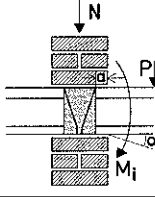
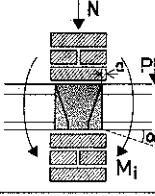
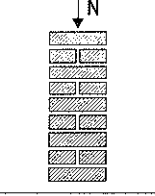
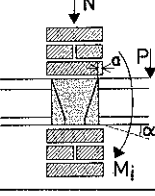
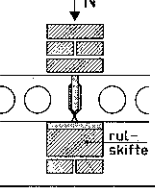
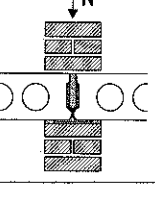
Lejefuge med fejl

Figur 4.37.

Skema over forsøgsresultater. NZ er bredden af den neutrale zone, N_{br} er brudlasten på muren i tons, og $p_{m,br}$ er den tilsvarende spænding i kg/cm^2 . De øvrige betegnelser fremgår af figurerne. De teoretiske værdier af murens bæreevne er baseret på resultaterne fra materialeprøvningen. For etagekrydsene med bærende dækvederlag er det forudsat, at hele belastningen går gennem udstøbningsbetonen. Murene i forsøg nr 1 havde længden 5 sten = 119 cm, medens murene i forsøgene nr 2 & 3 havde længden 3 sten = 71 cm. Se i øvrigt [4.13].

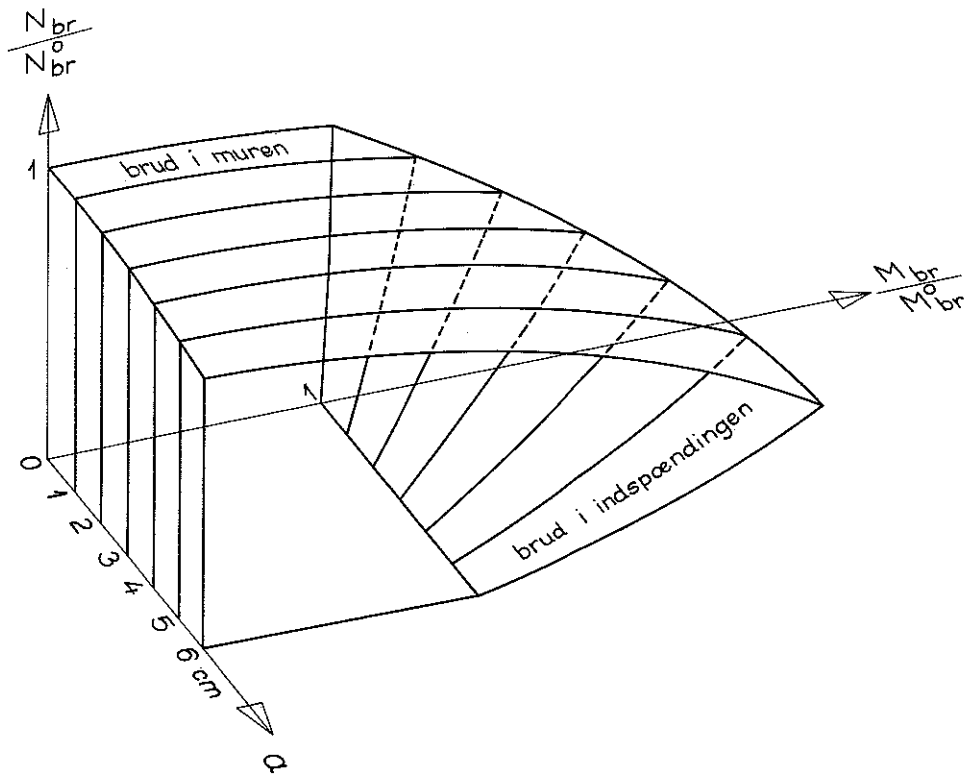
★ Diagram of test results. NZ is the breadth of the neutral zone, N_{br} is the ultimate load on the wall in tons, and $p_{m,br}$ is the corresponding stress in kg/cm^2 . Other indications are seen on the figures. The theoretic values of the loadcarrying capacity of the wall are based on the results from the testing of the materials. It is assumed that the total load in the case of floor crosses with supporting wall is carried through the cast in situ-concrete. The walls in experiment No 1 had the length of 5 bricks = 119 cm while the walls in experiments Nos 2 & 3 had the length of 3 bricks = 71 cm. See also [4.13].

DIAB¹⁵ murværksforsøg

Emne nr	NZ cm	a cm	Alder døgn	N_{br} tons	$P_{m,br}$ kg/cm^2		$M_{i,br}$ kgm/m	Bemærkninger, se også tekst
					teori	forsøg		
	1.1	0	5	77	164	28	68	
	1.2	0	5	99	186	28	68	
	1.3	6	2	92	173	39	63	
	1.4	6	2	104	170	39	62	
	2.1	0	5	60	112	28	69	951
	2.2	0	5	66	112	28	69	1148
	2.3	6	2	24	96	39	59	Dækelementer uden armering
	2.4	6	2	27	112	39	69	Dækelementer uden armering
	2.5	-	-	56	104	58	64	
	2.6	-	-	57	121	58	74	
	2.7	6	2	56	107	39	66	743
	2.8	6	2	57	112	39	69	617
	3.1	0	-	58	129	58	79	
	3.2	0	-	59	129	58	79	
	3.3	0	-	57	54	33	33	
	3.4	0	-	62	44	33	27	

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

Forsøgsrækkerne HB/L - 1, 2 og 3 med relativt få emner af hver type, må nærmest betegnes som pilot-forsøg, og det kunne derfor hævdes, trods de éntydige forsøgsresultater, at materialet var for spinkelt til at danne grundlag



CARLSEN⁵ BRUDHYPOTESE

Figur 4.38.

Brudhypotesen for det murede etagekryds fra BKF-udvalgets forsøgsprogram.

N_{br}^0 = bæreevnen af den rene mur.

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

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

Den nye forsøgsrække skal bestemme geometrien af fladerne „brud i indspænding” og „brud i mur”.

★ The hypothesis of the failure of the brick built floor cross from the experimental program of the BKF-committee.

N_{br}^0 = load-carrying capacity of the wall prober.

M_{br}^0 = moment of failure of knobs at fixing point solely as a result of the cast in situ concrete.

a = $50 - 1/2 \times NZ$ mm, expression for the size of the support.

The new series of experiments is to decide the geometry of the surfaces „failure in fixing” and „failure in wall”.

for en fast projekterings- og godkendelsespraksis. Med det formål at skabe et sikrere grundlag blev forsøgene derfor ført videre af BKF-udvalget med støtte af Betonelementforeningen, og Teglbranchens tekniske Tjeneste i samarbejde med Boligministeriet og Københavns Kommune.

Brudhypotesen for BKF-forsøgene

Formålet med de nye forsøg er at bestemme bæreevnekriteriet $f(N, M, a)_{br} = 0$. Dette formål er illustreret med brudhypotesen afbildet i figur 4.38, hvoraf ses, hvorledes N antages at afhænge af indspændingen M og afstanden a , som er den del af pladen – exclusive knasterne, der ligger ind over væggen. Det nye forsøgsprogram er omtalt i [4.13].

Resultatet af BKF-forsøgene

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

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

Projekteringseksempler med og uden NZ. Se kapitel 10 og 9

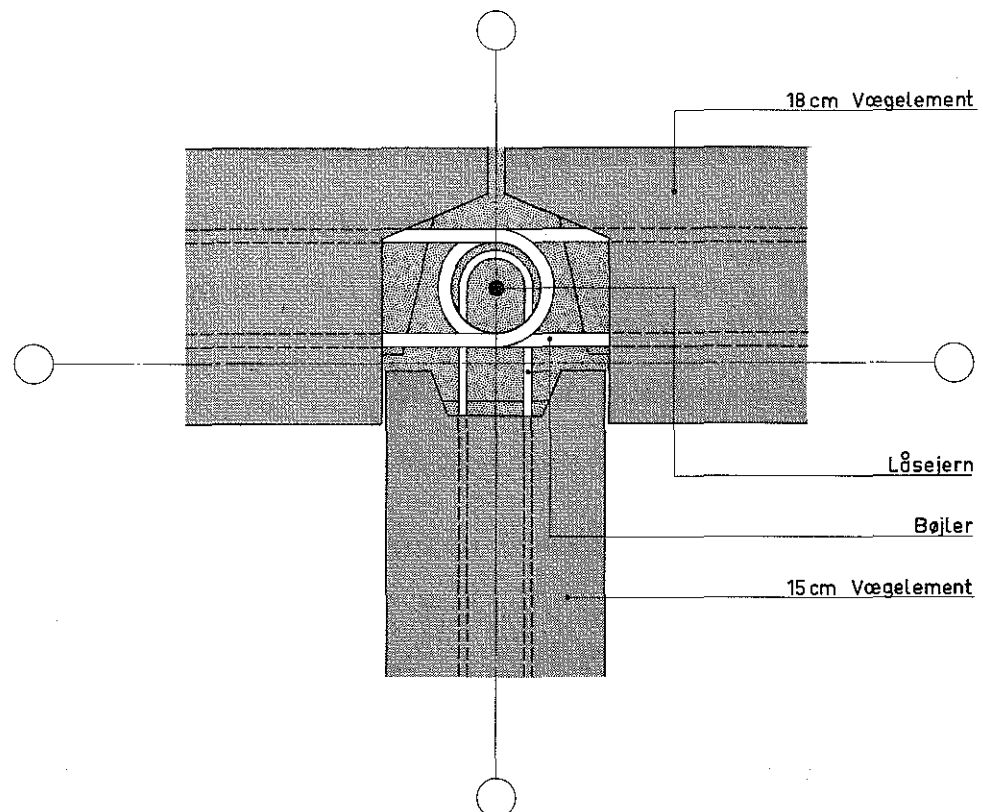
Det må derfor regnes for overvejende sandsynligt, at den neutrale zones dage er talte i etagekrydset med bærende vederlag; men da myndighedernes stilling til spørgsmålet endnu ikke er helt afklaret, vil der i bogens kapitel 9 og 10 blive vist projekteringseksempler uden og med neutral zone. Det må også erindres, at en frarykning af dækelementerne ved sidevederlaget, sammenlign figur 4.27, 4.28 og teksten hertil, næppe vil kunne undgås fremover uden en ekstra indsats med kontrolforanstaltningerne på byggepladsen. Dette kan eventuelt komme på tale, når de nye murværksnormers klasse A – murværk bliver indført i dansk praksis.

Forsøg med fortandede vægfuger

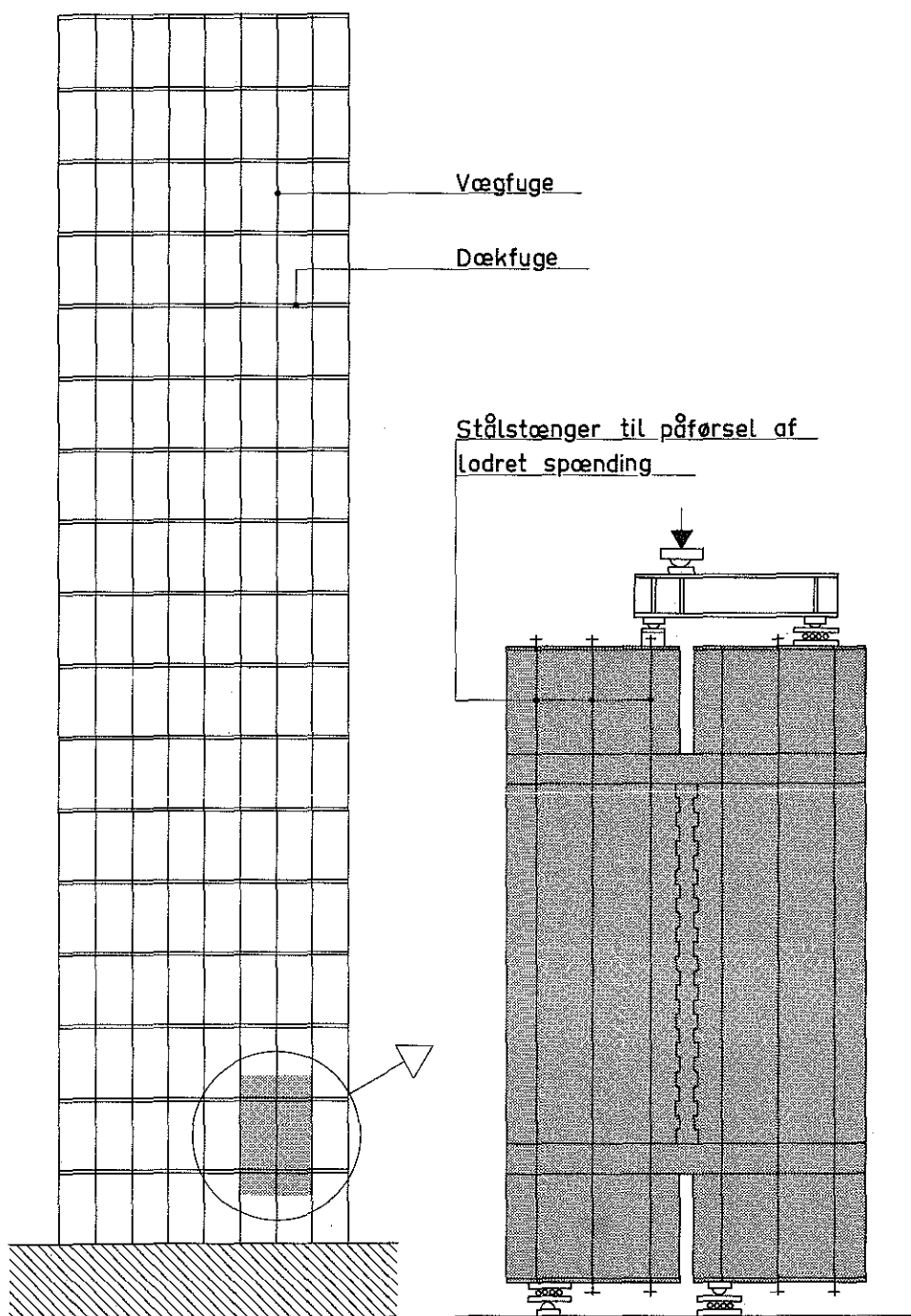
De fortandede fuger, der spiller en afgørende rolle for etablering af skivevirkning i montagebyggeriets konstruktioner, undersøges i et forsøgsprogram, B 25, som udføres i samarbejde mellem SBI og DIAB.

Figur 4.39.
Bøjlearmeret vægfuge med fortanding og låsejern.

★ Stirrup reinforced wall-joint with dovetail and locking steel.



BØJLEARMERET VÆGFUGE 1:5



Figur 4.40.
Vægskive i højhus og
prøveemne fra B 25.

★ Wall diaphragm in high
block and test material
from B 25.

AFSTIVENDE TVÆRVÆG I HØJHUS

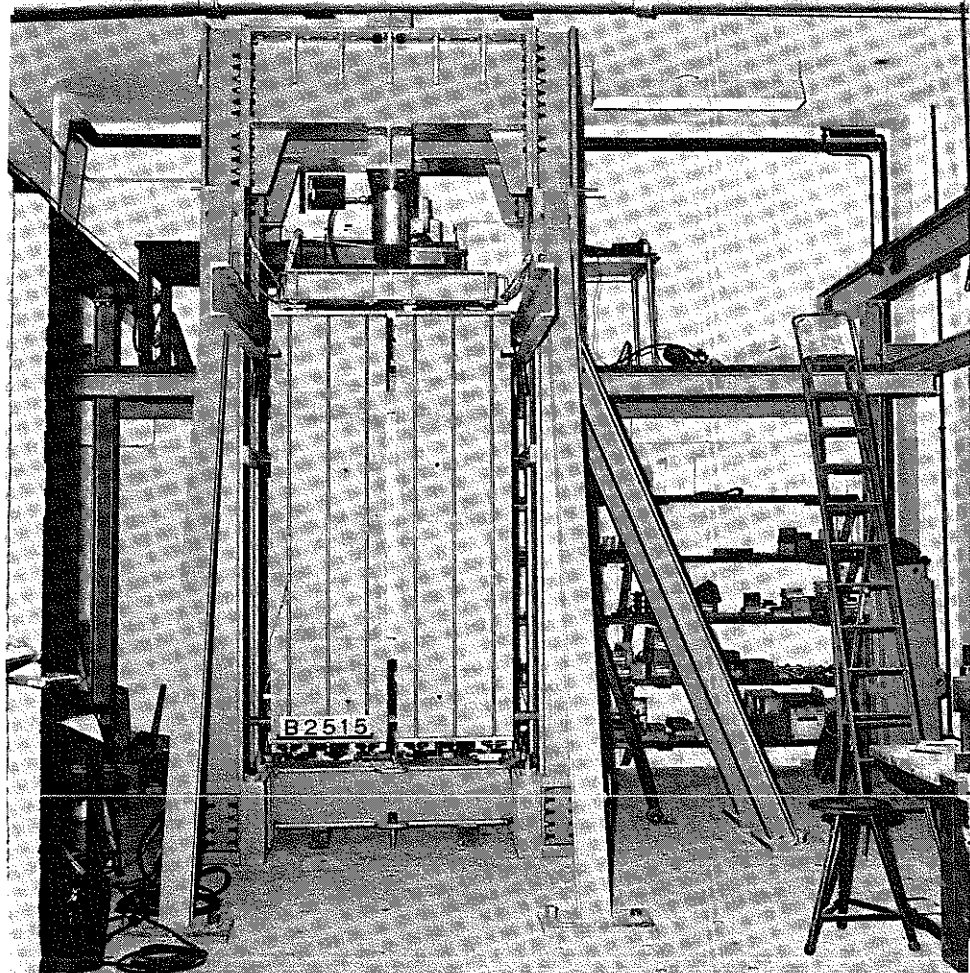
Den sædvanlige praksis for dimensionering af fortandede vægfuger er den, at man beregner den uarmerede vægfuge, se figur 4.30, med en tilladelig forskydningsspænding på $7,5 \text{ kg/cm}^2$, regnet på det lodrette snit i fugemørtelen, som afskæres mellem fugetænderne. Dette svarer til en spænding på ca 2 kg/cm^2 fordelt på væggen totale lodrette tværsnit. Hvis spændingen overstiger denne værdi, udføres fugen med bøjlearmering og låsejern, se figur 4.39, hvorefter bøjlearmeringen dimensioneres som en normal forskydningsarmering.

Dimensioneringen af samlingen har således hidtil været baseret på jernbetonnormerne DS 411 uden en nærmere eftervisning af det rimelige heri. Samlinger af samme type men med en noget ændret geometrisk udformning af fugen er blevet undersøgt af udenlandske forskere, se således [4.14], [4.15] og [4.16].

Beregningspraksis for fortandede vægfuger

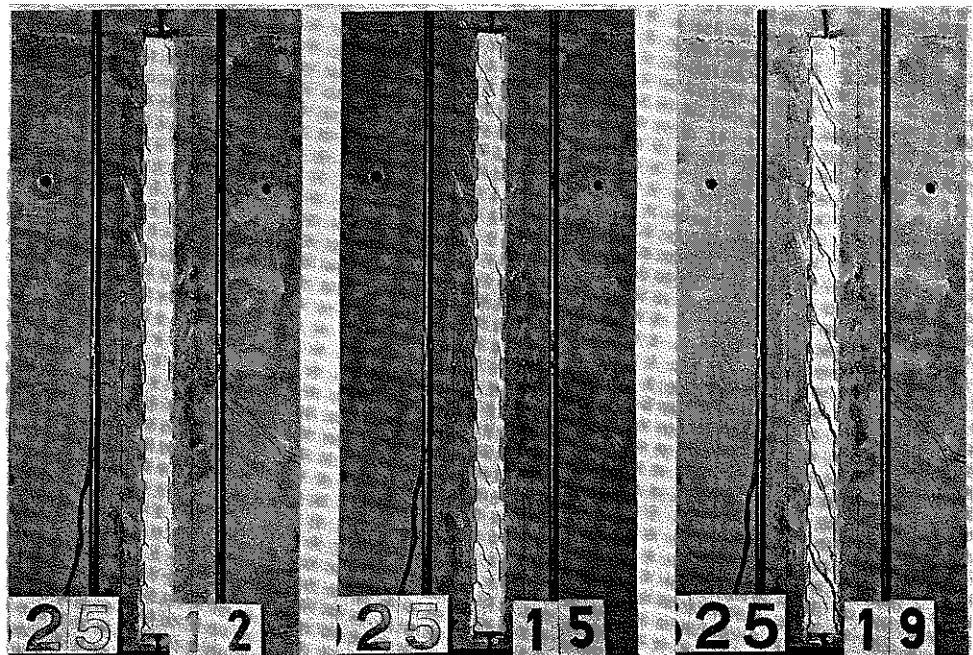
Forskydningsberegning efter DS 411

Figur 4.41.
 Belastningsarrangement
 fra vægfugeforsøg B 25.
 ★ Load arrangement from
 test of wall joint B 25.



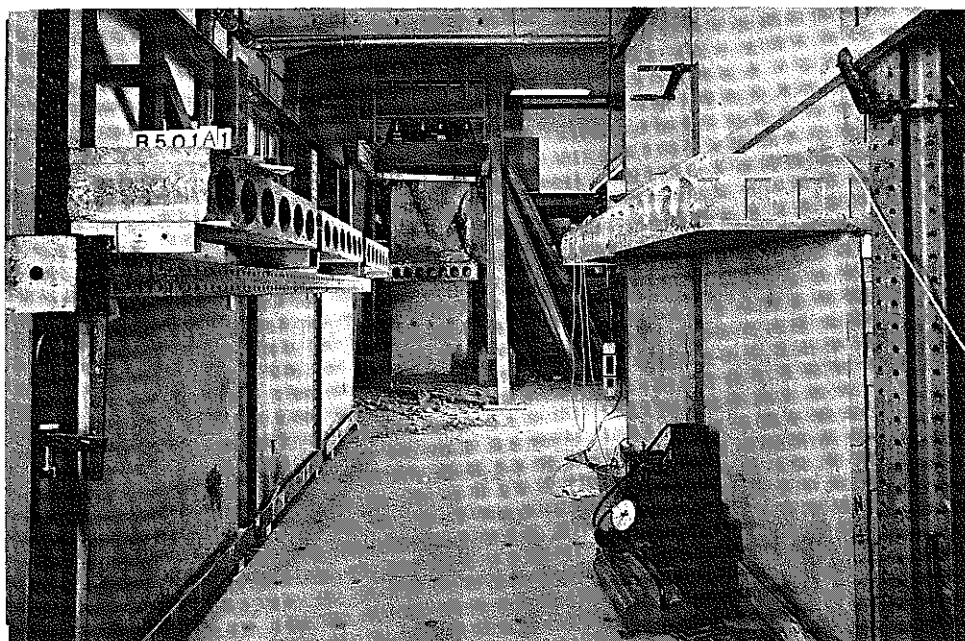
Figur 4.42.
 Fra vægfugeforsøg, B 25.
 Fugebetonen revner som
 følge af de skrå hoved-
 trækspændinger. Billedet
 viser samme prøveemne i
 tre forskellige belastnings-
 trin.

★ From wall joint test, B
 25. The joint-concrete
 cracks due to the inclined
 principal tensile stress.
 The photo shows the test-
 ed material in three conse-
 cutive situations.



Udenlandske og danske
 forsøg

Resultaterne af disse forsøg er udnyttet ved planlægningen af den danske forsøgsrække, som imidlertid på en række punkter går et stykke videre, og som anvender en mere realistisk belastningsteknik. For nærmere oplysninger om forsøgene henvises til [4.17]. Her skal kun anføres, at den nævnte praksis for beregning af den uarmerede, fortandede fuge synes at give rimelige sikkerheder



Figur 4.43.
 Fra DIAB's etagekrydsfor-
 søg.
 ★ From the floor cross test
 of DIAB.

mod såvel revnedannelse som brud, såfremt fugeudstøbningen på byggepladsen udføres omhyggeligt. Den bøjlearmerede vægfuge synes – alt andet lige – at have en lidt højere revnelast og en væsentlig højere brudlast end en fuge med den vandrette armering koncentreret i dækfugerne. Figur 4.40 viser en vægskive i et højt tværvægsbyggeri og belastningsarrangementet på prøveemnerne i B 25. Figur 4.41 viser en optagelse af et prøveemne i laboratoriets belastningsramme, og figur 4.42 viser nærbilleder af vægfugen under tre forskellige belastningstrin. Figur 4.43 viser DIAB's laboratorium under forsøgene med bæreevnen af etagekryds udført af betonelementer, sammenlign figur 4.24.

Bøjlearmerede vægfuger

Med de foran nævnte forsøg har montagebyggeriet fået en del af den nødvendige viden om naturen af de elementkonstruktioner og samlinger, der anvendes idag; men der er stadig et stort behov for videregående undersøgelser. Blandt ønskerne kan nævnes:

Nye forskningsopgaver

1. Undersøgelse af fugearmeringens forankring i dækfugerne.
2. Forsøg med og udvikling af træksamlinger.
3. Forsøg med forspændte elementkonstruktioner.
4. Udvikling af og forsøg med svejste samlinger.
5. Forsøg med ekscentrisk belastet murværk i gavle, facader og trappe- rum.

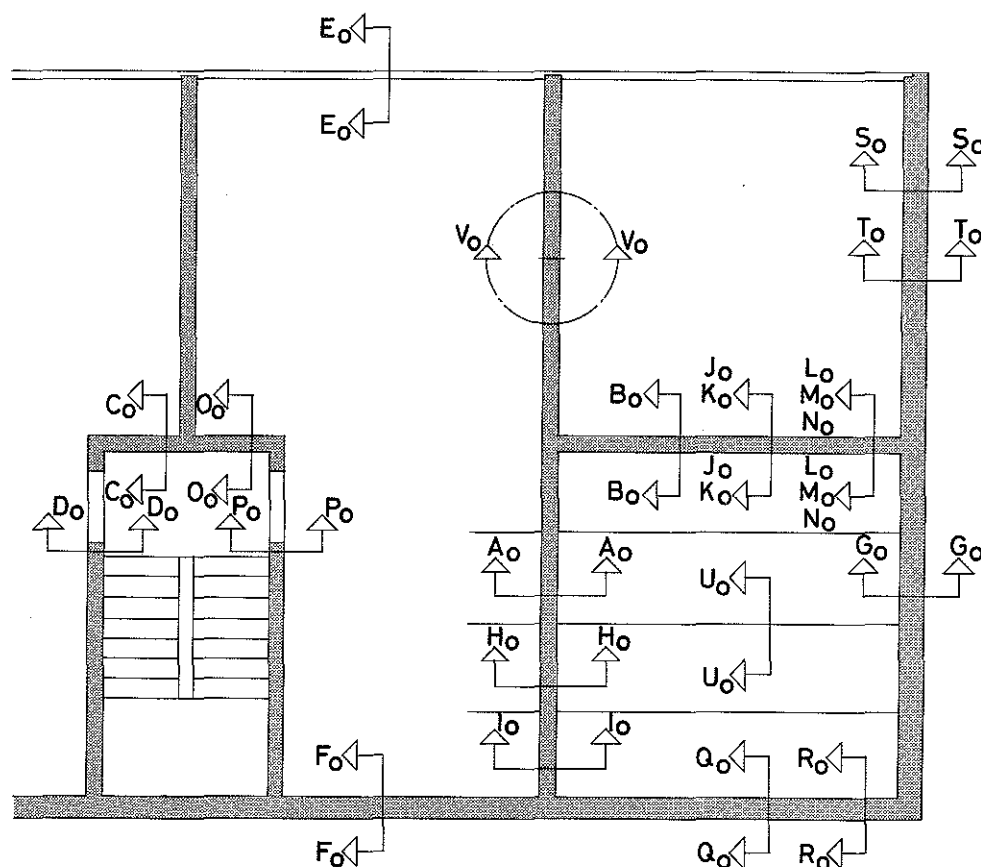
4.7 Generelle detaljer

Anvendelse af de viste løsninger kræver indsigt i de statiske funktionskrav

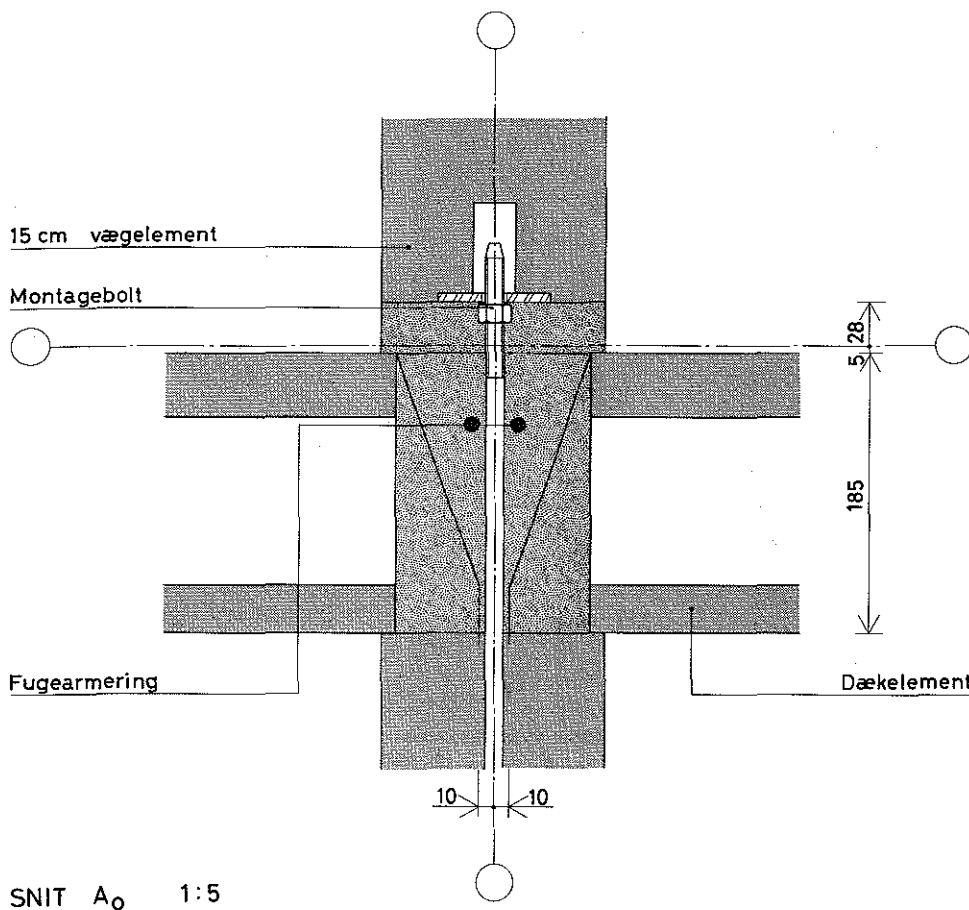
Som resumé af forrige afsnits behandling af de statiske funktionskrav i montagebyggeriet vises til slut en række eksempler på generelt anvendelige samlinger, som er i overensstemmelse med de gennemgåede principper, og som benyttes almindeligt i praksis. Det understreges, at man ikke bør kopiere disse samlinger kritikløst. Der kan i konkrete tilfælde blive tale om afvigelser fra de viste løsninger, ligesom en række specifikationer for materialer, dimensioner af fugearmering etc må fastlægges i hvert tilfælde for sig i overensstemmelse med de statiske beregninger og en totalprojektering. Samlingerne vises derfor her som moduldetaljer.

De viste samlinger, alle betegnede med et indeks o, anvendes i projekteringseksemplerne, kapitel 8, 9, 10 og 12, hvor snittene er indtegnede på moduloversigtstegningerne. Til orientering om samlingernes beliggenhed vises desuden i figur 4.44 som principtegning en boligetageplan, hvor alle o - snittene er påført. For oversigtens skyld er samtlige detaljer med på denne plan, selv om de naturligvis aldrig kan forekomme i samme bygning i praksis.

Figur 4.44.
Oversigtsplan, beliggenhed af generelle detaljer.
★ Main plan, showing position of general details.

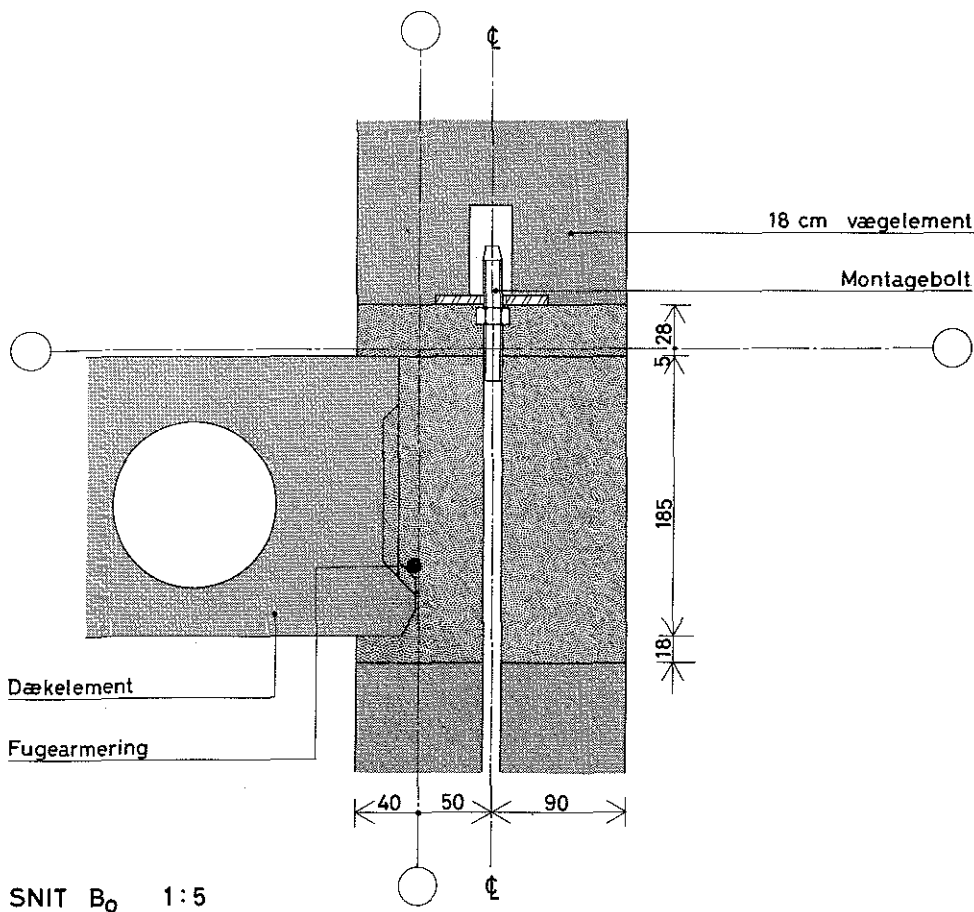


OVERSIGTSPLAN, GENERELLE DETALJER



Figur 4.45.
 Etagekryds af dæk- og vægelementer. Samlingen er kraftoverførende for både lodrette og vandrette belastninger.

★ Floor cross of floor and wall units. The joint transmits the vertical as well as the horizontal loads.



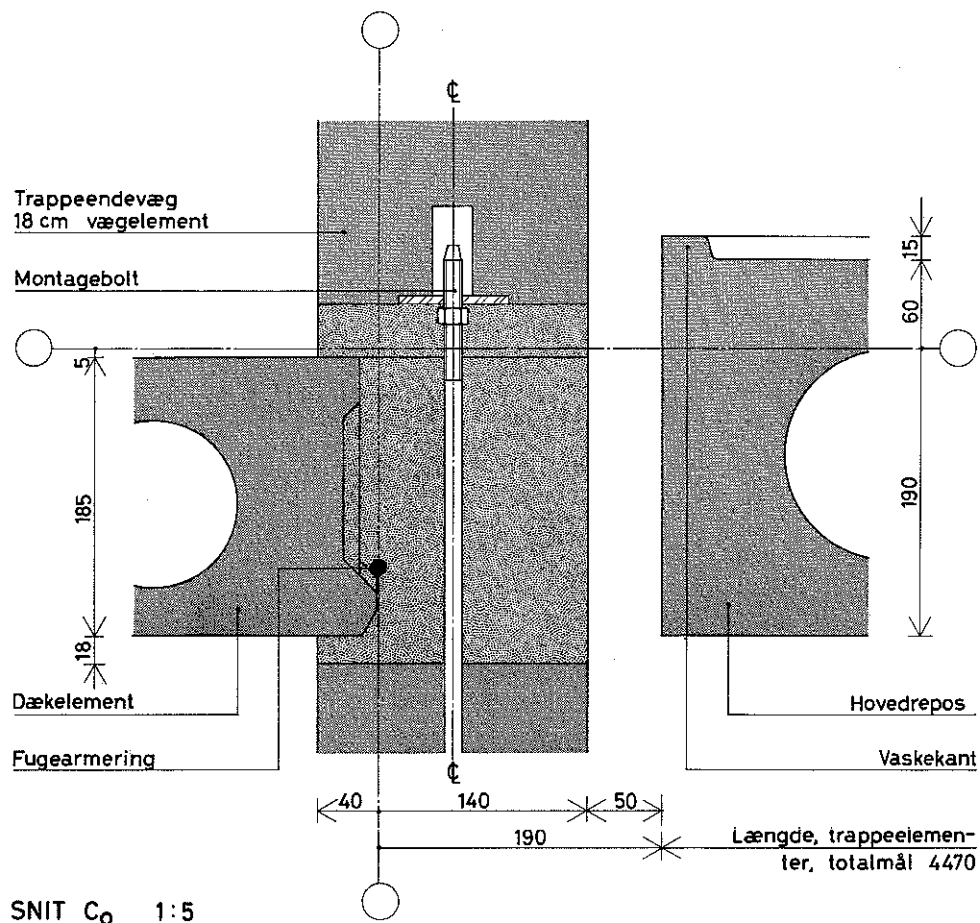
Figur 4.46.
 Dæksidekant – 18 cm længdevæg. Udstøbningsbetonen fører væggenes skivekræfter forbi dækket.

★ Edge of concrete unit and 18 cm longitudinal wall. The cast-in-situ concrete transmits the stresses of the diaphragm past the floor.

Figur 4.47.

Som figur 4.46 med tilføjet trapperepos. Denne er frigjort fra væggen for at begrænse trinstøjen.

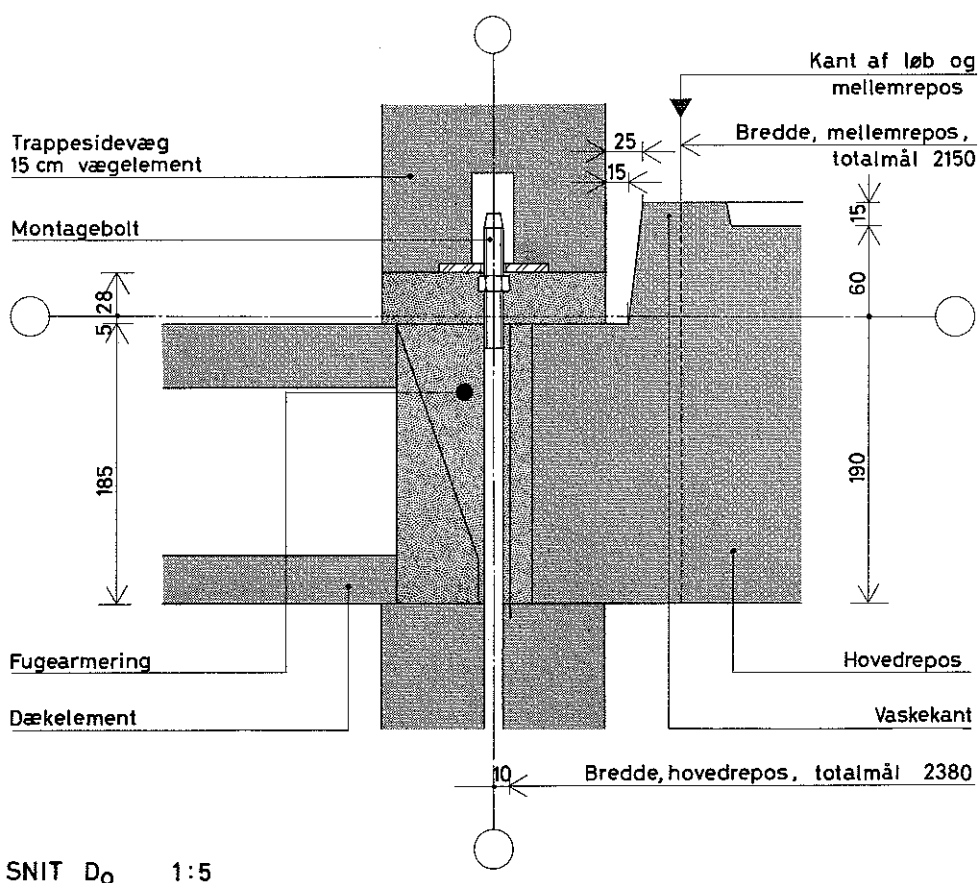
★ As figure 4.46 with added landing. The landing is detached from the wall in order to reduce the noise from the stairway.

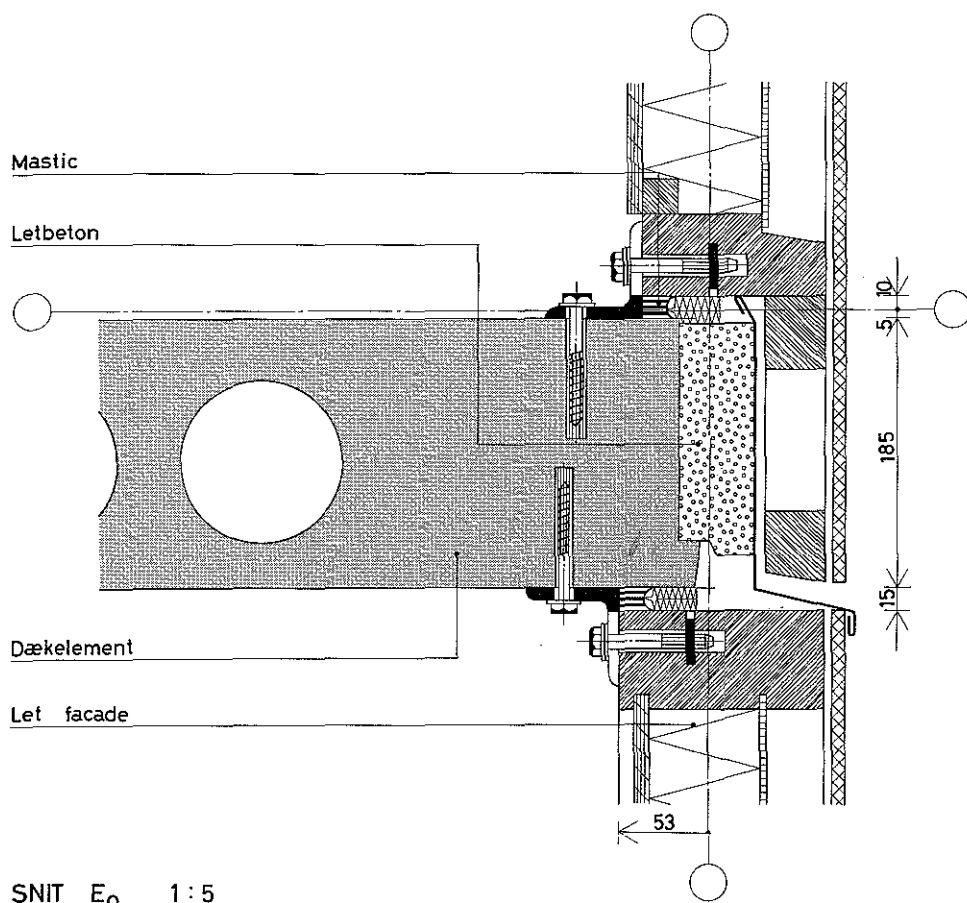


Figur 4.48.

Bærende vederlag for dæk og trapperepos. Trinstøjen overføres ved reposens indstøbning i væggen; sammenlign den forbedrede løsning i figur 9.12.

★ Load-bearing support for floor and staircase landing. The noise is transferred at the embedment of the landing into the wall; compare figure 9.12 showing a better solution.





SNIT E₀ 1:5

Figur 4.49.
 Let facade – dækkant.
 Samlingen er udformet ud fra hensyn til de relevante funktionskrav, se nedenfor samt afsnittene 8.4 og 8.5.

★ Light-weight external wall-edge of floor-unit. This connection has been worked out with regard to the relevant performance-requirements, see the chapters 8.4 and 8.5

Den lette facade og dens sammenbygning med den bærende konstruktion honorerer følgende funktionskrav. *A. Statiske.* Vindbelastning på facaden samt dennes egenvægt overføres gennem de viste vinkeljernbeslag. Nedbøjning af dækket er farlig for vinduer (rammers oplukkelighed og glasset) i den lette facade. Fagbredden bør derfor normalt ikke overstige 48M. *B. klimatiske.* Varmeisoleringen i facadeelementet er suppleret med en kantisolering på dækket, så kuldebro undgås. Tæthed for slagregn etableres gennem den overlappende, åbne og ventilerede fuge. Vindtæthed sikres af værkstopning og fugemastik. Varmeisoleringen beskyttes mod gennemluftning (konvektion) af den indbyggede, lette plade. *C. Akustiske.* Dækket er ført halvt ud i facaden for at begrænse flankevirkningen. Målinger tyder dog på, at flanketransmissionen undertiden er for stor. *D. Brandtekniske.* Træmaterialerne i de to etager er adskilt af beton, letbeton og zink. Der foreligger ikke prøver af gennembrændingstiden mellem de to etager; den bør være mindst 60 min. (Bd 60). *E. Andre.* Samlingen er vedligeholdelsesfri, bortset fra eventuelle skader på de lette plader. Fugemålene tillader optagelse af produktions- og montageunøjagtigheder.

Bæreevne

Klimaskærmning

Lydisolering

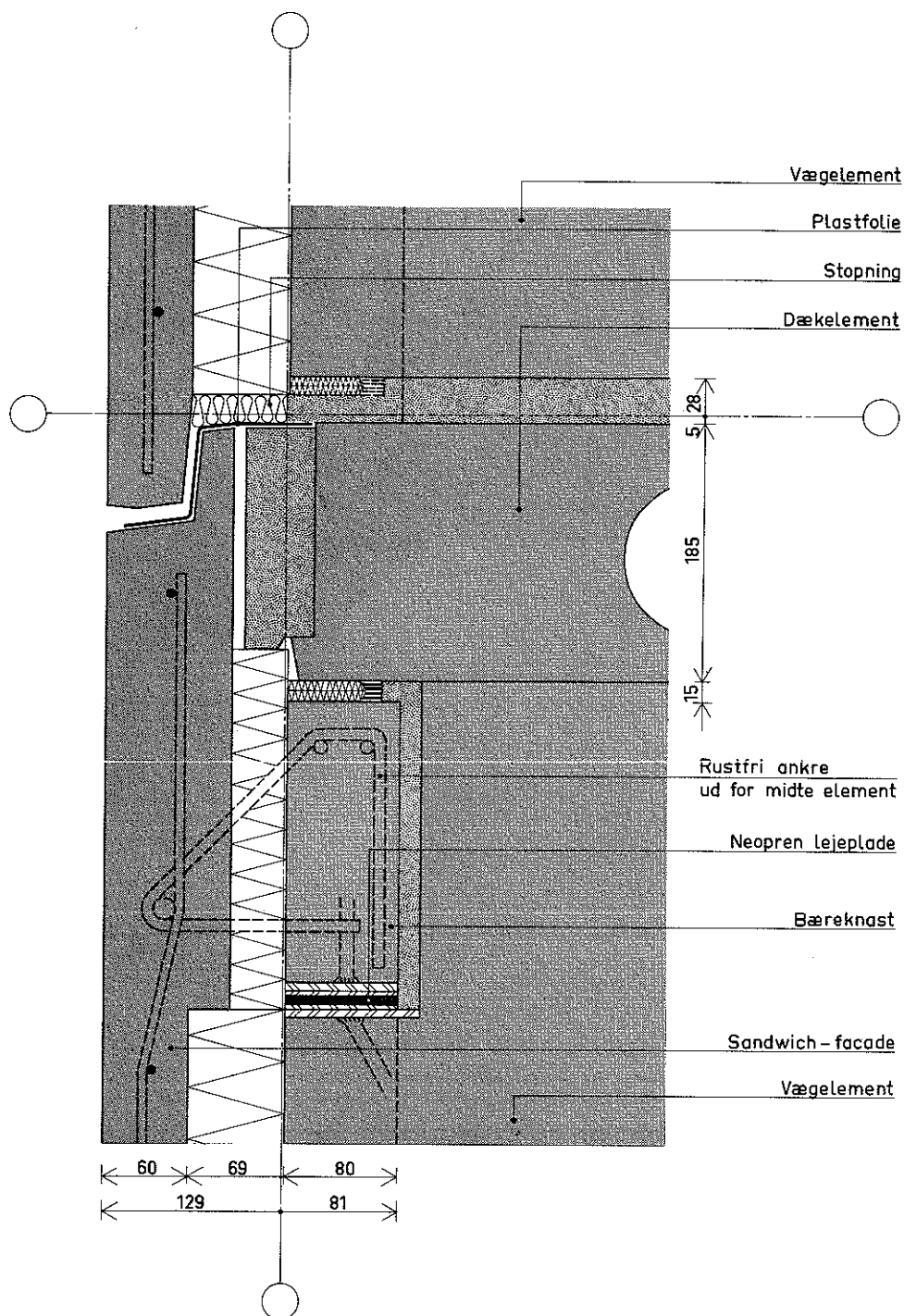
Brandmodstand

Øvrige funktionskrav

Figur 4.50.

Beton sandwichfacade, dæk og væg. Facaden er ophængt på de viste bæreknafter og skal desuden forankres til dæk eller vægge.

★ Concrete sandwich external wall, floor and wall. The panels are supported on the bearing projections and besides must be fixed to floor or wall.



SNIT F₀ 1:5

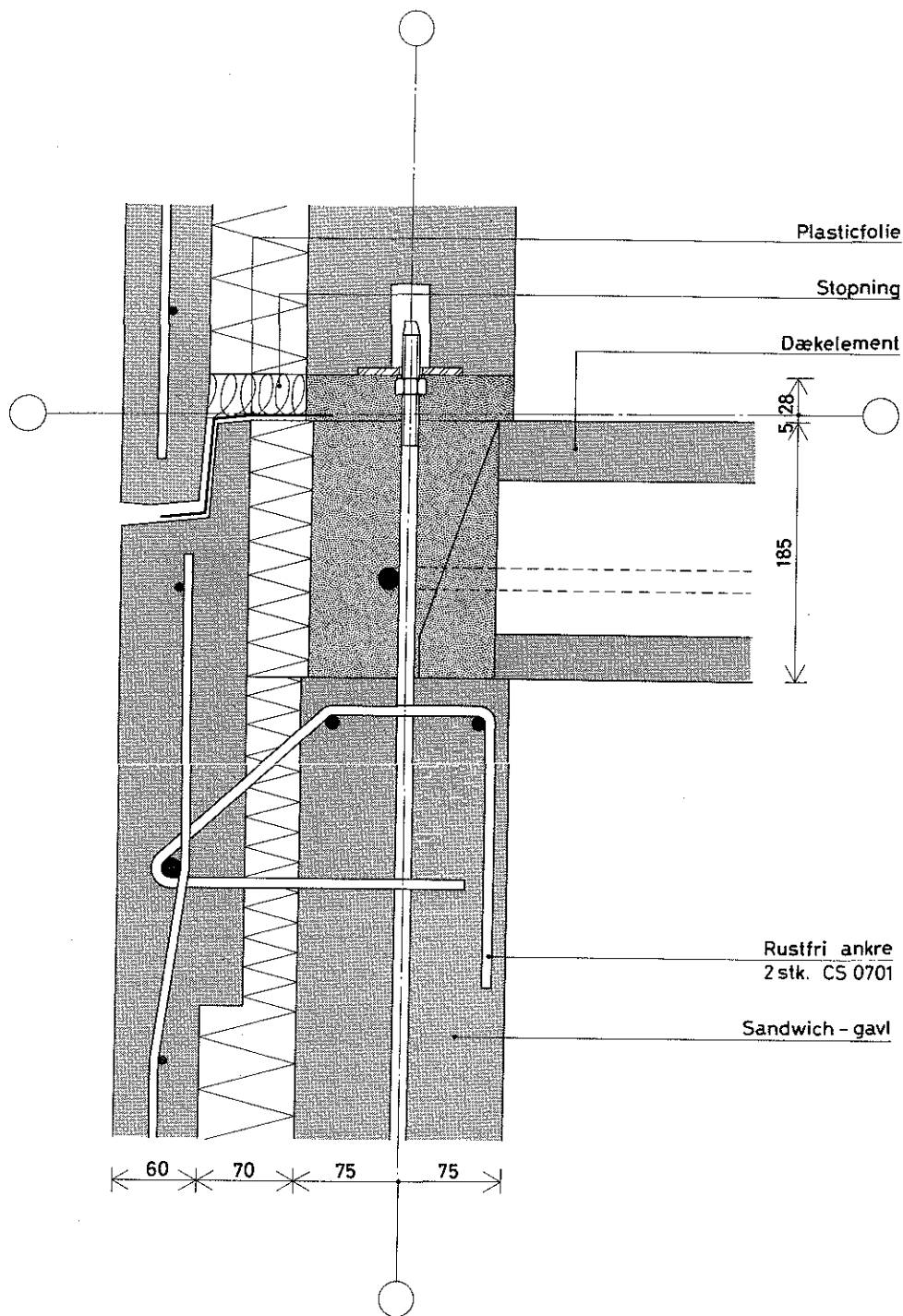
Rustfri ankre

Den ikke-bærende sandwichfacade er udført med indvendig og udvendig betonskive. Den udvendige skive hænger med rustfri ankre på den indvendige, se figur 4.50. Ankrene beregnes for belastningen fra den ydre skive og skal desuden undersøges for temperaturspændinger, som kan blive meget betydelige. Den viste plastfolie i de vandrette fuger skal lede vand (fx fra vandskader eller under byggeperioden) ud af facaden, da det ellers kunne trænge ned igennem hele ydervæggen og ind i bygningen ved utætheder i de indvendige fuger. Sammenlign figur 4.51.

Sikring af vandrette fuger

Figur 4.51.
 Bærende sandwichvæg
 (gavl) - dæk. Analog med
 4.50.

★ Load-bearing sandwich
 wall (gable) - floor. Ana-
 logous with 4.50.



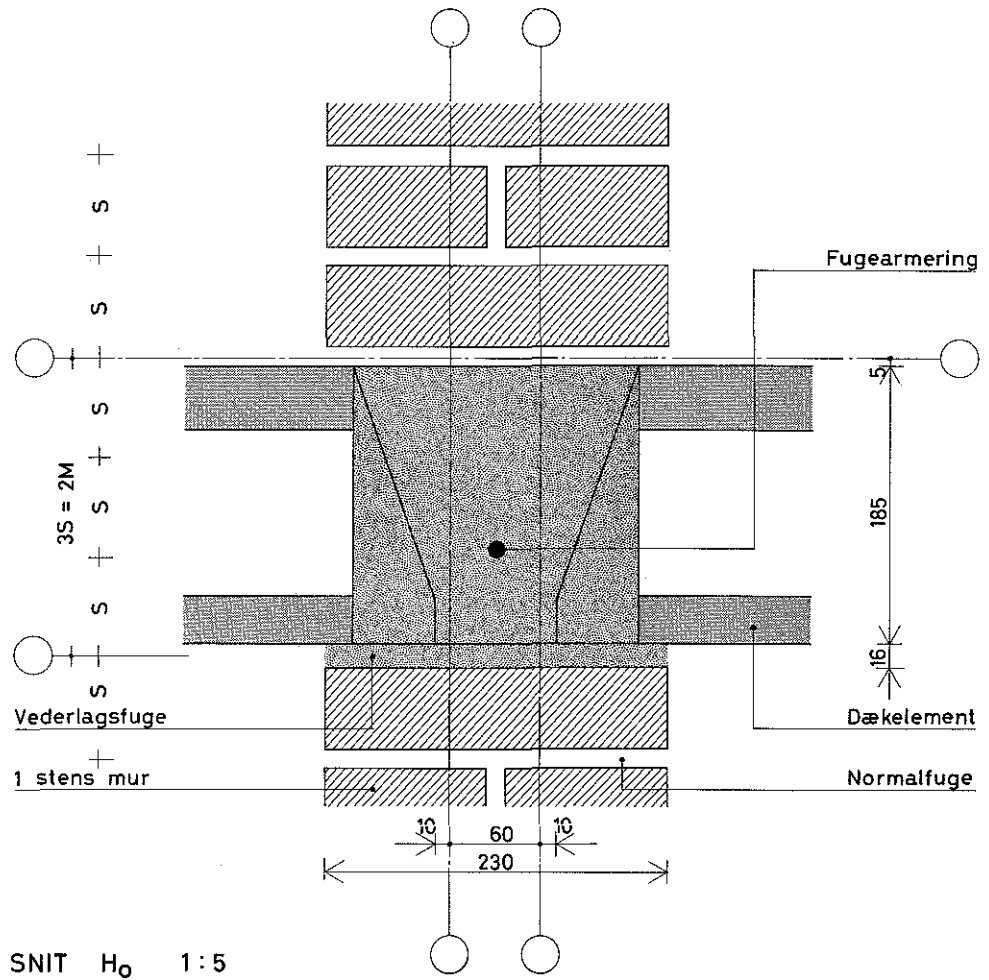
SNIT G₀ 1:5

Den bærende sandwich-facade (gavl) er udført analog med væggen, figur 4.50. Den indvendige betonskive er 150 mm tyk og giver plads for et normalt dækvederlag. Den viste fugearmering, der forankrer gavlen til dækskiven, er særlig vigtig ved byggeri over 6 etager, jævnfør tillæg 3 til bygningsreglementet. Kuldebroen ved de rustfri ankere er betydningsløs, men ankrenes temperaturspændinger må beregnes.

Forankring af gavl til dæk

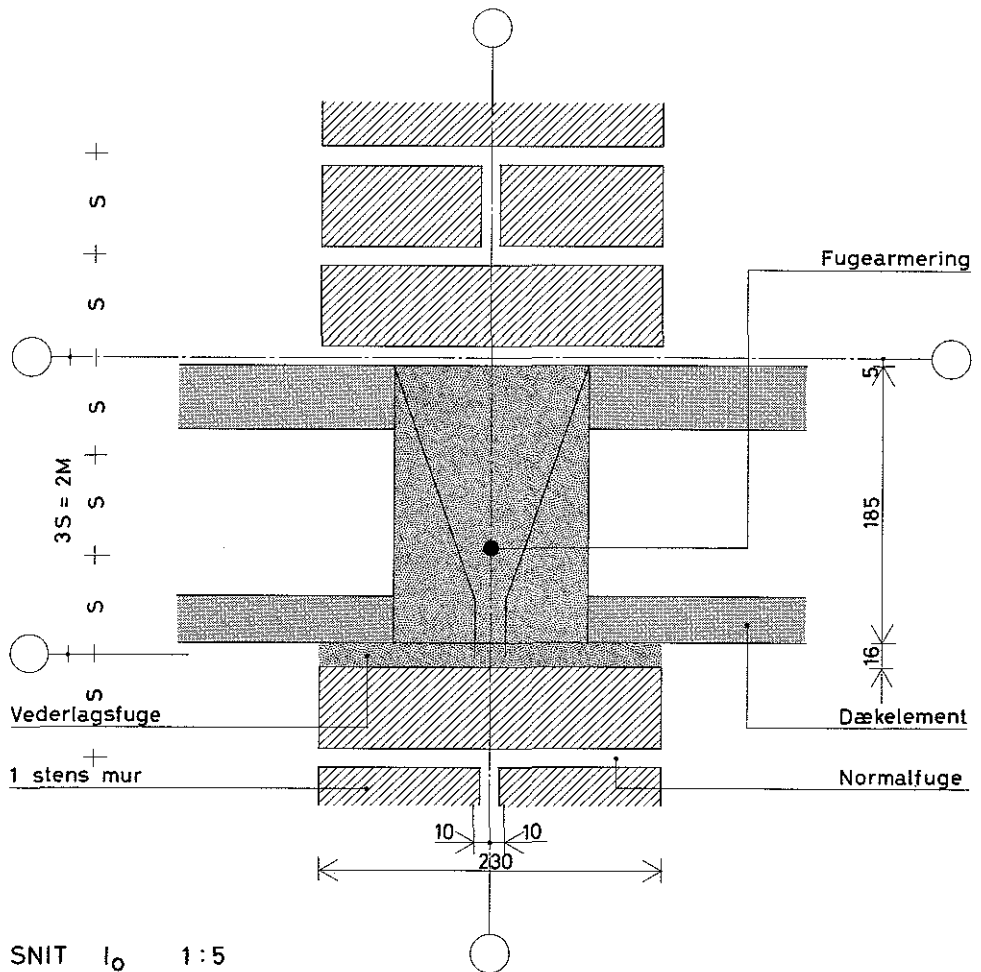
Figur 4.52.

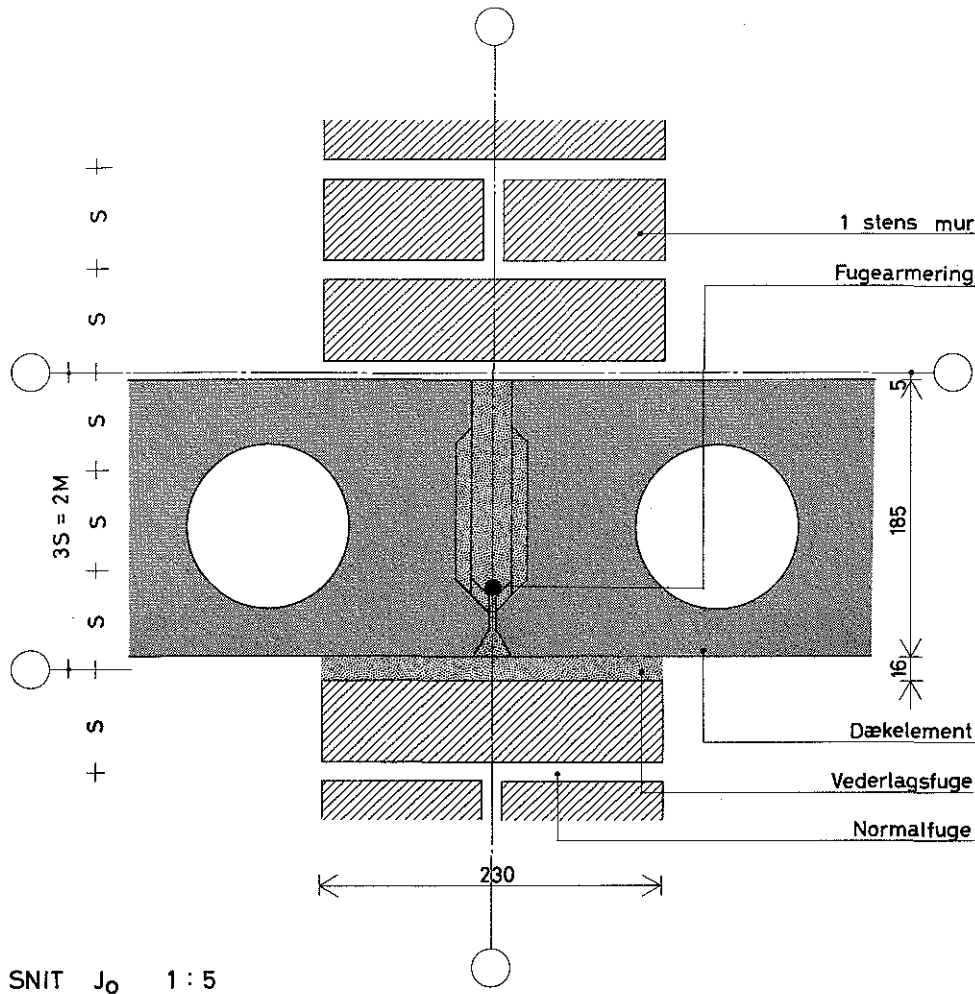
Muret etagekryds med neutralzone. Samlingen er kraftoverførende for lodrette og vandrette kræfter.
 ★ Brick-built floor cross with neutral zone. This connection is able to transfer vertical as well as horizontal forces.



Figur 4.53.

Muret etagekryds uden neutral zone. Konstruktionen har samme bæreevne som løsningen, figur 4.52, og er geometrisk enklere.
 ★ Brick-built floor cross without neutral zone. The construction has the same load-bearing capacity as the one shown in figure 4.52 and geometrically it is simpler.



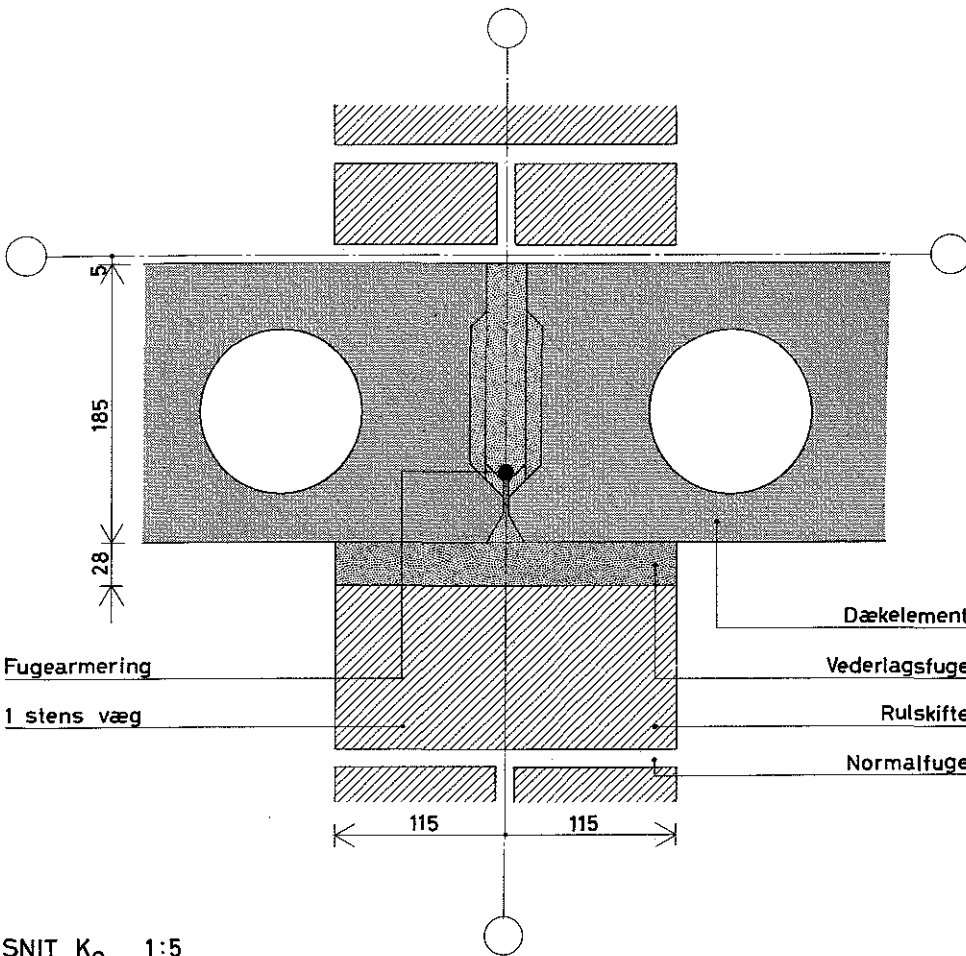


SNIT J₀ 1:5

Figur 4.54.

Dæksidekanter - 1 stens muret væg. Samlingen må frarådes på grund af risiko for udførelsesfejl i vederlagsfugen og dårlige kontrolmuligheder.

★ Floor unit edges - one brick wall. This connection is not recommended due to risk of faults in execution of the supporting joint and to poor controlling possibilities.



SNIT K₀ 1:5

Figur 4.55.

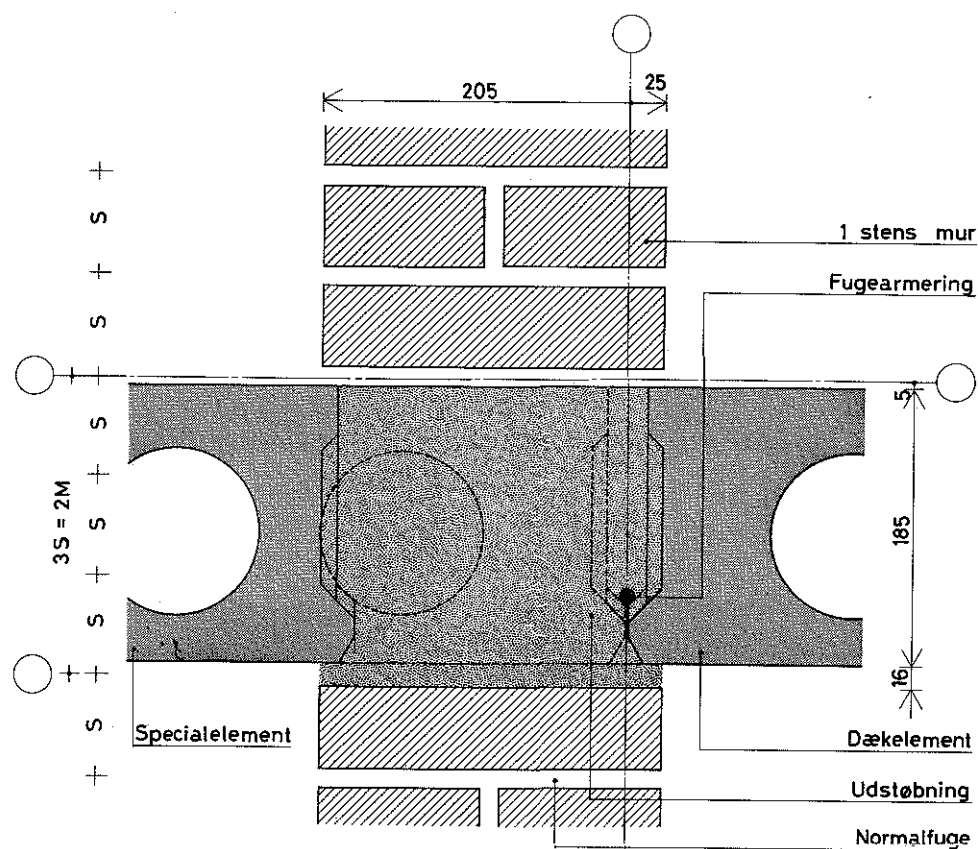
Dæksidekanter - 1-stens væg. Med rulskiftet opnås en vederlagsfuge, som kan understoppes effektivt; men kontrollen er stadig vanskelig.

★ Floor edges - one brick wall. With the brick-on-edge course a supporting joint is obtained which may be grouted effectively; but the control is still difficult.

Figur 4.56.

Dæksidekanter - 1 stens væg uden neutral zone. Med det afskårne specialelement bliver udstøbningsbetonen sikker og effektiv til kraftoverføring.

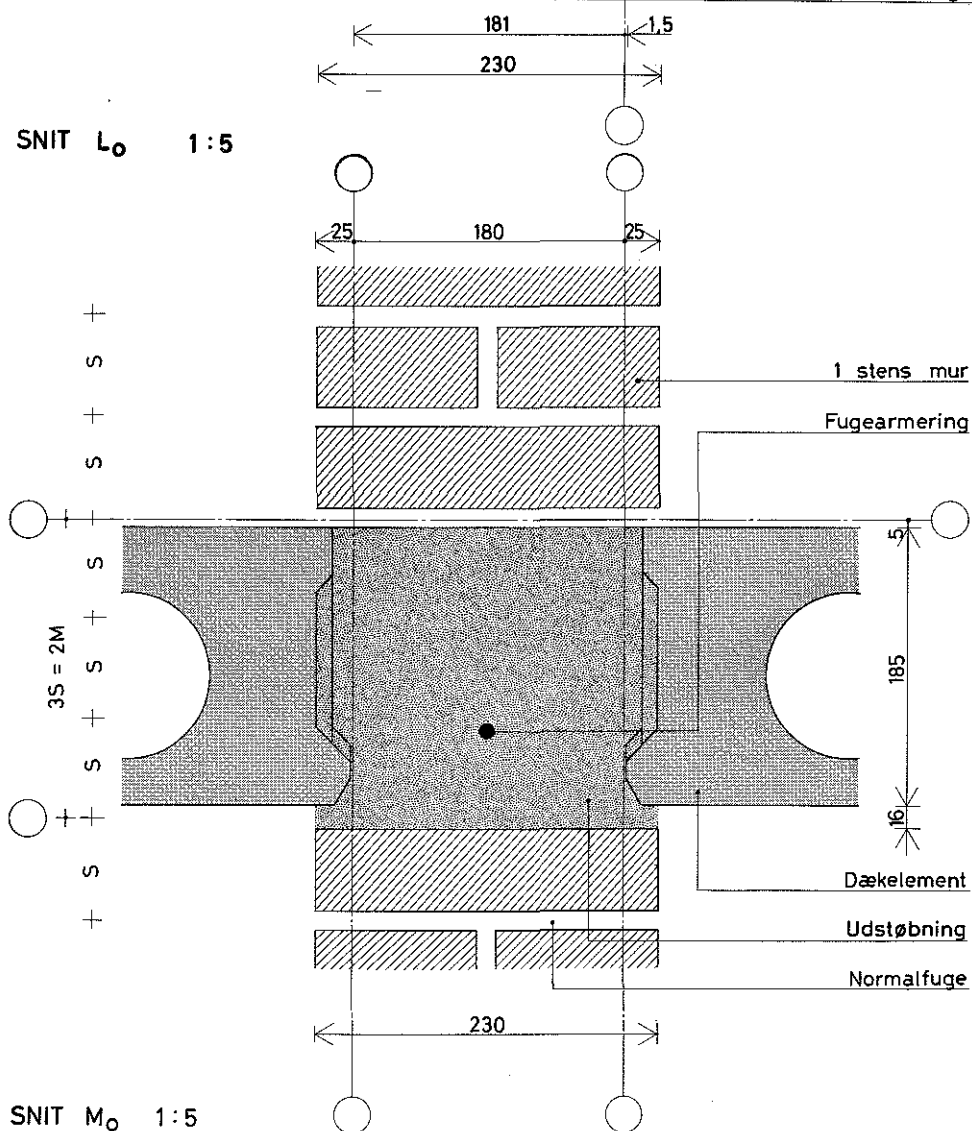
★ Floor unit edges - one brick wall without neutral zone. The shortened special unit makes concreting safe and effective for load transfer.

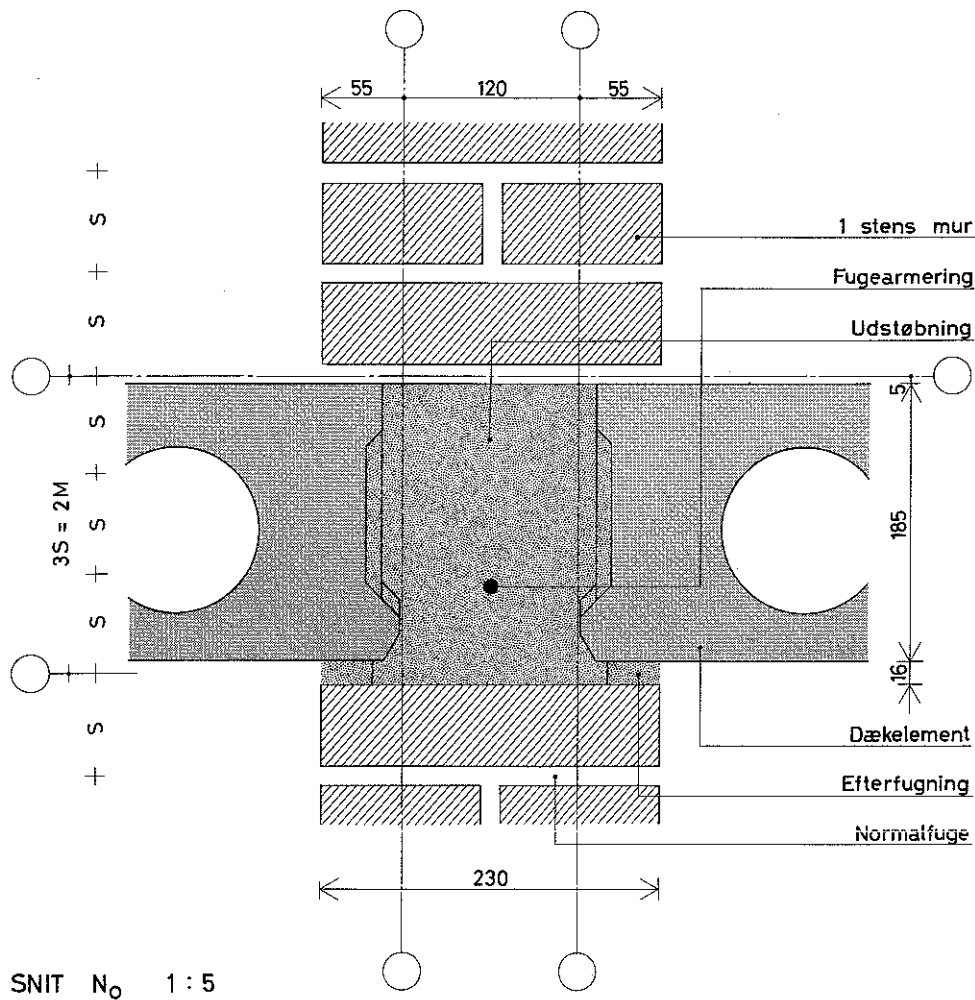


Figur 4.57.

Dæksidekanter - 1 stens væg med neutral zone. Samlingen giver en sikker kraftoverføring, men komplicerer modulgeometrien i projektet.

★ Floor unit edges - one brick wall with neutral zone. This connection assures a safe load transfer but complicates the modular geometry of the project.

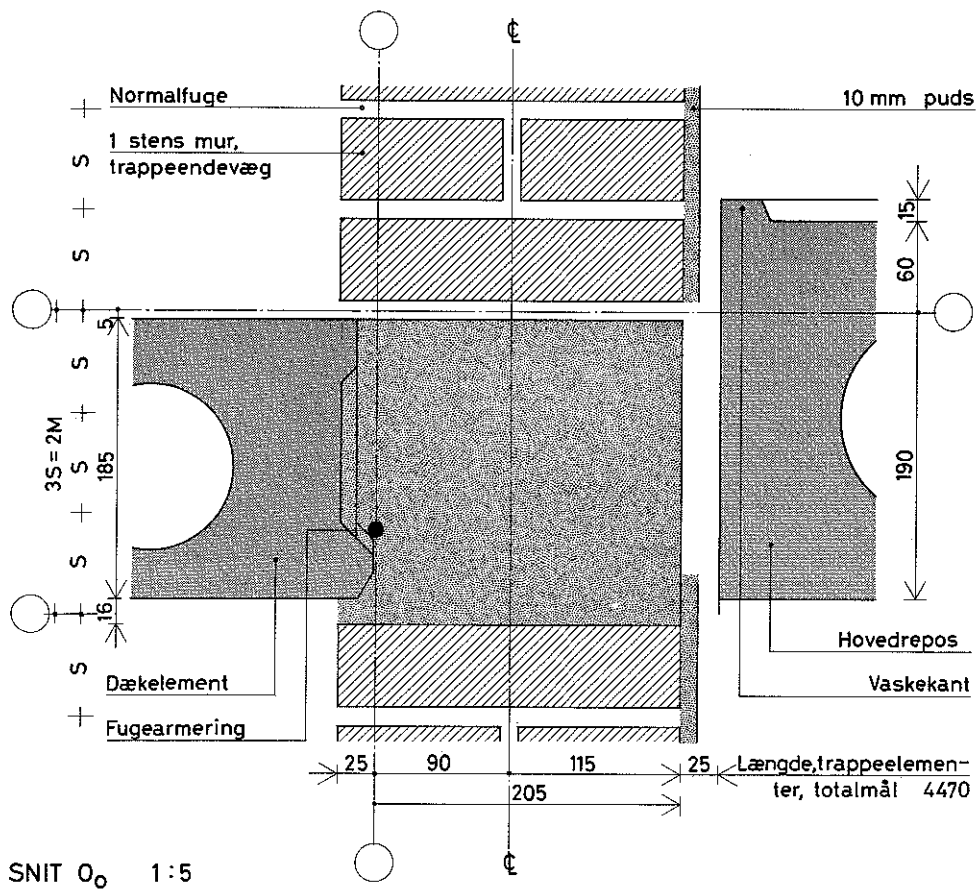




Figur 4.58.

Dæksidekanter - stens væg med 120 mm neutral zone. Analog med figur 4.57. Enklere modulgeometri på grund af 1/4 stens mål-springene.

★ Floor unit edges - one brick wall with 120 mm neutral zone. Analogous with figure 4.57. Simpler modular geometry due to the intervals of 1/4 brick measure.



Figur 4.59.

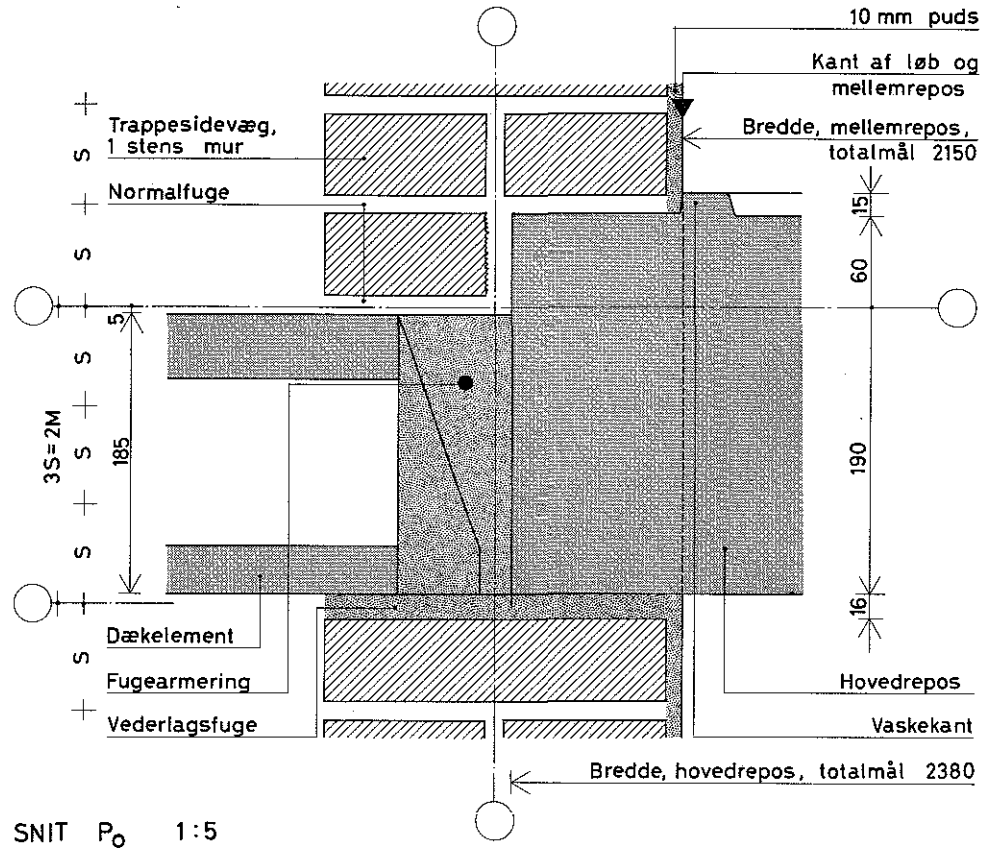
1 stens væg - dæk - trappe-repos. Spalten mellem repos og væg bør holdes fri for at begrænse trinstøj. Repos-tykkelsen er afpasset efter højden af færdigt gulv.

★ One brick wall - floor - staircase landing. The aperture between landing and wall should be kept free in order to reduce the noise. The thickness of the landing corresponds to the level of finished floor.

Figur 4.60.

1 stens trappevæg - dæk hovedrepos. Kraftoverførende samling med lydbro ved hovedreposens vederlag. Se den bedre løsning i figur 9.12.

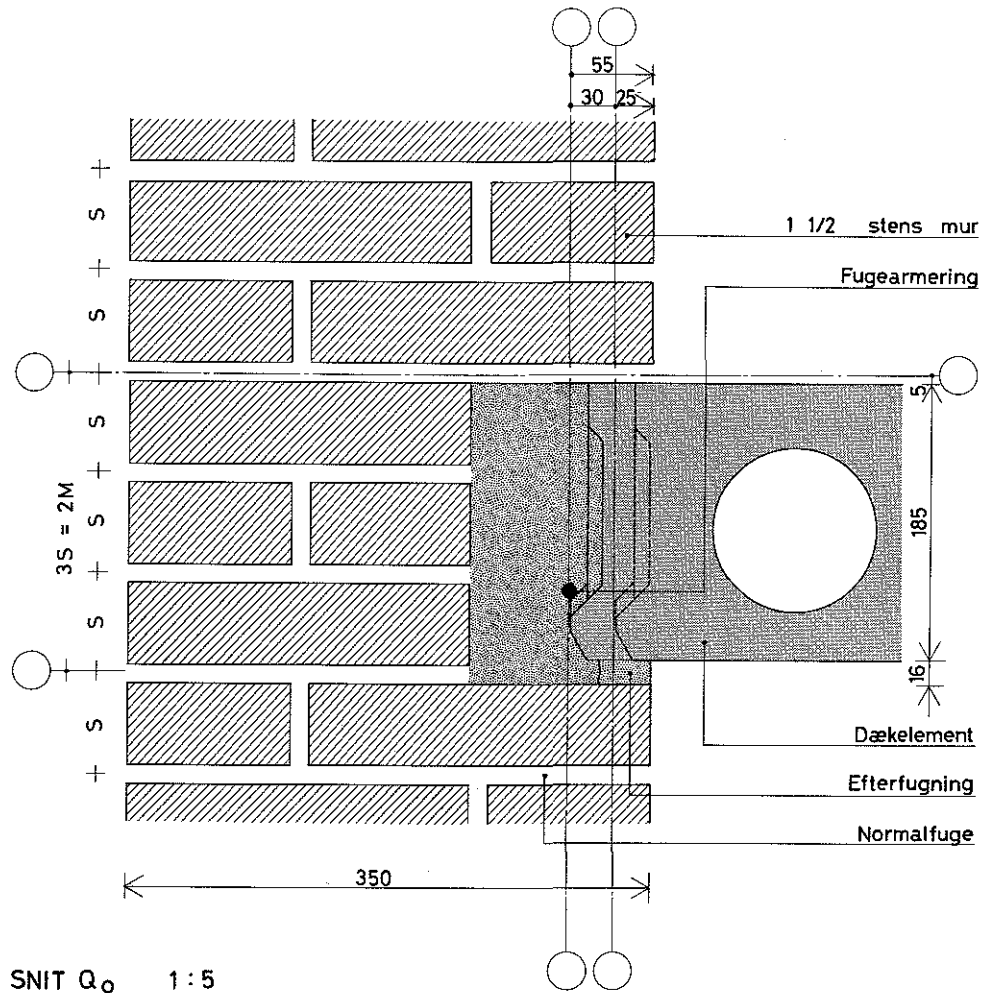
★ One brick staircase wall - floor - main landing. The load-carrying connection results in sound transmission near the support of the main landing. For a better solution see figure 9.12.

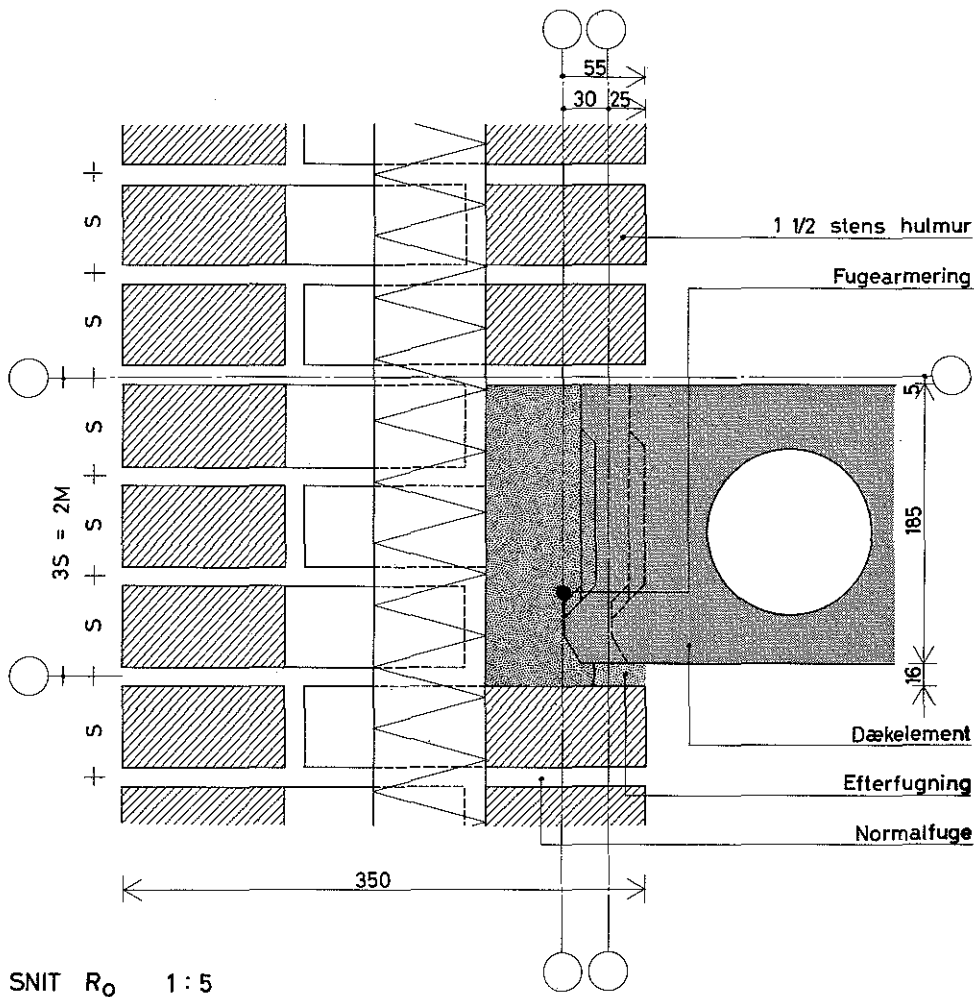


Figur 4.61.

Dæksidekant - 1 1/2 stens ydervæg uden isolering. Modullinieplaceringen 55 mm (= 1/4 sten) inde i væggen giver den enkleste modulgeometri.

★ Floor unit edge - brick-and-a-half external wall without insulation. The position of the modular line 55 mm (= 1/4 brick) inside the wall results in the simplest modular geometry.

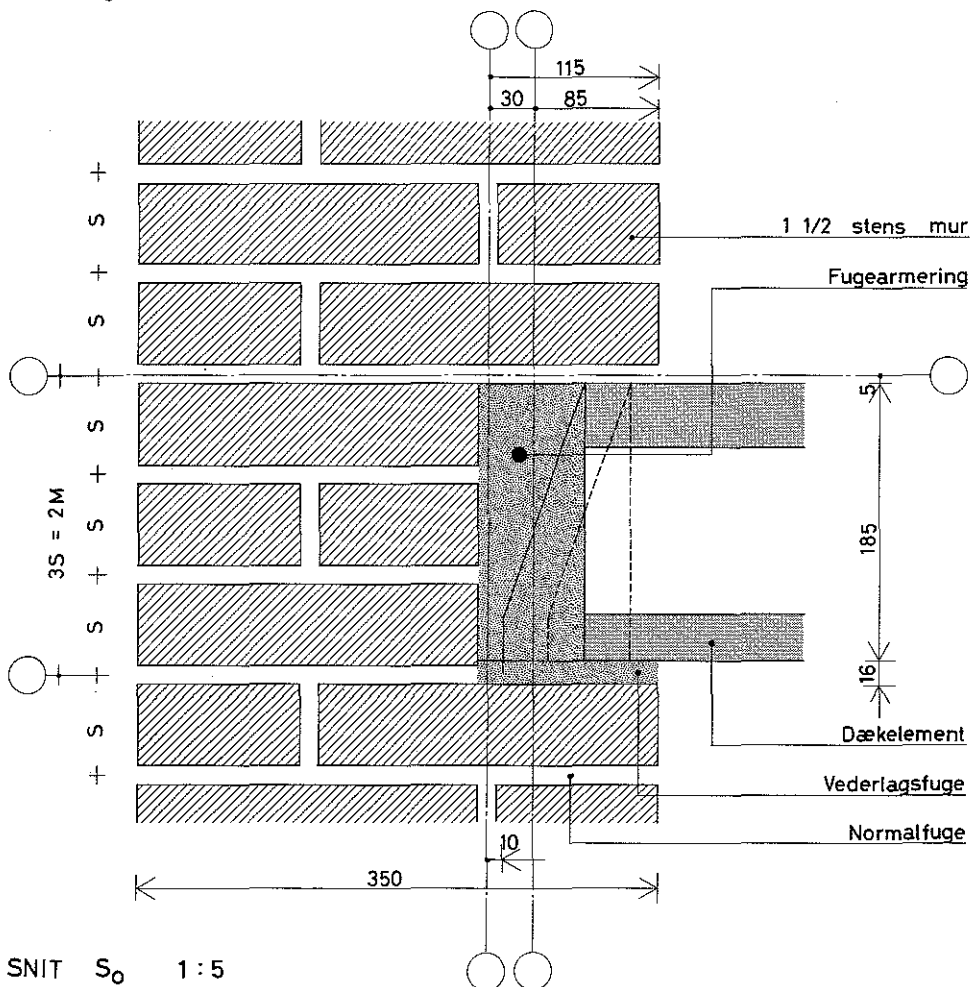




Figur 4.62.

Dæksidekant - 35 cm hul ydervæg med isolering. Analog med 4.61. Hulmuren skal beregnes for lodrette og vandrette belastninger.

★ Floor edge - 35 cm cavity external wall with insulation. Analogous with 4.61. The cavity wall must be designed to carry vertical as well as horizontal loads.



Figur 4.63.

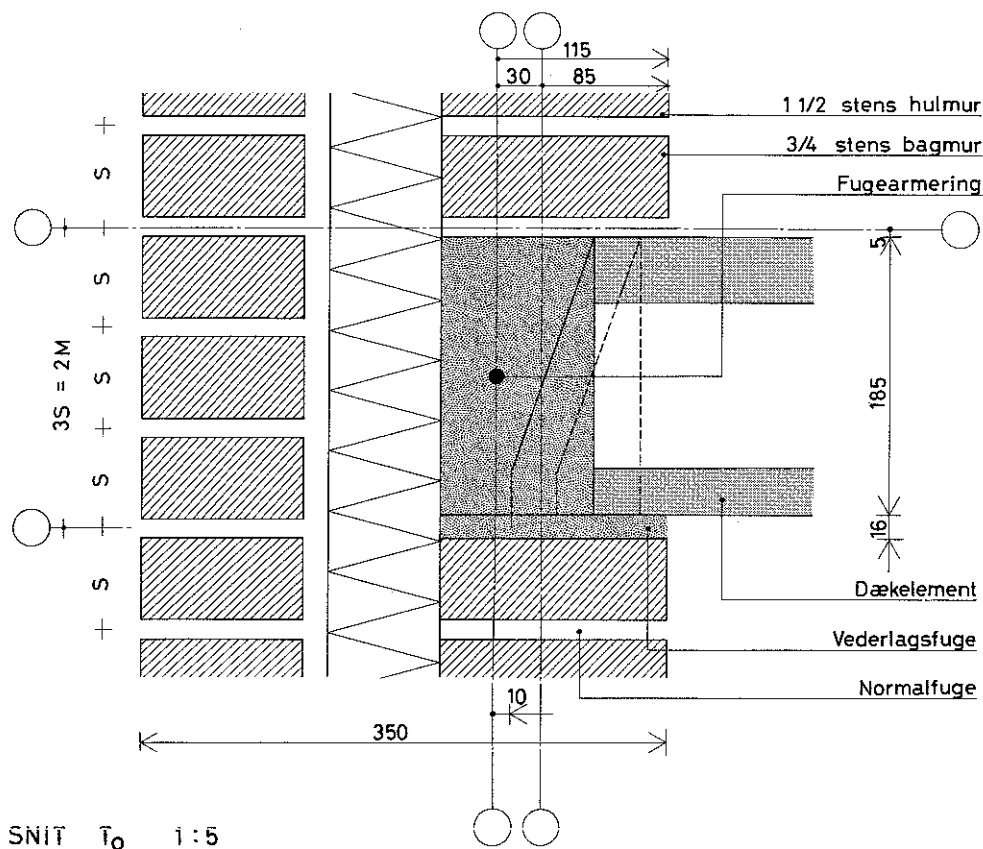
Dækvederlag - 1 1/2 stens ydervæg uden isolering. Modullinieplaceringen 115 mm (=1/2 sten) inde i væggen giver den enkleste modulgeometri.

★ Floor support - brick-and-a-half external wall without insulation. The position of the modular line 115 mm (=1/2 brick) inside the wall results in the simplest modular geometry.

Figur 4.64.

Dækvederlag - 35 cm hul ydervæg med isolering. Analog med 4.63. Den bærende 3/4 stens væg må beregnes, den følger ikke bygningsreglementets dimensionsregler.

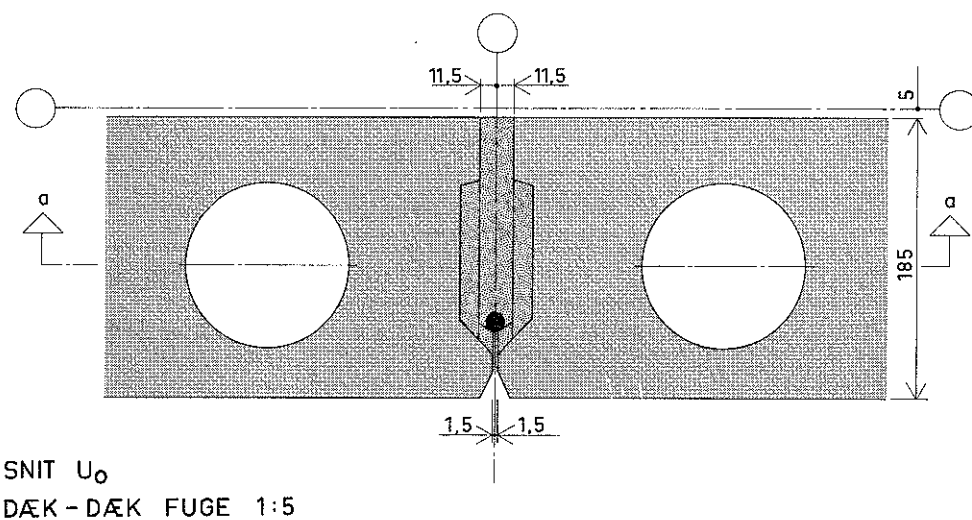
★ Floor support - 35 cm external cavity wall with insulation. Analogous with 4.63. The loadbearing capacity of the 3/4 brick wall has to be calculated, because it does not follow the rules of the building code.



Figur 4.65.

Normal dæk-dæk fuge. Krav til samlingen: kraftoverføring og lydisolation. Udstøbning af fugebeton og forankring af fugearmring kræver en omhyggelig kontrol.

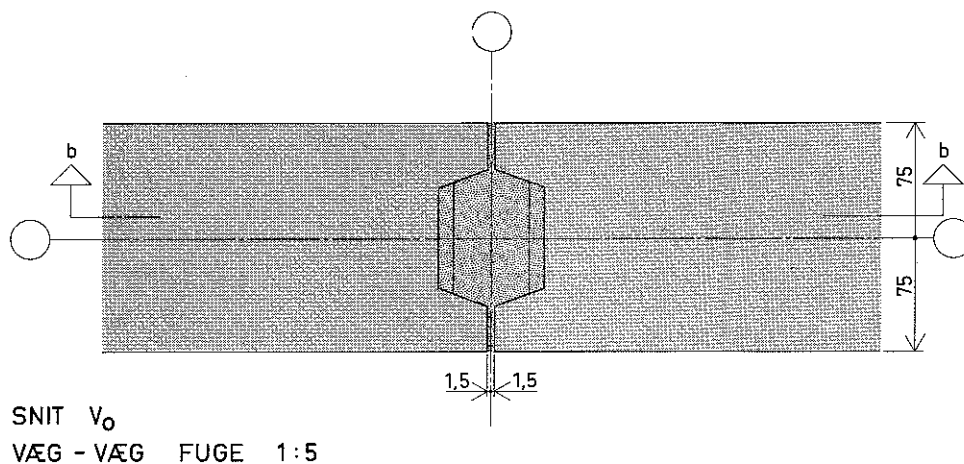
★ Normal floor-floor joint. Requirements to the joint: capability to load-transfer and sound insulation. The concreting of the joint and anchoring of the joint reinforcement requires careful control.



Figur 4.66.

Normal væg-væg fuge. Krav til samlingen: kraftoverføring og lydisolation analog med 4.65.

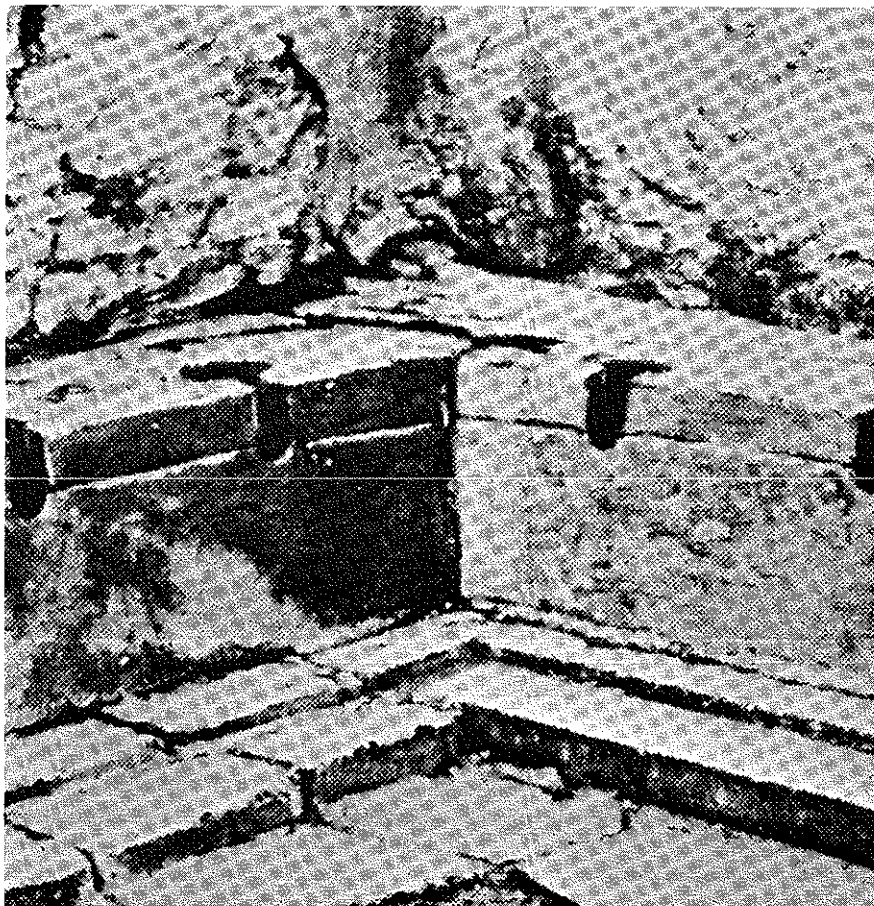
★ Normal wall-wall joint. Requirements to the joint: capability to load-transfer and sound insulation, analogous with 4.65.



4.8 Litteratur

- [4.1] Eriksson, Nissen, Lemming Pedersen: Montagebyggeriets statik og teknik DIAB 1967.
- [4.2] Nissen, Henrik og Pedersen, Jens Bue: Husbygning 1. Kbh 1968.
- [4.3] Dansk Ingeniørforening: DS 410, med tillæg om vindbelastninger. Kbh 1966.
- [4.4] Olesen, F. B.: Vægkonstruktioner. HB 5. DIAB 1968.
- [4.5] Nepper-Christensen, P. og Skovgaard, P.: Svind i betonelementer. Karlstrup Beton-forskningslaboratoriet. 1966.
- [4.6] Kjeldsen, M. og Simonsen, W.R.: Industrialised Building in Denmark. CIB-Kongres, Kbh 1965.
- [4.7] Lewicki, Bohdan: Building with large Prefabricates. Elsevier, London 1966.
- [4.8] Koncz, Tihamér: Handbuch der Fertigteile-Bauweise. Bd III. Wiesbaden – Berlin 1967.
- [4.9] Carlsen, B.-E.: Opstilling af statiske beregninger DIAB – HB 1968.
- [4.10] Pume, Dimitrij: Scherfestigkeit senkrechter Stösse zwischen Betonwandelementen. Bauplanung – Bau-technik 1967.5.
- [4.11] Olesen, S. Ø. og Poulsen, E.: Det danske etagekryds' bæreevne. Rap- port 68/29. DIAB + BKF Kbh 1968.
- [4.12] Her Majesty's Stationary Office: Collapse of Flats at Ronan Point, Canning Town. London 1968.
- [4.13] Carlsen, B.-E.: Forsøg med muret etagekryds. Byggeindu- strien 1967.1 og 1968.2.
- [4.14] Halasz, R. og Tantow, G.: Bauingenieur-Praxis. Heft 55. Grosstafel- bauten. Berlin 1966.
- [4.15] Hansen, H.: Mortar joints between concrete elements in shear walls. Oslo 1967.
- [4.16] Laing, John: Tests to determinate the shear strengths of Jespersen wall joint configurations. Herts, Nov 1966.
- [4.17] Hansen, K. og Olesen, S. Ø.: Bæreevne og brudmekanisme af fortande- de fuger. Rapporter 67/23, 67/24, 68/23 og 69/22. DIAB Kbh 1967, -68 og -69.
- [4.18] Snabe, A. P.: Industrialiseret byggeri. DTH-forelæsninger 1967-68. Kbh 1968.
- [4.19] Munch-Petersen, J. F. og Eriksson, O.: Samlingsproblemer i montagebyggeri. SBI-rapport 38. Kbh 1963.

Badeanlæg og sanitære installationer i det gamle Rom var højt udviklede, og den personlige hygiejne dyrkedes under selskabelige former i termene. Billedet viser et 4-personers bidet fra Pompeji.



5

5. Installationer

Installationernes andel i byggeriets produktivitetstigning

Installationernes andel i byggeudgifterne udgør i disse år ca 20-25 pct, og andelen er 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.

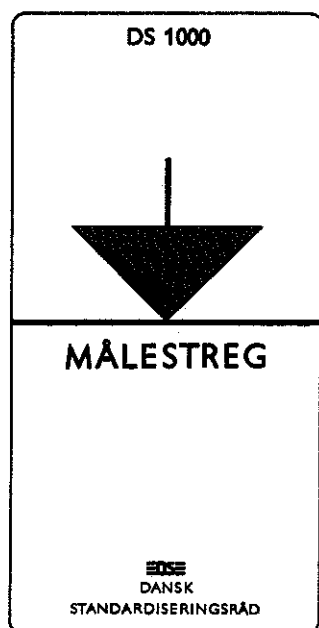
Produktionen af installationsdele er allerede industrialiseret

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

I denne udvikling har branchen benyttet standardisering, målkoordinering, tolerancebestemmelser og meget andet i lighed med den øvrige industri og uafhængigt af modulordningen. Se [5.1]

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 projektere modulære installationer, men vi kan med fordel anvende nogle af modulordningens principper om rationel målfastsættelse og øget præfabrikering.



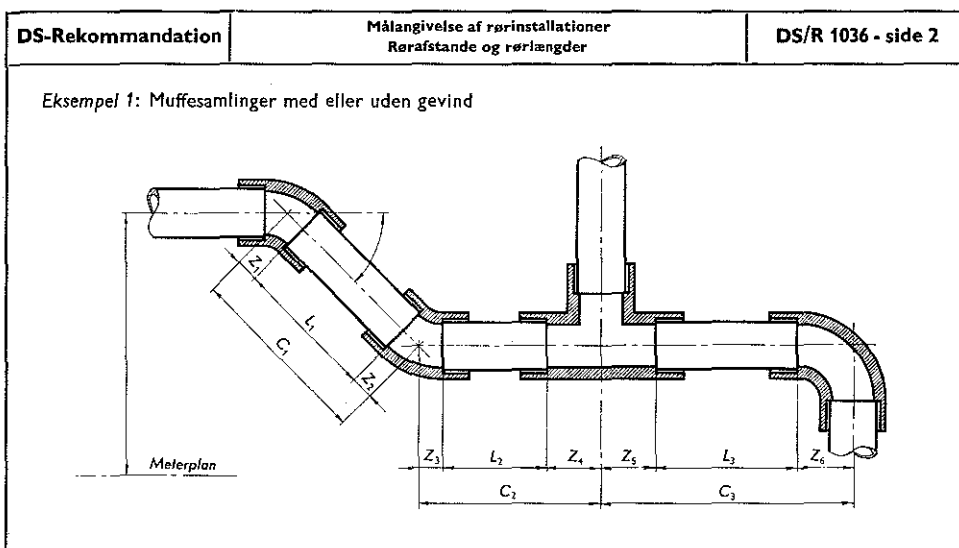
Figur 5.01.
Mærkat for målfæstningslinje fra DS.
★ Label for baseline from DS.

5.1 Målangivelser 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 disse 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 desuden oversigten over DS-blade i kapitel 3, der omtaler de øvrige installationsblade. DS/R 1035 handler om afsætning af installationernes højdemål i bygningen. Bladet blev i 1966 ved den obligatoriske revision efter tre års gyldighed forlænget, indtil det i 1968 afløstes af den reviderede udgave af DS 1000, Højdemål i normaletager.

Som grundlag for den lodrette målfæstning anvendes et måleplan beliggende 1100 mm over rådæk-modulplanet, se figur 2.18. Fra dette måleplan afsættes installationernes højdemål, se figur 5.02 og 5.03.



*Figur 5.02.
Røringstallation med muf-
fesamlinger efter DS/R
1036:*

C = midte-midte-mål.

L = rørstykkets byggemål.

Z) = samlestykkets byggemål.*

*★ Pipe installation with
socket joints according to
DS/R1036:*

C = center-center-measure.

*L = building measure of
the pipe connection.*

Z) = measure of union.*

Måleplanets skæringslinie med bygningens vægge benævnes målestregen og markeres med en mærkat som vist i figur 5.01. Fra målestregen, der forudsættes afsat i alle rum med installationer, foretages al afsætning af højdemål. Målestregen 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 figur 5.02.

Med dette målgrundlag kan der udføres procestegninger af installationsarbejdet, se figur 5.03, hvor alle rørdeler, samlestykker og armaturer er målsat entydigt. Herved bliver det muligt at præfabrikere større enheder af installationerne og derefter samle disse ved enkle montageoperationer på byggepladsen; se også [5.2].

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 figur 5.04.

*) 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

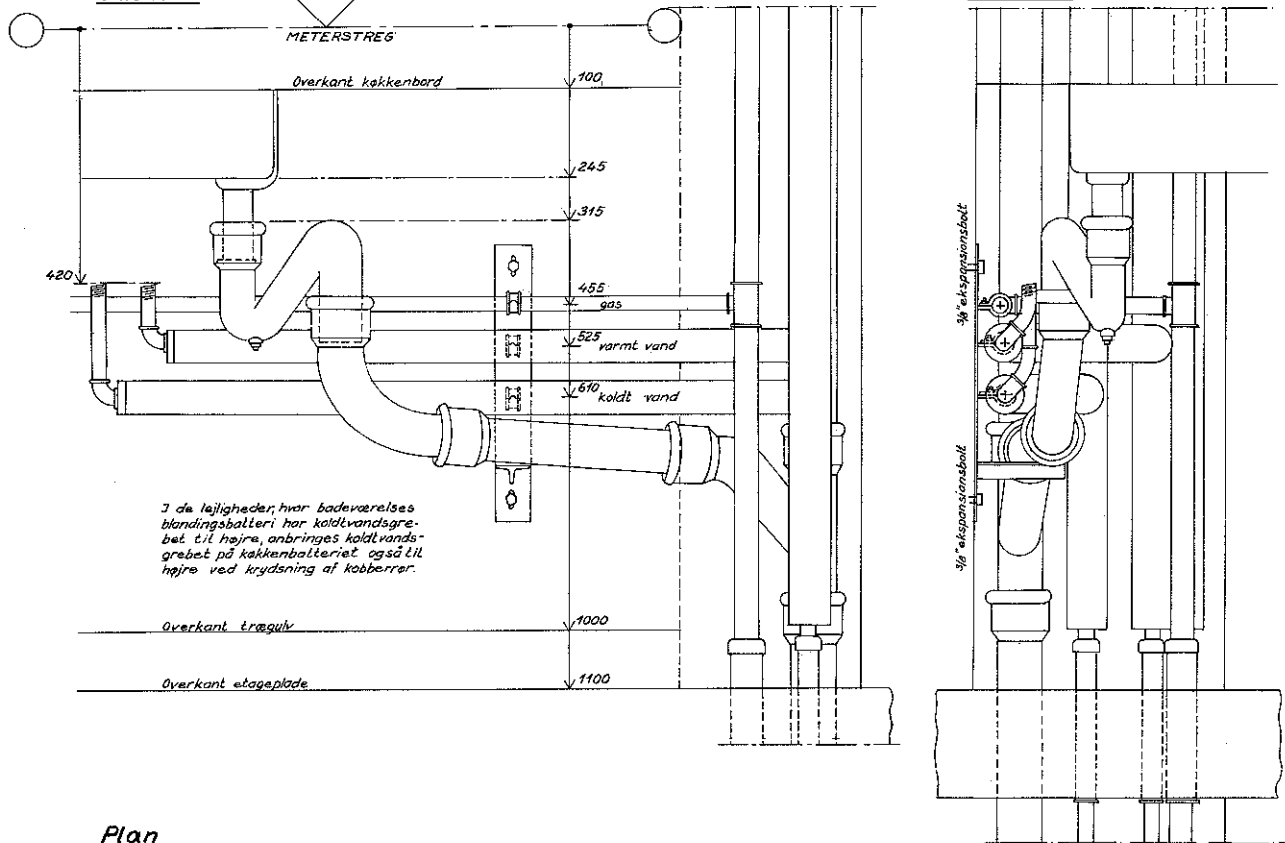
DS/R 1037

Installation og råbygning

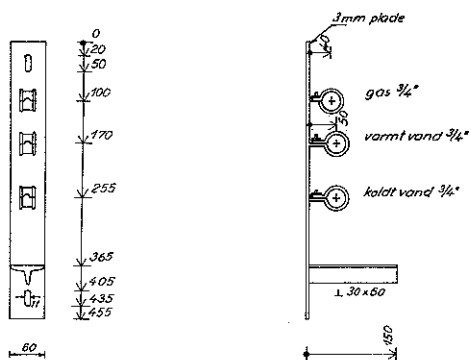
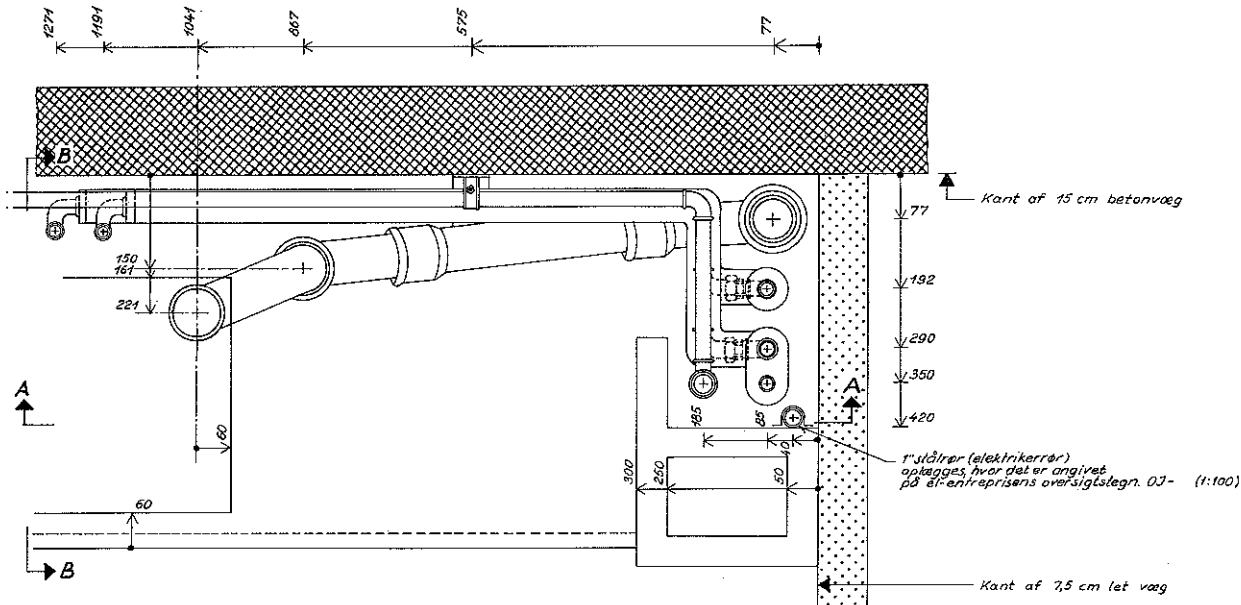
KOTE 16,600

Snit A-A

Snit B-B



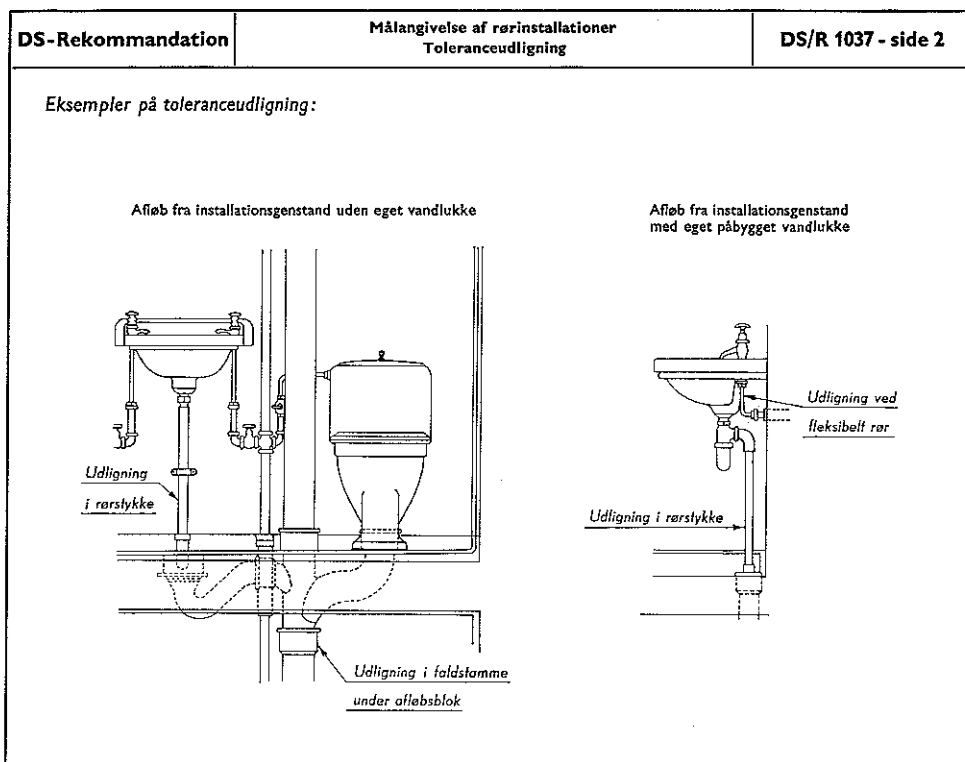
Plan



Rørvarere og T-jern svejtes på pladen.
Alle jerndele golv efter uildannelsen.

Alle ubenævnte mål er mm.

BALLERUPPLANEN KØKKENINSTALLATIONER



Figur 5.04.
DS/R 1037. Tolerance-
udligning.
★ DS/R1037. Tolerance
adjustment.

Figur 5.03. (Forrige side)

Procestegning af rørinstallation. 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.

★ Process-drawing of pipe installation. The drawing states the true measures necessary for carrying out the work. No attempt has been made to fit the pipe system into a modular system, as that would be uneconomic due to the necessarily small intervals in the sizes of the fittings, pipe dimensions etc.

5.2 Installationer og konstruktioner

Det voksende antal installationer i vore bygninger indvirker kraftigt på disses konstruktion og betyder ikke mindst for elementbyggeriet øgede udgifter til indpasning og sammenbygning. Installationerne er årsag til hovedparten af de elementvarianter, der må indføres i dæk- og vægproduktionen, og kun gennem en omhyggelig planlægning og forståelse for samspillet mellem installationer og konstruktioner kan rationelle og økonomiske løsninger opnås; sammenlign [5.3].

Installationerne bør naturligvis placeres i planen, hvor der er brug for dem; men alligevel er det muligt at disponere således, at projektet bliver "produktionsvenligt", og en vis variantbegrænsning i elementerne opnås. Dette fremgår af eksemplerne i figur 5.05 og 5.06, der viser lejlighedsplaner af samme størrelse og med samme udstyr men med store forskelle i planlægning af installationsrummene.

Figur 5.05 viser, hvorledes installationerne er spredt over hele planen og medfører et stort antal specialplader samt støjgener for en del af opholdsrummene, mens figur 5.06 viser koncentrerede installationsrum. Herved opnås med den viste dobbeltvæg dels et rationelt installationsarbejde, der eventuelt kan præfabrikeres som en unit eller en installationsvæg, dels en koncentration af de

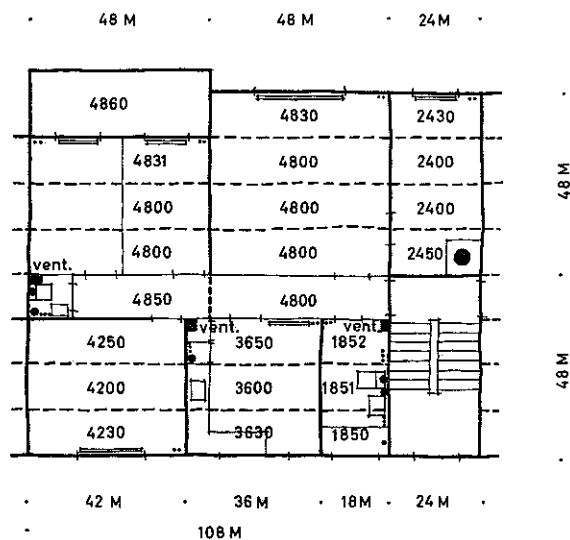
Installationer og element-
varianter

Installationer og støjgener

Figur 5.05.

Lejlighedsplan med spredte installationer.

★ Apartment plan with spreadout installations.



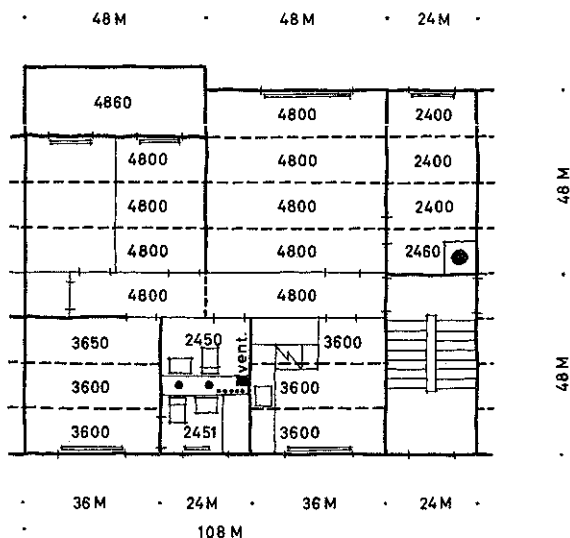
Nr.	Norm.	Spec.
PE 1850		1
1851		1
1852		1
2400	2	
2430		1
2450		1
3600	1	
3630		1
3650		1
4200	1	
4230		1
4250		1
4800	6	
4830		1
4831		1
4850		1
4860		1
Ialt	10	13

PLAN A : 3 v + 2 k, ca. 110 m² brutto

Figur 5.06.

Lejlighedsplan med samlede, rationelle installationer.

★ Apartment plan with rational installations.



Nr.	Norm.	Spec.
PE 2400	3	
2450		1
2451		1
2460		1
3600	5	
3650		1
4800	9	
4860		1
Ialt	17	5

PLAN B : 3 v + 2 k, ca. 110 m² brutto

BR kap. 9.2.7

støgende rum med en rimelig adskillelse fra opholdsrummene. Dette forhold tilgodeser kravene i bygningsreglementet, kapitel 9. 2. 7., som indfører et maksimalt tilladeligt støjniveau fra installationerne.

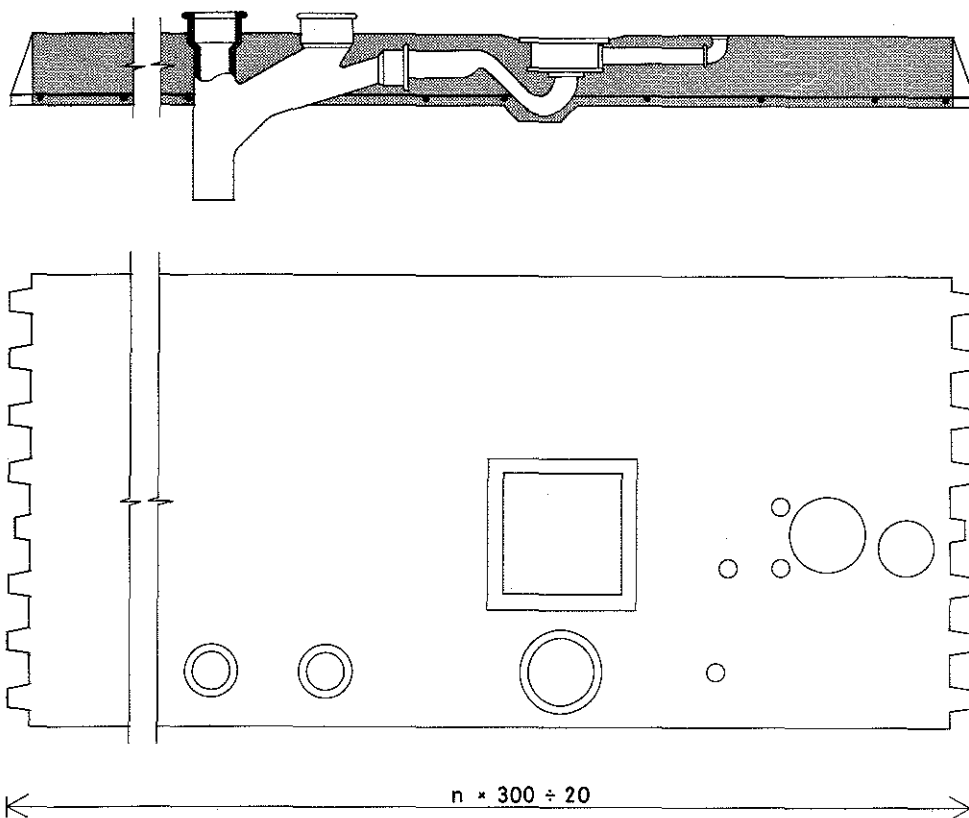
Pladetabellerne for de to løsninger viser, hvor meget der er opnået for elementproduktionen, idet princippet har været at lade flest mulige funktioner indbygge i færrest mulige varianter.

Figureerne 5.05 og 5.06 illustrerer desuden to problemer, som er typiske for installationsrummene:

1. udspæringer og pladearmering
2. fuger i badeværelsesgulve

Rør og armering

Udføres afløbsinstallationen i princippet som vist i figur 5.07 med en afløbsblok indstøbt i pladen, vil det i reglen være nødvendigt at arrangere rørtrækninger parallelt med pladens hovedarmering for at undgå overlappning af for



Figur 5.07.
Indstøbte afløbsinstallationer i dækelement.
 ★ Cast-in drain-pipes in floor unit.

KØKKEN - BAD - DÆKELEMENT 1:20

mange jern. Hvis rørene absolut skal trækkes på tværs af pladens bæreretning, må de ofte anbringes under pladen, hvor man enten må affinde sig med, at de er synlige, eller ofre udgifter til nedforskalling af loftet.

Det vil normalt være umuligt at undgå fuger i badeværelsesgulvene, hvis der bruges 12M brede plader. Fugerne giver tæthedsproblemer i de våde rum. Følgende løsninger kan her komme på tale:

- a. fugefri gulvbelægninger
- b. fugefri overgulve
- c. specialplader uden fuger

Fugefri gulvbelægninger kan fx udføres af vinyl eller lign. De uundgåelige samlinger ved rørgennemføringer, vægttilslutninger mv er vanskelige at få tætte, og løsningen, som blandt andet er anvendt på Ballerup-planen, har givet anledning til mange reklamationer.

Vinyl-belægninger

Sikrere er det at lægge en tynd betonplade med en overflade af stiftmosaik, terrazzo eller andet som en præfabrikeret, fugefri plade over de normale dækelementer. Denne løsning er således anvendt på Vollsmoseplanen med godt resultat. Det eneste tæthedspøblem findes i fugen mellem gulv og vægge. Her kan fx udføres en fuge med termoelastisk fugekit. Figur 5.08 viser en præfabrikeret plade med stiftmosaik fra Vollsmoseplanen.

Overgulv af beton

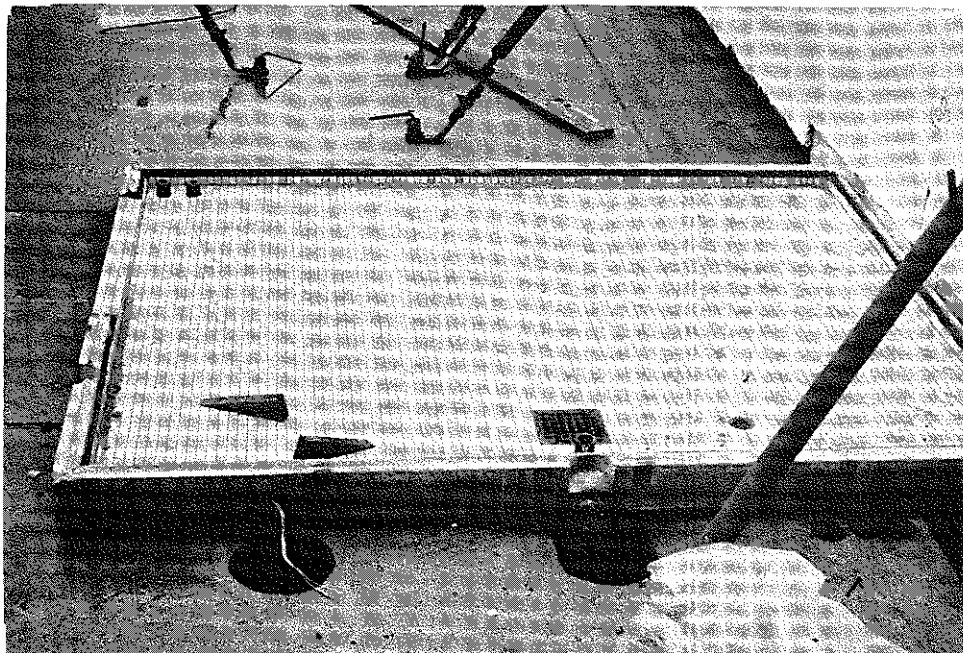
Badeværelsespladerne med normal tykkelse må ofte udføres massive, fordi rør og udspæringer er i vejen for de langsgående kanaler. Vægten af disse plader ligger derfor på ca 420 kg/m² mod normalt ca 300 kg/m² for hulpladerne.

Brede specialplader

Figur 5.08.

Præfabrikeret, fugefrit overgulv af beton fra Vollsmoseplanen. Pladetykkelsen er ca 8 cm.

★ Prefab. jointless covering concrete floor from the Vollsmose-project. The thickness of the slab is about 8 cm.



Elementvægten for installationspladerne må derfor altid kontrolleres. Hvor løftegrej og pladestørrelse gør det muligt, kan det fugefri gulv undertiden opnås med brede specialplader, med fuger placeret uden for installationsrummets gulvflade. Kapitel 9, figur 9.14 viser et eksempel på denne løsning.

5.3 Installationsunits

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 lukkede systemer.

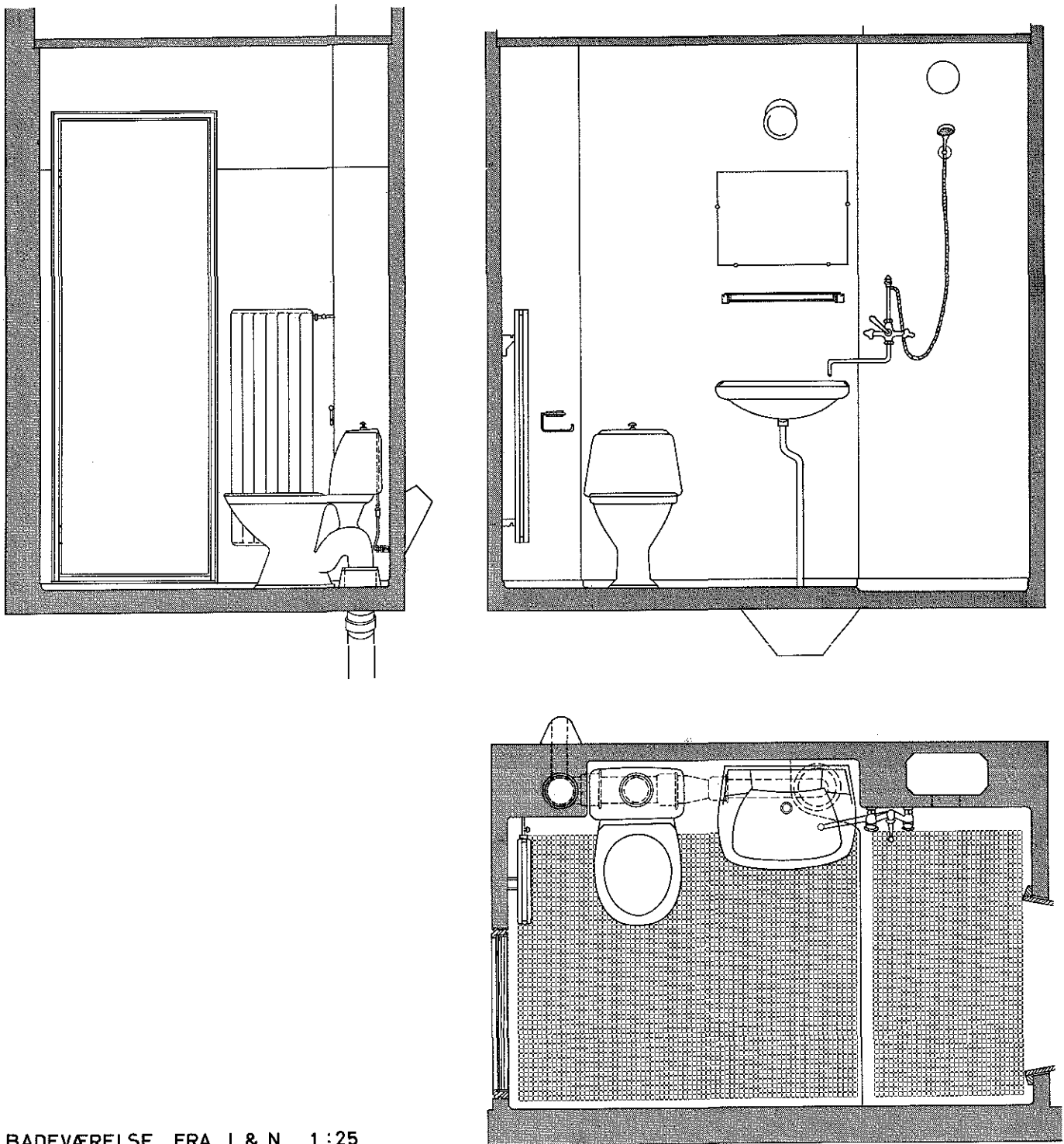
Units gør installationsarbejdet til en montageoperation

Disse units giver byggeriet den klare fordel, at hovedparten af arbejdsprocessen kan foregå under gunstige betingelser på et værksted, med alle de muligheder dette indebærer for produktionen.

En unit med vægge og gulv af betonelementer er udviklet af firmaet Larsen & Nielsen og har været anvendt i henved 5000 lejligheder. Figur 5.09 viser unit'en med dens sanitetsudstyr, og figur 5.10 viser klargøring af disse units på fabrikken.

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

Den færdige unit vejer ca 6,6 t, og den kan derfor kun transporteres og monteres, hvis man råder over svært grej. Selv i L&N's byggerier, hvor den normale elementvægt ligger på 3 - 5 t, er denne elementvægt uønsket, da den alene bliver bestemmende for kranens løfteevne. Firmaet er derfor nu (1969) ved at gå over til units af lettere materialer. Figur 5.11 viser en sådan unit udført af glasfiberarmeret polyester.



BADEVÆRELSE FRA L & N 1:25

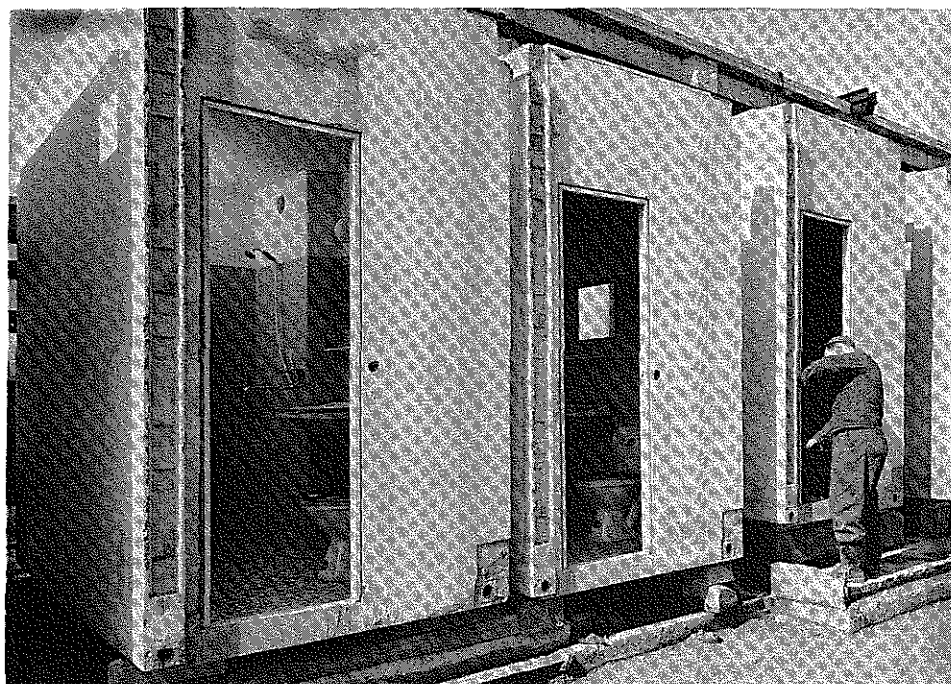
Figur 5.09.
L & N badeværelse-unit af betonelementer.
 ★ *L & N bathroom of concrete units.*

Her er gulv og vægge sprøjtet op i én operation over en form af samme materiale. Derved opnås en fuldkommen fugefri overflade uden tætheds- og rengøringsproblemer. Unit'en vejer ca 0,5 t.

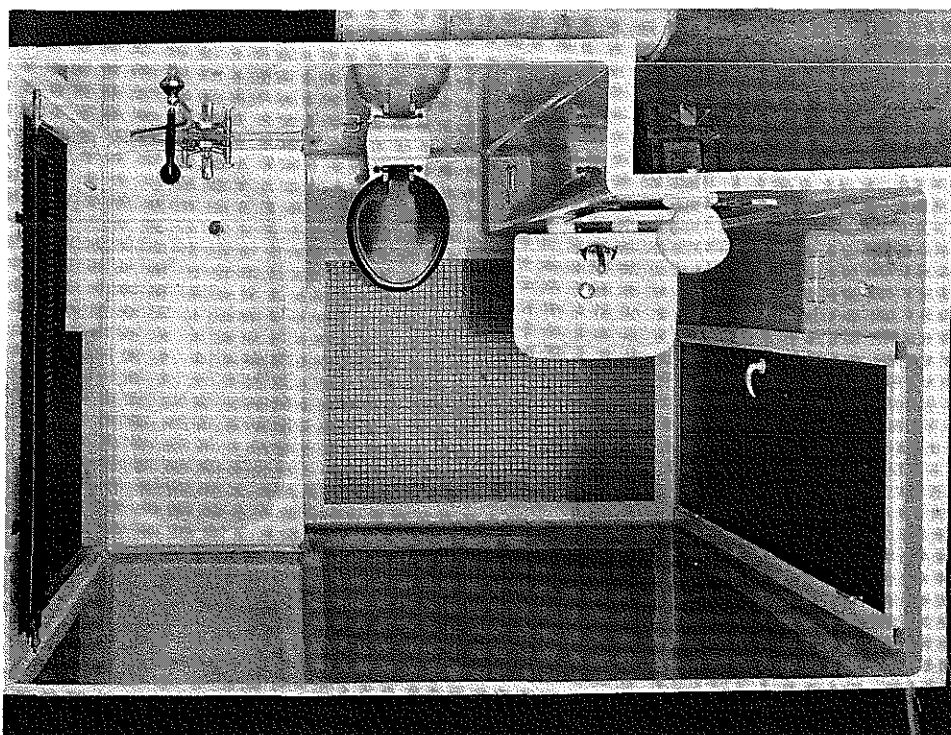
Figur 5.12 viser en unit udført af vandfast finér med indvendig beklædning af plast på vægge og gulv. Rørarbejdet er, som det ses, udført med plast- og kobberør. Også med denne unit opnår man en høj færdiggørelsesgrad og en lav elementvægt.

Badeværelse af krydsfinér

*Figur 5.10.
Klargøring af units på fa-
brikken.
★ The bathrooms being
made ready to leave the
factory.*



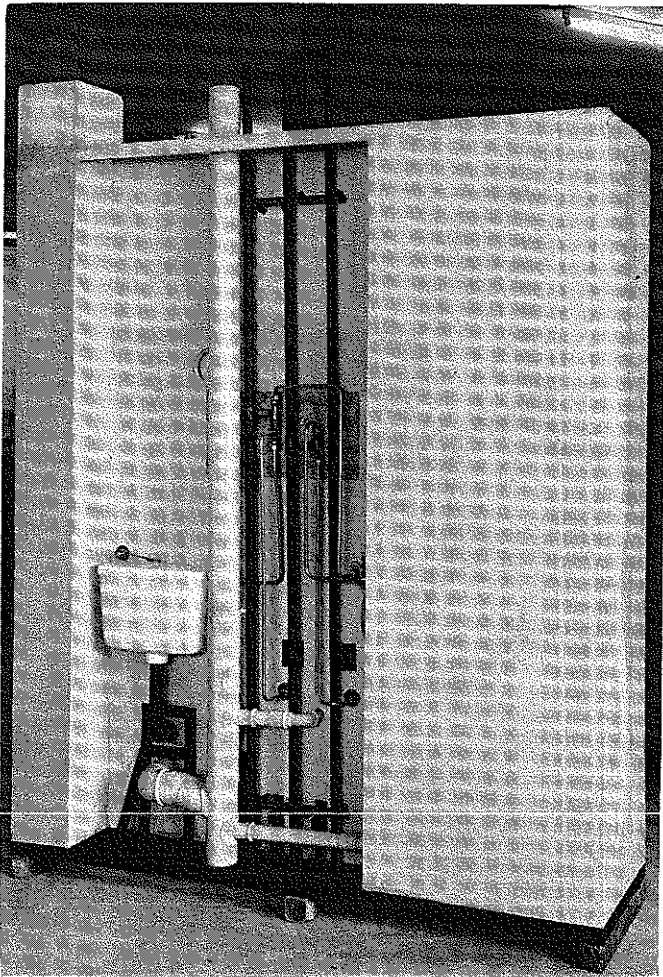
*Figur 5.11.
Badeværelseskabine af
glasfiberarmeret plast. Fa-
brikat Kabina A/S.
★ Bathroom cubicle of
glass fibre reinforced plast
of the make Kabina A/S.*



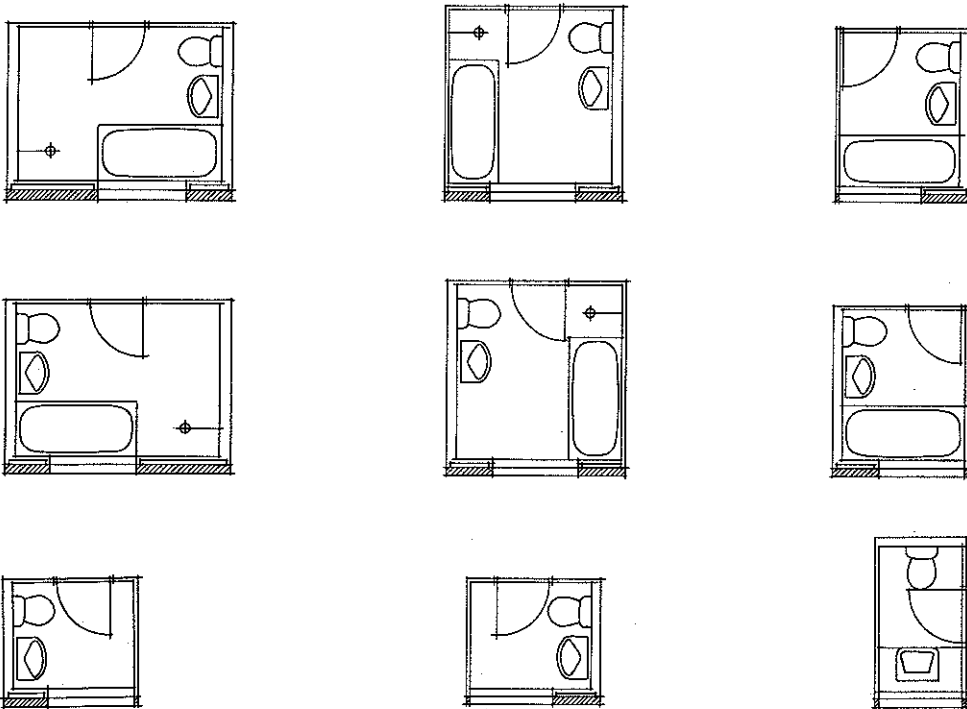
A/S Tectums kassetteba-
deværelser

Figur 5.13 viser en række variationer af de installationsunits, der indgår i A/S Tectums program for kassettehuse. Også disse enheder er opbygget af finér, som i dette projekt ikke er vandfast. Finéren må således beskyttes totalt af de indvendige beklædninger.

Figur 5.14 viser en badeværelse-unit opbygget af 5 cm lecabeton vægelementer, monteret på et skelet af vinkeljern og forsynet med normale installationsgenstande. Væggene er beklædt med fliser, og gulvet er belagt med stiftmosaik. Med disse materialer bliver vægten ca 2,7 t for en unit med knap 3m² gulvareal.



Figur 5.12.
 Installationsunit af vand-
 fast finér med rør af kob-
 ber og plast.
 ★ Bathroom cubicle of
 waterproof veneer with pi-
 pes of copper and plast.



Figur 5.13.
 Badeværelseenheder til
 kassettehuse.
 ★ Prefabricated bathrooms
 for box houses.

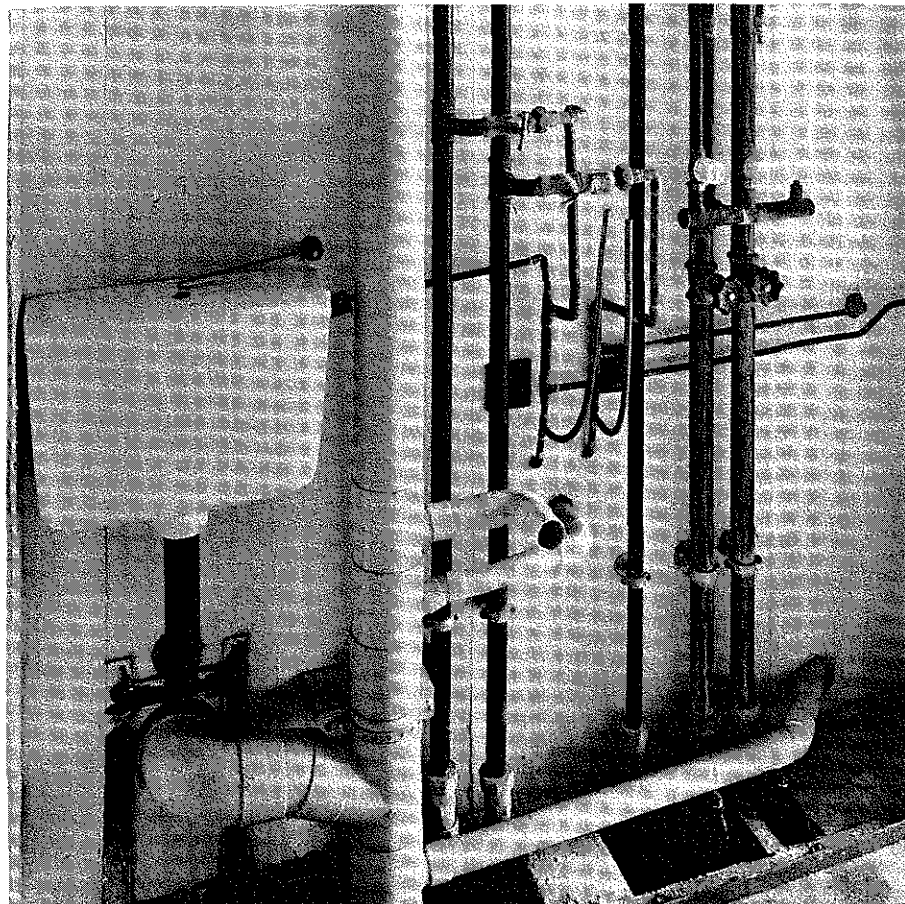
*Figur 5.14.
Badeværelseunit af letbe-
ton fra A/S Chr. Nielsens
Eftf, Horsens.*

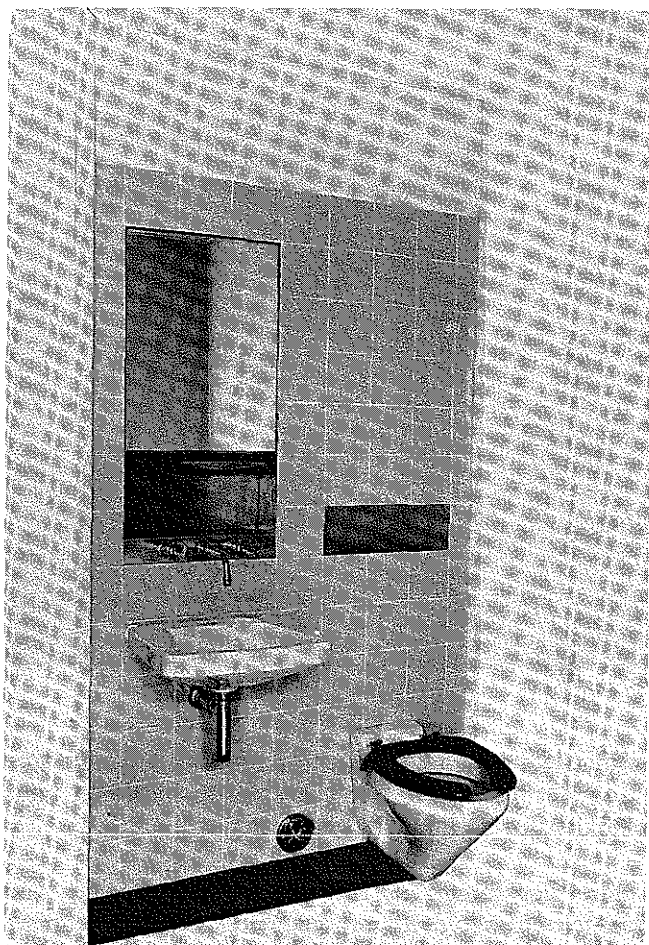
*★ Prefab. bathroom from
the factory A/S Chr. Niel-
sens Eftf, Horsens, made
of light-weight concrete.*



*Figur 5.15.
Rørarrangement på letbe-
tonunit.*

*★ Pipe arrangement in
light-weight concrete
bathroom.*





*Figur 5.16.
Installationsvæggen „Triosan” fra Rigshospitalet.
★ Installation-wall „Triosan” as used in the new
„Rigshospitalet”.*

Figur 5.15 viser rørarrangementet på unit'ens bagside. Afløbsrørene er af plast, og vandrørene er af kobber eller jern.

Hvis man i stedet for præfabrikeret af et helt installationsrum kun fremstiller en installationsvæg med alle rør, tilslutningsmuligheder etc, opnår man en lettere indbygning af denne komponent i det øvrige hus, større fleksibilitet i plan og konstruktioner og samme mulighed for industriel fremstilling. Denne nærliggende løsning har mærkværdigvis kun været realiseret i få tilfælde her i landet. I 1949 udførte et rationaliseringsudvalg under DIF installationsvæggen ”Sanisæt”, som nok var 10-15 år forud for sin tid og blandt andet faldt på installationsfagenes modstand mod industrialiseringen. I 1967-68 blev installationsvæggen „Triosan” fremstillet til Rigshospitalets nye bygning i København med udstrakt anvendelse af plastmaterialer: afløbsrør af PVC, fabrikat Geberit, indstøbt i en væg af selvslukkende skumplast, Moltopren. Væggens tykkelse er kun 210 mm, og vægten er så lav som 225 kg. Figur 5.16 viser et foto af installationsvæggen.

Billedet viser blandt andet, at alle installationerne er væghængte. Herved opnås den store fordel, at man undgår indstøbning af rør i gulvet. Det må dog bemærkes, at der hverken er bad eller gulvafløb i dette installationsrum. Figur 5.17 viser Triosan-væggen under udførelse på fabrikken.

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 byggemål har modulmål, dels at komponenternes sammenbygning med andre relevante komponenter klares

Installationsvægge

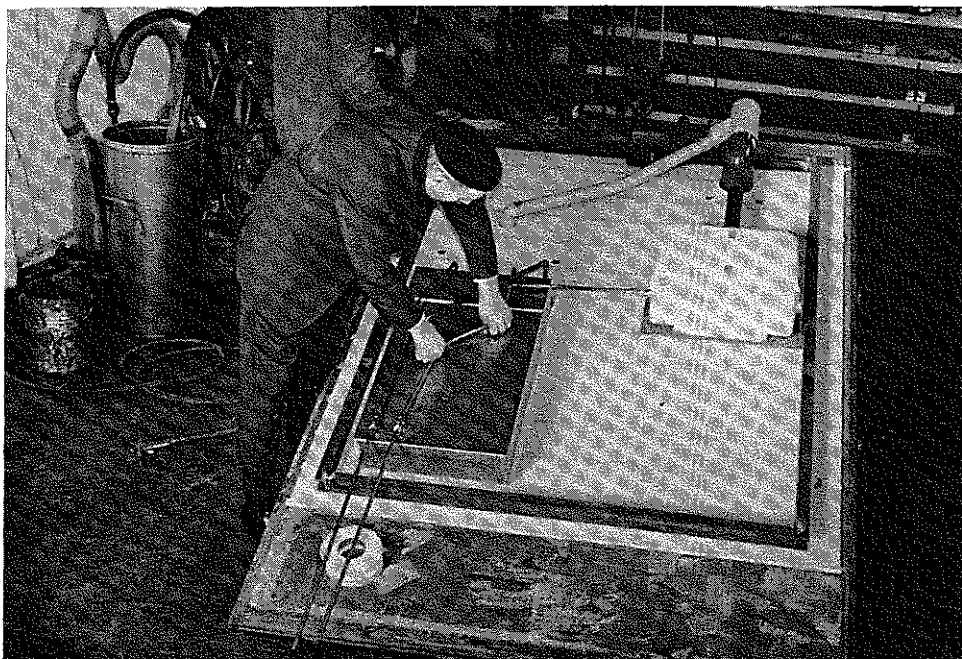
Væghængte installationsgenstande

Kan installationsenhederne gøres generelt anvendelige?

Figur 5.17.

Triosanvæggen støbes af plast i træforme efter montering af rør mv i formen.

★ The Triosan-wall is cast of plast in wooden moulds after assembling the pipes ect in the mould.



op. Vanskelighederne er imidlertid meget betydelige for så store enheder som hele badeværelser og lign, og det er derfor naturligt, at de hidtidige units hovedsagelig er fremkommet inden for de lukkede systemer.

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 produktivitetsstigning 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 2,5m² (byggelovens minimum) burde ikke forekomme i nutidigt, dansk boligbyggeri.

5.4 Litteratur

- | | | |
|-------|--------------------------------------|--|
| [5.1] | Statens byggeforskningsinstitut | Rationalisering af VVS-installationerne. SBI særtryk 136. 1964. |
| [5.2] | Phaff Mørck, Erik | Diverse artikler om rationelle VVS-installationer. Byggeindustrien 1964. 1, 3, 5, 10. |
| [5.3] | Ovesen, Kai | Rationelle installationer. Byggeindustrien 1964. 22. |
| [5.4] | Ovesen, Kai | Kan antallet af radiatorstørrelser mindskes – specielt med henblik på tostrengsanlæg. SBI særtryk 139. 1964. |
| [5.5] | Eriksen, S. Skibstrup og Ovesen, Kai | El-lister i montagebyggeri, SBI særtryk 192. 1969. |