

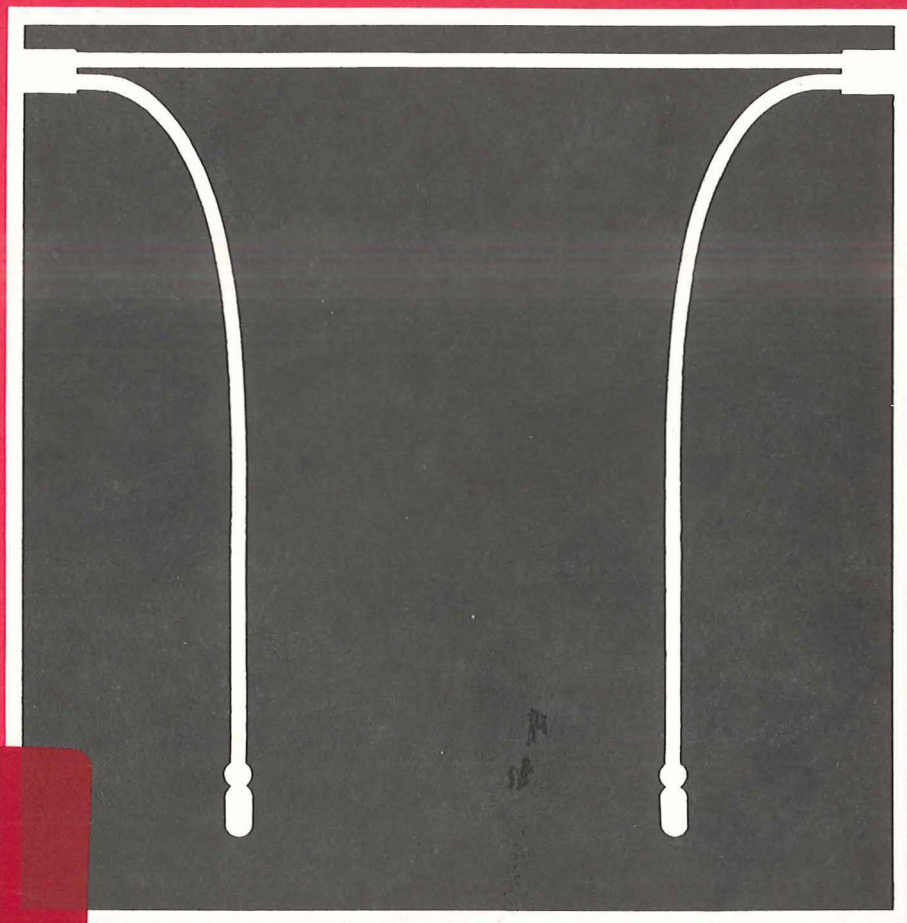
SBI-publ.

EL-INSTALLATIONER I BETONELEMENTER

System med indstøbte kabler



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1977 · SBI-RAPPORT 98



El-installationer i betonelementer

S. SKIBSTRUP ERIKSEN
OG K. OVESEN

01063P
STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
ex. 4
19 FEB. 1981



Indhold

Forord	6
Arbejdsgruppen	7
Det i dag anvendte system	8
Produktionsfejl	
Mange varianter	
Udgangspunkt for en udvikling	
Forsøgsbyggeriet	11
System med indstøbte kabler	
Elementerne	
Det ændrede projekt	
Montagen	
Erfaringer fra forsøgsbyggeriet	20
Systemet	
Elementerne	
Økonomiske erfaringer	
Fejl i den oprindelige installation	
Beboervejledning	
Forslag til system med indstøbte kabler	26
Elementet	
Samlinger	
Føringsveje	
Elementet med indstøbte kabler i byggeprocessen	33
Projektering	
Produktion	
Montage	
Økonomi	
Elementet i brug	
Forsøgsgrundlag for udvikling af elementet	37
Gennemgang af lejlighedsplaner	
Indstøbning af kabler	
Indstøbning af dåser	
Statiske undersøgelser	
Vurdering af forsøgsresultater	
Ny forsøgsrække	

Andre mulige løsninger	46
Kanaler	
Kanaltyper	
Kanalplaceringer	
Kanalkapacitet	
Montagearbejdet	
En kanalløsnings muligheder	
Kabler i kombination med el-lister	
El-lister alene	
Bilag	54
Beboervejledning om el-installationer	
Summary	56

ISBN 87-563-0247-9.

I kommission hos Teknisk Forlag.

Pris: Kr. 30,00 excl. moms.

Oplag: 1500. Tryk: Bjørvig Offset, København.

Statens Byggeforskningsinstitut:

Postboks 119, 2970 Hørsholm. Telefon 02-86 55 33.

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen:

SBI-rapport 98: El-installationer i betonelementer. 1977.

I december 1970 udsendtes SBI-rapport 72, Rationalisering af el-installationer i montagebyggeri, med en række kritiske og konstruktive betragtninger vedrørende el-installationer i montagebyggeri. På de debatmøder, som SBI afholdt i forbindelse med rapportens udsendelse, var der stor interesse for de rejste problemer. SBI har fortsat arbejdet på el-området i samarbejde med mange firmaer, institutioner og enkeltpersoner, og denne rapport beretter om en del af dette arbejde, nemlig udvikling af et el-installationssystem baseret på kabler indstøbt i betonelementer.

Allerede i SBI-rapport 72 blev der givet en indgående analyse af de ulemper, der er forbundet med den traditionelle metode, hvor plastrør indstøbes i betonelementerne. Disse ulemper knytter sig ikke alene til el-entreprisen, men influerer også på elementproduktionen, byggeprocessens forløb og mulighederne for planudformning. For elementproduktionens vedkommende er det mest iøjnefaldende nok den store kassationsprocent, som plastrørsmetoden medfører, men mere væsentligt er måske, at det traditionelle standardelement efterlader så mange udækkede behov, at en meget stor del af produktionen i øjeblikket består af varianter – varianter i et sådant omfang, at selve ideen med et standardsortiment er ved at gå tabt.

Det var naturligt på denne baggrund at sætte sig det mål at udvikle et system, der kunne klare disse problemer (plus et par af de kommende) uden en fordyrelse af byggeriet. Til dette udviklingsarbejde samlede SBI en arbejdsgruppe med deltagere, der alle var indstillet på at yde en indsats ud over det rent mødemæssige, og som tillige havde mulighed for at iværksætte produktion og forsøgsbyggeri. Der er ydet en stor og dyr indsats fra SBI's partnere i denne sag – men alle de indvundne erfaringer stilles frit til rådighed for hele byggebranchen.

Som resultat af gruppens arbejde foreligger nu et i princippet færdigudviklet system baseret på et betonelement med indstøbte kabler. Systemet kan med begrænset indsats sættes i produktion i løbet af et stykke tid. Opmærksomheden skal dog henledes på, at brug af systemet er betinget af en dispensation fra – eller en ændring af stærkstrømsreglementet.

Foranlediget af de diskussioner, som førtes på debatmøderne i relation til SBI-rapport 72, Rationalisering af el-installationer i montagebyggeri, nedsatte SBI i 1971 en arbejdsgruppe til at behandle problemer vedrørende el-installationer i betonelementer og til at give forslag til et installationssystem.

Sammensætning

Gruppen fik følgende sammensætning: Ingeniør W. Brasen, civilingeniør P. Fik, ingeniør K. Jepsen, civilingeniør P. Krogh, overingeniør K. Vincent og ingeniør S. Skibstrup Eriksen.

Ud over de nævnte har en lang række andre personer bidraget i større eller mindre grad, og gruppens medlemmer har desuden i stor udstrækning involveret deres respektive firmaer eller institutioner. SBI takker disse for deres medvirken.

Medlemmerne er valgt personligt med henblik på at opnå dels en bred dækning af området, og dels ud fra deres muligheder for at iværksætte eksperimenter og forsøgsproduktion. Medlemmerne har ikke stået som repræsentanter for særlige grupper eller organisationer.

Finansiering af arbejdet

Den tid, der er medgået til arbejdet, og de udgifter, der har været i forbindelse med opbygning af prototyper, er bekostet af de enkelte medlemmer (ved deres firmaer, subsidiært SBI). De firmaer, der på denne måde har bidraget til arbejdet er: P.E. Malmstrøm, rådgivende ingeniørfirma A/S, Højgaard & Schultz A/S, Modulbeton A/S samt LK-NES A/S.

Herudover har der – som senere beskrevet – været nogle direkte udgifter i form af merudgifter ved det første forsøgsbyggeri, hvilke blev dækket af firmaerne: Modulbeton A/S, LK-NES A/S, A. Jespersen & Søn A/S og NKT A/S.

SBI har i denne forbindelse forestået afprøvningen af elementerne.

Arbejdets forløb

Den væsentligste del af arbejdet er udført i perioden 1971-73. Efter denne tid gik arbejdet af mange forskellige grunde trægt. Den endelige udvikling og brug af systemet, der var lagt op til, har endnu ikke kunnet realiseres. Arbejdsgruppen har derfor valgt at publicere de opnåede resultater nu, således at andre grupper kan anvende resultaterne og bygge videre på dem.

Det i dag anvendte system

Den form for el-installationer, som normalt anvendes i forbindelse med montagebyggeri, er beskrevet og vurderet i SBI-rapport 72, Rationalisering af el-installationer i montagebyggeri. Selv om denne rapport er flere år gammel, er hovedtrækkene i problemet uændrede – der er ikke sket revolutionerende ændringer i montagebyggeriets el-installationer i mellemtiden.

Analysen af de nu anvendte installationer munder ud i en række kritiske bemærkninger, der kan resumeres som følger:

Udformningen

El-installationen komplicerer udformningen af andre bygningsdele, og den færdige installation er vanskelig at udbygge.

Byggeprocessen

Byggeprocessen besværliggøres af stramme bindinger til andre fags arbejder. Specielt anvendelsen af rummet under gulv til forlægning af rør medfører en række koordineringsproblemer.

Elementproduktionen

Det nu anvendte system, hvor plastrør indstøbes i betonelementerne, medfører store fejl- og kassationsprocenter.

Indstøbning af el-rør i betonelementer giver anledning til mange varianter – så mange, at man vanskeligt kan tale om standardelementer.

Produktionsfejl

Ved en nærmere gennemgang af indstøbningsprocessen blev det bekræftet, at der er en meget stor fejlprocent på el-installationen i betonelementet.

Fejlen skyldes i de fleste tilfælde en mekanisk overlast af plastrørene. Den mekaniske overlast fremkommer i hovedsagen ved, at de nedstukne vibratorer rammer rørene, og da de samtidig er opvarmet til ca. 70°C ved udstøbningen af betonen – og i enkelte tilfælde til højere temperaturer – gør dette problemet værre, da rørene ved denne temperatur er meget bløde, således at der ikke skal meget til, før de klapper sammen.

Desuden kan vibratoren ved deres berøring med rørene medføre, at disse bliver slået ud af dåse eller muffe, ligesom der kan komme betonslam ind i dåsen.

Betonelementfabrikkerne har på forskellige måder prøvet at undgå løsrivelse af rør. Man kan fastgøre rørene til formsiden, men dette fungerer ikke tilfredsstillende. Man har desuden prø-

Forsøg på metodeforbedring

Produktionskontrol

vet forskellige fastgørelsesmetoder mellem rør og dåse, men på nuværende tidspunkt har man ikke fundet egnede metoder.

Betonelementerne afprøves, inden de forlader fabrikken, ved at man stikker en søgefjeder igennem rørene op til dåsen. Denne afprøvning giver dog ikke nogen særlig god sikkerhed for, at rør og dåse er i orden, da søgefjederen kan gå forbi slamproppen, således at denne bliver i røret og kiler sig fast i toppen af røret.

Hvor der er to lodrette rør, sker det undertiden, at kun det ene bliver afprøvet med søgefjederen – men da til gengæld to gange. Denne fejl skyldes sikkert, at manden, der afprøver rørene i elementerne, ikke kan se de to rør, men må føle sig frem til dem. Derved kan søgefjederen smutte ned i det forkerte rør.

Afhjælpning af fejl

Fejl som følge af manglende forbindelse gennem et rør afhjælpes ikke, men det pågældende element bruges, som om det var uden el-installation.

Såfremt fejlen ikke konstateres på fabrikken, men på byggepladsen, når elementet er monteret, må elementet hugges op, og et nyt rør indstøbes. En sådan efterreparation er kostbar og kan influere på byggerytmen.

Der er også fejlmuligheder på byggepladsen, og her tænkes især på risikoen for, at der trænger beton ind i rør og dåser. Denne fejl kan selvfølgelig kun rettes på stedet og medfører derved samme ulemper som fejl, der passerer kontrollen på fabrikken.

Fejlprocenter

Der findes ingen fejlstatistik, men alt tyder på, at der af samtlige elementer med el-installationer er fejl på 15-25 pct. Dette spiller en væsentlig rolle for den samlede produktion, fordi der er el-installationer i ca. 75 pct. af samtlige elementer.

Mange varianter

Ved gennemgang af elementleverancer til forskellige boligbyggerier blev det konstateret, at varianterne meget ofte skyldes el-installationen, som placeres forskelligt, hvilket medfører, at man ikke kan bruge et standardsortiment med el.

Vedrørende elementleverancer til institutionsbyggeri konstateredes det ligeledes, at det hovedsageligt er el-installationens skyld, at der opstår varianter, da standardsortimentet ikke kan dække institutionsbyggeriets krav.

Det er ofte meget små forskelle, der gør, at et element falder uden for standardsortimentet, f.eks. at en dåse skal flyttes et par centimeter til den ene eller anden side. Den flytning kunne i mange tilfælde undgås, hvis kunden var motiveret for at acceptere en standardplacering.

Der findes i øjeblikket ingen økonomisk motivering for at vælge standardelementer. Den førte prispolitik har i grove træk resulteret i, at varianter er gjort så billige i forhold til standard, at kun en lille del af salget har kunnet betegnes som standardvarer. Kun 5-10 pct. af en leverance til et gennemsnitsbyggeri består af standardelementer.

Det er sandsynligt, at man ved en ændring af de relative priser kunne opnå en helt anden fordeling i produktionen. Anvendelsen af varianter er dog så omfattende, at det tyder på, at standardsortimentet har haft en alt for dårlig behovsdækning.

Udgangspunkt for en udvikling

Med udgangspunkt i den store fejlprocent, der findes på betonelementerne, og problemet omkring standardelementer kontra varianter, samt problemet med styring af produktion og montage, fandt arbejdsgruppen, at der var behov for udvikling af et standardelement og et tilhørende sortiment, som kunne løse de nævnte problemer.

Det var klart fra starten, at det nok var umuligt at udvikle et system, som medførte besparelser i udgifterne til el-installation – det modsatte ville være mere sandsynligt. Til gengæld ville der med en hensigtsmæssig udformning kunne spares penge på bl.a. efterreparationer og styring, således at der inden for samme rammer skulle være råd til en bedre installation. Et bedre system kunne også indebære en billigere montage.

Forsøgsbyggeriet

Som omtalt i SBI-rapport 72 havde man tidligere udført forsøg med direkte indstøbning af kabler i betonelementer – med et godt resultat. Denne teknik gav umiddelbart en række fordele, som gjorde det ønskeligt at få foretaget flere forsøg i et byggeri af passende størrelse.

Det lykkedes i løbet af forholdsvis kort tid at finde et egnet byggeri i Torslunde-Ishøj, som vist i figur 1, hvor der kunne stilles to blokke med i alt 72 lejligheder til rådighed for forsøget. En betingelse var imidlertid, at der blev arbejdet hurtigt. Der var således ikke tid til udvikling af nyt materiel og nye metoder – man måtte klare sig med produkter, som var på markedet. Det var imidlertid nødvendigt at omarbejde projektet, så det påtænkte kabelsystem kunne anvendes. Da det ifølge stærkstrømsreglementet ikke er tilladt at indstøbe kabler, blev der søgt om dispensation hos Elektricitetsrådet, og den blev bevilget.



Figur 1. Foto af forsøgsbyggeriet. Facaderne er opbygget som en skeletkonstruktion. Skillevæggene udgøres af betonelementer, gipsplader på stålskelet eller autoklaveret letbeton. Gulvene er trægulve på strøer, undtagen i badeværelser. Loftene er underside af dækkonstruktionen.

System med indstøbte kabler

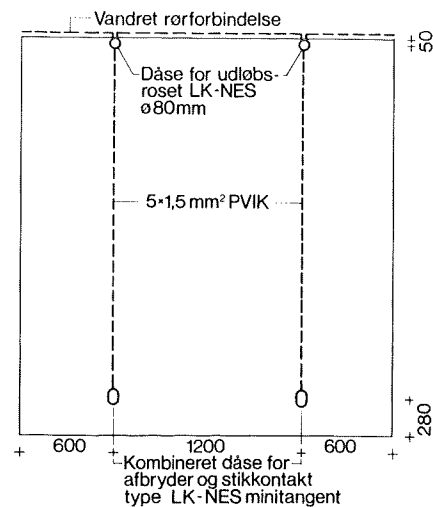
Overgang til et kabelsystem indebar ret store ændringer i projektet. Mens der i det oprindelige projekt var tale om 364 enheder (bestående af 1 stk. dåse med 1 eller 2 rør tilsluttet) til de i alt 72 lejligheder, skulle der i det ændrede projekt anvendes ca.

1500 enheder med kabler. Den store forskel skyldtes, at der i hver eneste væg for hver 1,20 m blev etableret et lodret kabel med stikkontakt- og afbryderdåse foroven og et lampeudtag foroven – en kendelig forbedring af mulighederne for udvidelse af installationen. Dette system anvendtes dog ikke for facadeelementerne.

Elementerne

De elementer, der blev anvendt til forsøgsbyggeriet i Torslunde-Ishøj, er vist skematisk i figur 2. De er alle forsynet med indstøbte lodrette kabler, hvor der foroven i elementet er indsat en dåse beregnet til lampeudtag, mens der et stykke fra bunden er indsat en kombineret afbryder- stikkontaktdåse. Kablet mellem den øvre og den nedre dåse er $5 \times 1,5 \text{ mm}^2$ PVIK-kabel.

Den øverste dåse er placeret i elementets øverste kant, således at der i etagekrydset kan etableres en forbindelse mellem dåserne, se figur 3. Forbindelsen blev udført under montagen i form af et $5/8''$ rør, i hvilket der på et senere tidspunkt blev trukket ledninger. De enkelte kabelstrengene med dåser blev fremstillet på fabrik og sendt til elementproducenten for indstøbning.



Figur 2. Det anvendte element i forsøget ved byggeriet i Torslunde-Ishøj. Elementet er her kun vist i størrelsen 24M, men det blev også anvendt i størrelserne 12M, 18M, 36M og 48M – i alle tilfælde opbygget efter samme princip med el-installationen på begge sider. Den viste vandrette rørforbindelse indgik ikke i elementet, men blev lagt i etagekrydset.

Ansvar for installationen i elementerne

Der opstod et problem vedrørende ansvaret for installationen i elementerne. Installatøren, som modtager elementerne på pladsen, skal på et tidspunkt stå til ansvar for hele installationen. Det sker, når han indsender sin færdigmelding til el-leverandøren – i dette tilfælde NESA – idet han hermed garanterer for, at installationen er i orden. Han må derfor på en eller anden måde have en garanti for, at de elementer, han modtager, er i orden.

I dette tilfælde måtte SBI så træde til som en neutral institution og foranstalte en afprøvning af samtlige 1500 indstøbnin-ger. På længere sigt bør ansvaret for, at elementerne er i orden, når de kommer på pladsen, tages op til nærmere afklaring.

Afprøvning af elementerne

Afprøvning foregik på følgende måde: Elementerne blev stillet op ét for ét hos elementfabrikanten, hvorefter lederne blev afisoleret; først blev de gennemmålt (dette blev foretaget med et ohmmeter), og derefter blev der stødt med 5 kV mellem de enkelte ledere (dette blev foretaget med et stødspændingsapparat).

Mærkning af de prøvede elementer

Da de elementer, som faldt ved prøven, ikke i alle tilfælde var kassable, måtte der foretages en form for mærkning, der angav, hvad det pågældende element måtte anvendes til. Da et mærkningssystem for en sådan opgave kan blive aktuel i andre tilfælde, skal en beskrivelse af systemet angives her.

SBI mærkede de enkelte strengene efter, om de var i orden eller kassable. Systemet var følgende: Hvis et kabel var i orden med hensyn til 5 kV stødspænding, gennemgang og ledningsenderne lange nok, blev kabelstrengen stemplet ok, og der blev påsat dæksler over dåserne. De steder, hvor der var noget i vejen med kablet, blev enderne simpelthen klippet af, og dækslerne ikke påsat, hvilket medførte, at elektrikerer på pladsen med det samme kunne se, at der var noget galt. Nogle af strengene havde kun den fejl, at ledningsenderne var for korte til, at et lampeudtag kunne monteres. De kunne således godt bruges, hvor de kun skulle samles uden montering af lampeudtag. Derfor blev disse ikke stemplet ok, men dækslerne blev påsat. Der var således tre kategorier:

1. Element stemplet ok, dæksler i begge ender.
2. Dæksler i begge ender og
3. Ingen dæksler.

Med dette "mærkningssystem" kunne elektrikerer på pladsen med det samme overse mulighederne.

Tidligere afprøvninger

Ud over den her beskrevne prøvning af alle elementer har der tidligere været foretaget prøvninger på forsøgs-elementer. Dels har SBI og NKT foretaget prøvninger som beskrevet i SBI-rap-

port 72, og endvidere blev der af Elektricitetsrådet krævet nye prøvninger, da der til forsøgsbyggeriet blev ansøgt om dispensation fra stærkstrømsreglementet vedrørende indstøbning af kabler.

Til sidstnævnte prøvninger blev der støbt 2 stk. betonelementer med 1 kabel ($5 \times 1,5 \text{ mm}^2$ PVIK) i hver, og kablerne blev prøvet med vekselspænding af NKT. Det viste sig, at de holdt til 30-40 kV, og disse værdier må siges at være meget tilfredsstillende.

Betonelementerne blev derefter ophugget, og det indstøbte PVIK-kabel blev besigtiget. Det viste sig, at gennemslaget lå ved indføringen i den nederste dåse. Der kunne ikke konstateres noget tegn på ødelæggelse af kablet, efter at det var udtaget af betonelementet.

Vurderet efter dette forsøg er kablerne efter indstøbning og frihugning fuldt tilfredsstillende, både med hensyn til den elektriske som til den mekaniske beskaffenhed.

Det ændrede projekt

Efter ændringen af det oprindelige el-projekt kom det til at se ud som vist i figur 3, 4 og 5. Hovedlinierne i det er følgende:

Forbindelse fra lampeudtag til lampeudtag foregik i etagekrydset.

Forbindelse fra et betonelement til et modstående foregik i den ovenfor liggende dækkonstruktion.

De dåser, hvorpå der ikke skulle sættes montagegenstande, blev påsat blænddæksel.

Afbrydere og stikkontakter var af typen minitangent, og lampeudtag af typen $\text{Ø } 80 \text{ mm}$.

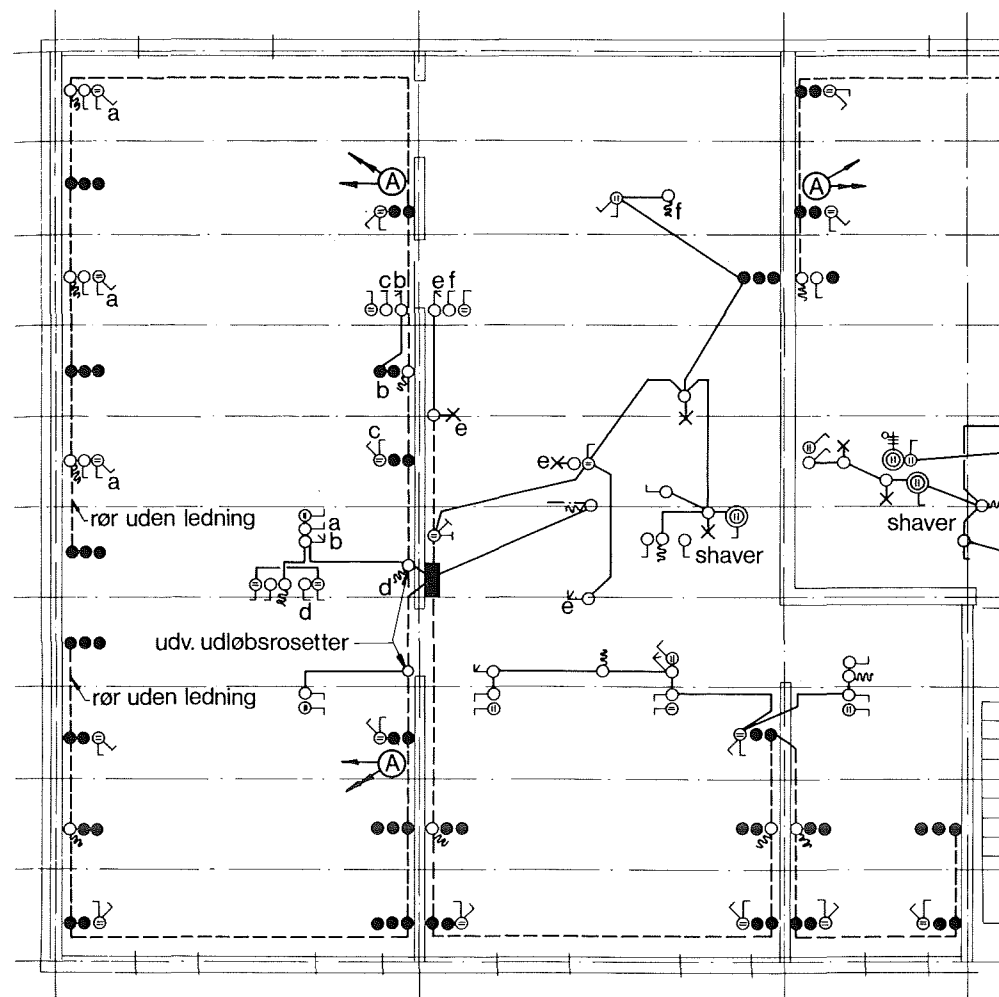
Samling af ledninger i dåser foregik ved hjælp af samlemuffer, hvor der ikke var montagegenstande såsom stikkontakter.

Montagen

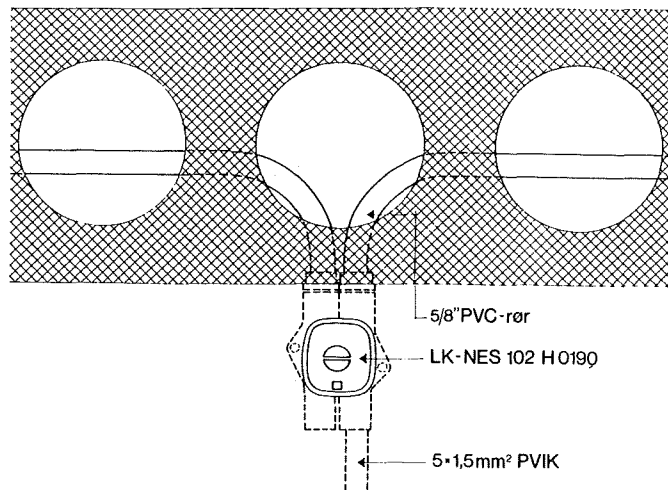
De vigtigste faser i montagearbejdet var:

- Opsætning af betonelementer
- Indlægning af rør i etagekryds fra dåse til dåse
- Trækning af ledninger i rørene

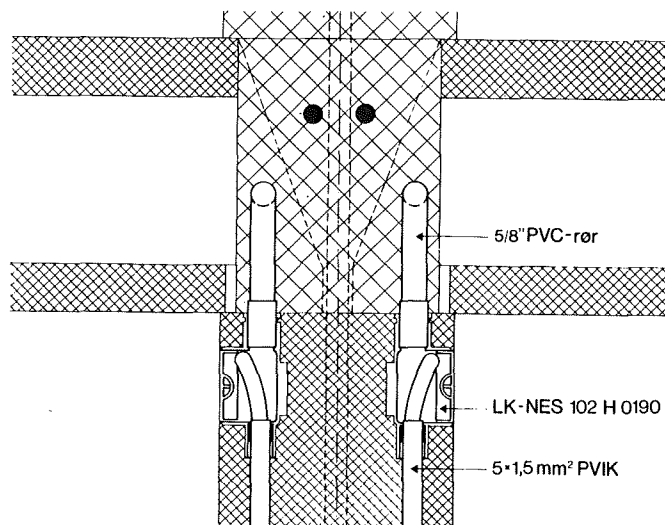
Montagen af betonelementerne foregik på sædvanlig måde, idet dog rørene skulle indlægges i etagekrydsene før udstøbning af dækfugerne. Som omtalt sidst i dette afsnit gennemførtes en ra-



Figur 3. Installationstegning for det ændrede projekt. Alle de sorte ringe angiver ubenyttede dåser. Den stiplede linje langs facade angiver forbindelsen fra den ene betonvæg til den anden. Røret er lagt i hulrummet i det ovenliggende betondæk. Alle fuldt optrukne linjer angiver installation, som ikke er inddraget i forsøget, da denne installation ligger i skeletvægge eller i vægge af autoklaveret letbeton.



Figur 4. Placering af dåsen øverst i elementet. Forbindelser mellem dåserne lægges i etagekrydsene. Skraveringen angiver et snit i dækelementet.



Figur 5. Snit i etagekrydset. Foroven i krydset er vist de langs-gående forbindelser. De mørke ringe i midten af etagekrydset er armeringsjern.

tionalisering af arbejdet med fremstilling og indlægning af rørene.

Herudover var montagearbejdet præget af en række detaljer, der nærmest må karakteriseres som nødløsninger, der var nødvendige, fordi systemet på daværende tidspunkt ikke var fuldt udviklet. Disse løsninger kan naturligvis ikke anbefales, men de vil alligevel blive kort omtalt, fordi de dels fortæller noget om arten af problemer, der kan opstå, og dels angiver nogle muligheder, der kan tages i brug ved vanskelige projekter.

Når ledningerne var trukket i røret, blev loftsudtagene monteret. Samlingen af ledninger bag loftsudtag blev foretaget med samle-muffer. Ved de dåser, hvor der ikke skulle være loftsudtag, blev der monteret et blænddæksel i flugt med væggen, således at det kunne tapetseres over. Denne metode blev brugt langs alle de linier, hvor man kunne gå direkte fra et betonelement til det næste. Den eneste komplikation ved denne proces var, at etagekrydsene herved kom til at indeholde både rør og armeringsjern. Dette bevirkede, at der måtte bruges en særlig type beton, da den normalt anvendte indeholder så store sten, at etagekrydset vanskeligt kunne udstøbes.

Et af problemerne bestod i at komme fra én væg i lejligheden til den modstående. Dette kunne klares ved, at der blev lagt et rør inde i et af dækelementernes hulrum, således at der på den måde kunne skabes forbindelse mellem to modstående betonelementer. Der var da på forhånd lavet huller til røret i de papskiver, der dækker hulrummet. Røret blev lagt samtidigt med rørene i etagekrydsene.

Et andet problem var at komme fra et betonelement over i en af de lette vægge, som i dette byggeri var af typen Nordia bolig-væg. Da disse vægge ikke var sat i modullinier – hvilket dåserne i betonelementerne var – måtte der gribes til en løsning med et synligt kabel. Der blev på den nærmeste lofts-dåse sat en udvendig roset, og fra denne blev et synligt kabel ført hen til den lette væg og ind i denne. Dette blev dog kun foretaget i sekundære rum.

I enkelte tilfælde var det nødvendigt at lægge et rør ved gulv, nemlig hvor det lodrette kabel i elementet var ødelagt. Der blev da etableret en forbindelse mellem to stikkontakter. Denne løsning var forudset ved projekteringen af elementerne, idet der forneden i elementerne var lavet en udsparring, så der var adgang til stikkontakterne nede fra.

En lignende løsning blev brugt, hvor der ved en dør skulle placeres afbryder og/eller stikkontakt. Da denne mulighed ikke var

Forbindelse mellem to betonelementer

Forbindelse mellem modstående vægge

Forbindelse mellem betonelement og let væg

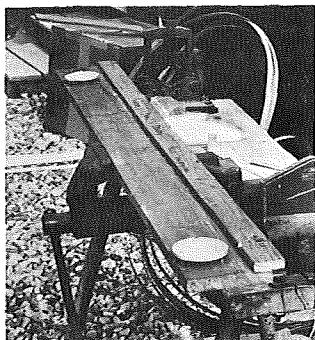
Forbindelse til erstatning af ødelagte kabler

Afbrydere og stikkontakter ved dør

Præfabrikation af rør
til indlægning i
etagekryds

indbygget i systemet, måtte der føres et rør fra den nærmeste stikkontakt til døren.

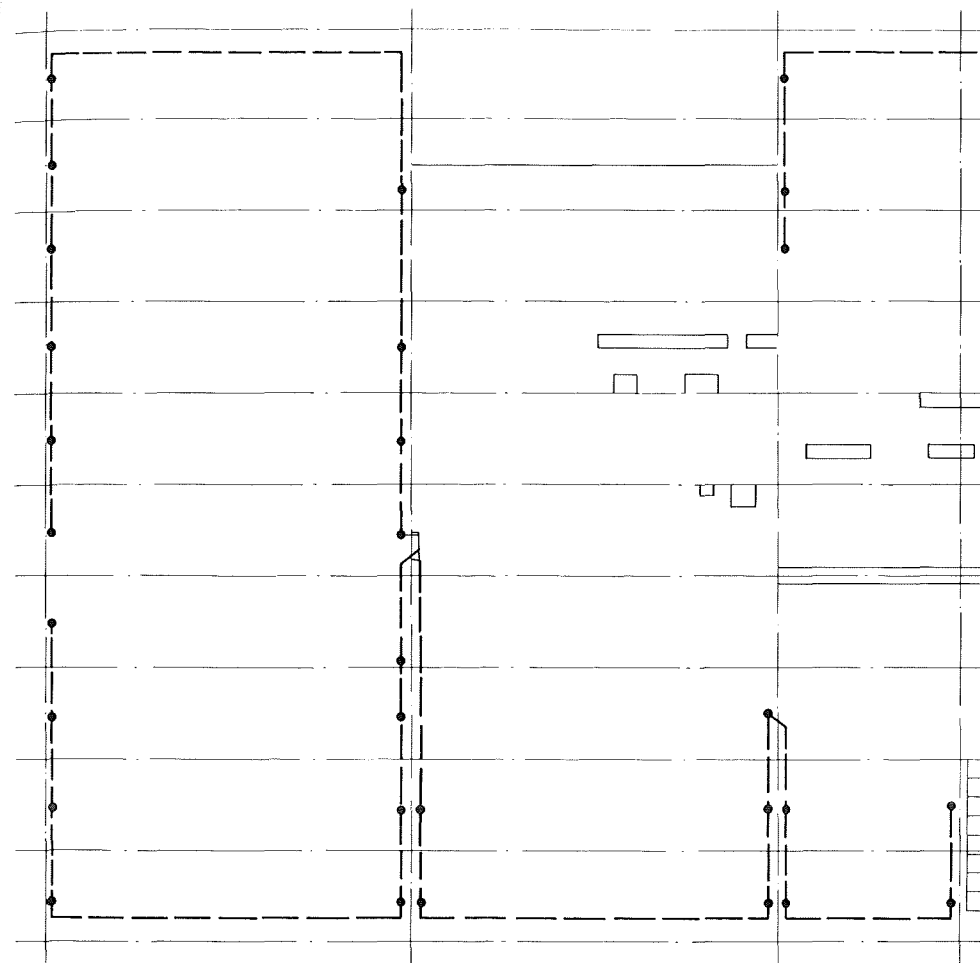
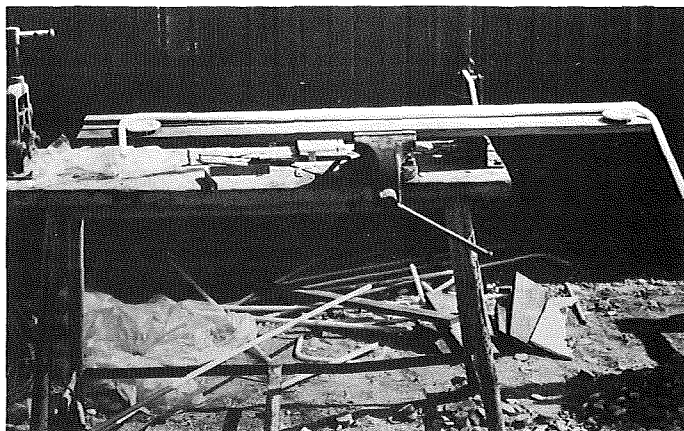
Da hovedparten af de rør, som skulle lægges i etagekrydsene, skulle være af samme længde, systemiseredes fremstillingen af rørene som vist i figur 6-8. Der er her vist den skabelon, som elektrikereren fremstillede, og som bidrog til at lette arbejdet. Til brug for montagen af rørene blev fremstillet den i figur 9 viste tegning.



Figur 6, til venstre. Skabelon for rør til indstøbning. Skabelonen består af en bundplade, hvorpå der er monteret to runde låg fra marinedåser. Om disse låg bukkes rørene med en almindelig bukkefjeder, og til styring af rørene er der påsat en bagliste.

Figur 7, til højre. Udførelse af bukkeoperationen. Rørene er først afkortet på længde, og bukkes derefter – først i den ene ende og derefter i den anden.

Figur 8. Det færdigbukkede rør. Der blev fremstillet ca. 100 rør ad gangen. Rørene blev derefter båret op på etageadskillelsen, hvor de var klar til udlægning.



Figur 9. Montagetegning til brug for placering af de præfabrikerede rør i etagekrydsene.

Erfaringer fra forsøgsbyggeriet

Forsøgsbyggeriet gav såvel positive som negative erfaringer – og begge dele kunne udnyttes til den videre udvikling. De positive erfaringer bestod dels i en vellykket elementproduktion, og dels i at det lykkedes at gennemføre byggeriet relativt smertefrit med de ret primitive elementer. De negative erfaringer hidrørte i overvejende grad fra, at systemet ikke var færdigudviklet.

Systemet

De mange nødløsninger afslørede, at det ikke er nok blot at have et element med kabler i. Der må foreligge et system, hvor fremføringsproblemerne – i hvert fald de fleste af dem – er klarlagt på forhånd.

Rør i etagekryds

Det viste sig bl.a. at være en dårlig løsning at lægge rør i etagekrydsene, fordi lægningen af rørene skal foregå på et meget kritisk tidspunkt. Udstøbningen af etagekrydset skal helst foretages meget kort tid efter, at dækelementerne er udlagt, og i dette korte tidsrum skal elektrikerer nå at lægge rørene. Dette resultat var ikke uventet, men den nævnte metode var den mest nærliggende mulighed for at få projektet gennemført.

Herudover skal nævnes de statiske problemer. Etagekrydset blev næsten fyldt helt op med rør og armeringsjern, så der dårligt var plads til betonen.

For fuldstændighedens skyld skal bemærkes, at rørene i etagekrydsene ikke tåler den varmpåvirkning, som forekommer, når sne og is på betonelementerne afsmeltes ved hjælp af flammekester eller varmekanon. Kabler kan heller ikke tåle varmen.

Dåser

Blandt de mangler, der let kan afhjælpes, var en for kneben plads i den øverste dåse. Dette var dog også ventet p.g.a. det store antal ledere. Dåser bør derfor være væsentligt større end den anvendte type.

Svagstrømsinstallationer

Det lykkedes ikke at få svagstrømsinstallationerne inkorporeret i forsøget. Derfor var der i byggeriet alligevel rør under gulv, nemlig til telefonstikkontakter. Den færdige installation blev en blanding, fordi der ved installationen til antenneanlægget er brugt planforsænket materiel af minitangenttype, mens telefonmateriellet er sat uden på elementerne i panelunderlag.

Elementerne

For elementernes vedkommende kunne i det store hele noteres gode erfaringer, bl.a. en meget beskedent fejlprocent. Der var dog som nævnt i det følgende visse detaljer, som kunne forbedres.

Rørender uden for elementer

For at markere dåsernes placering øverst i elementet havde man på elementfabrikken forsynet dåserne med nogle korte rørstykker, der ragede op over elementet. Det viste sig, at disse rørstykker i nogle tilfælde blev trykket ned ved udlægningen af dækelementerne.

Tudenes placering i elementet

Et andet problem var, at dåsernes tude sad næsten helt fremme i forkanten af dåserne. Når dækelementerne blev lagt ud, kunne det derfor ske, at disse skjulte en del af tudene, hvilket bevirkede, at der enkelte steder måtte hugges en lille smule af dækelementet, for at røret kunne indføres i dåsen. En nærliggende løsning vil være at flytte tudene i dåsen et stykke tilbage i elementet, samt at lave en forsætning på indgangen til dåsen.

Fejlprocent i elementproduktionen

Selv om et af de primære formål med anvendelse af indstøbte kabler var at reducere fejlprocenten, forekom der naturligvis også fejl ved denne produktion, hvilket ikke overraskede i betragtning af produktionens forsøgsræssige karakter. Fejlprocenten var imidlertid væsentligt lavere, end det normalt er tilfældet ved rørdstøbning.

Hovedparten af fejlene kunne lokaliseres meget nøje, nemlig til kablets indføring i dåsen. Ved fastgørelsen af kablerne i dåsen anvendtes en til formålet udviklet tulle. Denne tulle skal gribe ind i to huller i dåsen, samtidig med at den klemmer om kablet. Hullerne i dåsen var boret manuelt, hvorved der kunne opstå en skævhed mellem de to huller. Dette gjorde, at tyllens holdere ikke i alle tilfælde under udstøbningen greb ind i begge hullerne, hvilket bevirkede, at kablet blev revet ud af dåsen. Denne fejl kan der tages højde for i efterfølgende projekter.

Når fejlen er rettet, skulle man kunne komme ned på en ekstremt lav fejlprocent. I den aktuelle produktion blev der konstateret fejl på 6 pct. af elementerne, men kun i tre tilfælde (0,2 pct.) var der tale om egentlige elektriske fejl. I to af de tre tilfælde var kablet kommet i klemme i et montagehul, og i sidste tilfælde var der ved afisoleringen af ledningerne skåret igennem isoleringen, således at der ved stødprøven var en direkte kortslutning.

Økonomiske erfaringer

Forsøg som de beskrevne er naturligvis ikke gratis. De merudgifter, som forsøget indebærer, indgår altid med fuld vægt, hvor-

imod eventuelle besparelser er meget vanskelige at hente hjem. Endvidere vil det være naturligt for de implicerede entreprenører at dække sig ind over for en uprøvet fremgangsmåde – selv om den på papiret ser nok så let ud.

Budget

Der blev på forhånd opstillet et budget, som ved indgreb i installationen på et så sent tidspunkt viste, at der ville være en direkte merudgift på ca. 30.000 kr. Til de direkte udgifter skal naturligvis lægges den tid, der er anvendt af de i forsøget implicerede parter.

De direkte udgifter blev fordelt på den måde, at NKT betalte kablerne, LK-NES betalte værktøj, tyller og samling af kabel og dåser. Modulbeton betalte dåserne, mens A. Jespersen & Søn dækkede installatørens merpris. Af direkte udgifter ud over de førnævnte kom udarbejdelse af tegninger og beboervejledning, som blev udført af P.E. Malmstrøms tegnestue. Afprøvningen af elementerne blev foretaget af og betalt af SBI.

Merpris pr. lejlighed

Den direkte merpris androg ca. 500 kr. pr. lejlighed eller 5 kr./m² etageareal. Hvis et lignende byggeri skulle opføres igen, ville det være muligt at indhente en hel del af de besparelser, som vitterligt blev noteret – men ikke honoreret.

Fejl i den oprindelige installation

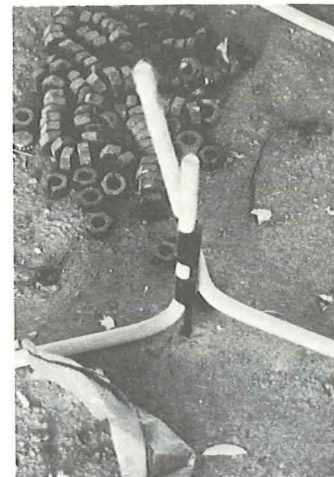
I de af byggeriets blokke, der ikke indgik i forsøget – det var 10 ud af i alt 12 blokke – forekom fejl, som kunne have været undgået ved brug af det system, som forsøget drejede sig om. Nogle af disse fejl er beskrevet i det følgende.

Tilslutning til lette vægge

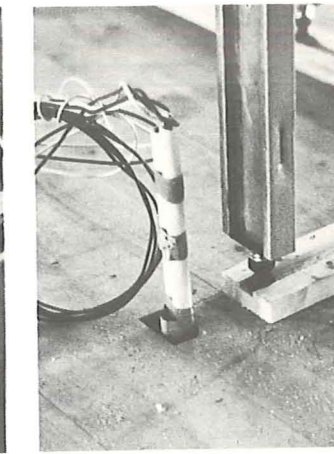
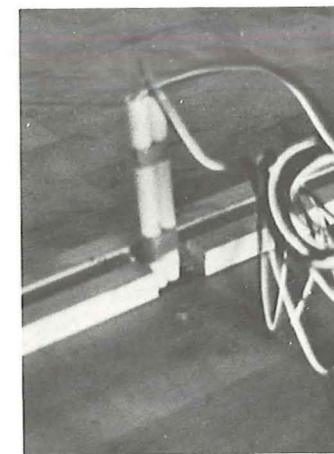
I et traditionelt projekt findes også problemet med tilslutning til de lette vægge. Oprindeligt blev rørene udlagt på dækket og bukket op, hvor de skulle gå op i den lette væg. Denne metode var ikke god, da rørene ofte blev flyttet, før væggen kom. Man gik derfor over til at bore et hul i dækket og i dette placere et armeringsjern, hvortil røret blev fastgjort, se figur 10. Denne metode var bedre, men ikke helt tilfredsstillende, selvom fejlenes antal blev noget mindre. På figur 11 og 12 er vist nogle eksempler fra anvendelsen af denne metode.

Stikkontakters højdeplacering

I dette byggeri blev panelunderlag opsat og tilsluttet de indstøbte rør, når elektrikerne havde udlagt rørene på dækket. Grunden til at man opsatte underlag samtidig med rørlægningen var, at man skulle kunne holde rørene fast, så de ikke blev flyttet fra det sted, hvor panelunderlaget skulle sidde. Først blev opsætningshøjden udmålt, og derefter blev underlaget opsat med en skrue (lodret rille), for at der senere skulle være en reguleringsmulighed. Efter opsætning af panelunderlag så væggen ud som



Figur 10. Fastholdelse af rør til forbindelse til lette skillevægge. I det oprindelige projekt var der problemer med de rør, som blev udlagt på dæk til forbindelse med de lette vægge, som senere blev anbragt. Problemerne – som bestod i, at rørene ikke var i korrekt stilling, når væggen blev anbragt – blev delvis løst på følgende måde. Til fastholdelse af rørene blev boret et hul i betondækket, og i dette indsattes et armeringsjern, på hvilket rørene kunne fastgøres ved hjælp af isoleringsbånd.



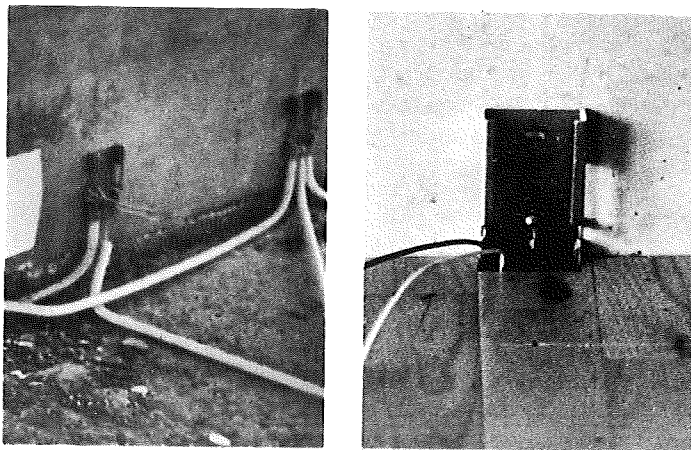
Figur 11, til venstre. Rørenes placering i skillevæggen – når den er korrekt. Det ses, hvordan rørene er placeret inde i skeletkonstruktionen. Rørene vil senere blive dækket af den gipsplade, som påsættes skelettet.

Figur 12, til højre. Forkert placering af rør i forhold til døråbning i skillevæg. Den i figur 10 og 11 beskrevne metode for fastholdelse af rørene fungerer normalt fortrinligt, men den kan ikke korrigerer fejlplaceringer, som den her viste.

vist i figur 13, hvoraf det fremgår, at det kan ske, at et rør smutter ud af holderen. Der skulle dog komme større problemer.

Da tømreren skulle til at lægge gulvet, blev det konstateret, at alle underlagene (nogle tusinde) sad for lavt, som vist i figur 14. Underlagene måtte nedtages og nye huller bores. Herudover opstod der det problem, at rørene – som allerede var afkortet – skulle hives op eller forlænges for at nå op i panelunderlaget.

Dette er et eksempel på en ikke helt usædvanlig fejl, der kan undgås med et system baseret på indstøbte kabler.



Figur 13, til venstre. Panelunderlag opsat på vægelement. Det ses, at det høje rør i det venstre panelunderlag er faldet ud af holderen.

Figur 14, til højre. Forkert placering af underlag i forhold til gulv. Underlaget kan justeres, idet der kun er sat én skrue i underlaget, og denne er sat i den lodrette slids. Men selv om underlaget hæves så meget, som det kan, vil det stadig være neden under gulvet, og dette medfører, at der må bores nye huller for underlaget. Desuden opstår der det problem, at nogle af rørene muligvis ikke er lange nok.

Beboervejledning

Da forsøgene i de to blokke i Torslunde-Ishøj var fuldført, besigtigede Elektricitetsrådet den færdige installation. Ved denne lejlighed blev det nævnt, at rådet – som foreslået af de projekterende – meget gerne så, at der blev udarbejdet en beboervejledning, hvori der blev angivet, hvilke umiddelbare muligheder der var for en udvidelse af installationen uden indgreb i de andre

bygningsdele. En sådan vejledning ville også lette installatørens arbejde, da det kun var i to af de tolv blokke, denne installationsmåde var anvendt. P.E. Malmstrøm's tegnestue udarbejdede derfor en beboervejledning, som blev uddelt til de beboere, der flyttede ind i blok 10 og 12, hvor forsøgene var udført. Vejledningen gennemgår i korte træk hvilke muligheder, der er for opsætning af nye stikkontakter og lampeudtag.

Der er i vejledningen givet oplysning om, at fejl i de indstøbte kabler kan rettes ved brug af rørforbindelser, der er indlagt. Desuden er der vedlagt en tegning af de enkelte etager med angivelse af de lampestedplaceringer, der umiddelbart er tilgængelige, samt en skitse af betonelementets udformning og forbindelse i etagekrydset. I bilaget er gengivet den del af beboervejledningen, som vedrører el-installationen, se s. 54.

Forslag til system med indstøbte kabler

Med erfaringerne fra forsøgsbyggeriet gik arbejdsgruppen i gang med udvikling af et elementsystem, eller rettere sagt et el-installationssystem, der kunne integreres med et betonelements-system.

Dette udviklingsarbejde dækker i virkeligheden over 3 sæt af resultater, som kan anvendes delvis uafhængigt af hinanden, nemlig:

1. Teknikken for indstøbning af kabler i betonelementer.
2. Et el-installationssystem bestående af et kabelnet med tilhørende indstøbningsdåser.
3. Et integreret system bestående af vægelementer med el-installation.

Hovedvægten i den følgende beskrivelse er lagt på 3, men det er muligt at anvende resultaterne fra 1 og 2 i anden sammenhæng end den her beskrevne.

Elementsystemet er et modulært system baseret på et 24M element.

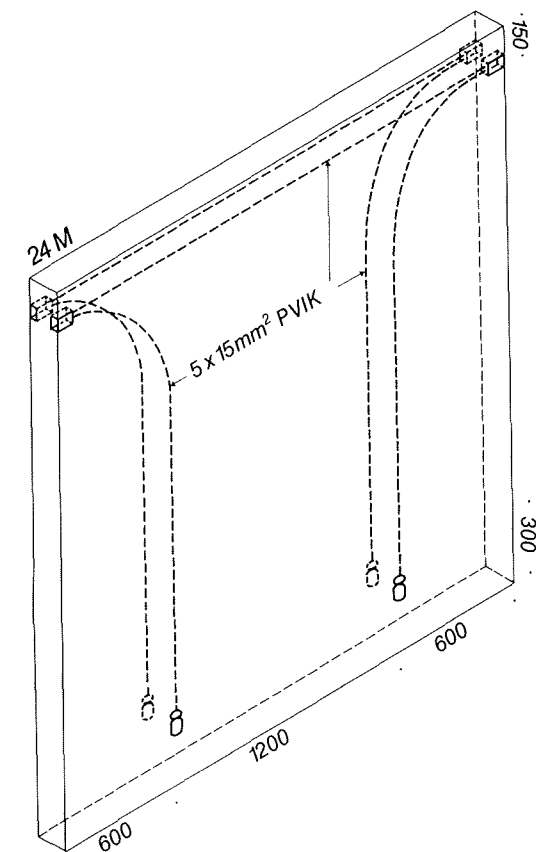
Elementet

Til et element hører to ens kabelnet, hvert bestående af 3 stk. $5 \times 1,5 \text{ mm}^2$ plast-installationskabel (PVIK). Det ene kabelstykke er indstøbt vandret i elementet foroven, og de to andre stykker kabel er indstøbt lodret i elementet, se figur 15. Alle kabler ender i indstøbte dåser. Foroven i kanten af betonelementet er indstøbt samledåser, der også kan bruges som dåser for lampeudtag, og fornedent — 30 cm fra underkant af elementet og 60 cm fra kanterne af elementet — er indstøbt kombinationsdåser. Til samledåserne kan anvendes blændlåg eller låg, hvori kan sættes lampeudtag. Hver side af elementet er forsynet med sit separate kabelnet.

Elementsortimentet

Der er behov for andre elementstørrelser end 24M, og et standardsortiment kan f.eks. se ud som vist i figur 16, idet en større eller mindre variationsdækning kan indbygges. Afgørende for princippet i el-installationen er imidlertid:

1. *Alle* standardelementer er forsynet med el-installation.
2. *Alle* standardelementer har el-installation opbygget af et og samme kabelnet.



Figur 15. Basiselementet i systemet med indstøbte kabler. Kabelnettet findes på begge sider af elementet.

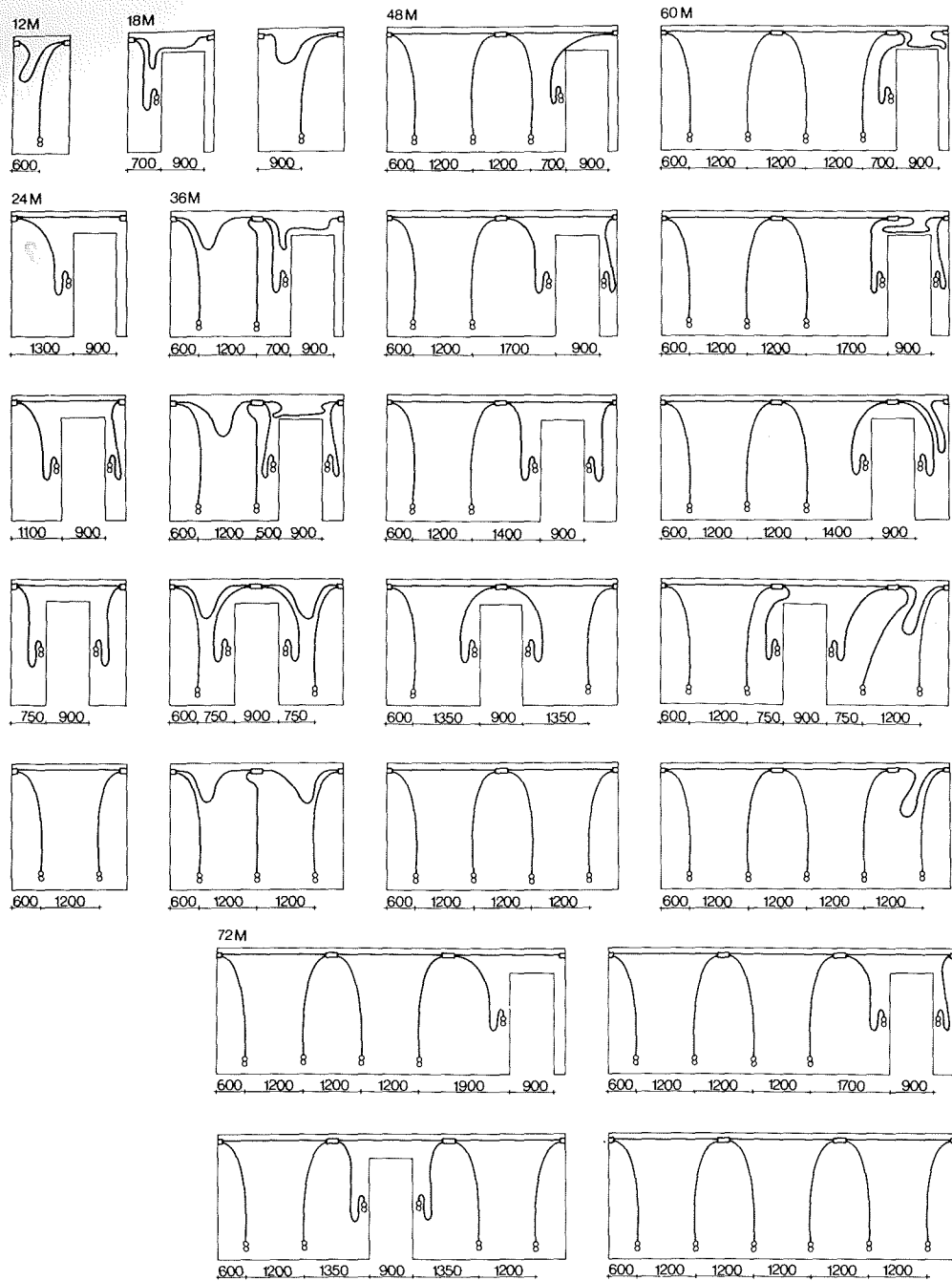
Anvendelse af elementet

Det anvendte kabelnet er vist i figur 17. Nettet kan bruges på forskellige måder, idet der kan anvendes forskellige overdele til dåserne, og der kan klippes dele af nettet.

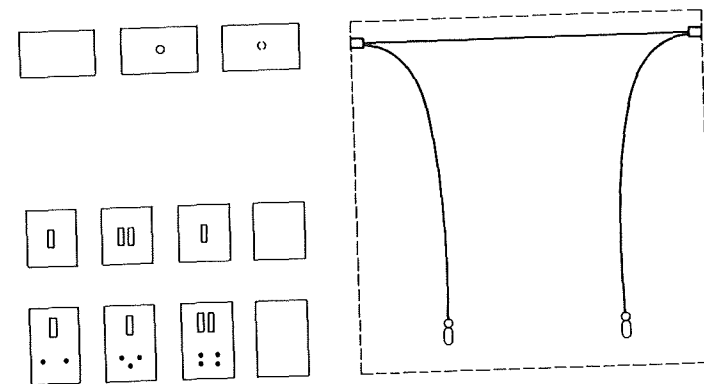
Elementet med indstøbte kabler er udviklet til anvendelse i etageboligbyggeriet. I kontor- og institutionsbyggeri kan systemet også anvendes, selv om det ikke er specielt udviklet til dette formål. Indstøbningsteknikken og ideen med at have et standardiseret kabelnet kan uden videre anvendes i en lang række tilfælde.

Samlinger

El-installationen i hvert af elementerne skal forbindes til en forsyningsledning og skal eventuelt selv være forsyningsledning hen til et andet element eller en anden del af el-installationen.



Figur 16. Eksempel på standardsortiment for vægelementer. Alle standardelementer er forsynet med el, og installationen er i dem alle opbygget af det i figur 17 viste kabelnet.



Figur 17. Elementets kabelnet. Flexibiliteten i dette nets anvendelse består dels i, at dåserne kan forsynes med forskellige overdele – blænddæksler, lampeudtag, stikkontakter og afbrydere – og dels i, at de bøjelige kabler muliggør forskellige placeringer af dåserne. Nettet kan om fornødent reduceres ved afklipping af kabler, som ikke anvendes.

Samling mellem to betonelementer

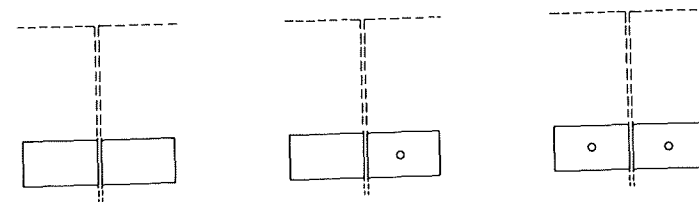
De hyppigste tilfælde af ledningsforbindelse forekommer ved samling mellem to elementer med indstøbte kabler og ved samling mellem et element og en let væg.

Ved samling mellem to betonelementer sker ledningsforbindelsen i de dåser, der er indstøbt i kanten af elementerne, se figur 18. Ledningernes ender i dåserne er så lange, at de kan nå over i dåserne i elementet ved siden af og samles der med samlemuffer. Man kan selv bestemme, om man eventuelt vil samle nogle af ledningerne i den ene dåse og de resterende i den anden.

På samledåser kan monteres blænddæksler og lampeudtag som vist i figur 19.



Figur 18. Samling mellem elementer med indstøbte kabler. I dåsen til venstre er vist en samling af ledningerne. I højre side er vist, hvordan dåsen kan anvendes som gennemgangsdåse.



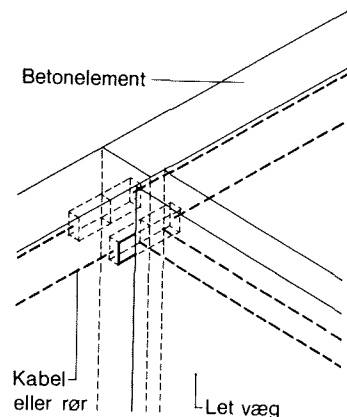
Figur 19. Kombinationer af blænddæksler og lampeudtag ved samling mellem to elementer med indstøbte kabler.

Samling mellem element og let væg

Ledningsforbindelse til lette vægge kan udføres ved tilkobling til samledåsen. I blænddækslet på samledåsen findes en udslagsblanket, og igennem hullet, som fremkommer ved fjernelsen af udslagsblanketten, kan føres enten rør eller kabel. Samling sker i samledåsen ved hjælp af samlemuffer, se figur 20.

En anden mulighed for ledningsforbindelse til en let væg er tilkobling til en stikkontaktdåse.

De øverste dåser (samledåser) giver tilslutningsmulighed for hver 2,4 m. De nederste dåser (stikkontakter) giver tilslutningsmulighed for hver 1,2 m.



Figur 20. Eksempel på samling mellem element med indstøbte kabler og en let væg. Fra den lette væg udgår et rør eller et kabel, som går igennem blænddækslet og ind i samledåsen, hvor samling sker ved hjælp af samlemuffer.

Føringsveje

De i elementerne indstøbte kabler udgør en væsentlig del af de nødvendige føringsveje. Der vil imidlertid være en række tilfælde, hvor fremføringen ikke kan ske i de beskrevne elementer.

Føringsvejene er så at sige indbygget i standardvægelementerne, og i de lette skillevægge kan de nemt etableres. Problemerne vil derfor primært opstå, hvor der anvendes tunge vægge, som ikke er elementer med indstøbte kabler.

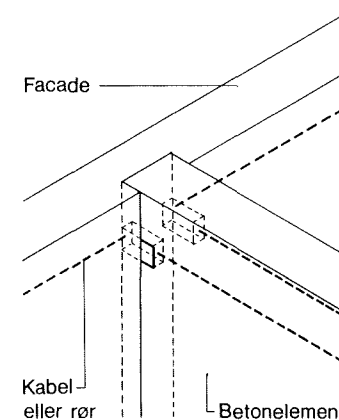
I bygninger med bærende langsgående vægge vil der normalt ikke være problemer med at komme fra en indvendig bærende væg til hjørnerne ved facadevæggen. De tværgående vægge vil som regel være lette vægge, og lejlighedsskellene vil være tunge vægge af standardelementer med el-installationer. Det betyder, at man kan undgå at bruge facadevæggene til fremføring.

I bygninger med bærende tværvægge kan der være problemer med at komme fra en tværvæg til en anden. Der findes ofte en forbindelse i form af en let væg, men undertiden kan det være aktuelt at anvende facaden som føringsvej.

Forbindelse mellem modstående vægge

Hvis der anvendes lette facadevægge, vil det være naturligt at indlægge rør eller kabler i disse. En nærliggende mulighed er ligeledes at lægge et kabel eller en el-liste oppe bag ved gardinkappen eller gardinkassen. Facadeelementer kunne i visse tilfælde med fordel være forsynet med el-installationer som f.eks. vist i figur 21.

Hvis ingen af de foranstående muligheder kan bruges, findes som nødløsning den mulighed at lægge et kabel eller rør i et af de hulrum, som findes i dækelementerne.



Figur 21. Facadeelement med indbygget el-installation.

Tilslutning af badekabine

Hvis en badekabine placeres, så den dækker samlingen mellem to elementer, kan der ikke ske en forsyning ad denne vej, idet samlingen – hvor tilslutningsmuligheden er – tildækkes, hvilket ikke er tilladt. Der vil dog i reglen være mulighed for forsyning fra en anden dåse, se i øvrigt figur 22.

Kraftinstallation

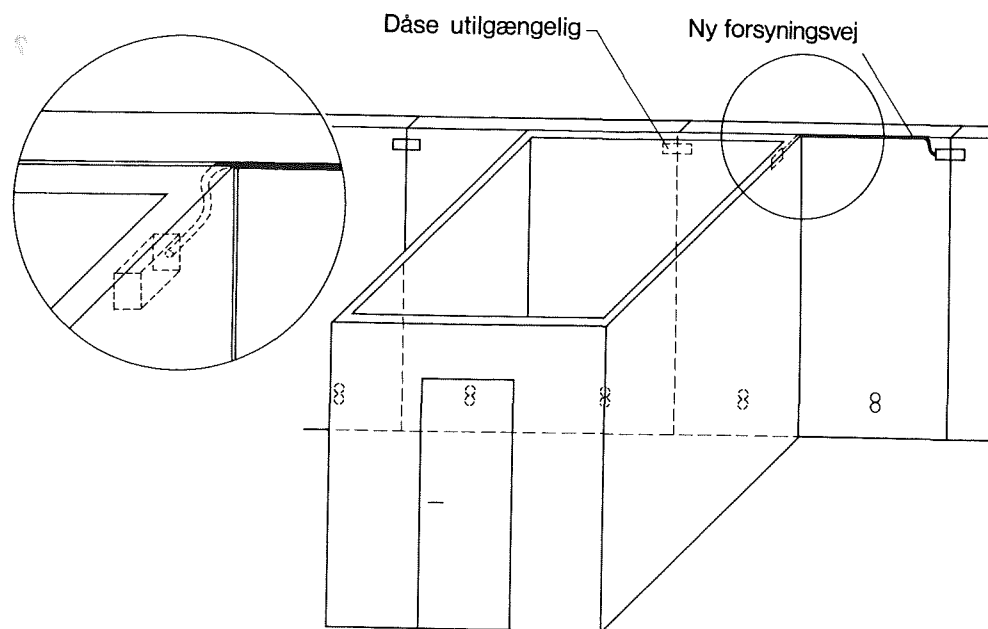
Elementsystemet er ikke udbygget til at klare en kraftinstallation, dvs. installation til komfur, opvaskemaskine o.lign., så en særlig løsning vil her være nødvendig. Såfremt der er kollektivmåling i ejendommen, kan det ofte betale sig at lægge en særskilt stigeledning til kraftforsyningen, fordi de tilhørende el-forbrugende apparater næsten altid er koncentreret i samme rum, nemlig køkkenet.

Svagstrømsinstallation

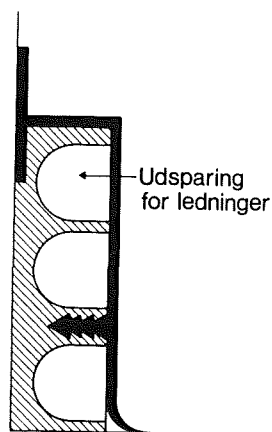
Elementsystemet med indstøbte kabler rummer på sit nuværende trin ingen føringsveje for svagstrøm såsom telefon og antenne. Et særligt svagstrøms-fodpanel kunne med fordel anvendes i denne forbindelse, men der er endnu ikke udviklet et egnet system, se figur 23.

Installation for trappelys

Føringsveje for trappelys indgår normalt i betonelementerne på en eller anden måde. Da trappevægelementet imidlertid altid er en variant, vil det formentlig være uden betydning, om elementet også el-mæssigt er en variant.



Figur 22. Badekabine tilsluttet element med indstøbte kabler. Dåsen bag badekabinen er utilgængelig og må derfor ikke bruges. Dette medfører, at der skal lægges et synligt kabel fra den næste dåse til badekabinen.



Figur 23. El-liste til svagstrøm. Forreslås udviklet til f.eks. anvendelse sammen med elementer med indstøbte kabler.

Elementet med indstøbte kabler i byggeprocessen

Anvendelse af elementer med indstøbte kabler medfører en række ændringer i så at sige alle led i byggeprocessen – overvejende positive ændringer, men alligevel ændringer, som skal indarbejdes. De væsentligste af disse er nævnt i det følgende.

Projektering

Anvendelse af elementer med indstøbte kabler gør projekteringen enklere, idet de fleste af føringsvejene er lagt på forhånd. Der kan være enkelte forbindelser, som kræver en indsats, men ellers består den væsentligste del af projekteringen i at markere, hvilke overdele (blænddæksler, lampeudtag, afbrydere, stikkontakter), der skal sættes på dåserne, samt fastlægge opdeling i grupper. Hver side af et element kan kun rumme én gruppe. Denne gruppe kan principielt være flerfaset, men der vil som regel kun være mulighed for énfasede grupper i elementerne – hvilket ikke er nogen alvorlig indskrænkning.

Lederantallet i kablerne (5) er afpasset således, at der i en normal bolig kan opnås en god lysinstallation, hvor der også er plads for nogle korrespondance-tændinger.

Produktion

Et af de primære formål med udviklingen af elementet med indstøbte kabler var at opnå en mere rationel produktion, et mindre sortiment, og en bedre økonomi gennem en lavere fejlprocent. I hvilken grad dette er lykkedes, kan ikke måles, før elementet er i produktion – en del af fordelene er dog konstateret gennem de forsøg, der er gjort.

Fejlprocent

Som tidligere nævnt er det ved forsøg godtgjort, at fejlprocenten skulle kunne reduceres ganske betydeligt. Den væsentligste grund hertil er, at man helt undgår rør, der løsner sig fra dåserne under elementets udstøbning. Denne fejl, som gav anledning til efterreparationer såvel på fabrik som på byggeplads, undgås helt ved anvendelse af kabler.

Standardkabelnet

Elementets kabelnet findes kun i én udgave (som består af 2 samledåser og 2 afbryder/stikkontaktdåser med 3 kabelforbindelser), så styring og lagerføring af el-materiel skulle være væsentlig enklere. Kabelnettet er direkte beregnet til et 24M ele-

Afprøvning

ment. For elementer, som er et multiplum af 24M (48 og 72M), bruges blot flere kabelnet. Samme net bruges til andre elementstørrelser – som f.eks. 18M – blot afklippes en af de lodrette strenge.

Elementer med indstøbte rør kontrolleres normalt enkeltvis på fabrik (søgefjeder), men selv da er der konstateret tilfælde, hvor kontrollen har svigtet.

Det skulle ikke være nødvendigt at afprøve kablerne, som er indstøbt i betonelementerne på fabrikken, da de forsøg, der indtil nu er udført, har vist, at den elektriske fejlprocent er meget lille. Endvidere er det sandsynligt, at den fejl, der eventuelt vil komme, er en synlig fejl. Derfor behøves der ikke et stort afprøvningsudstyr. Man kan ved besigtigelse af kablet i dåsen se, om ledningerne er der, og ved de hidtidige forsøg har det vist sig, at hvis ledningerne er der, er de også intakte.

Montage

Betonelementerne er færdige, når de ankommer til byggepladsen med kablerne indstøbt og dåserne indsat, og kablerne er desuden afisolerede, dvs. at ledningerne ligger klar til montering af de brugsgenstande, der skal påsættes, eller til samling af elementer. For installationen som helhed vil der være flere samlinger, men til gengæld ingen trækninger af ledninger som ved det i dag anvendte system.

Installation under gulv

Ved brug af elementer med indstøbte kabler vil der ikke være el-rør under gulv på strøer. Dette medfører, at man bliver fri for at isolere omkring varmerørene på grund af el-rørene, og samtidig er tømmeren fri for at skære ud i strøerne til el-rørenes passage. Der skal ikke bruges panelunderlag på betonelementerne og derfor ikke skæres ud i gulvbrædder for opføring af rørene til panelunderlagene. Fodpanelet bliver ikke brudt af panelunderlaget. El-installationen vil ikke hindre anvendelse af andre gulvlægninger end gulv på strøer.

Manglende ledningsender

En risiko ved systemet er, at der er frie ledningsender, der stritter ud af dåserne i betonelementerne. Hvis ondsindede personer vil lave hærværk på byggeriet, så kan de hurtigt og bekvemt afklippe alle ledningsenderne. En sådan fremgangsmåde ville være ret katastrofal for systemet. Der bør på alle dåser være påsat låg for at mindske denne risiko.

Tolerancer ved elementsamlinger

Hvor to elementer samles, og der sidder en dåse i hvert element, hvor disse støder mod hinanden, kan der opstå en forskydning i lodret plan mellem dåserne. Der kan ligeledes være afstand mel-

Afbrydere og stikkontakter ved dør

Interimistisk installation ved hjælp af kabelnettene

I produktionsleddet

lem dåserne, men såvel denne forskydning som afstanden skulle kunne optages af låget på dåsen.

Elementer med dørhuse vil blive fremstillet med dåse for afbryder/stikkontakt på begge sider af dørhullet, hvilket skulle medføre, at der er uafhængighed mellem el-installation og dørens hængslingside. Dette gælder dog ikke, hvor der er 24M ben i den ene side af døråbningen, da der ikke vil være el-installation i 2M benet. (2M benet svarer til, at der er 20 cm fra kant af betonelementet til dørhul).

Kablerne i betonelementerne kan tages i brug umiddelbart efter, at elementerne er stillet op. Man kan bruge de indstøbte kabler til en interimistisk installation under byggearbejdet. Man kan endda på et meget tidligt tidspunkt lave en færdig installation, hvilket dog nok er lidt betænkeligt. Hvis der påsættes afbrydere og stikkontakter, inden der er malet, tapetseret og huset er næsten færdigt, må det forudses, at disse kan komme ud for en ublid behandling.

Økonomi

Økonomien kan ikke vurderes ved betragtning af el-installationen alene. Udgifterne til el-materiel vil blive større, men der kan til gengæld spares i produktions- og montagearbejdet.

De mest realistiske besparelsesmuligheder ligger i produktionsleddet. Det vil blive muligt at køre en egentlig standardproduktion, hvor antallet af varianter er betydelig reduceret, dels fordi alle elementer er med el-installation, og dels fordi installationen i det enkelte element er rigelig. Fordelene ved en standardproduktion er såvel at omstilling af forme (bl.a. flytning af klodser på forside) undgås, som at hele styringen af produktion, lager og udkørsel forenkles.

Selv om en produktion til lager (uden ordre) næppe vil blive aktuel, vil der alligevel være fordele ved en mere standardiseret produktion. Man ser i disse år, at mange produktioner af byggekomponenter (som f.eks. facadeelementer) undergår en "anti-standardisering" af frygt for monotoni. De her omhandlede væg-elementer må dog siges at være så anonymt et produkt, at de næppe kan influere væsentligt på arkitekturen ud fra deres geometriske forhold. Også til mindre standardiserede produktioner vil man dog kunne anvende kabelnet.

Reduktionen af fejlprocenten, som er omtalt tidligere, vil også være medvirkende til, at et element med indstøbte kabler fra fabrikken skulle kunne leveres til en pris, der ikke overstiger prisen for de i dag kendte elementvarianter. Hvorledes den virkelige

På byggepladsen

pris bliver, vil naturligvis afhænge af de markedsmæssige forhold, men egentlige prisstigninger skulle være unødvendige.

Der kan noteres en lang række fordele, som skulle resultere i en besparelse, hvilket imidlertid nok vil blive svært at få realiseret.

El-installatørens grundlag for afgivelse af pris vil være væsentlig anderledes end i dag, da der vil ske en betydelig forenkling af arbejdsprocessen. Materialeforbruget vil falde, og grundlaget for en mindre fejlprocent er til stede. Alt dette sammenholdt med det nuværende tids- og materialeforbrug skulle give grundlag for en prissænkning.

Andre forhold, der også skulle virke prisbesparende, er, at der ikke skal isoleres om varmerørene p.g.a. el-rørene, og at tømmeren ikke skal stemme ud i strøer og gulvbrædder for el-rør.

Elementet i brug

Elementer med indstøbte kabler skulle medføre, at boligen fik en mere rigelig el-installation, som ikke var dyrere. Den installation, man får, er imidlertid på mange punkter forskellig fra den traditionelle.

Der er ingen mulighed for at udskifte kablerne i betonelementerne. Hvis en lodret streng bliver fejlramt, kan man i stedet anvende den nærmest liggende. Betonelementerne har strenge indstøbt pr. 1,20 m, således at der skulle være rigeligt, selv om en streng skulle svigte. Hvis den vandrette streng, som ligger foroven i elementet, går i stykker, skal installationen kobles om, således at det fejlramte stykke bortkobles, og elementet i stedet fødes fra den anden ende.

Fejl i kabler skulle høre til sjældenhederne, men det kan ske, at en boremaskine rammer kablet.

Mulighederne for udvidelse af installationen er på forhånd fastlagt, når man betragter det enkelte element med de 5 ledere og det placerede antal lampeudtags-, afbryder- og stikkontaktlåser. Da man normalt ikke fra starten vil bruge samtlige ledere og låser, vil det sige, at der er indbygget betydelige udvidelsesmuligheder. En fuldt udbygget installation ville rumme væsentlig mere end svarende til stærkstrømsreglement og normal installationsstandard.

Udskiftelighed

Muligheder for udvidelse af installationen

Forsøgsgrundlag for udvikling af elementet

Inden den egentlige udvikling af elementet med indstøbte kabler kunne starte, var der en del forhold, der skulle undersøges. Det angik både el-tekniske og støbetekniske forhold, og desuden skulle der udvikles egnet el-materiel. Der var naturligvis samlet en hel del erfaringer fra forsøgsbyggeriet, men dér var der kun indstøbt lodrette strenge. Samlinger havde desuden været foretaget i dåser, som blev forbundet med rør, og ikke — som det var påtænkt fremover — i dåser placeret umiddelbart op mod hinanden ved elementkanterne.

Gennemgang af lejlighedsplaner

Det blev på et tidligt tidspunkt af arbejdet klart, at der kunne opstå problemer, når et fast kabelnet indstøbt i et betonelement skulle kunne bruges i alle lejlighedstyper. Derfor blev der indsamlet en del tegningsmateriale til belysning af installationer i forskellige lejlighedsplaner.

Ved gennemgangen af disse lejlighedsplaner viste det sig, at elementet med indstøbte kabler i alle tilfælde kunne klare lysinstallationen, men der kunne opstå problemer ved kraftinstallationen. Disse problemer kunne dog klares ved hjælp af to stikledninger. Konklusionen af hele denne undersøgelse blev, at elementet med indstøbte kabler kan klare alle de lejlighedstyper, der blev gennemgået, men det vil fra den rådgivende ingeniør i nogle tilfælde kræve en lille smule omtanke at få installationerne til at gå op. Man kan være nødt til at gå andre veje end den direkte, når man f.eks. skal fra afbryder til lampested.

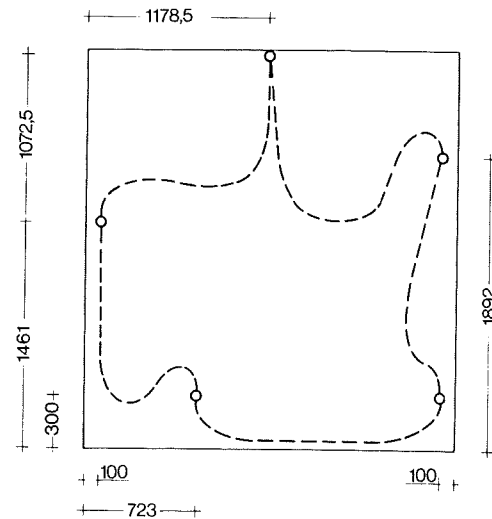
Indstøbning af kabler

Fra forsøgsbyggeriet forelå de gode resultater med de lodrette indstøbninger, hvor der var anvendt stramme kabler. Det ville imidlertid være en stor fordel ved elementudformningen, hvis man kunne arbejde med løse kabler — altså kabler med en vis overlængde — og med vandretliggende kabler.

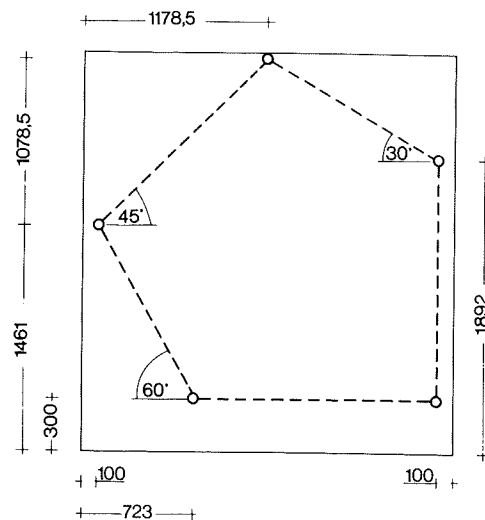
Det blev vedtaget at foranstalte en forsøgsrække med henholdsvis løse og stramme kabler i elementerne. Der blev fremstillet i alt 4 betonelementer, hvoraf de 2 havde løse kabler og de 2 an-

Forsøg med løse og stramme kabler

dre stramme kabler. Alle 4 betonelementer havde kabelnet på begge sider, se i øvrigt figur 24 og 25, der viser dåseplacering og kabelføring.



Figur 24. Placering af dåser i forsøgsэлемент for indstøbning af løse kabler. De stiplede linier antyder konfigurationer, som de løse kabler kan danne.



Figur 25. Placering af dåser i forsøgsэлемент for indstøbning af stramme kabler. De stiplede linier angiver kablernes placering.

Det eneste, som blev fastholdt under udstøbningen af betonelementerne, var dåserne. Kablerne kunne derimod bevæge sig frit under udstøbningen, men fik dog påsat afstandsringe af plast.

Da forsøgsэлеmenterne var færdige, blev de udsat for følgende undersøgelser:

1. Elektrisk afprøvning.
2. Kortlægning af kablernes placering.

På dette grundlag skulle det være muligt at fastlægge nogle regler for kabelnettets placering og udformning.

Elektrisk afprøvning

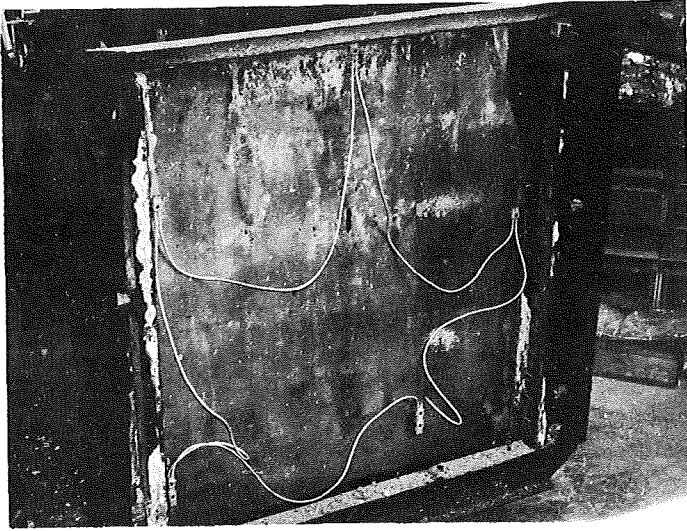
Efter at de 4 elementer var færdigstøbt, blev alle de indstøbte kabler afprøvet, først for gennemgang leder for leder, og derefter blev de stødprøvet med 5kV mellem én leder og de resterende ledere. Det viste sig både ved måling af gennemgang og ved stødprøven, at alle kabler var intakte. Desuden viste det sig, at alle ledningsender var blevet i dåserne, så forsøget var i denne henseende lykkedes fuldt ud.

Kablernes placering

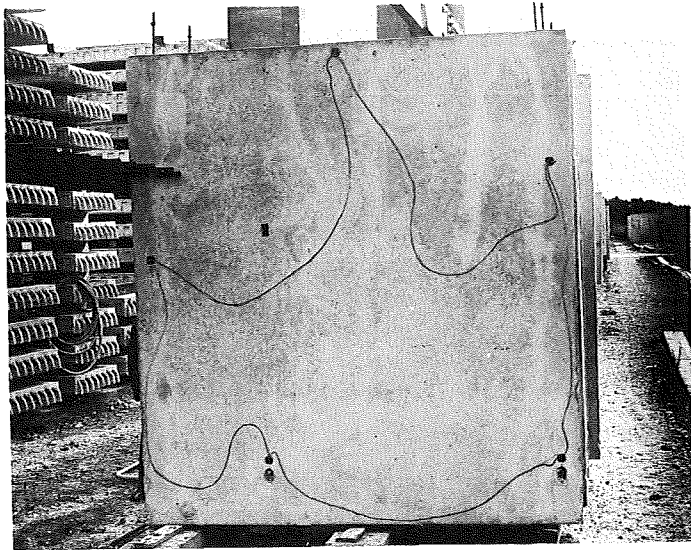
Det var desuden af interesse at vide, hvor i elementet kablerne havde placeret sig. Ved tidligere forsøg var det prøvet at hugge betonelementerne op, således at kabelplaceringen var kendt helt præcist. Det var elementer, hvori der var indstøbt stramme kabler lodret, og ved den undersøgelse havde der ikke vist sig tendens til, at kablerne søgte ud mod betonoverfladen. Det var imidlertid nødvendigt at få bekræftet, at dette heller ikke ville være tilfældet her, fordi nogle af kablerne kunne bevæge sig ret frit p.g.a. overlængden ved de løse kabler. Undersøgelsen blev foretaget af NKT, som havde det bedst egnede udstyr til at bestemme kabelplaceringen uden ophugning af elementet. Undersøgelsen af kablernes placering i dybden (afstand fra elementoverfladen) voldte en del problemer, men det lykkedes at få et tilstrækkelig koncist billede af kablernes forløb.

Fladeplacering

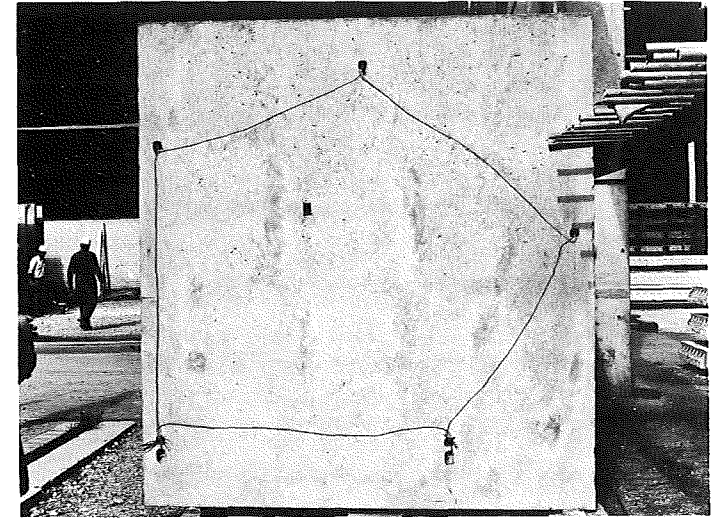
Undersøgelsen af fladeplaceringen viste, at de løse kablernes placering over arealet var meget afhængig af den måde, hvorpå betonen blev hældt i støbeformen. I det element, hvor påfyldningen blev startet i midten af elementformen, var de løse strenges placering nogenlunde lodret. I det element, hvor påfyldningen var startet ude i siden, var kablerne presset ud i siden. I figur 26 og 27 er vist det førstnævnte element før og efter udstøbningen. Elementerne med de stramme kabler viste ingen overraskelser, hvad angår fladeplaceringen. Kablerne lå, som man kunne vente, se figur 28.



Figur 26. Forsøg med indstøbning af løse kabler. Her ses kabelnettet opsat på forsisden før støbningen.



Figur 27. Det færdigstøbte element – det samme som vist i figur 24. De sorte streger angiver kablernes placering i elementet. Det ses ved sammenligning med figur 26, at kablerne ikke har flyttet sig nævneværdigt ved udstøbningen.



Figur 28. Færdigstøbt element med stramme kabler. De sorte streger angiver kablernes placering, og det ses, at forløbet er som man kunne vente.

Dybdeplacering

Forsøgselementerne med de stramme kabler blev ikke undersøgt for dybdeplacering. Dels var en sådan undersøgelse foretaget tidligere, og dels var de løse kabler mere kritiske og derfor interessantere at undersøge.

De løse kabler blev forsynet med 3 afstandsringe på hvert af de 3 kabelstykker. I det ene element blev der anvendt afstandsringe med en diameter på 4 cm, og i det andet tilsvarende med en diameter på 5 cm.

Undersøgelsen viste, at kablerne i de to elementer lå henholdsvis 1,5 cm og 2-4 cm fra overfladen, altså svarende til at kablet visse steder var så tæt på overfladen, som afstandsringen tillod. Den anvendte målemetode gjorde det ikke muligt at detektere plastafstandsringene. Da man imidlertid kendte ringenes placering på kablerne, kunne det med god sikkerhed fastslås, at de steder, hvor ringene sad, samtidig var de steder, hvor kablerne var nærmest overfladen. Det kunne altså tyde på, at ringene kunne have den effekt at trække kablet ud mod overfladen.

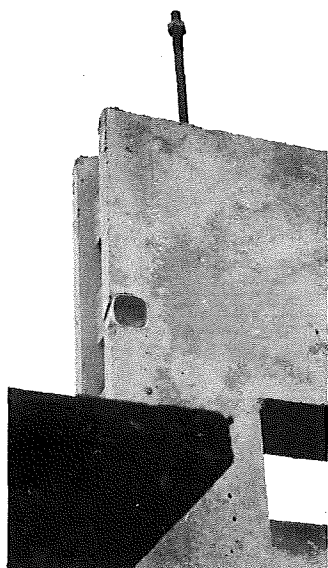
Indstøbning af dåser

Da to af de mulige dåseplaceringer kunne være problematiske, blev der udført forsøg med disse.

Det vigtigste ved disse forsøg var indstøbning af en dåse i elementets kant, da en forudsætning for systemet var, at dette kunne lade sig gøre, således at elementerne kunne forbindes dåse mod dåse. Resultatet blev særdeles tilfredsstillende, som det kan ses på figur 29. Dåsen flugter med elementets kant, som den skal.

Et andet vanskeligt indstøbningstilfælde var placering af en dåse i et 2M ben. Også det lykkedes, men det viste sig senere, at når der også skulle være plads til et kabel, blev konstruktionen uheldig. Se figur 30.

Der blev ved begge disse indstøbningsforsøg brugt det på markedet værende materiale, og ikke prototypen på de udviklede dåser.



Figur 29. Afbryderdåse indstøbt i kanten af et betonelement.



Figur 30. Afbryderdåse indstøbt i et 2M ben. Som det ses, kan det lade sig gøre at få plads til dåsen, men i dette tilfælde er kablet ikke indlagt.

Statiske undersøgelser

Det eneste sted, hvor man kunne forvente statiske problemer, var ved 2M benet. Et sådant ben er problematisk i sig selv – også uden installationer.

Der kan anvendes forskellige typer af armering i et 2M ben. Ringarmering er den foretrukne – den kan være lidt dyrere, men er bedre at arbejde med.

Hvis udgangspunktet er ringarmering, vil der nemt kunne skaffes plads til dåser mellem ringene. Der vil imidlertid stadig være problemet omkring afstanden fra ringarmering til forside, hvilken kun er ca. 10 mm, hvorimod 1 stk. $5 \times 1,5 \text{ mm}^2$ PVIK fylder 12-14 mm. Det blev foreslået, at man lavede en indtrykning i ringarmeringen, men dette ville hæmme brugen af en stavvibrator, og det ville heller ikke i statisk henseende være ønskeligt. Der var ingen tvivl om, at man på en eller anden måde kunne løse dette problem, men det blev opgivet at finde en løsning, fordi det kun i yderst sjældne tilfælde er nødvendigt at have installation i dette ben.

Vurdering af forsøgsresultater

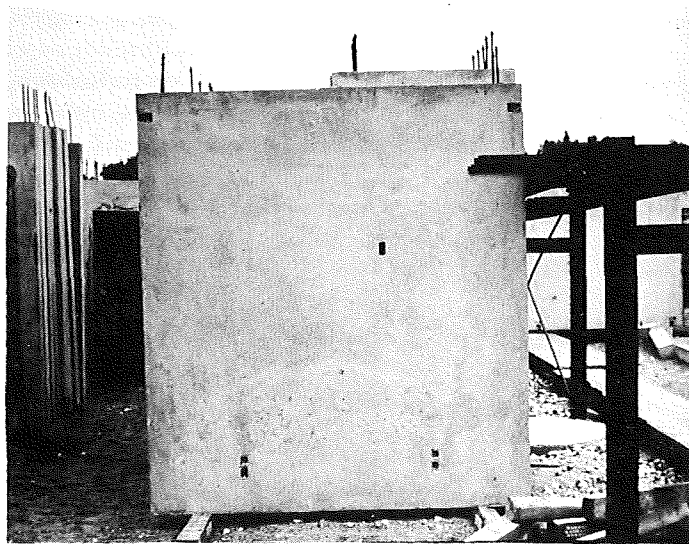
Resultaterne af de angivne forsøg berettigede, at man gik i gang med den endelige udvikling af elementet frem til den form, som er beskrevet i de tidligere kapitler. Ved forsøgene blev der som nævnt anvendt eksisterende el-materiel, da udformningen af dåserne først skulle fastlægges efter forsøgenes udførelse. Dette gjorde det ønskeligt at foretage endnu en række forsøg – denne gang med prototyper af det rigtige materiel.

Ny forsøgsrække

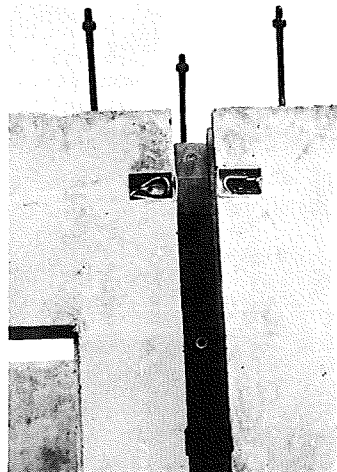
Der blev fremstillet 4 elementer i den endelige udformning. Efter fremstillingen blev elementerne gennemmålt som før beskrevet, og resultaterne var fuldt tilfredsstillende.

Elementerne blev opstillet i et T, således at såvel samlingen mellem to elementer som af et hjørne kunne gennemprøves. Derefter blev elementerne monteret med lampeudtag, afbryder og stikkontakter for, at man kunne vurdere, hvordan det færdige resultat ville tage sig ud. En række billeder fra forsøgene er vist i figur 31-34.

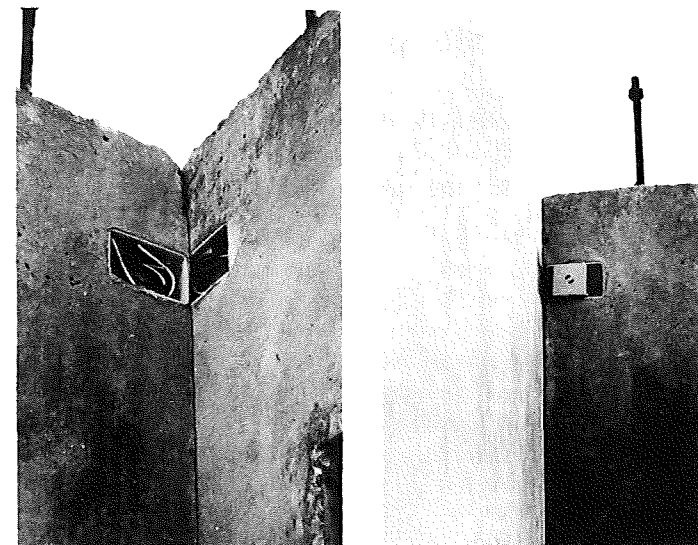
De forsøg, som har været gennemført indtil nu, har vist tilfredsstillende resultater. Man må heraf slutte, at elementet med indstøbte kabler uden risiko skulle kunne sættes i produktion – dog med den udvikling og indkøring, som altid er nødvendig, når en industriel produktion skal i gang.



Figur 31. Prototype af element med indstøbte kabler. 30 cm fra overkant er placeret en dåse i hver side af elementet. For nederen i elementet er placeret 2 stk. dåser hver indeholdende en afbryder- og stikkontaktdåse. Til dette forsøg er brugt dåse type LKNES 102 H1041, hvor tudene blev fjernet i den ene ende, således som det også fremgår af figur 32.



Figur 32. To elementer med indstøbte kabler fotograferet umiddelbart, før de bliver stødt helt sammen. Når dette er sket, fjernes endevæggene i dåserne, hvorefter forbindelsen etableres.



Figur 33, til venstre. To elementer med indstøbte kabler opstillet, så de danner et indvendigt hjørne. Elementerne er placeret således i forhold til hinanden, at det er tilstrækkeligt at fjerne endebunden i den venstre af dåserne for at skaffe forbindelse mellem dem. Samling af ledningerne kan ske i den ene eller den anden dåse efter ønske.

Figur 34, til højre. De to dåser er blevet lukket — den venstre med et blænddæksel og den højre med kombineret blænddæksel og lampestikkontakt, fremstillet specielt til forsøget. For begge dæksler gælder, at de er fastgjort forfra med selvskærende skruer. Dækslerne sidder inden i dåsen, men det bør nok foretrækkes at lade dem gå ud over dåsen, så overgangen dåse-betont kant skjules.

Andre mulige løsninger

I det arbejde, som førte frem til elementer med indstøbte kabler, har der været drøftet en lang række andre løsninger, hvoraf de væsentligste er:

1. Kanaler indstøbt i elementet.
2. Kabler i kombination med el-lister.
3. El-lister alene.

Selv om resultatet af gruppens arbejde blev, at løsningen med indstøbte kabler var at foretrække fremfor de ovennævnte, rummede de andre løsninger dog så mange muligheder, at de bør omtales her.

Kanaler

Den valgte løsning indebærer, at elementerne forsynes med en hel del el-materiel, der ikke umiddelbart kommer i brug – og som måske aldrig kommer i brug. Dette er helt naturligt, og et lignende resultat fås ofte ved standardisering eller typisering. Imidlertid bør man selvfølgelig søge efter løsninger, der både indebærer en standardisering og et minimalt forbrug af materiale.

Den mest materialeøkonomiske løsning ville indebære, at man ikke forsynede elementet med el-materiel under produktionen, men i elementet etablerede et system af hulrum (føringsveje), hvor ledninger eller kabler kunne monteres i fornødent omfang, og hvor systemet af føringsveje kunne tillade senere udvidelser og ændringer i takt med behovet. Det er dog ikke sikkert, at en sådan løsning ville være den mest økonomiske, alt taget i betragtning.

Det i øjeblikket anvendte system, hvor plastrør indstøbes, er en løsning af denne art, og det illustrerer også vanskelighederne. Hvis der skal etableres et hulrum, må dette afgrænses under udstøbningen. I visse tilfælde kan man fjerne og genbruge hulrumsafgrænsningen, men oftest – som ved det indstøbte plastrør – må dette materiale blive siddende og er dermed tabt.

Kanaltyper

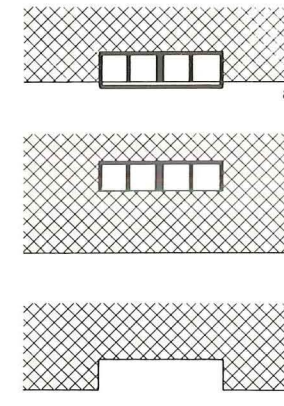
Der er principielt 3 forskellige muligheder, nemlig:

- a. Kanal i elementets overflade. Hulrumsafgrænsningen bliver

siddende efter udstøbningen. Se figur 35a. Denne løsning svarer til en el-liste indstøbt således, at den overalt er tilgængelig.

- b. Kanal inde i elementet. Hulrumsafgrænsningen bliver siddende efter udstøbningen. Se figur 35b. Denne løsning svarer til en indstøbt el-kanal eller en el-liste med fast låg. Adgang til kanalens indre sker ved samledåser eller ved gennemboring af kanalvæg.

- c. Kanal i elementets overflade. Hulrumsafgrænsningen fjernes efter udstøbningen. Se figur 35c. En metode til frembringelse af en sådan kanal kunne være at lade hulrumsafgrænsningen være en del af formsiden. En anden løsning ville være at anvende hulrumsafgrænsning, som blev destrueret efter udstøbningen og afbindingen (f.eks. et opløseligt materiale). Begge metoder er mulige, men i begge tilfælde skal kanalen lukkes med et låg, hvilket ville volde en del problemer – bl.a. ved overgangen mellem låg og element.

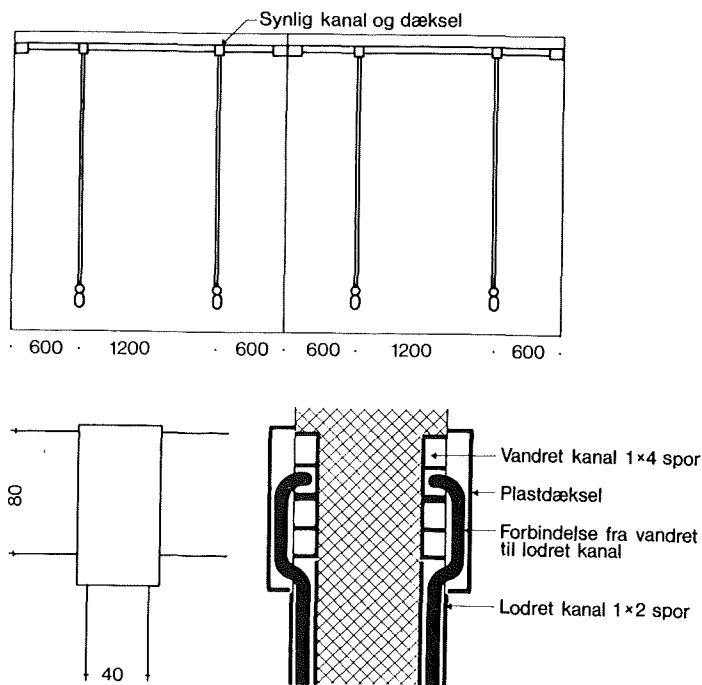


Figur 35. Tre forskellige typer af kanalløsninger, a b c.

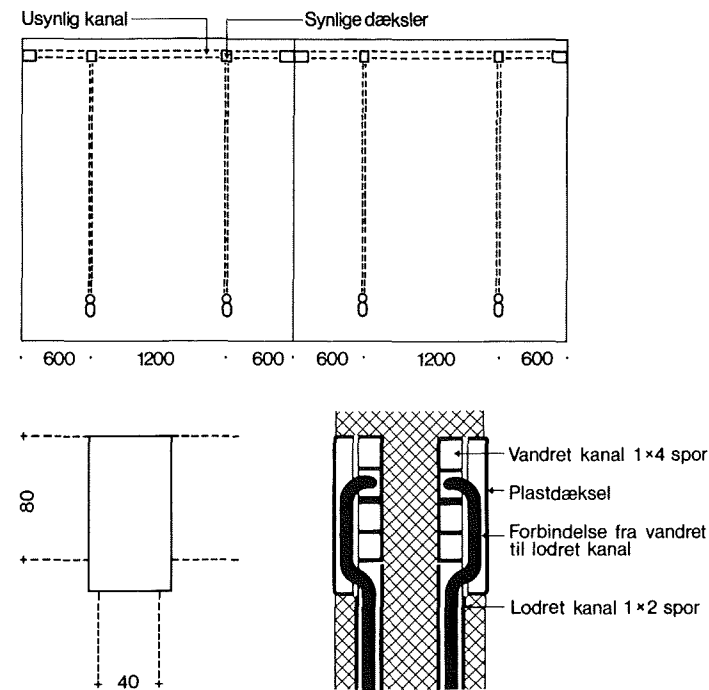
Resultatet af overvejelserne blev, at mulighed a var mest realistisk med dagens teknik, selv om der kunne vise sig vanskeligheder med at få kanallågene til at harmonere med elementernes overfladebehandling. Mulighed b kunne eventuelt også anvendes, hvorimod c, der virkelig kunne indebære en materialebesparelse, næppe var direkte realisabel. Løsninger af modellerne a og b er vist i figur 36 og 37.

Kanalplaceringer

Den gennemgående kanal, der forbinder element med element, kan principielt placeres hvor som helst, men det ville være nærliggende at vælge en løsning ved loft eller ved gulv, fordi man der kan kombinere kanalen med udtag.



Figur 36. Eksempel på element med kanaler i elementets overflade, svarende til figur 35 a. Kanalkapaciteten er den samme som i figur 37. Kanallæg er synlige, men plane med overfladen, så der kan tapetseres hen over dem. Forbindelse mellem vandret og lodret kanal foretages i en udvendig, synlig dåse eller i blændunderlag.



Figur 37. Eksempel på element med kanaler inde i elementet, svarende til figur 35 b. I elementet er indstøbt en vandret 4 spors kanal og to lodrette 2 spors kanaler. Kanalerne er usynlige, men dæksler over samlinger og afgreninger er synlige. I eksemplet er vist en forstærket væg mellem de to midterste spor, for herved at tillade fastskruning af et udtag på et vilkårligt sted langs kanalen. Dækslerne er tænkt udformet, så de er plane med overfladen, dvs. der kan tapetseres hen over dem.

Kanaler ved loft og gulv

Placering ved loft, se figur 38 – hvilket svarer til løsningen i det foreslåede element med indstøbte kabler – giver de fleste fordele, først og fremmest at man lettere klarer passage forbi en dør.

Med loftkanaler kan alt klares med lige kanaler og lodrette nedføringer. Med gulvkanaler ville det være nødvendigt at føre den gennemgående kanal rundt om døre, hvilket ville gøre trækning af ledninger vanskeligere, samt øge kravene til det kanalmateriel, som skulle indstøbes, se figur 39.

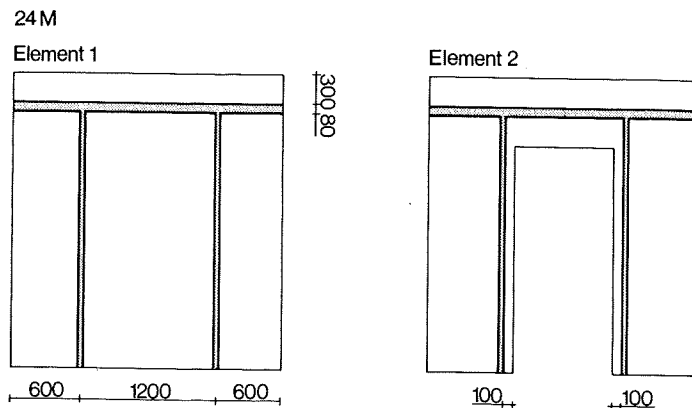
I el-teknisk henseende ville en kanal ved gulv have været at foretrække, fordi der er behov for flere udtag ved gulv (stikkontakter) end ved loft (lampeudtag). Selv om man således ville have kunnet klare sig med færre lodrette føringer, må fordelene ved en kanal ved loft dog betragtes som de tungest vejende.

Kanaldybder, bæreevne og støj

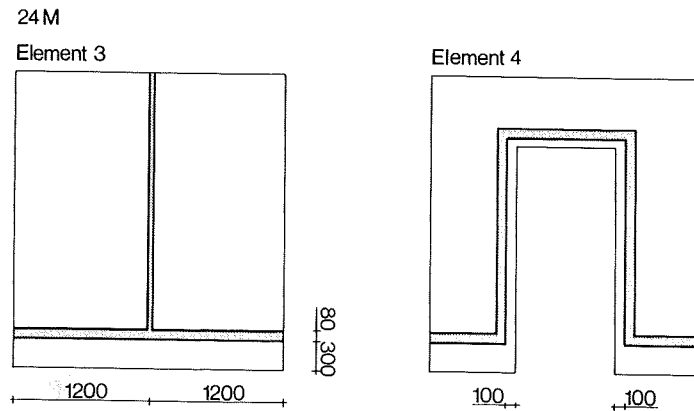
Vurdering af kanaltype og -placering

Da en kanal kan have en væsentlig indflydelse på et elements statiske egenskaber, blev der foretaget nogle beregninger af de foreliggende muligheder. Det viste sig, at kanalen helst skulle holdes to gange elementtykkelsen fra overkanten af elementet, dvs. at kanalen i et 15 cm tykt element blev placeret 30 cm under loft. Den kanaldybde, som ved denne kanalplacering kunne accepteres, var 20 mm.

Det er ikke muligt på så spinkelt et grundlag at foretage et valg af den bedste kanaltype – alle forslag kunne i princippet gøres til genstand for en nærmere undersøgelse. Det ser imidlertid ud til, at den mest realistiske af de nævnte muligheder er som figur 35a – dvs. en kanal i elementets overflade – og den gennem-



Figur 38. Kanalføring med gennemgående kanal ved loft.



Figur 39. Kanalføring med gennemgående kanal ved gulv. Ved døre må kanaler dog føres op over.

gående kanal placeret ved loft, se figur 37 og 38. De følgende betragtninger er baseret på denne løsning.

Kanalkapacitet

Når kanalprincippet anvendes, har man – som ved ellister – en ret nem og billig mulighed for at lave flersporskanaler, som dækker flere formål. Disse forskellige formål kan være:

- Lysinstallation
- Kraftinstallation
- Telefon
- Antenne

Antennefremføring

Man behøver ikke på forhånd at reservere bestemte spor til bestemte formål – man kan i hvert enkelt tilfælde vælge sporenes anvendelse frit, som f.eks. 2 spor til lysinstallation, 1 til kraftinstallation og 1 til svagstrøm. Det giver i dette tilfælde en kanal med 4 spor, og en analyse af nogle boligbyggerier viste, at netop 4 spor ville give god mulighed for en fornuftig installation, hvor der tillige var en del udvidelsesmuligheder.

Hvis kanalerne skal anvendes til fremføring af antenneledninger, vil dette medføre væsentligt større ledningslængder end de i dag anvendte. Dette kan øge kravene til forstærkere og dermed fordyre installationen. En nærmere undersøgelse er nødvendig for at klarlægge forholdene.

Fleksibilitet

Ved brugen af kanaler opnår man en stor fleksibilitet, da udtag kan placeres kontinuerligt langs hele den gennemgående kanal. Hvis der arbejdes med en gennemgående kanal ved loft, bliver der altså mulighed for helt fri placering af lampeudtag, mens det vil være naturligt at etablere mulighed for placering af stikkontakter og afbrydere pr. 1,20 m.

Der vil ligeledes være meget let adgang til at udvide eller helt omlægge installationen på et senere tidspunkt.

Tilslutning af lette og flyttelige vægge

Brug af en kanalløsning åbner mulighed for helt fri placering – hvad angår el-installationen. Tilslutning kan ske ved indboring i kanalen på et vilkårligt sted.

Montagearbejdet

Elementerne kan fremstilles med færdigt ledningsnet ilagt kanalerne, og i så tilfælde består montagearbejdet i en samling pr. element. Det vil også være muligt at udføre ledningstrækning efter elementmontagen. I sidstnævnte tilfælde foretages samlingen i afbrydere, stikkontakter og dåser, men ikke nødvendigvis i elementsamlingerne.

Stikforbindelser

For elementer med præfabrikeret ledningsnet kan montagearbejdet laves væsentligt, hvis ledningsenderne fra fabrikken er forsynet med stikben og bøsninger. Der findes ikke på markedet en økonomisk forsvarlig løsning.

En kanalløsnings muligheder

Overgang til et system baseret på kanaler af den ene eller anden art vil kræve et meget stort og dyrt udviklingsarbejde. Også de færdige produkter vil blive ret dyre, fordi der skal anvendes en hel del el-materiel. Dette skal modregnes med en del sparet montagearbejde, men alt i alt er der risiko for en dyrere installation.

Man opnår til gengæld en installation, der har mange fordele. Både kraftinstallation og svagstrømsinstallation kan indgå i den samlede løsning, og installationen har en høj grad af fleksibilitet.

Kabler i kombination med el-lister

En mulig løsning ville være at lade den vandrette fordeling klare af en el-liste, mens de lodrette føringer skete i indstøbte kabler. Denne løsning indebærer muligheder, men giver tillige en række problemer som nævnt i det følgende.

Det ville være naturligt at placere el-listen fornedet, hvor den bedst kan udnyttes i forbindelse med udtag. Forbindelsen fra de indstøbte, lodrette kabler til el-listen kan ske i dåser indstøbt plant med elementets yderside. Da der imidlertid arbejdes med flere gulvhøjder i byggeriet, skal en dåse være så høj, at forskellige højder kan klares – dvs. ca. 20 cm, se figur 40 a.

Når man har en indstøbt dåse, kunne det være naturligt at udforme den således, at den tillige kan danne underlag for en afbryder/stikkontakt, som kan placeres over el-listen. Hvis dette skal være muligt, må den indstøbte dåse være 30-35 cm høj, se figur 40 b. Dåser af en sådan højde kan give problemer ved indstøbningen (sammenklapning), med mindre de er særligt forstærkede, eller udført af jern – begge dele medfører en fordyrelse. En sådan løsning kan altså ikke umiddelbart tilrådes. Afbrydere/stikkontakter må monteres på anden måde, f.eks. på panel-underlag, således at den lave indstøbningsdåse kan bruges.

I stedet for at tilslutte kablet i en indstøbt dåse, kan det fortsættes i en fri ende, der rager uden for elementet, se figur 40 c. Denne frie ende vil være udsat for beskadigelse under transport, så der bør i elementer være en udsparring, hvori kabelenden kan placeres.

Såfremt der altid umiddelbart over udsparringen placeres en koblingsdåse eller en stikkontakt, se figur 40 d, kan kabelenden være ganske kort. Hvis man derimod ønsker at arbejde med helt fri placering af stikkontakter, kan der være behov for en udragende kabelende af en betydelig længde, men den vil da være sårbar, se figur 40 e.

Alt i alt kan det konkluderes, at der nok kan udvikles brugelige løsninger baseret på en kombination af kabler og el-lister, men der vil være en række vanskeligheder, som må overvindes.

El-lister alene

El-lister som eneste føringsvej er ikke undersøgt nøjere, idet SBI tidligere har foretaget undersøgelser på dette område, bl.a. beskrevet i:

El-lister for
svagstrøm

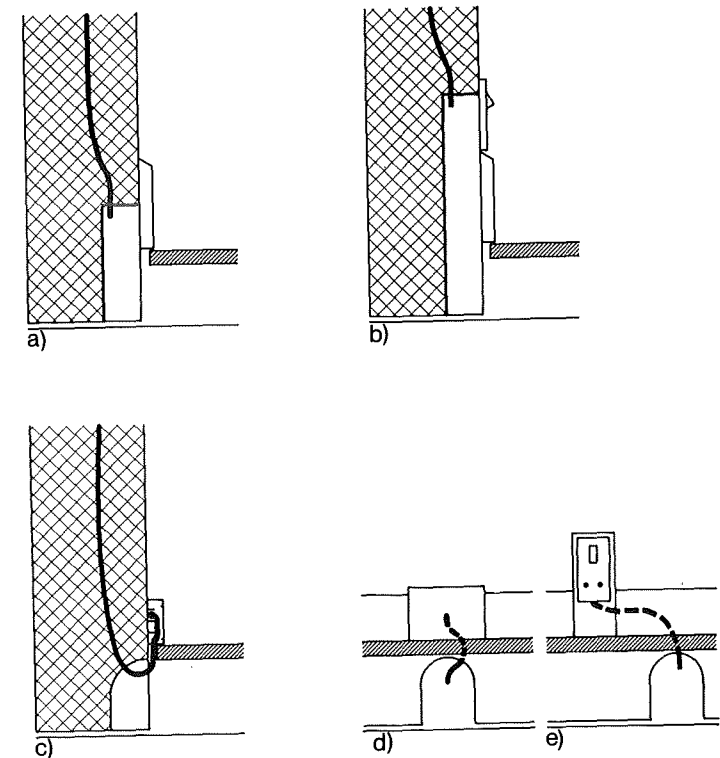
SBI-særtryk 192. El-lister i montagebyggeriet.

SBI-særtryk 208. Arbejdsstudier på montage af el-lister.

SBI-særtryk 224. El-lister i byggeriet.

Man bør dog nok på et senere tidspunkt tage dette emne op igen – med henblik på udvikling af en "næste generation" af el-lister.

På side 32 er omtalt en el-liste for svagstrøm alene. En sådan liste kan udføres ret billigt og kan være et godt supplement i forbindelse med forskellige installationsformer (som f.eks. indstøbte kabler), hvor der er problemer med fremføring af svagstrøm. Hvis føringerne på tværs af bygningen kan klares på denne måde, kan den lodrette fordeling ofte klares i facaderne.



Figur 40. System baseret på en kombination af el-lister og indstøbte kanaler.

Bilag

Som led i udviklingen af el-installationssystemet med indstøbte kabler gennemførtes et forsøg ved to boligblokke i bebyggelsen Vildtbanegård I i Torslunde-Ishøj. Beboerne i de to blokke fik til orientering udleveret den her gengivne særlige redegørelse for placering og udnyttelse af el-installationerne.

Beboervejledning om el-installationer

For at give beboerne mulighed for på en overkommelig måde at supplere el-installationerne i lejlighederne, er der forsøgsvis indlagt ekstra dåser og ledninger i betonvæggene.

Der vil som hovedregel være mulighed for, uden trækning af ledninger, at få afsat stikkontakter og lampeudtag (rosetter) i betonvæggene for hver 120 cm. Afvigelser fremgår af lejlighedsoversigterne. Der kan måles fra en af de allerede opsatte stikkontakter eller lampeudtag. Dåsernes nøjagtige placering konstateres lettest ved efter udmålingen at banke let på væggen med kanten af en mønt eller lignende; dåseplaceringen vil da afsløres af en hul lyd.

I dåserne er der også plads til en afbryder, hvis man ønsker separattænding på nye lampeudtag.

Der er desuden indlagt ekstra ledninger mellem dåserne, så der f.eks. er mulighed for at etablere korrespondancetænding (tænding og slukning af samme lampe fra forskellige steder) både på allerede opsatte lampeudtag og på nye.

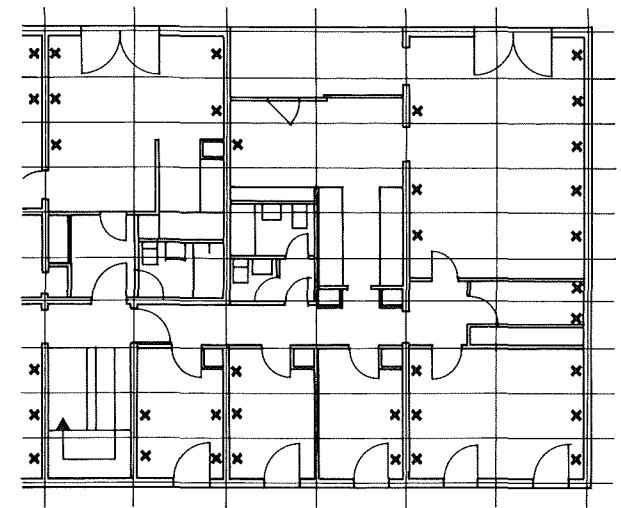
Arbejdet må kun udføres af autoriserede el-installatører, og denne vejledning skal vises til elektrikerens, der skal udføre arbejdet. Vejledningen bør også medtages til el-installatøren, når arbejdet bestilles. Han vil da kunne vurdere hvilke materialer, der er nødvendige.

Da de omtalte forberedelser for ekstra el-installationer kun er udført på forsøgsbasis i 2 af bebyggelsens 12 blokke, har det været nødvendigt at gøre nogle undtagelser, der fremgår af lejlighedsoversigterne. Vægge, der er undtaget, kan kendes på, at stikkontakterne sidder på udvendige underlag ved gulvet, medens stikkontakterne på vægge, der har forberedt installation, er planforsænkede ca. 25 cm over gulvet.

Som et led i forsøget er der på dispensation fra Elektricitetsrådet anvendt indstøbte kabler i stedet for rør. Der er derfor ingen mulighed for udskiftning af beskadigede ledninger.

I de ganske få tilfælde, hvor der ved afprøvninger blev konstateret fejl på de indstøbte kabler, er ledningsenderne klippet af i dåserne, og der er i stedet for udført en rørforbindelse under gulvet til nærmest siddende dåse.

Hvor der foretages indgreb i dåser, der ikke skal anvendes til afbryder, stikkontakt eller lampeudtag, skal der sættes et blænddæksel på dåsen.



Udsnit af etageplan fra bebyggelsen Vildtbanegård I med angivelse af de steder, hvor placering af stikkontakter og lampeudtag er forberedt. Udsnittet er fra de lejlighedsoversigter, som blev vedlagt beboervejledningen om el-installationer. Desuden medfulgte en målsat tegning af det anvendte vægelement – som figur 2 i denne rapport.

Summary

The report gives an account of the development of a system for the installation of electric cables in buildings of prefabricated components. According to the system a standard network of cables are embedded in concrete wall components.

The object of the system is to simplify the production of concrete components by eliminating the usual great number of types with differently placed conduits for electrical cables. At the same time the authors aim at a system which enables subsequently required extensions and alterations of electrical installations to be made without difficulty.

The proposed network corresponds to a wall component which is 24M wide, but may also be used for components of smaller width. In components of a width larger than 24M several cable networks are used. Networks are embedded in both sides of the wall components.

The components are provided with outlets for lamps for every 2.4 metres at a distance below the ceiling and with boxes for socket outlets for every 1.2 metres at a distance above the floor. Boxes for switches and socket outlets are placed on both sides of door openings.

The report is based on an experimental housing estate comprising 72 flats and on a number of experiments made in factories for concrete components.

The experience gained and the described system is placed at the disposal of the building industry to use freely in their efforts to improve and rationalize building based on prefabrication.

The report describes a system for the installation of electrical cables in house building based on concrete wall components with cables embedded in the concrete. The aim of the system is to simplify the production of concrete components in that it is proposed that all components should be identical with outlets for lamps for every 2.4 metres and for socket outlets for every 1.2 metres. At the same time the system allows for extensions and alterations of the electrical installation as required.

Denne SBI-rapport beskriver udviklingen af et el-installationssystem til boligbyggeri. Systemet, som tager sigte på forenkling af betonelementproduktionen, er baseret på indstøbning af standard-kabelnet i vægelementer. Med det beskrevne system vil der samtidig være bekvemme muligheder for udvidelse og ændring af el-installationerne efter behov.

