

INSTITUTTET FOR HUSBYGNING

Forelæsningsnotat nr. **60**

JOHS. F. MUNCH - PETERSEN  
**SUPPLEMENT TIL FORELÆSNINGER VED  
GRUNDKURSUS I HUSBYGNING (6512)**

---

Den polytekniske Lærestalt, Danmarks tekniske Højskole  
Lyngby 1983

FORORD

I kursus 6512, Grundkursus i Husbygning, har Knud Peter Harboe og jeg forsøgt at samle dels den viden, som en byggetekniker absolut bør have, dels eksempler på emneområder, hvis eksistens han/hun bør kende og være forberedt på at opdyrke.

Området er så mangfoldigt, at det ville være uoverskueligt, alt for dyrt, og pædagogisk uhensigtsmæssigt at præsentere det samlede område for de studerende (det kan ikke engang lade sig gøre inden for IFH's samlede udbud af kurser). Denne mangfoldighed, baseret på stort set al teknisk erkendelse, er måske også årsagen til, at selv ingeniørfirmaer med mange ansatte af og til beslutter på et mangelfuldt grundlag - og hænges ud som "byggesjuskere". Mangfoldigheden består endvidere af (en kombination af) mange detaljer, der gør byggeteknisk viden til en lidet attraktiv undervisningsdisciplin - men gør den fascinerende for den, der får husbygning som "livsopgave".

Mine forelæsninger søger at følge ånden i det ovenfor sagte ved oversigter blandet med mange eksempler på "søm og skruer". Forelæsningsnotaterne består af notater om definerede emner og principielle synspunkter, samt uddrag af publikationer om væsentlige delområder, tilføjet en række ikke helt tilfældigt valgte eksempler på detaljer.

Det ville i øvrigt være dyrt og upraktisk at belemre de studerende med komplette sæt af publikationer om husbygning (f.eks. fra SBI), normer (fra DIF), bygningsreglementet o.s.v., o.s.v., da alt det nævnte givetvis er udgivet i fornyede udgaver inden en studerende skal benytte stoffet i praksis.

Forelæsningerne er naturligvis baserede på de på boglisten opgivne notater, men udvides med lysbilleder fra praksis, lysbilleder, det ville være for kostbart at reproducere. De kan illustrere idegrundlaget, men teksten i notaterne er forhåbentlig tilstrækkelig.

Forelæsningerne følger ikke overalt teksten, og slet ikke slavisk. Forelæsningerne vil ofte behandle emnerne tværgående, hvorfor jeg har udarbejdet nedenstående

liste over mine forelæsninger og tilsvarende (eksempler på) afsnit i de opgivne notater m.v. En tilsvarende oversigt over emner og lærebøger for Knud Peter Harboes forelæsninger er ligeledes udarbejdet.

At noget er på engelsk skyldes ikke min dovenskab, men det simple faktum, at jeg og kolleger ("betalt" af FN, Boligministeriet, DANIDA etc.) har udarbejdet notater til brug i bl.a. udviklingslandene, hvor engelsk er "kommunikationsmidlet". Det er derfor en rimeligt billig udvej at benytte sådanne notater i undervisningen.

Dette notat indeholder endvidere:

Uddrag af "Slides and Lecture Notes", SBI, 1980.

Kopi af "Først Modul, så Samlinger", Byggeindustrien nr. 7, 1976.

Jeg vil gerne takke Klaus Blach, m.a.a., SBI, samarbejdspartner i mange år, for disse bidrag, for "Byggesystemnøgle" (i notat nr. 63) og "Geometry of Joints" (notat nr. 58) samt for mange gode ideer, illustrationer og lysbilleder.

Notatet indeholder endelig et eksempel på et højisoleret facadeelement, udført af Højgaard & Schultz A/S.

Må jeg benytte lejligheden til at tilføje to velmente råd til Husbygningsstuderende: Lær engelsk, lær at iagttage, vurdere og kommunikere dette ved hjælp af skitser af tegninger. Disse to "fag" vil være værdifulde supplementer til DTH,s tekniske fag.

For tiden er det en væsentlig kilde til det danske bygningsingeniør-erhverv at arbejde uden for landets grænser, en virksomhed der sikkert vil fortsætte (og danne grundlag for fornyet dansk udvikling) - og her er det engelske sprog et nødvendigt redskab overalt i verden, uanset nationalt eller koloninedarvet sprog (bortset fra "franske" områder). Jeg håber, mine studerende lærer sig at beherske det engelske sprog flydende, men vil dog tilføje: ikke for raffineret, for engelsk på international basis er et basissprog for kommunikation mellem parter, hvoraf måske ingen har engelsk som modersmål.

En god ingeniør løser en teknisk opgave ved 1. at få en god, teknisk ide, 2. at bevise funktionsdueligheden, ved forsøg, teknisk viden, beregninger m.v., f.eks. eftervisning af bæreevnen), 3. ved at beskrive og tegne det ønskede, så en håndværker kan lave det, og 4. endvidere ved at vejlede, kontrollere eller lignende under udførelsen.

Prøv at lave en tegning af noget, I kender godt, f.eks. træprofilerne i det oplukkelige vindue i jeres værelse. Det vil højst sandsynligt mislykkes, indtil I snyder og går hen og ser på vinduet (som I jo har set - uden at se - mange gange). Alt for mange gode beregninger og ideer udnyttes for ringe eller endog fejlagtigt i selve byggeprocessen, fordi ingeniøren havde for ringe praktisk erfaring, sans og viden og for ringe evne til at forklare - ved en tegning eller beskrivelse - hvad der skulle produceres.

20. januar 1983

Johs. F. Munch-Petersen

Munch-Petersens forelæsninger

<u>Emne:</u>	<u>Notat:</u>
Byggeteknologiens udvikling i Danmark efter anden verdenskrig (Repetition m.v. fra kursus 8862)	- B-retningens Grundkursus (8862) Kursusgang 6 (og 7)
Bygningsreglementet	- do. - Kompendium i Husbygning p.7
Gyldighedsområde	- Notat nr. 60, såvel "Først modul, så samlinger" som uddrag af "S & L Notes" - Kompendium i Husbygning p. 22 - Notat nr. 59, p. 13 (og 3)
Funktionskrav	- Notat nr. 55, p. 8
Ydeevne	- Kort sammenfatning i notat nr. 60, S & L notes (Performance)
Standardisering	- Notat nr. 60, S & L notes - Notat nr. 58, afsnit 2.1 - (Kompendium i Husbygning p.8-19)
Modulordningen	- Notat nr. 59, p. 3 - Kompendium i Husbygning p.11-29 - Notat nr. 60, såvel "Først modul, så samlinger" som uddrag af "S & L notes"
Dæk- og vægelementer	- Notat nr. 63 - Kompendium i Husbygning p. 32
Facadeelementer	- Notat nr. 55 - Kompendium i Husbygning p.33-34 - Notat nr. 60, Højisoleret facadeelement.
Montageproceduren	- Notat nr. 63 - Notat nr. 60, f.eks. afsnit 6,9,7 - Kompendium i Husbygning p.191
Byggesystemer	- Notat nr. 59, p.18 - Kompendium i Husbygning p.31
Sammenbygningsprincipper	- Notat nr. 58 - Kompendium i Husbygning p.9 - Notat nr. 63, p. 10 - (Notat nr. 63 og 55 generelt)
Udviklingslandene	- Notat nr. 60, "S & L notes" giver lidt, men stoffet er orienterende, ikke pensum.

Knud Peter Harboes forelæsninger

I kompendium i Husbygning kan der henvises til:

Modulprojektering, alment	} i forbin- delse med JMP's fore- læsninger	070
Modulprojektering, målanvisning		071
Modulprojektering, målenhed		072
Modulprojektering, metodik		073

Kælderydervægge, støbte	312.1
Ydervægge, alment	321.0
Dæk, alment	330
Træbjælkelag	331
Jernbjælkelag	332
Massive jernbetondæk	333
Skorstene, alment	327
Murede skorstene	327.1
Skorstene af metal	327.3

Lette skille vægge, alment	323
Lydisolerende skille vægge	323.7

Trapper, alment	350
Gulvbelægning, alment	338

Tagdækning, alment	348.0
Tegl på lægter	348.11
Tagpapdækning, alment	348.30
Asbestcement - bølgepladetag	348.24

Dræn	412
Kloak- og afløbsanlæg, alment	414
Afløbsinstallationer, alment	415

El-installationer i boligen, alment	443
-------------------------------------	-----

I "Opslagsbog for det murede byggeri" kan der henvises til:

- 1) Materialer
- 2) Konstruktioner
- 3) Arbejdets udførelse

UDDRAG AF

# SLIDES AND LECTURE NOTES

for locally organized seminars  
on the subjects of  
**Standardization, Modular Co-ordination  
and Component Building**

Klaus Blach  
Johs. F. Munch-Petersen

TIL BRUG FOR UNDERVISNINGEN  
I HUSBYGNING VED IFH, DTH



DANISH BUILDING RESEARCH INSTITUTE 1980

## Preface

The following lecture notes and the set of slides have been designed as a follow-up to a series of roving-seminars on standardization, modular co-ordination and component building.

These roving seminars, which have been sponsored by the United Nations, the Government of Denmark and the host countries, have visited well over half a dozen countries in Asia and the Pacific.

In the countries visited, there was a clearly expressed desire to have the information presented by the roving seminar spread amongst even wider circles through the vehicle of locally organized seminars.

The reports from the roving seminars contained recommendations to this effect – as quoted on cover page 2. The material presented in the following is the sole responsibility of the authors – who wish to express their thanks to the United Nations and the Danish Government for material help in reproducing the slides and lecture notes.

## Authors' note

The Roving Seminar – which had a duration of a working week – was changed as necessary to correspond as well as possible with widely varying conditions of climate, economy and building technique in the countries visited. In each country it was possible to work with various forms of presentation: Contributions by local experts, in-depth presentation of projects, lectures by the seminar staff, films, exhibition of catalogue material, visits to local projects, slide-shows, exercises – and the comprehensive presentation contained in the seminar manual.

In comparison, the present documentation has had – for budgetary reasons – to be limited to a selection of approximately 100 slides with accompanying texts. The authors have, therefore, tried to concentrate on principles and mainly to document material which is not readily available from other sources.

The lecture notes consist of the following: For ease of recognition a series of printed copies of all the black-and-white slides, accompanied by short texts as cue words for lecturers. For the projects illustrated by means of colour-slides the most vital information about each project is given.

It is hoped that this way of presentation will make a flexible use of the material possible – suitable for the needs and purpose of the individual lecturer.

## Cover page 2:

“The group of experts should choose a number of slides from among approximately 2.000 from all the previous seminars, for use at locally organized seminars. The selection should be reproduced together with a booklet of lecture notes. The United Nations has sought the assistance of the Danish Government in the publication and distribution of slides and booklets of lecture notes.”

## Indholdsfortegnelse for hele slides and Lecture Notes, SBI, 1980

### List of contents

Introduction .....	4
The industrialized building process .....	6
The aim – and trends .....	7
Building with components is not a new idea .....	8
Do it in the “Hansen” way .....	9
Building with components is cheaper .....	10
Dimensional co-ordination – the basic idea .....	11
Low cost housing is the main task .....	12
Housing in not more than 3–4 storeys .....	13
Low rise housing with sufficient density .....	14
Field of applicability for components .....	16
Summing up requirements for component design ..	18
Space standards – a basis for good design .....	19
Rationalization of project material .....	20
A set of drawings for a component .....	22
Building technique is important .....	23
Special components must be designed .....	24
Component design and joint design go hand in hand	25
Designs must exploit structural possibilities .....	26
The rôle of the authorities .....	27
The performance concept – a new efficient approach	28
Examples of housing – from Denmark .....	30
Project A. Farum Midtpunkt .....	31
Project B. Brøndby Strand .....	31
Project C. Ishøj .....	32
Project D. Egeris .....	32
Project E. Galgebakken .....	33
Project F. Ellekildehave .....	33
Appendix:	
Preparing and giving a five-day roving seminar ....	34

The authors are:

*Klaus Blach*, architect M.A.A.

Danish Building Research Institute

Chairman of CIB W24

Member of CIB W60

President of the International Modular Group

*Johs. F. Munch-Petersen*, Professor

M. Sc. Struct. Eng.

Institute of Building Design

Technical University of Denmark

Member of CIB W24

Chairman of CIB W61

Contact address:

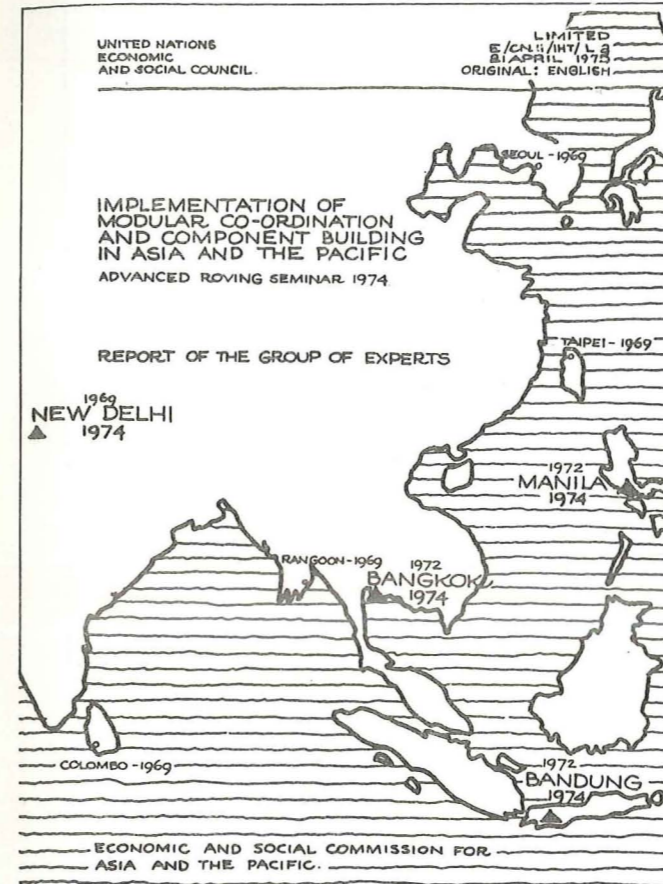
Danish Building Research Institute

Postbox 119

DK-2970 Hørsholm/Denmark

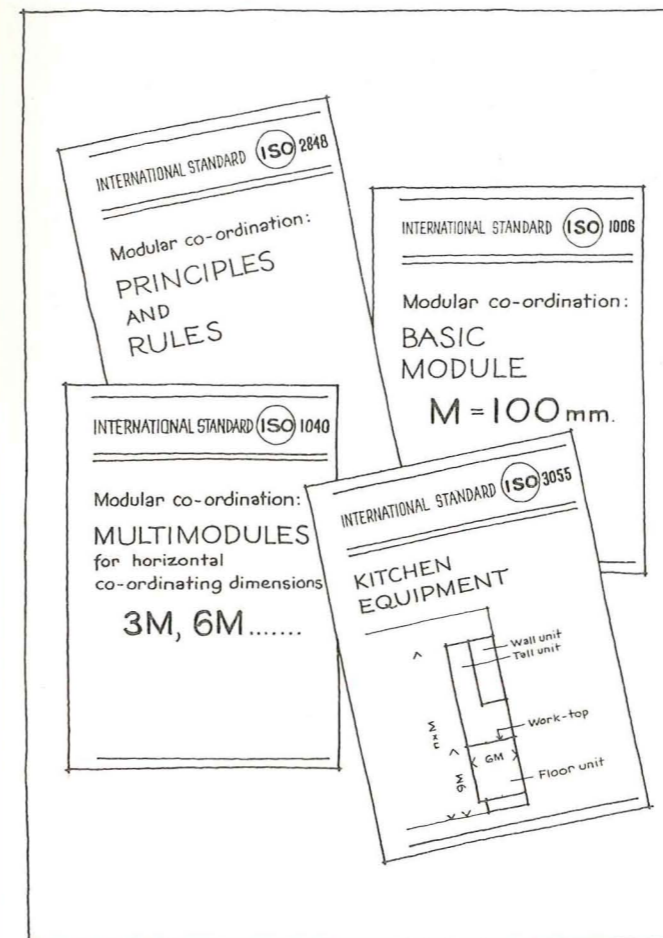
ISBN 87-563-0351-3

## Introduction



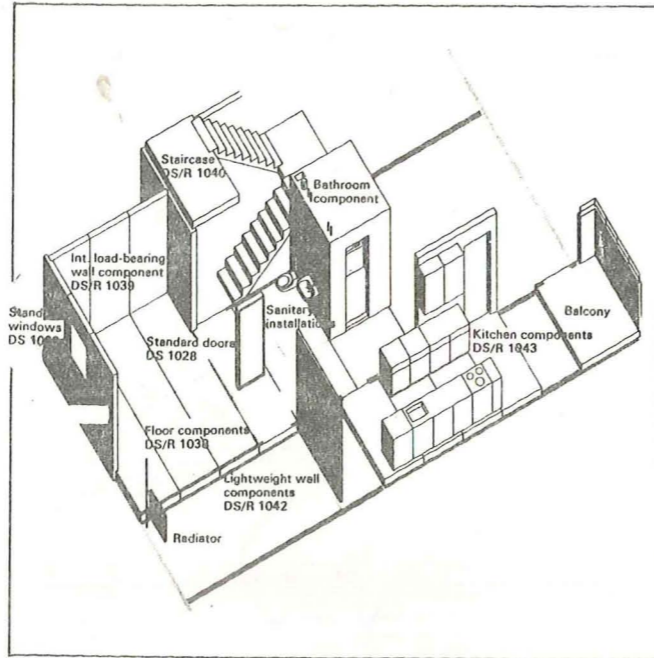
Invited by the host countries the Roving Seminar has visited regions with widely varying conditions as to climate and building traditions. For the lecture notes presented here a selection has been made of material which proved to be applicable in all the countries visited.

### EXAMPLES OF ISO STANDARDS



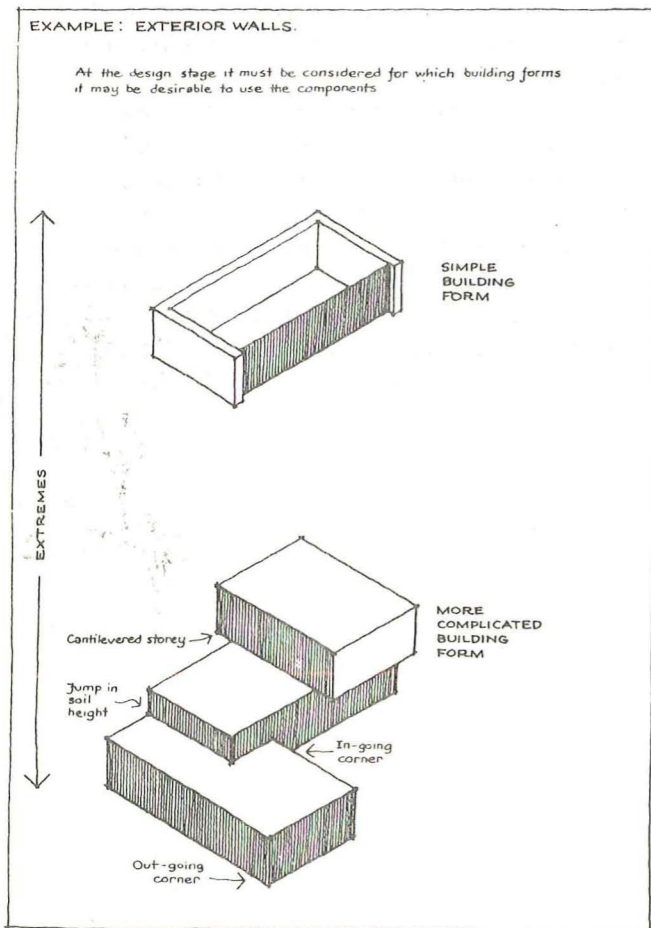
The Roving Seminar relied upon a planned use of all the audio-visual means available in each country and further presented a manual to the participants. As an extra aid some notes were also presented on how to prepare and give a five-day roving seminar (see appendix). Among the papers in the seminar manual the ISO standards are especially important. In the field of Modular Co-ordination (M-C), international agreement has been reached about principles and rules; vocabulary; the size of the basic module M; the choice of some important horizontal multimodules; and some much used component dimensions.

The aim is cheaper and better building and housing - and more of it to fill the needs. A main trend has been to use more and more components - components manufactured in workshops and factories. Rationalized production independent of climatic conditions on the building site means a higher output at less cost and of better quality - the same is true if labour intensive methods are employed.



Field of applicability for components

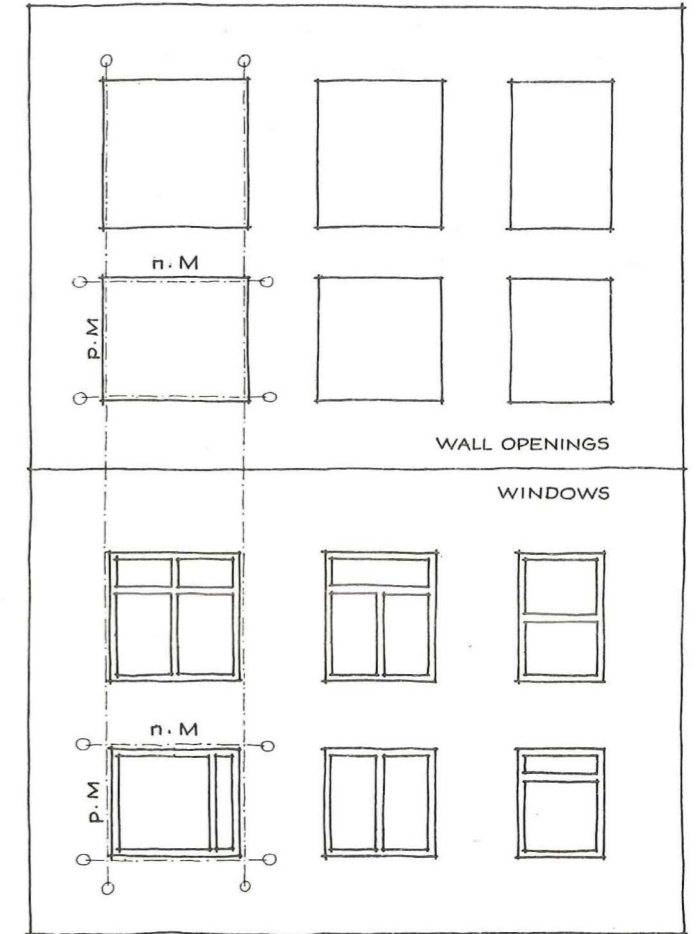
FIELD OF APPLICABILITY FOR COMPONENTS



By the field of applicability for a component is meant: In how many different design situations can it be used? Production costs will usually increase when it is attempted to widen the field of applicability - but so will the marketing possibilities.

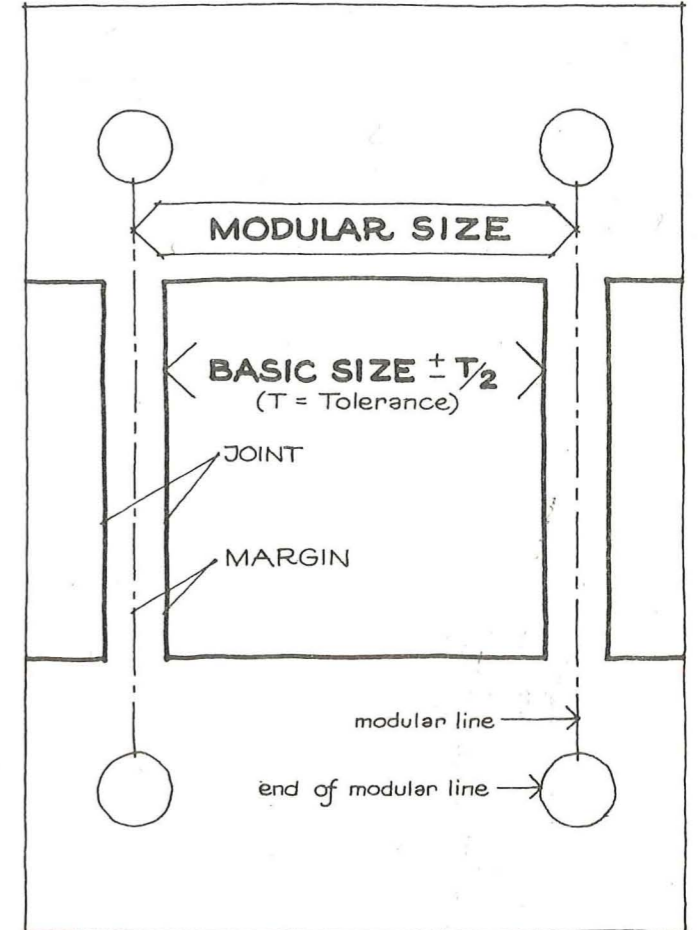
Building with components makes dimensional co-ordination a must. The components should fit together when they are assembled at the building site. As an example, factory made windows should fit into the window openings in exterior walls, regardless of whether the walls are made with blocks or panels.

CO-ORDINATING DIMENSIONS



In order to obtain dimensional co-ordination the practical concept of modular co-ordination has been developed, with  $M = 100$  mm as the basic unit of size. All modular sizes are multiples of  $M$ . From the modular size can be derived the basic size of the component and the size of the joint or margin. When the dimensions of basic size and width of joint are to be decided, allowance must be made for the inevitable inaccuracies which occur during for example manufacture and erection. The maximum deviation from desired size is designated by  $T = \text{Tolerance}$ .

MODULAR CO-ORDINATION





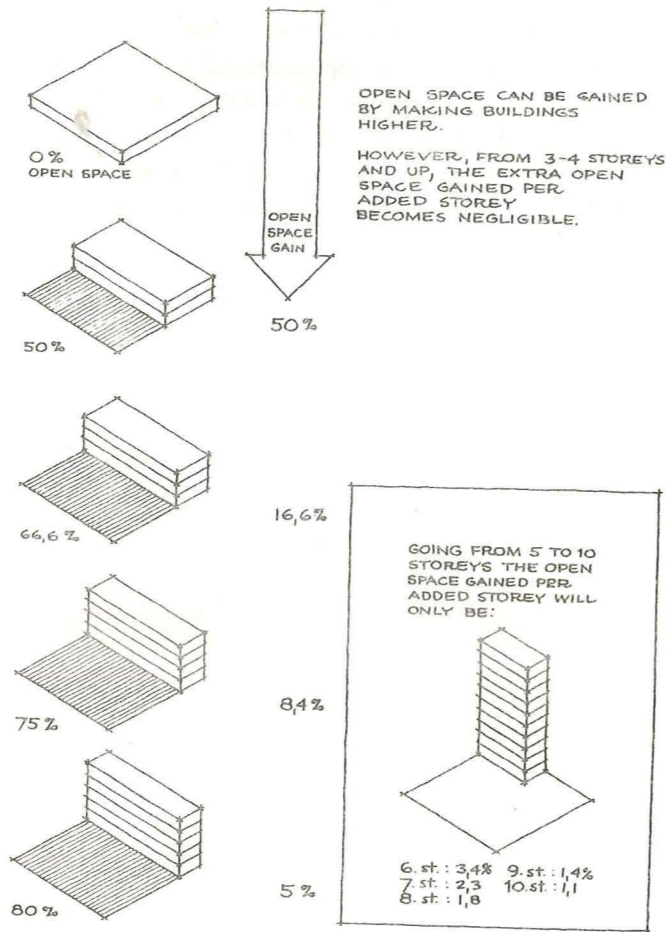
## Housing in not more than 3-4 storeys

Needs for low cost housing are often especially severe in urban areas where land is relatively expensive.

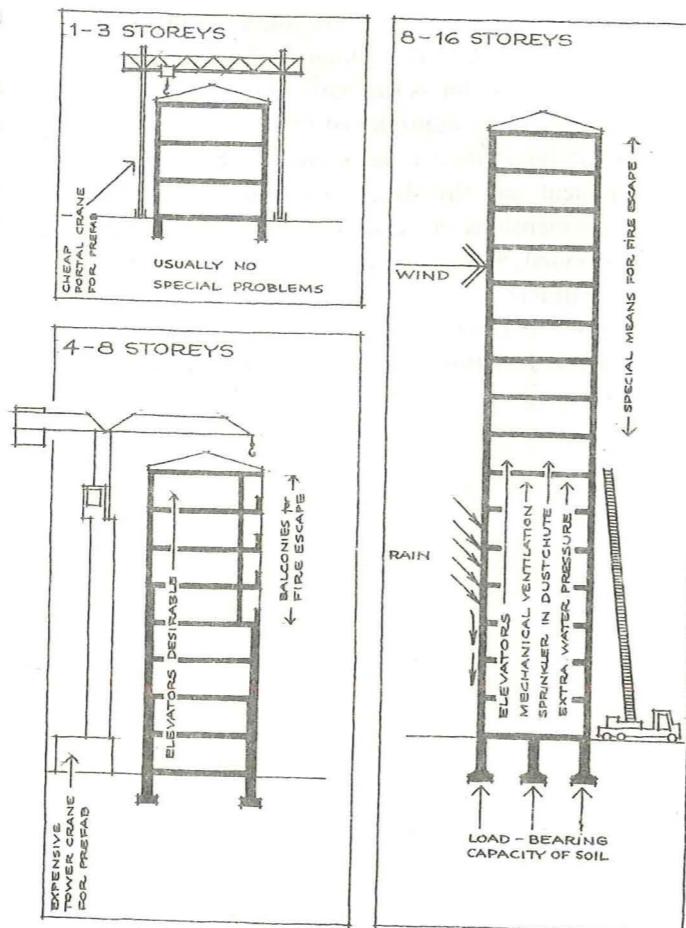
This leads to a requirement for high densities which may again lead to multi-storey housing in order to obtain sufficient open space between buildings. This is wrong.

Practically no more open space is gained when buildings grow from four to ten storeys in height - and modern planning and new building systems can give high enough densities in low-rise projects!

### HOUSING IN HOW MANY STOREYS ?



### HOUSING IN HOW MANY STOREYS ?

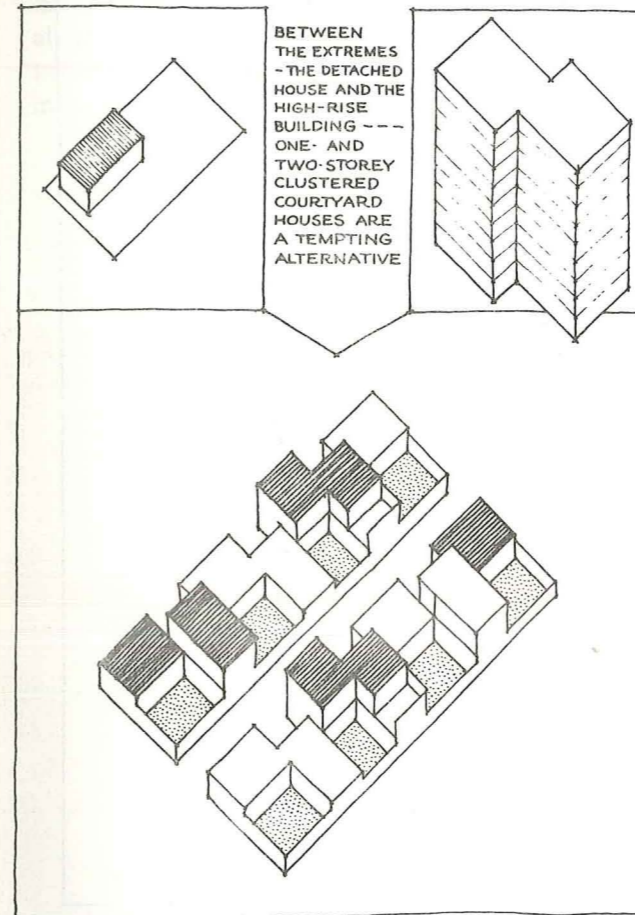


From a technological point of view very tall buildings are also troublesome.

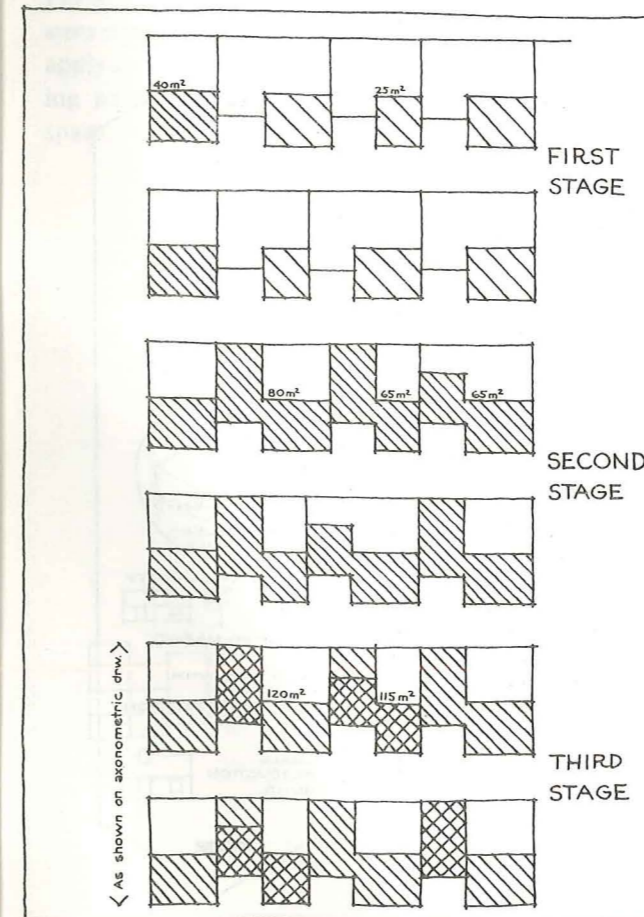
Thus the precautions necessary because of the danger in case of a fire may make it obligatory to introduce a whole series of special design solutions. Most fire brigades cannot easily rescue people from heights more than 20 metres above ground - even if helicopters are available.

## Low rise housing with sufficient density

### CLUSTERED COURTYARD HOUSES.



### EXTENSION STEP BY STEP



In many urban areas the detached house is not a good solution; it consumes too much land and makes the city sprawl. High-rise housing is economic in land-consumption, but expensive to build - and has too often been lacking in environmental qualities.

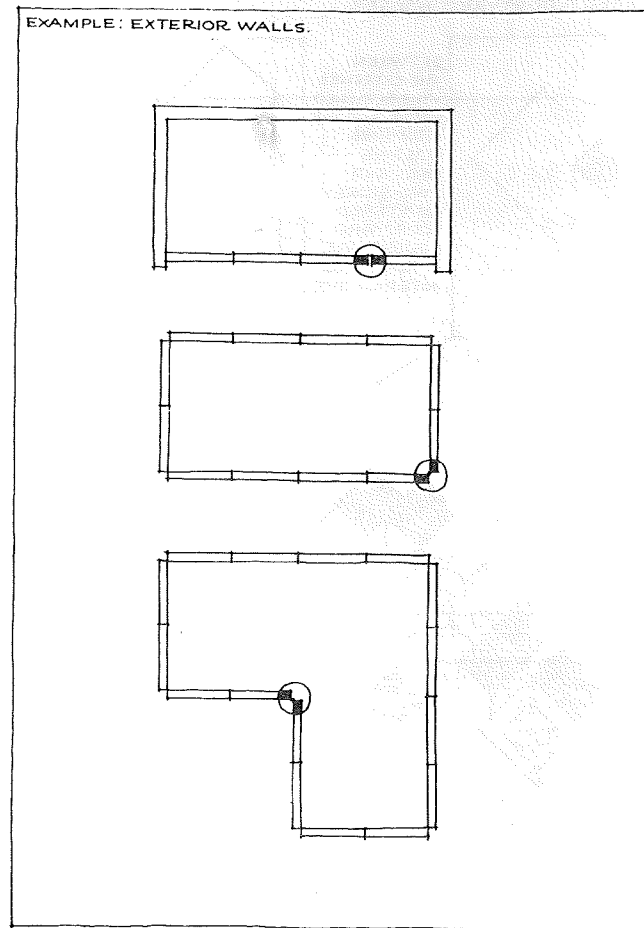
In quite a few newer projects an attempt has been made to combine the environmental qualities and the low building cost of the detached house with the higher densities traditionally obtained in high-rise housing.

The houses in this example have sizes from about 25 m<sup>2</sup> to about 120 m<sup>2</sup> and may be built in stages.

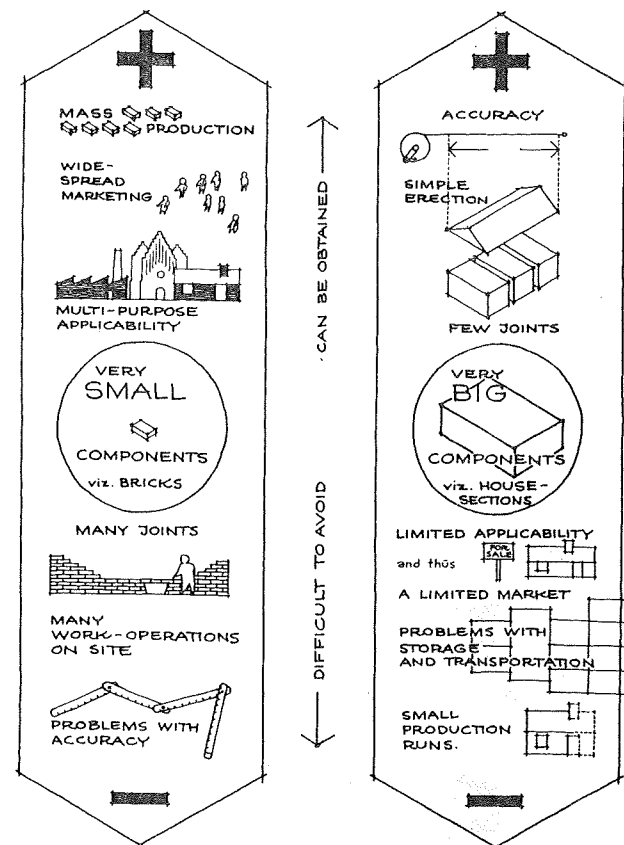
The site lay-out is in principle based upon segregation of pedestrian and motorized traffic. The streets between the housing units are not designed for motorized traffic - except ambulances, furniture removal vans and the fire brigade.

If only the normal joint between two wall components has been solved, the "system" can only be used for building straight walls. If also a salient corner solution is developed, the wall system can be used for a house. Adding also a re-entrant corner to the system will make it possible to design many different plan lay-outs.

A FEW JOINT DESIGNS ENOUGH FOR MANY CONFIGURATIONS.

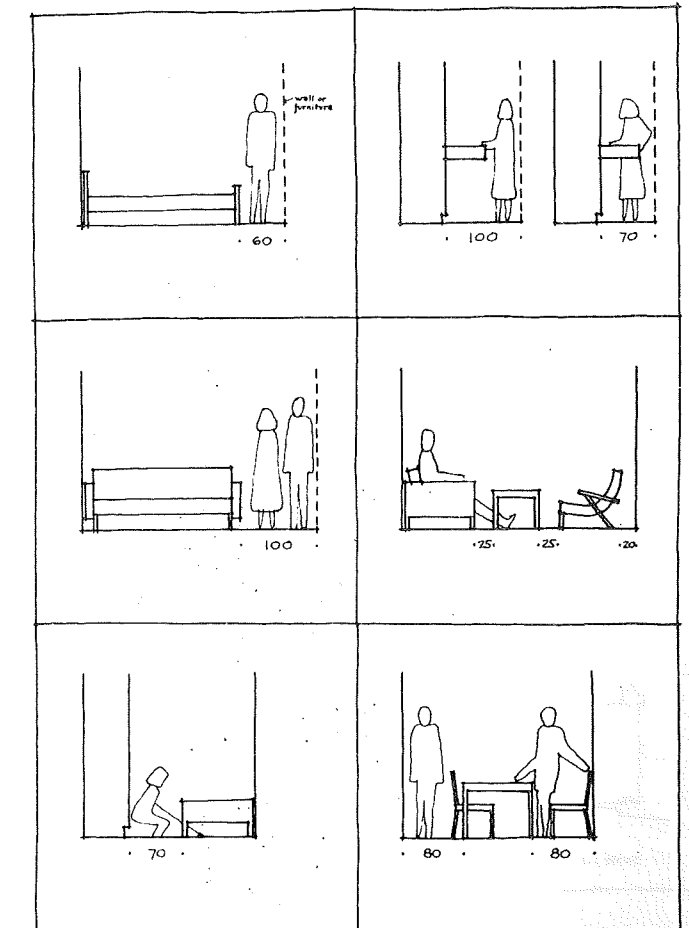


CHOICE OF COMPONENT-SIZE.

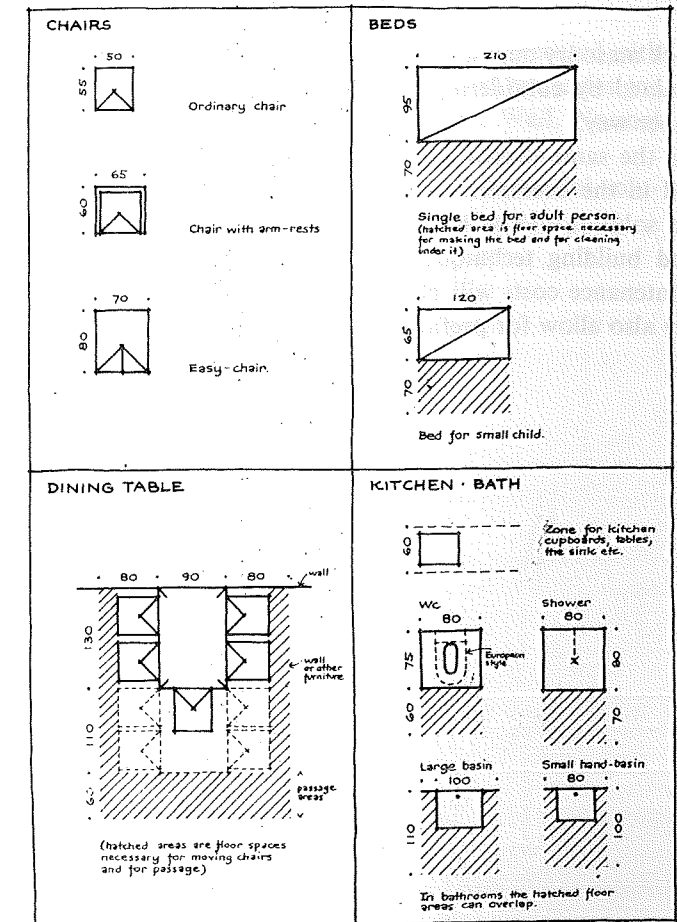


Whatever building method is to be used, the basis for all good project designs must be space standards. In housing such space standards should relate to the human body and human activities.

FUNCTIONAL SPACES



FURNITURE SIZES

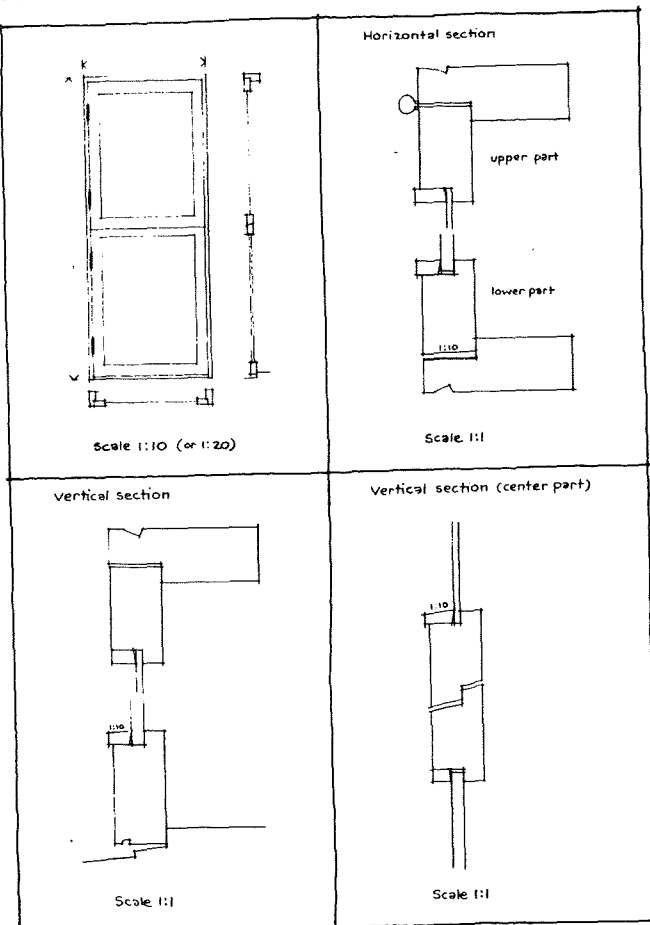


For low cost housing the limited selection of furniture sizes shown is especially important. Note: The sizes will apply in nearly all countries - thus widely varying sleeping habits all require approximately the same floor space, and the same is the case for different wc designs.

Where field of applicability is considered together with production, marketing possibilities and costs, choice of component size often comes up as a special problem. There is no general answer to this problem, but the illustration may be used as a checklist, which shows for both small and big components what can be obtained and what should be avoided.

# A set of drawings for a component

EXAMPLE OF SET OF DRAWINGS FOR DOOR (-or window) DESIGN

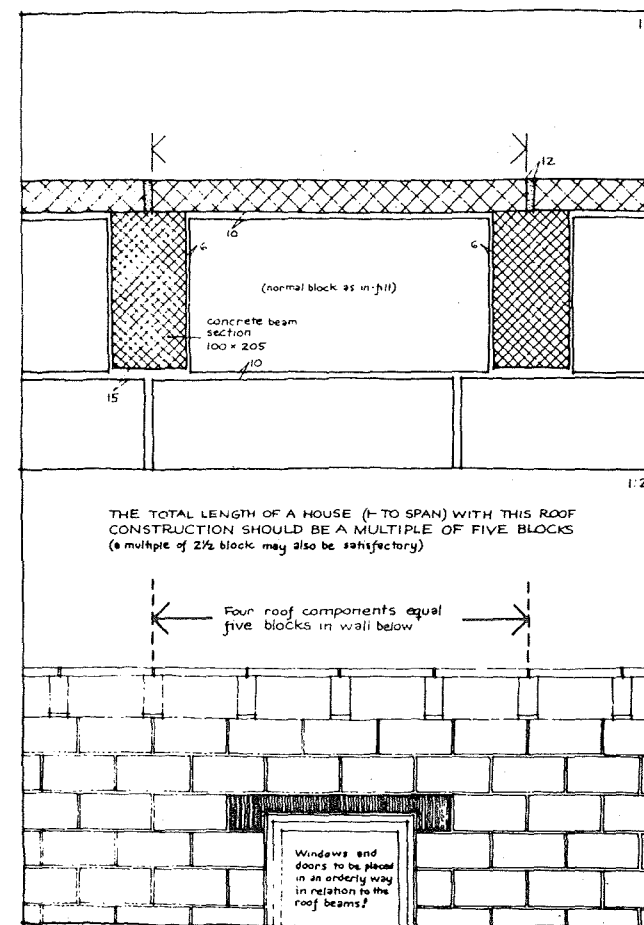


A set of A4 size drawings may contain all the details necessary for a window or door design. Each drawing should contain as little as possible, because this in the long run will mean appreciable savings through reductions in the total stock of drawings. Note how the three drawings with details to scale 1:1 may be re-used as they are, even if the width and the height of the door is changed.

## Building technique is important

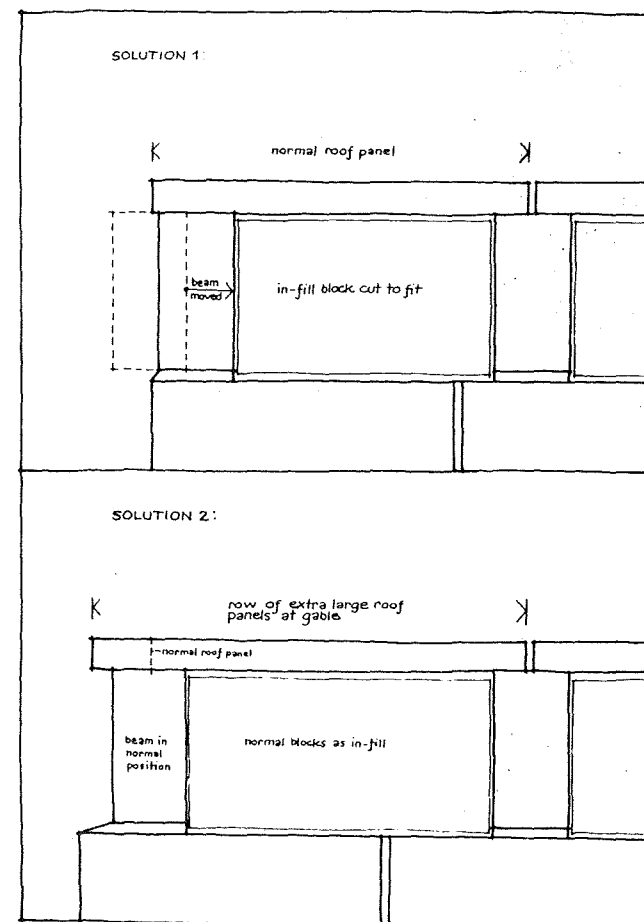
# Special components must be designed

BEAM AND PANEL ROOF - SOME DESIGN PRINCIPLES.



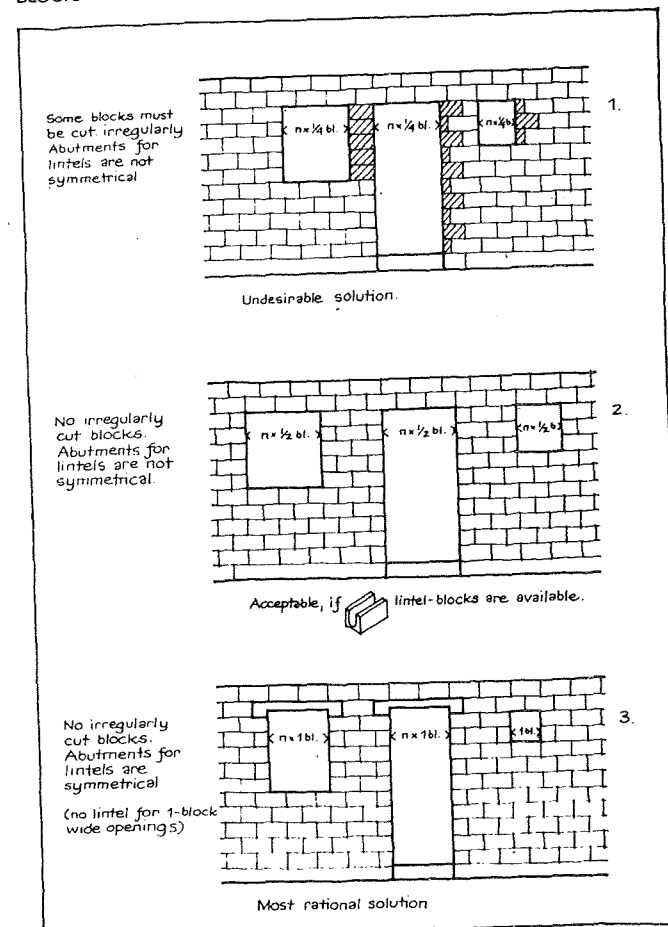
Each design and design detail must be seen as a part of a total design. Designs must be integrated. The example illustrates that it is not enough that the details in the roofing design are cleared up. It must also be looked into how the roofing design will correspond with the wall below, with the spacing of doors and windows and so on.

BEAM AND PANEL ROOF - DETAILS AT GABLE; IN PRINCIPLE.

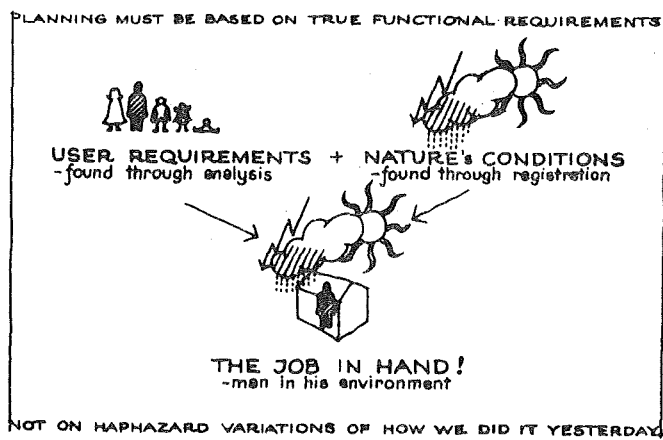


Especially roof and wall designs - to be executed with components - must consider that normal house designs are not like the famous Great Chinese Wall. Normal house designs come to an end, viz. at gables. A good design should consider also the special solutions which may be necessary in this connection.

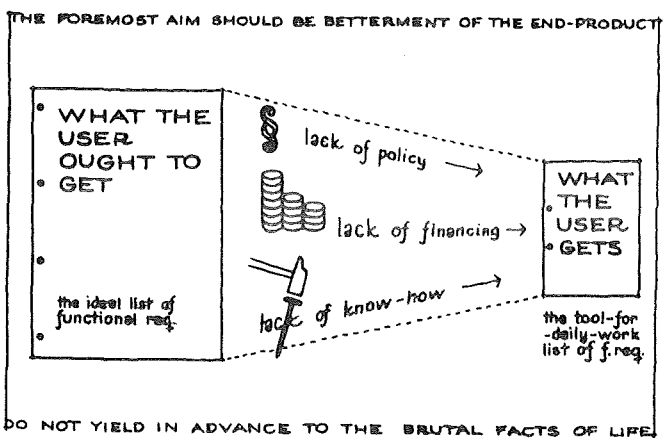
## BLOCK MASONRY



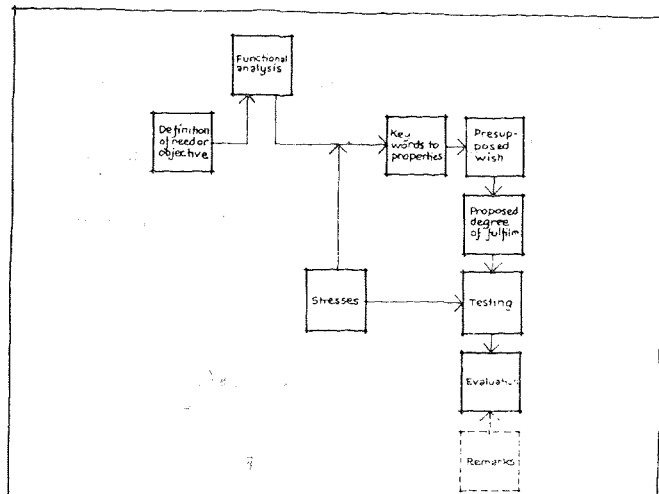
Block masonry may serve as an example of what can be obtained by considering also building technique in a proper way. It is the same blocks and work techniques which are used in the examples shown. Only the design varies. The solution at the bottom is the best. It represents good building technique, and both initial costs and maintenance costs will be relatively low. The solution may also allow for prefabrication of lintels.



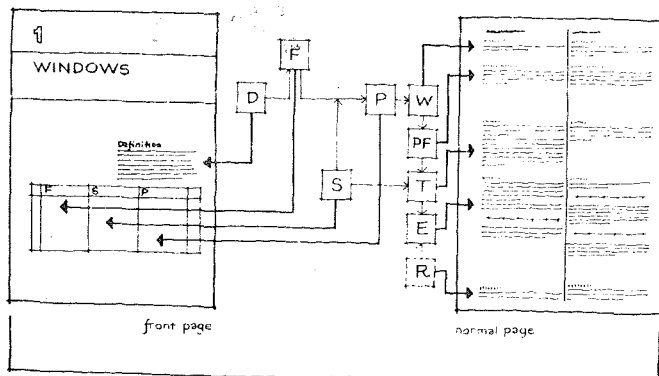
The performance concept approach is based upon describing the functional requirements which a solution - ie a component, a room, a house - should be able to satisfy when in use. Specific materials and designs are, on the other hand, not described. Modern technology can provide many new and better solutions - and the performance concept approach is innovation-friendly because it allows acceptance of all solutions which have been proven to perform as desired.



GRAPHIC PRESENTATION OF THE WORK PROCEDURE

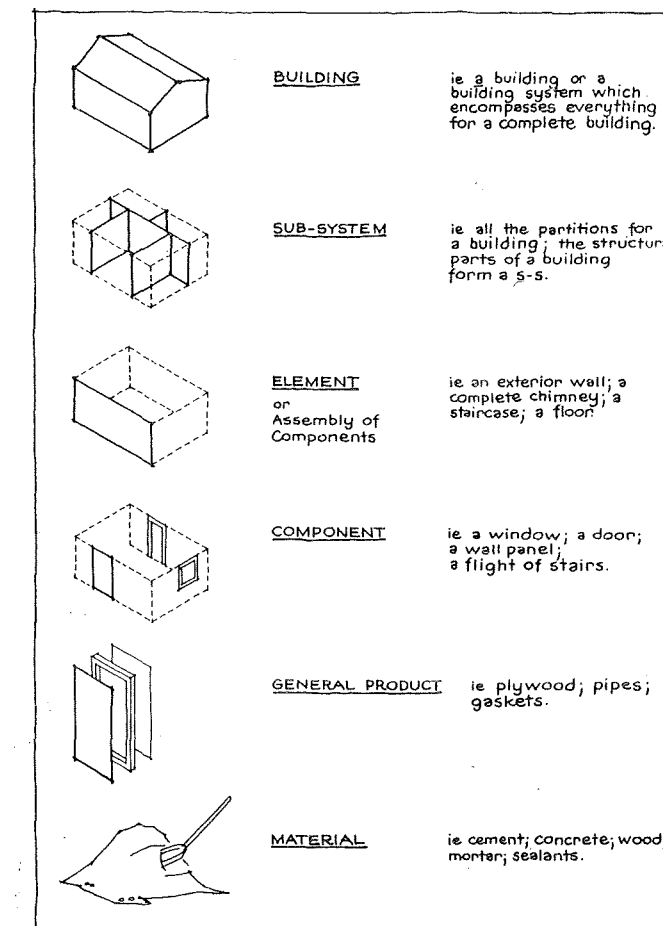


For ease of understanding the work procedure illustrated above may be mirrored in the lay-out and way of writing for a performance document:



In performance work is often applied a hierarchy of "levels" going from the building and down to materials. Much work has been done especially at the components level. Dimensional compatibility - obtained through modular co-ordination and proper joint design - is considered as a part of the total component performance. A similar hierarchy to that shown for building fabric is considered to exist for spaces.

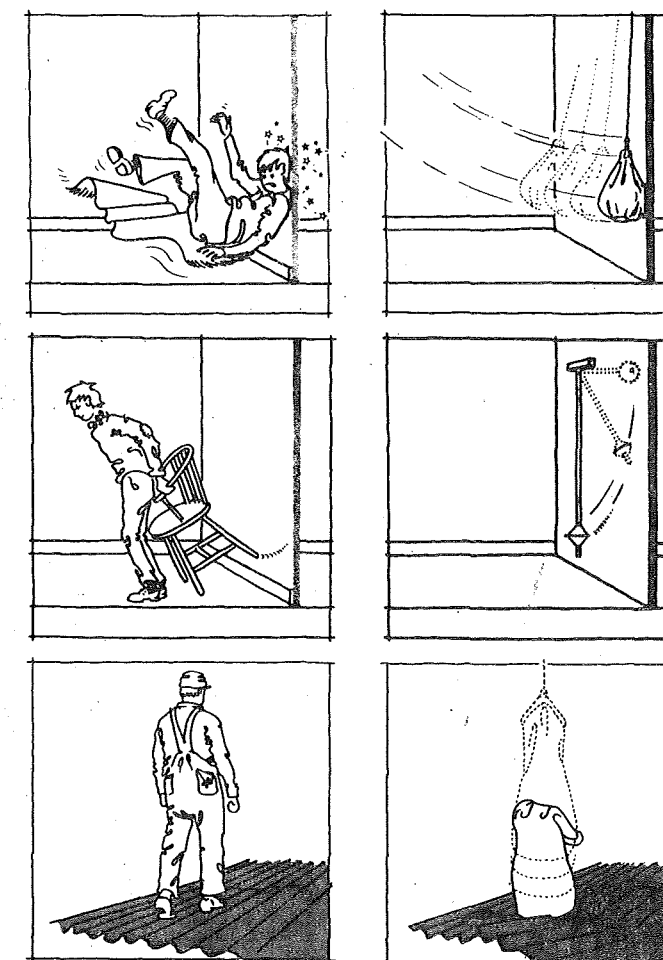
LEVELS IN PERFORMANCE WORK



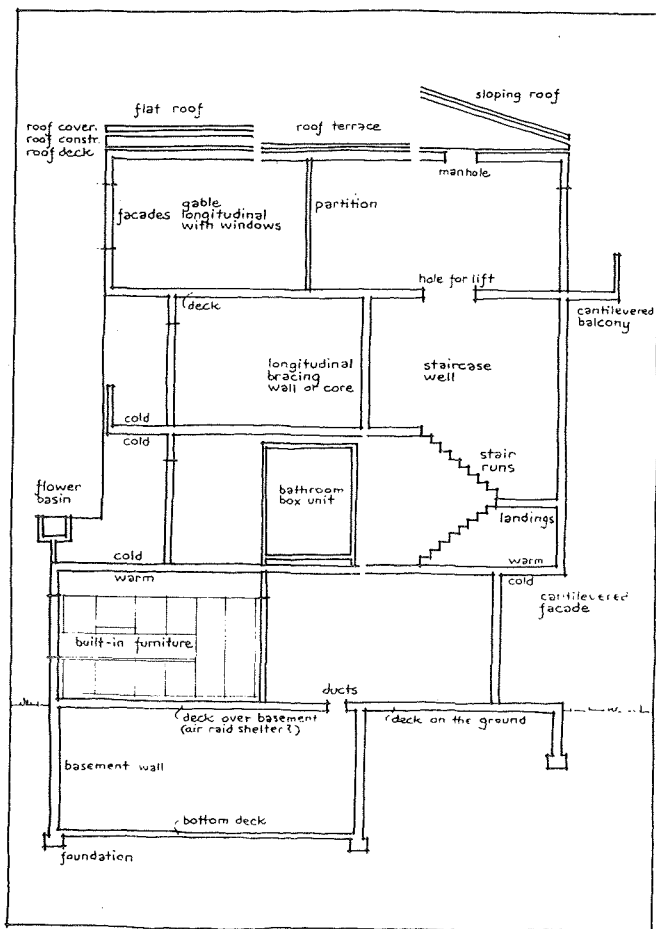
In documents published by the CIB Working Group 60, the Performance Concept in Building, are given detailed examples of work procedures in connection with the development of general lists of functional requirements and performance specifications.

Evaluation is necessary to decide whether a solution performs as desired or not. Evaluation may have to be based upon subjective judgment, but in many cases it is possible to use calculation or performance testing methods.

Building research institutes are developing many new performance testing methods which simulate the stresses solutions are exposed to when in use.



COMPOSITE BUILDING SECTION



It is typical for the building systems and the components used today that they have been designed in such a way that they may be used in a creative way for individual designs.

The composite building section shows a survey of some of the many design solutions which are now available in quite a few countries.

The notation cold/cold, warm/cold etc at some floor details is a reminder that in some countries heat insulation will be necessary - indicating that variants of some floor components must be developed.

I SLIDES AND LECTURE NOTES følger en række eksempler på danske byggerier, som nogenlunde svarer til de i Notat 59, Byggesystemer, beskrevne.

Til SLIDES AND LECTURE NOTES hører endvidere et sæt lysbilleder, der, finansieret af FN, kan rekvireres af udviklingslandenes regeringer, byggeforskningsinstitutter etc. Et udvidet sæt lysbilleder plus figurer fra notat 59 benyttes ved forelæseringerne ved IFH, Grundkursus i Husbygning.

# Først modul - så samlinger

Produktudvikling i forbindelse med komponenter er i høj grad et spørgsmål om at få lavet de rette samlinger mellem komponenterne. Dette arbejdsområde ofres da også stigende opmærksomhed.

af Klaus Blach arkitekt m.a.a., Statens Byggeforskningsinstitut

Takket være en pionerindsats blev modulordningens værdi accepteret herhjemme allerede i 50'erne. I 1958 kom de første, grundlæggende standarder om modul, og i 1961 bygningsreglementet, som krævede, at boligbyggeri til udlejning fra april 1964 skulle være modulprojekteret. Perioden fra 61 til 64 blev udnyttet til en massiv oplysningskampagne. Med bidrag fra både boligministerium, standardisering og forskning blev der produceret vejledninger, kurser og standarder, så projekterende og producenter var forberedte, da ordningen trådte i kraft.

I løbet af 60'erne blev modulordningens grundlag udbygget, så vi i dag råder over standarder ikke alene om de grundlæggende begreber, men også om anvendelsen af et system for modulære præferencemål og om vedtagne modulmål for en række væsentlige komponenter og bygningsdele. Samtidig med at modulordningen blev udbygget, blev det erkendt, at viden om, hvordan man bedst overholder tilstræbte mål, også er nødvendig. Det førte til en indsats inden for området tolerancer.

Det kan måske indvendes, at de første eksempler på præfabrikeret, modulært byggeri blev for »skema-

tisk«, fordi vi endnu ikke mestrede at bruge modulordningen som et ydmygt værktøj. Men i dag bygges der på samme principielle grundlag mere varieret. Da det oprindelige grundlag herhjemme blev gjort til en succes-story med resultater, der kunne vises frem, var det muligt i betydeligt omfang at eksportere den danske pionerindsats. Udover en helt konkret eksport af know-how, fabrikker og byggeri, så synes den skandinaviske udbygning af modulordningen og resultater inden for toleranceområdet i dag at være modne for accept i andre lande og på internationalt plan. Forslag herfra behandles således både i International Modular Group, i arbejdsgrupper under CIB, den internationale byggeforskningsorganisation, og i den Internationale Standardiseringsorganisation. I så fjerne lande som Korea (syd) og Sri Lanka. (Ceylon) har danske standarder allerede dannet grundlag for næsten enslydende nationale standarder.

## Det er ikke nok at komponenter er modulære

Så langt, så godt - og dog. Vender vi blikket mod dansk praksis, så har vi alligevel langt fra nået det, vi ville.

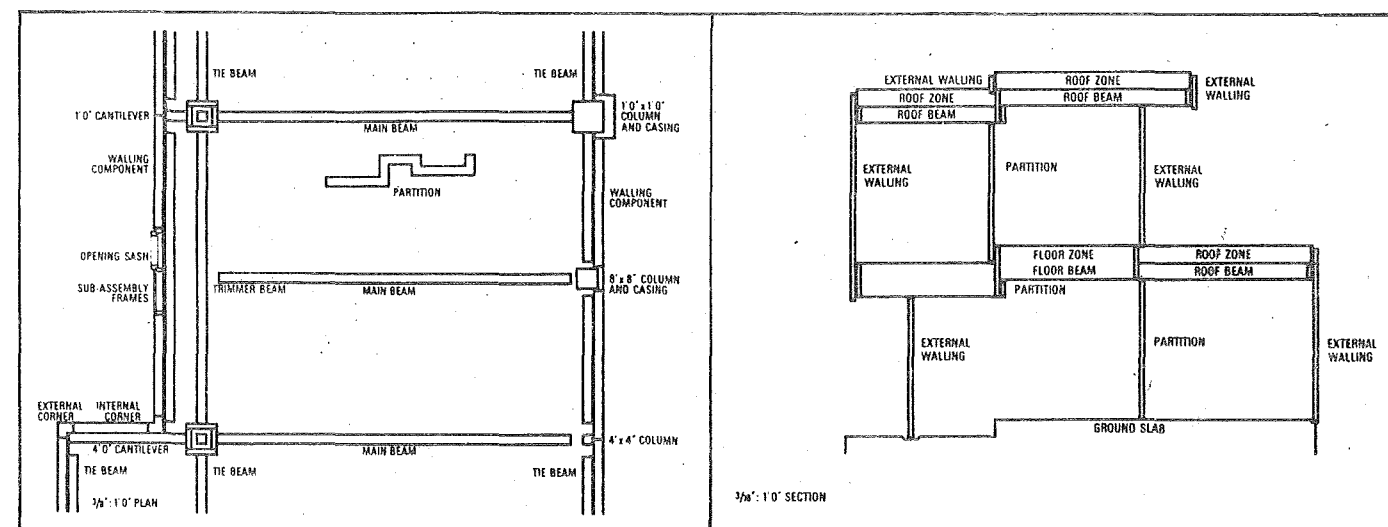
Ønsket var at masseproducerede, prisbillige komponenter skulle være til rådighed, således at resultatet af en rationaliseret produktion - de modulære komponenter - på kreativ vis kunne sammenbygges til individuelle helhedsløsninger. Og så langt er vi jo knap nok endnu.

Måske skyldes det ikke helt tilfredsstillende resultat bl.a. at vi i glæden over de resultater, der dog er opnået, har glemte, at arbejdet ikke var slut med accept af modulordningens basisprincipper og tolerancedisciplinens grundregler.

Hvis de oprindelige ideer om modulkomponenters »generelle anvendelighed« skal blive et realistisk værktøj, så må arbejdet fortsættes. Det er ikke nok, at komponenterne er modulære, og at de fremstilles med vedtagne nøjagtighed. De må også være udformet, så en rimelig fri sammenbygning af dem er mulig. Og her til kræves, at »komponentforfatteren« også gør en indsats for at udvikle de rette samlinger (fuger/forbindelser) mellem komponenterne.

## Et stort arbejde forestår - med at udforme samlinger

Der kan med nogen rette henviser til, at samlingerne mellem komponenter



Et tidligt eksempel på systematisk arbejde med samlinger. Det britiske firma Medway beskrev i sine brochurer, hvilke sammenbygninger deres samlinger tillod. En slags ydeevnebeskrivelse på bygningsniveau. Til gengæld for at samlingerne var næsten urørlige standardløsninger, kunne komponenterne leveres fx med forskellige materialekombinationer og beklædninger.

ikke blev glemt, da modulordningen og tolerancereglerne blev udformet. Dette er rigtigt, men problemet blev behandlet, som om det næppe ville kræve særlig stor indsats at få det klaret. Eksempelvis blev en række fer-og-not og overlappende samlinger nærmest affærdigede som »uartige« specialtilfælde, fordi de ikke passede i den teoretiske præsentation af modulideen. Dette på trods af, at disse og lignende samlingstyper i praksis udgør et flertal. Selv i gængs montagebyggeri er der flere af de vanskelige samlingstyper end af de teoretisk »pæne«.

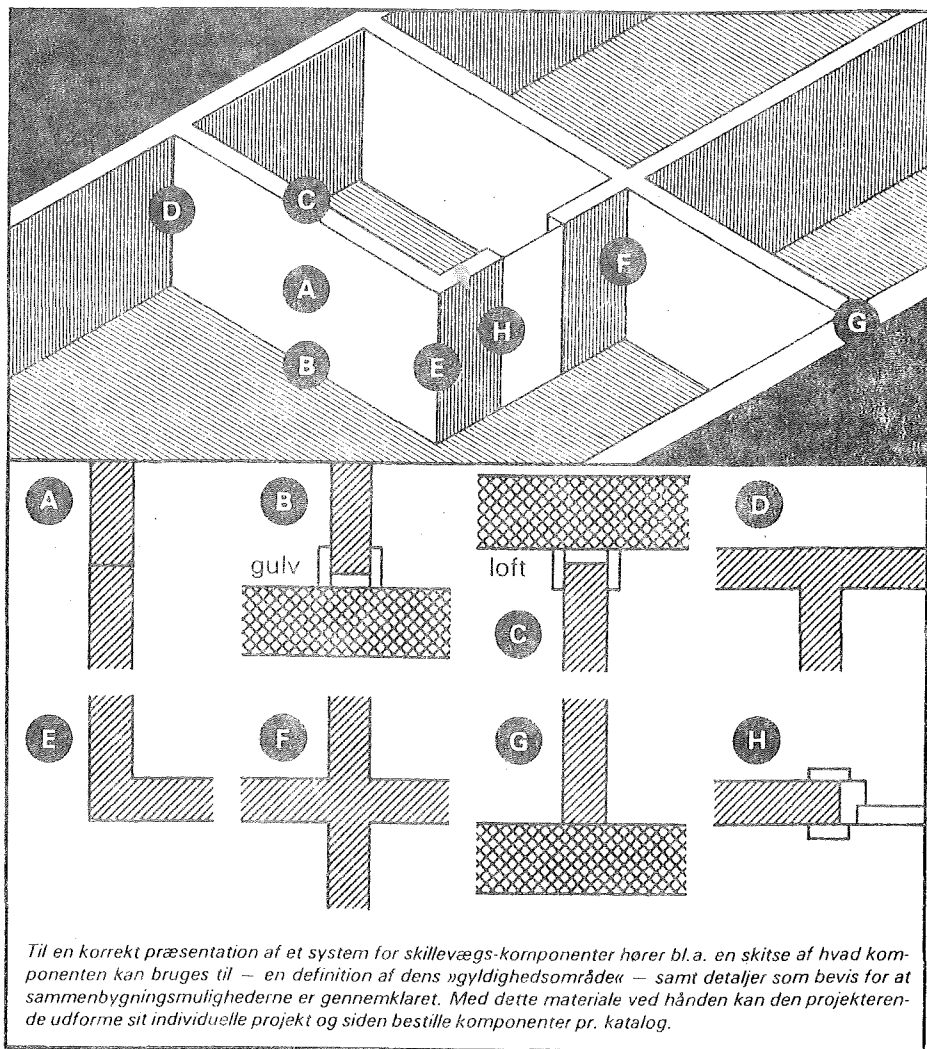
En naturlig følge af den måde, arbejdet med gennemførelsen af modulordningen blev startet på, var, at interessen blev koncentreret om de koordinerende modulmål, medens samlingsdetaillerne blev ofret mindre opmærksomhed. Der findes derfor i dag serier af udmærkede standarder om planlægningsmoduler (på nudansk: multimoduler), præferencemål og modulære komponentmål, men meget få standardiserede udførelser af samlinger.

## Nu står samlingsproblemerne afklaring for tur

Det var sikkert rimeligt, at interessen i en ret lang årrække var koncentreret om komponenterne, mere end om samlingerne imellem dem. Det var jo nyt overhovedet at fremstille større byggekomponenter med moderne teknik. I dag er komponentproduktion imidlertid en ganske almindelig forteelse, og interessen vendes derfor helt naturligt mere og mere mod samlingsproblemerne.

Fra udlandet kan hentes eksempler på byggesystemer, hvor interessen for samlingsproblemerne er ganske tydelig. Det er systemer med standardiserede samlinger, men hvor til gengæld komponenterne kan udformes varieret. Det er måske for langt at gå, fordi der på den måde kan skabes hindringer for en rationel produktion af komponenterne, men den større interesse for samlingsproblemerne er givet sund.

En indsats herhjemme for at få udviklet flere og bedre samlingsmetoder vil falde godt ind i billedet: Vi har allerede en ganske omfattende produktion af gode komponenter, og efter at de første erfaringer med at bruge dem er høstede, rejser der stærkere og stærkere krav om, at det på en



Til en korrekt præsentation af et system for skillevægs-komponenter hører bl.a. en skitse af hvad komponenten kan bruges til — en definition af dens »gyldighedsområde« — samt detaljer som bevis for at sammenbygningsmulighederne er gennemklaret. Med dette materiale ved hånden kan den projekterende udforme sit individuelle projekt og siden bestille komponenter pr. katalog.

Producenter kan finde vejledning om ensystematisk måde at arbejde med samlinger på bl.a. i SBI-anvisning 75, Saglig Byggevarerinformation.

kel vis skal være muligt at sammenbygge komponenterne mere varieret.

Brugerne af både boliger og andre bygningstyper er også blevet mere interesserede i selv at kunne anbringe — og senere eventuelt flytte om på — en række bygningskomponenter. Og de projekterende kunne ved brugen af, hvad der på nudansk vist kaldes »byggekodser« spare en del urimeligt og tidrøvende detailprojekteringsarbejde (læs: detailprojektering af samlinger) og i stedet ofre en større indsats i de væsentlige, indledende faser af planlægningen.

## Et startskud er givet — også internationalt

Selv om interessen har været koncentreret om komponenterne, starter vi dog ikke på bar bund med hensyn til samlinger, fuger og forbindelser. På en række punkter er der i praksis gjort et pionerarbejde også her.

Således er der i beton-montagebyggeriet blevet udviklet og kultiveret samlinger, som fx etagekrydset med dets montagebolt og to-trins fugen

mellem facadekomponenter. Til vinduer er udviklet nye »fuger« mellem rudeglas og ramme i form af præfab-komponent-lister. Til en række systemer for lette, ikke-bærende indervægge er ligeledes udviklet nye samlinger, osv. osv.

Det eneste, man kan klage over, er, at der ikke er løsninger nok af denne art. Dette til trods for at nødvendigheden af at udvikle flere samlinger ofte er blevet påpeget, f.eks. i SBI's anvisning 75 om Saglig Byggevarerinformation. Her beskrives bl.a., hvordan producenterne må have en interesse i at gøre dette arbejde — jo mere en komponent kan bruges til, fordi dens samlinger med andre komponenter er afklarede — desto større marked vil den have. Producenternes interesse for multi-anvendelige komponenter = interesse for afklaring af samlinger synes dog stigende.

Blandt de projekterende er der også voksende interesse for udvikling af flere — og bedre — samlinger, som kan gøre det enklere at sammenbygge komponenter på mere varieret vis. Således er et arbejde med samlings-

konventioner en af de større opgaver BPS (Byggeriets Planlægningssystem) har sat igang, et arbejde, der sigter mod at få reetableret en simpel byggeskik — men nu på industriel basis.

Endelig har Dansk Standardiseringsråd nedsat en studiegruppe, der skal undersøge mulighederne for standardisering indenfor området. Og SBI har emnet på sit forskningsprogram, ikke alene som en fortsættelse af arbejdet med modulordningen, men også i forbindelse med formulering af ydeevnebeskrivelser for komponenter.

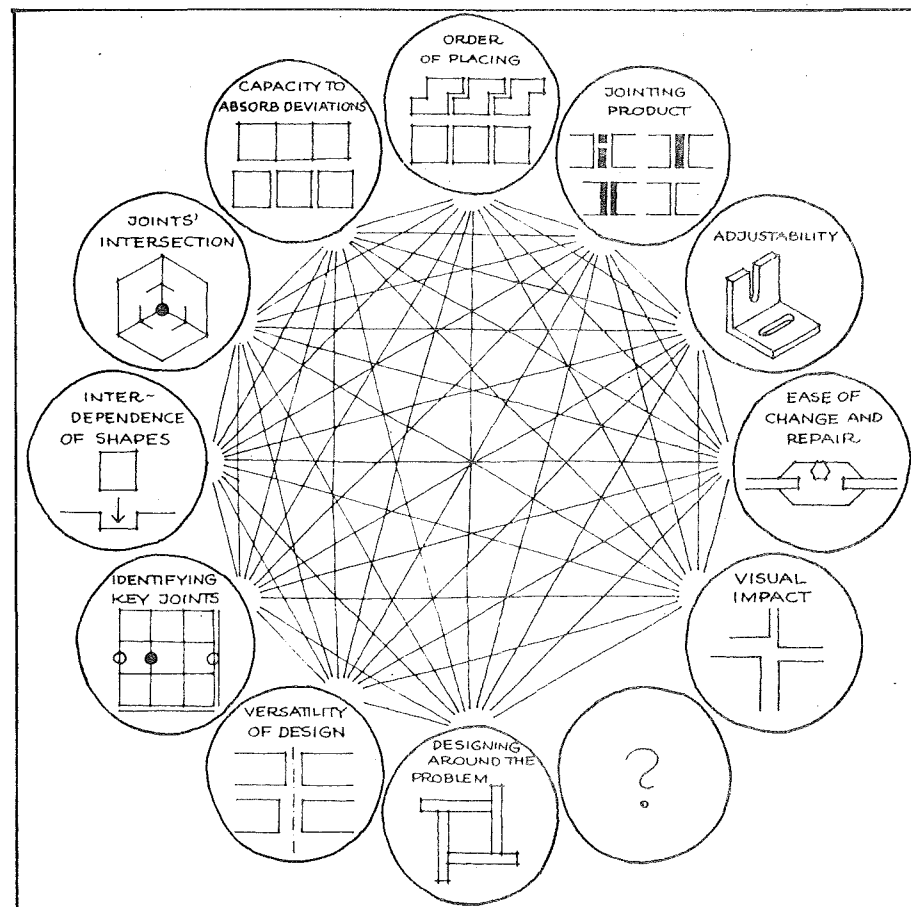
## Hvilke samlinger behøver vi? — hvad vil vi bygge?

I »gamle dage« blev komponenter og samlinger imellem dem fremstillet på byggepladsen. Som næste skridt er så komponenterne blevet fremstillet på værksted eller fabrik. Hvis vi nu også vil præfabrikere samlingerne — i nogle tilfælde ligefrem levere dem som komponenter — må det i højere grad erkendes at et byggeri færdigkomponeres på tegnebrættet.

Når et byggeri udføres med komponenter og samlinger, hvis virkemåde og udseende er kendt på forhånd, så vil der ikke længere hverken kunne lægges til eller trækkes fra på byggepladsen. Med givne komponenter og sammenbygningsløsninger vil der ikke kunne bygges andre løsninger end dem, komponenterne og samlingerne er forberedt til at kunne klare.

Før komponenterne detailleres og specielt før samlingerne fastlægges, er det derfor nødvendigt at bestemme, hvad det er for bygningsudformninger, vi vil kunne bygge. Denne opgave kan måske synes umulig at løse, særlig i disse år, hvor gængse bygningsformer bliver afløst af nye. Men angribes opgaven systematisk, viser det sig heldigvis at de »uendelig« mange bygningsudformninger i virkeligheden kræver et begrænset antal sammenbygningsmuligheder hos komponenterne for at kunne realiseres.

Det optimale antal komponentvarianter og samlingsløsninger, vi behøver, er givet større end det, vi råder over i dag, men ikke voldsomt større. I visse tilfælde vil en omhyggelig detaillering af komponenter og samlinger i øvrigt kunne bevirke en rationalisering, idet et fåtal af komponenttyper og samlingsudførelser vil kunne være tilstrækkeligt både



International Modular Group (IMG) og CIB's komité for modulkoordinering har udarbejdet en rapport, Geometry of Joints. Rapporten gennemgår en række basale sammenbygningsprincipper. I en traditionel indholdsfortegnelse gøres der opmærksom på, at de mange delproblemer hænger sammen.

SBI-anvisning 99, Samlinger, bygger på rapporten Geometry of Joints, men supplerer med en lang række danske erfaringer og eksempler. Et ekstra kapitel i den danske anvisning beskriver særlige krav til integration af samlinger i fleksibelt byggeri. Med sine mange illustrationer er anvisningen ment som en grund- og lærebog.

ved ganske simple og mere komplekse byggeopgaver.

Et godt eksempel kan her findes i de allerede kendte »råhus« byggesystemer. Visse systemer klarer simple byggeopgaver med et minimum af forskellige komponent- og samlingsstyper, men variantantallet stiger stærkt ved mere varierede byggeopgaver. Andre byggesystemer kan klare både de simple byggeopgaver og de mere komplekse med næsten samme, beherskede sæt komponenter og samlinger.

Uanset hvilket delsystem, der er tale om til »råhuset«, et elli-stesystem eller et let-indervæg-system, er det muligt at definere systemets gyldighedsområde på en sådan måde, at alle forudseelige sammenbygninger vil kunne klares — og klares med et rimelig lille antal forskellige udformninger af komponenter og samlinger.

## Systematisk udvikling vil kræve en ændret indstilling

Det har været en grundsætning i den teoretiske udbygning af modulord-

ningen, at modulkomponenter holder sig inden for deres modulområder — hvorefter der så bliver en »pæn« fuge tilovers mellem dem. Komponenter, der samles med fer-og-not eller overlappning, blev som tidligere nævnt betragtet som »uartige« specialtilfælde.

I dag er de ubehagelige samlingstyper imidlertid næsten i overtal, og det gør det nødvendigt at erkende, at modulprojektering kun kan sikre, at målspring vil blive modulære. Dvs. at hvis en komponent findes i flere modulære størrelser, vil forskelle mellem disse størrelser være modulære. Og bygges modulære komponenter sammen, vil hver nye komponent »bygge« et modulært mål. Derimod vil basismål og fugeudformning være afhængig først af, hvordan komponenter sammenbygges »internt«, dernæst af hvordan de eventuelt sammenbygges »ekstern« med andre komponenttyper.

En anden grundrættelse har været, at det ville være gavnligt at fremstille pladematerialer i modulære længder og bredder. Så ville de kunne bruges direkte i modulprojekteret byggeri. I

dag er det imidlertid langt vigtigere, at færdige komponenter — som f.eks. vægkomponenter — er modulære, end at de pladematerialer, de beklædes med, er det. Af simple, økonomiske grunde. Da fugerne mellem pladebeklædte, modulære komponenter varierer i bredde, er der derfor ingen vej udenom: Pladematerialerne må eventuelt trimmes, så de passer. Selv om en gammel, teoretisk modullov herved knægtes.

Endnu en vidt udbredt indstilling har været, at det nok ville være ønskeligt, om komponenter og samlinger kunne gives en høj grad af »generel anvendelighed«, men at for ivrige bestræbelser i den retning uvægerlig ville føre til for dyre produkter. I hvert fald for komponenter væsentlig større end den gode, multi-anvendelige mursten.

I dag er det imidlertid ikke blot snedkerkomponenter (vinduer og lignende) som uden merudgift kan detailudformes med samlinger, der giver større anvendelsesmuligheder. Senest er der således markedsført dels en affaldsskakt-komponent, dels en krydsribbedækkkomponent, som begge er gode eksempler på en højere grad af multianvendelighed til konkurrencedygtige priser.

Et sidste forhold, hvor en ændret indstilling vil være gavnlig, drejer sig om det hidtil alt for upåagtede arbejde, der kræves for virkelig at gøre modulære komponenter kompatible. Hidtil har indstillingen øjensynlig været den, at hvis det gennem modulprojektering var sikret, at en komponent passede til den plads, der var tilset den, og hvis den kunne omgives af teknisk korrekte fuger, så var arbejdet overstået.

Hvis det totale resultat — rum, rumforløb, bygninger — skal kunne blive tilfredsstillende også i æstetisk henseende, når det er bygget med komponenter, er den hidtige indstilling imidlertid ikke korrekt. Et enkelt eksempel til belysning heraf: I et rum flugter oversiderne af en modulær dør og et modulært vindue ved samme modulhøjde. Yderligere er samlingerne mellem dør og væg samt vindue og væg teknisk i orden. Målteoretisk og på en lille oversigtstegning vil alt så være i orden. Men i praksis vil det synsmæssige indtryk af døren normalt være enten dørfløjen eller dørindfatningen — som sjældent vil korrespondere med det synsmæssige indtryk af vinduet, hvis der ikke er lagt et ekstra arbejde i at koordinere de to løsninger. Manglende kultivering af den ovennævnte og andre tilsvarende løsninger er måske en væsentlig årsag til at »byggekloster« ikke bruges i langt større udstrækning.

Kultiveringen af sammenbygningsløsninger er dog ikke blot et spørgsmål om æstetik. Hvis koordineringen ikke er gennemført for de større komponenter, vil der opstå tekniske problemer, når fx installationerne skal inkorporeres.

### Næste skridt — formulering af målet

Sagt i generelle vendinger er målet at muliggøre et virkeligt katalogbyggeri — endda med den tilføjelse, at det ikke er nok, at komponenter kan bestilles efter katalognummer og sammenstilles på varieret og teknisk korrekt vis. Som nævnt bør krav om kul-

tiverede totalresultater også kunne tilgodeses.

Mere konkret, så kan der formuleres det hovedmål, at samlinger, fuger og forbindelser, udover at være funktionelt i orden, bør være præfabrikerede — ligesom komponenterne.

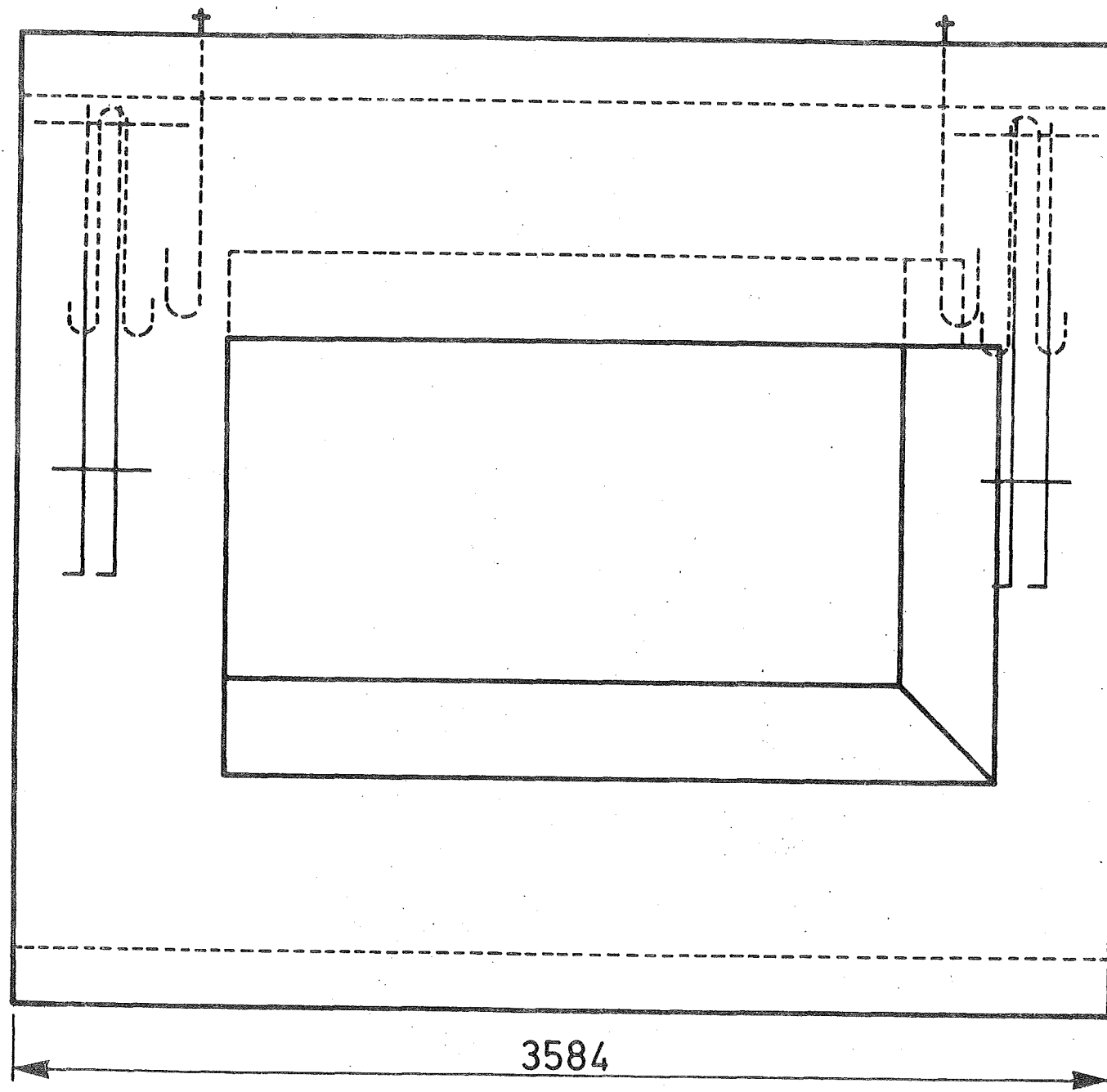
En stor del af industrialiseringsgevinsten går tabt, så længe samlingerne mellem de præfabrikerede komponenter stadig udføres som »in situ« arbejde.

Især for de sekundære bygningskomponenters vedkommende vil udviklingen af præfabrikerede samlinger ikke alene være en fordel for de projekterende, men vil også kunne give bedre muligheder for brugernes medvirken ved indretning og senere ændringer.

Til ønsket om, at samlinger skal være præfabrikerede, kan tilføjes, at de også bør være justerbare — så der kan kompenseres for unøjagtighed ved fremstilling og montering af komponenter — og helst så denne kompensering kan foretages på enkel vis.

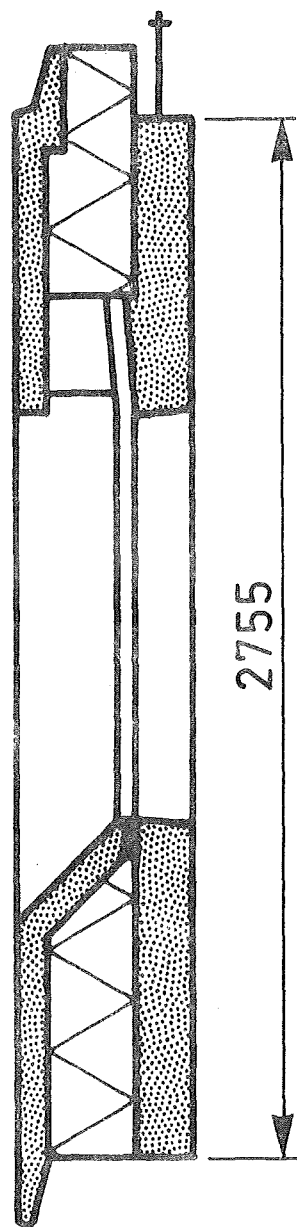
Som et lidt fjernere mål — der dog allerede er nået for enkelte komponenter — er »automatiske« samlinger måske værd at stile efter. Dvs. at en samling automatisk er etableret i og med, at to komponenter sammenstilles, som fx når køkkenskabskomponenter helt enkelt stilles på et gulv, eller når et elstik sættes i en stikkontakt. Der anvendes ganske mange af denne slags samlinger inden for andre områder — eksempelvis sammenkobling bil-caravan eller gasflaske-forsyningsledning. Lignende løsninger må kunne finde videre anvendelse også i byggeriet.

## UDDRAG AF HØJGAARD & SCHULTZ A/S's tegninger af HØJISOLERET BETONSANDWICH-FACADEELEMENT

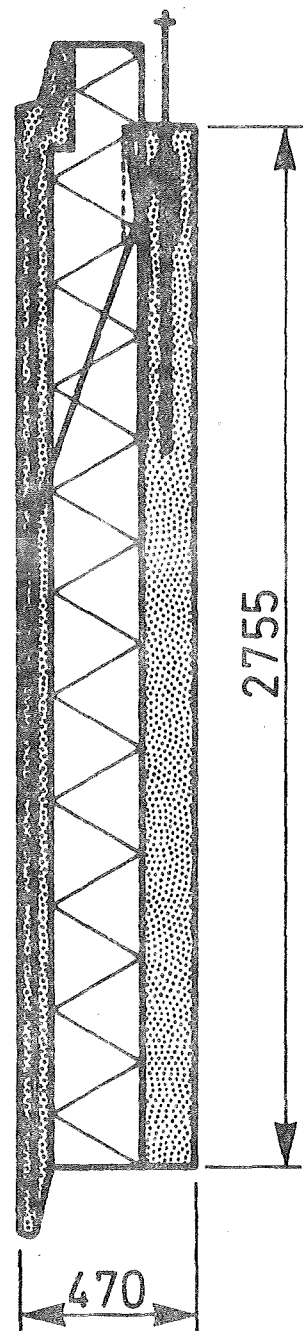


FIGUR 1. Opstalt af facade set udefra, jfr. snit figur 2 og figur 3 (1:20).

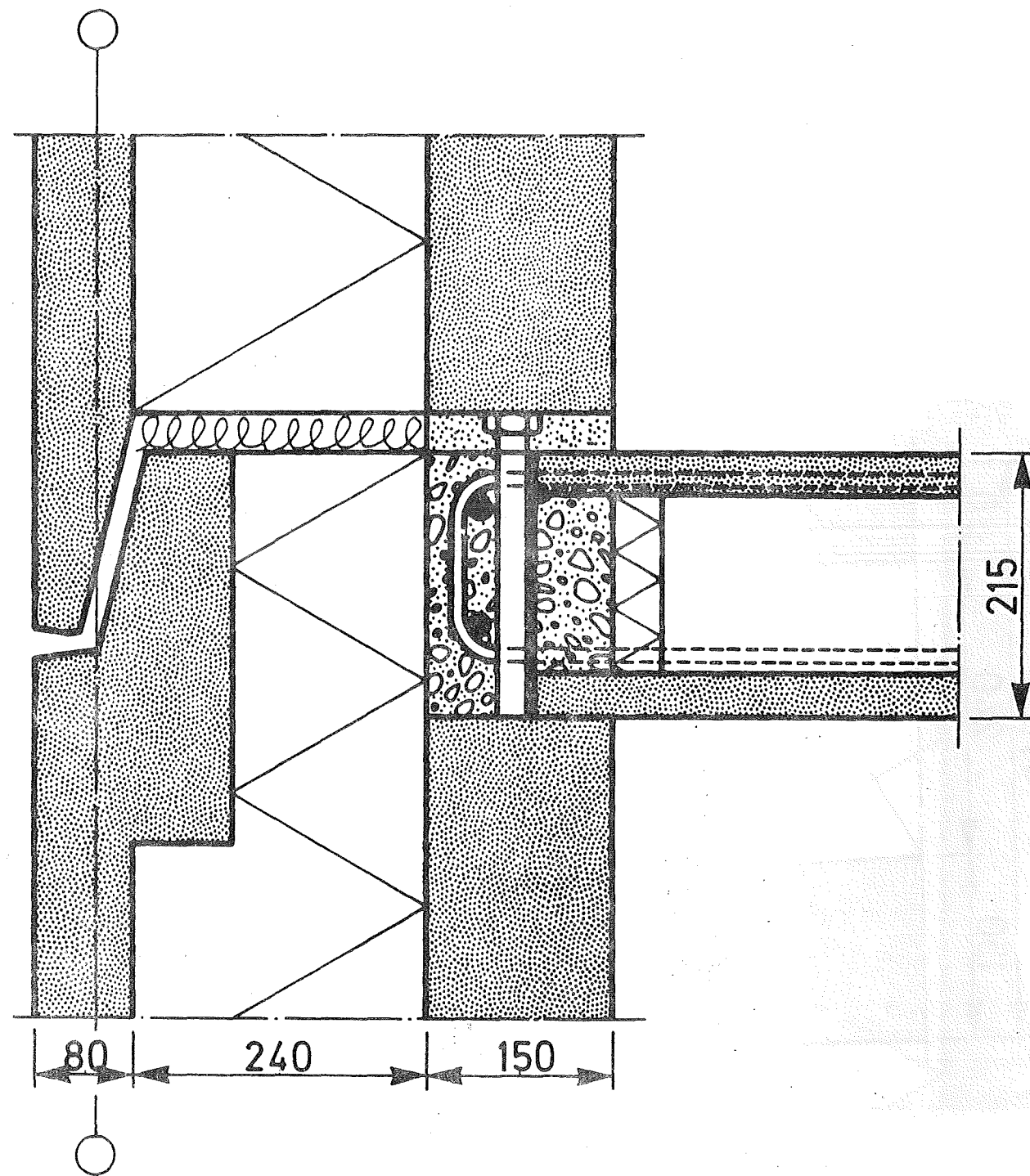
Vinduesåbningen har foroven udsparring for rullegardin (solafskærmning). Den indre, bærende betonskive (figur 1, 3 og 7) har dels en normal løftebolt, der benyttes ved håndtering på fabrikken (normalt løftegrej) og ved montagen af næste etages facade (se figur 4), dels indstøbte løfteøjjer (se figur 1, 3 og 7), der benyttes under selve montageoperationen (i stedet for den normale løftebolt), for at løftepunktet skal være så nær som muligt lodret over facadens tyngdepunkt (se figur 3).



FIGUR 2. Lodret snit i vindue (1:20)



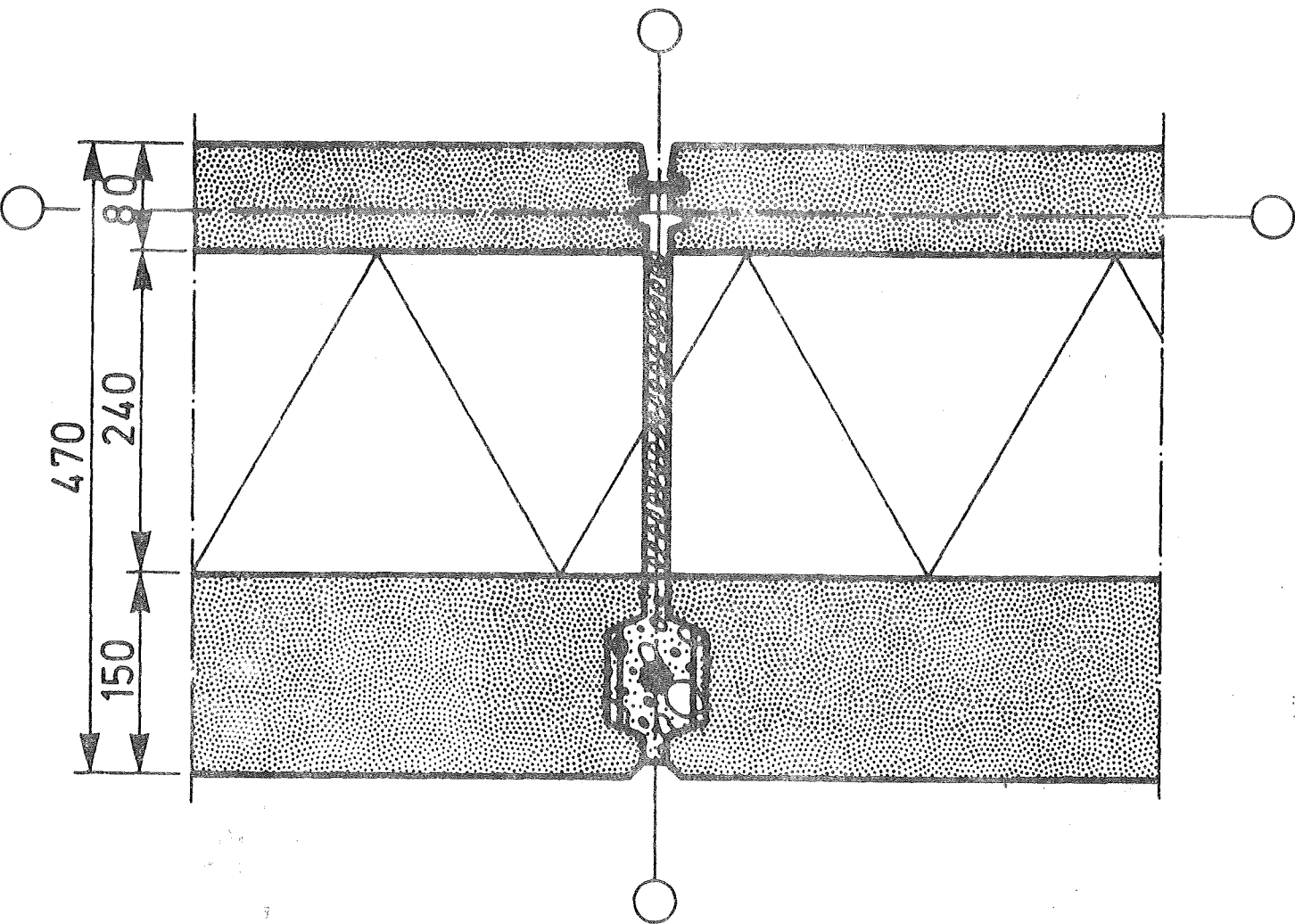
FIGUR 3. Lodret snit i facade (1:20)



FIGUR 4. Etagekryds (1:5)

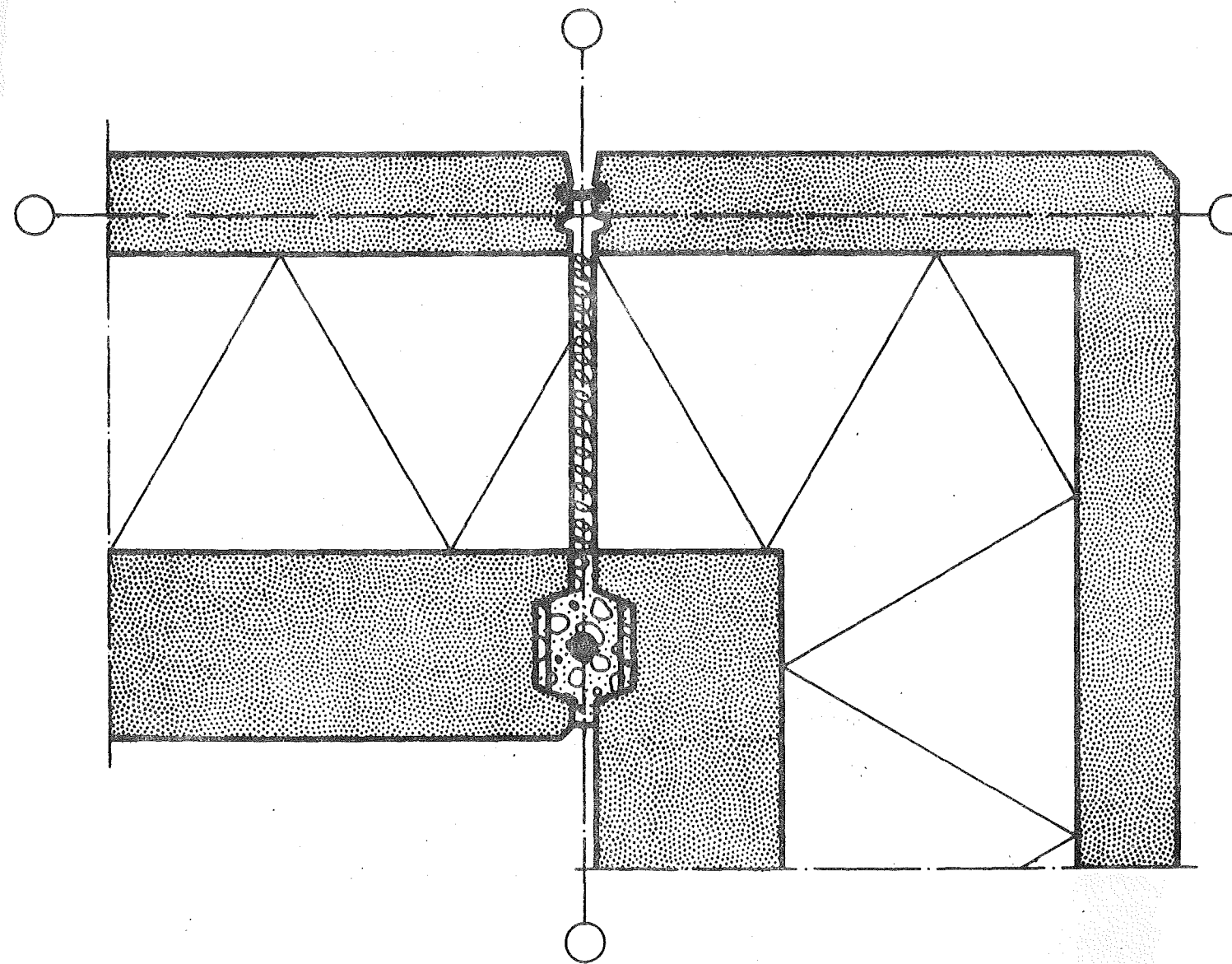
Der benyttes H & S Langspænddæk. Bemærk armeringen i fugerne. I øvrigt helt normalt etagekryds og overlappende vandret facadefuge.



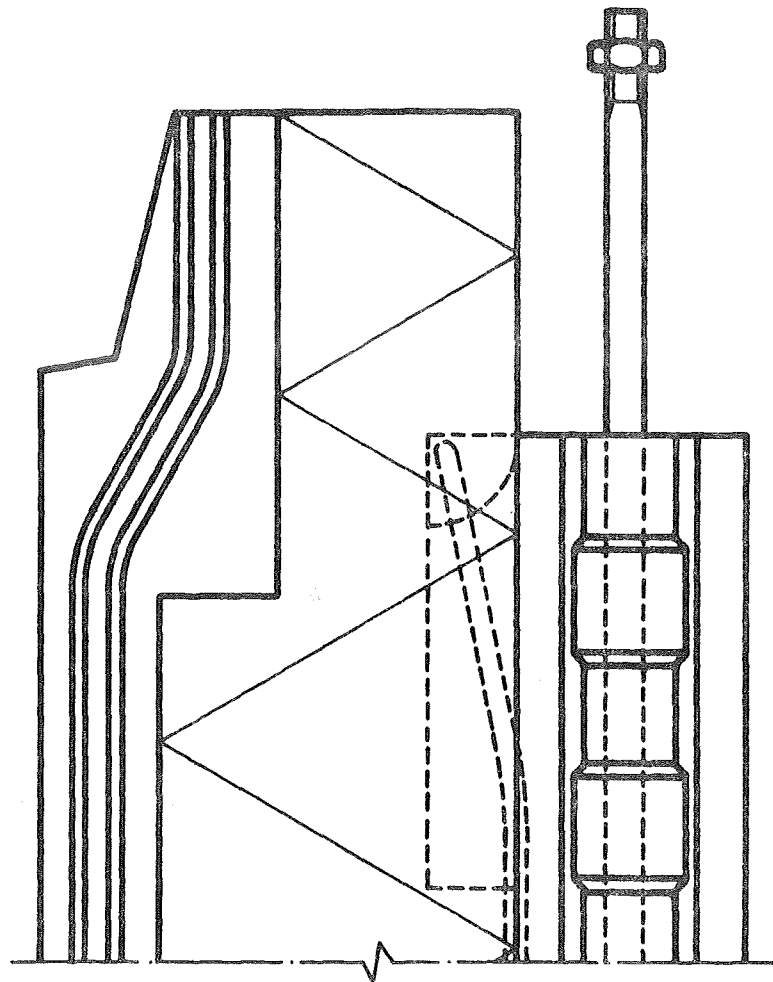


FIGUR 5. Lodret facadefuge (1:5) smlgn. figur 6

Indvendig tilbageliggende fuge v. affasede elementkanter. Det giver en hurtigere finishoperation. To-trins fuge med dobbeltnot (i stedet for neoprenenot plus vaskebrædt). Dette benyttes oftest idag, hvor betonoverfladens kvalitet er høj.

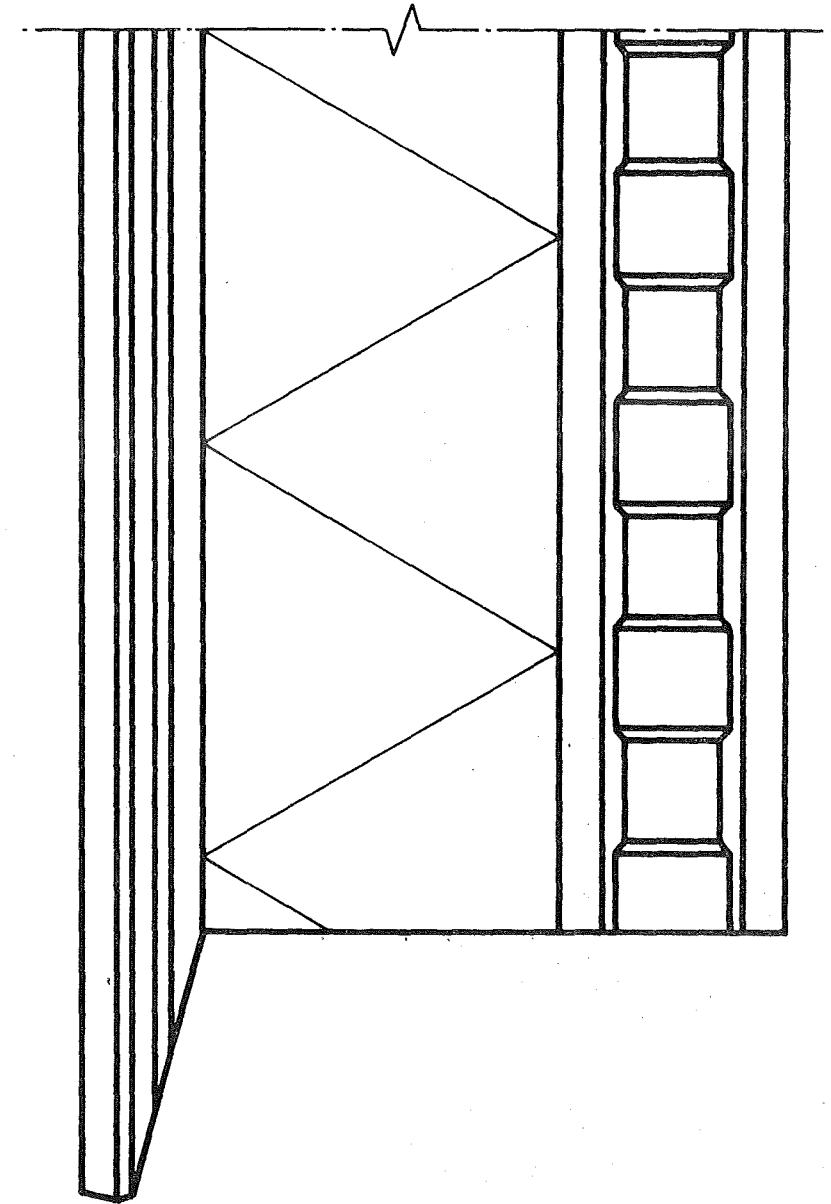


FIGUR 6. Lodret facadefuge ved hjørne (1:5)



FIGUR 7. Opstalt af øverste del af facadens sidekant (1:5)

Bemærk løftebolt, løfteøje og fortanget elementkant (jfr. figur 5 og 6) i indre betonskal, dobbeltnot for henholdsvis neoprene og dræn i ydre betonskal.



FIGUR 8, Opstalt af nederste del af facadens sidekant(1:5),  
smlgn. med figur 7.

FORELÆSNINGSNOTATER - UDGIVET OG TRYKT AF  
INSTITUTTET FOR HUSBYGNING - DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE

Nr.	Forfatter	Titel
36	Jessen, Richard	Murede huse, 1974
39	Jessen, Richard	Etageboligen, 1974
44	Jessen, Richard	Eenfamiliehuset, 1976
50	Borchersen, Egil	Sikkerhedsmetoder og bygnings- påvirkninger, 1977
51	Jakobsen, Torben	Bygningsbrandlovgivningen, 2. udgave, 1978
53	Jakobsen, Torben	Plast og brand, 1978
55A	Munch-Petersen, Johs.F.	Tillæg til notat 55 Facadeelementer, 1979, der sælges af Polyteknisk Bog- handel
56	Hertz, Kristian	Indføring i stringerteori, 1979
58	Munch-Petersen, Johs.F.	Geometry of Joints, 1981
59	Munch-Petersen, Johs.F.	Byggesystemer, 1981
60	Munch-Petersen, Johs.F.	Supplement til forelæsninger ved Grundkursus i Husbygning (6512), 1981
61	Munch-Petersen, Johs.F.	Eksempler på fagbladene som kilde til orientering og byggeskader, 1981
62	Hertz, Kristian	Brandteknisk dimensionering af betonkonstruktioner, 1981
63	Munch-Petersen, Johs.F.	Dæk- og vægelementer, 1982, 3. reviderede udgave
64	Hertz, Kristian	Brandteknisk dimensionering af trækonstruktioner, 1. reviderede udgave, 1983
65	Munch-Petersen, Johs.F.	VIS VAND VÆK Geometriske forholdsregler mod bygningsskader, 1983
66	Koch, Søren	Fagudtryk fra det traditionelle byggeri, 1984.