



Forblad

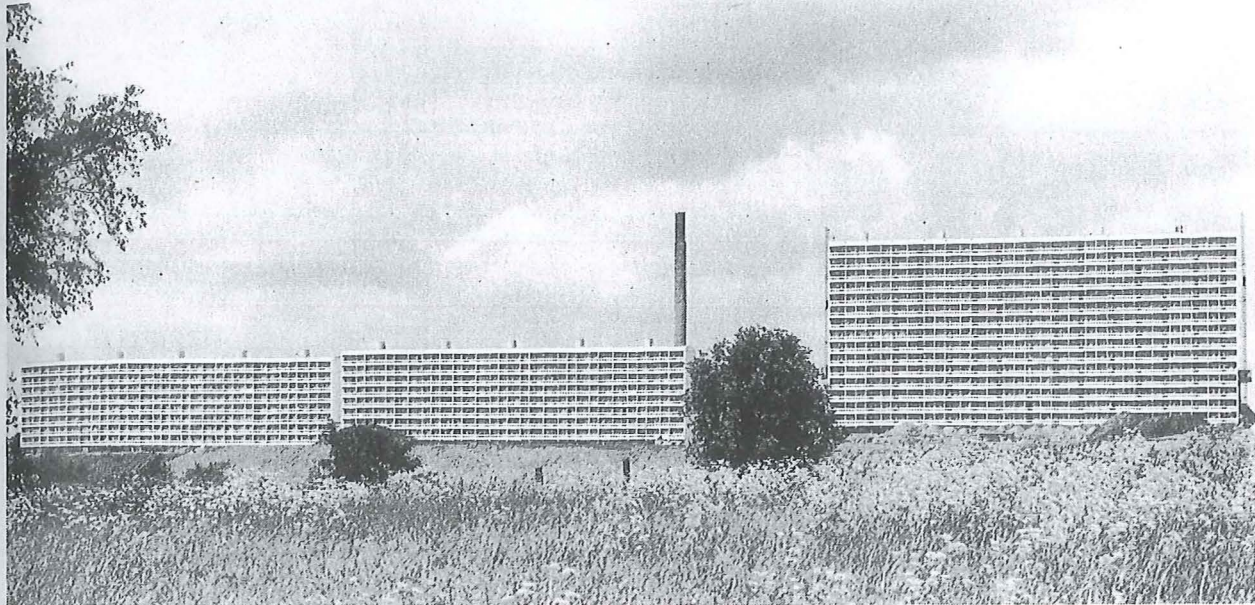
Betonelementindustrien - Ny teknik, nye muligheder

Lars Graversen

Tidsskrifter

Arkitekten 1965

1965



Civilingeniør Lars Gravesen, overingeniør i Højgaard & Schultz A/S, København, holdt i november 1964 et foredrag i Akademisk Arkitektforening om betonelementindustrien. På grundlag af foredraget har ingeniør Lars Gravesen udarbejdet den artikel, vi bringer her. I sin klare stillingtagen til betonindustriens muligheder for at øge byggeriet uden fare for overophedning støtter han kapacitetsudvalgets betænkning. Der vil både her og i hans bemærkninger om betonindustriens muligheder iøvrigt være en indbydelse til udvidet samarbejde og en udfordring til en diskussion med arkitekterne. Vi håber, den vil blive taget op.

Betonelementindustrien - Ny teknik, nye muligheder

Af civilingeniør Lars Gravesen

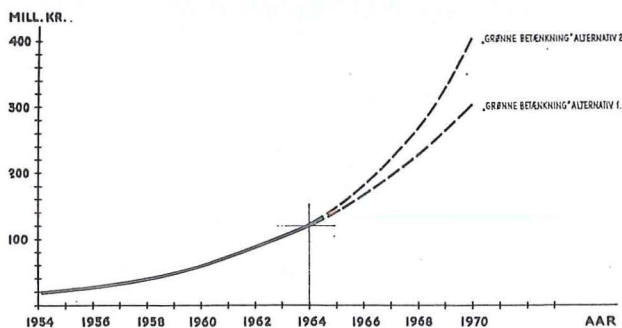
Det er kun ca. 15 år siden, at vi begyndte at lave betonelementer i Danmark. I den forløbne tid er produktionen steget år for år med rekordagtig fart. De officielle statistikker giver ikke noget rigtigt billede af denne udvikling – den danske byggestatistik er endnu ikke indrettet på at give de oplysninger, som den ny byggeindustri har brug for. Men inden for „Foreningen af danske betonelementfabrikker“ kan vi konstatere, at den samlede, årlige afsætning vokser efter en stejl kurve.

Samtidig er betonelementernes anvendelsesområde blevet stadig større. Det omfatter boligbyggeri, industribyggeri, skoler, kontorbyggeri og talrige andre områder af byggeriet, og geografisk er der sket en tilsvarende udvidelse.

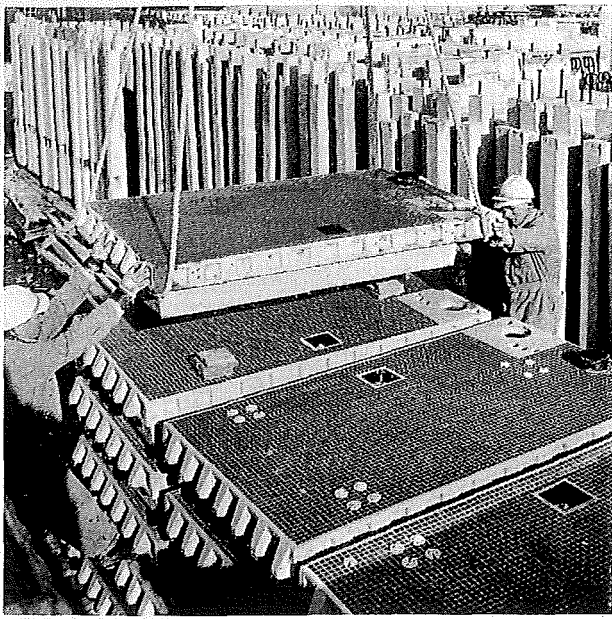
Denne fremgang hænger sammen med den høje kvalitet, som kan opnås ved den fabrikmæssige fremstilling af betonelementerne. Det er blevet muligt at erstatte dyrere og „ædlere“ materialer med beton i form af elementer. Betonelementerne kan opfylde en række funktionskrav til bygningskomponenterne, og med de sidste års udvikling af montagebyggeriet er

det konstateret, at betonelementerne i dag overgår de andre disponible byggematerialer i prisbillighed og i arbejdskraftbesparelser. Dertil kommer, at betonelementerne giver en hidtil ukendt *frihed i formgivning* og valg af overfladestruktur og farver, hvorved de åbner for nye konstruktive og arkitektoniske muligheder i byggeriet.

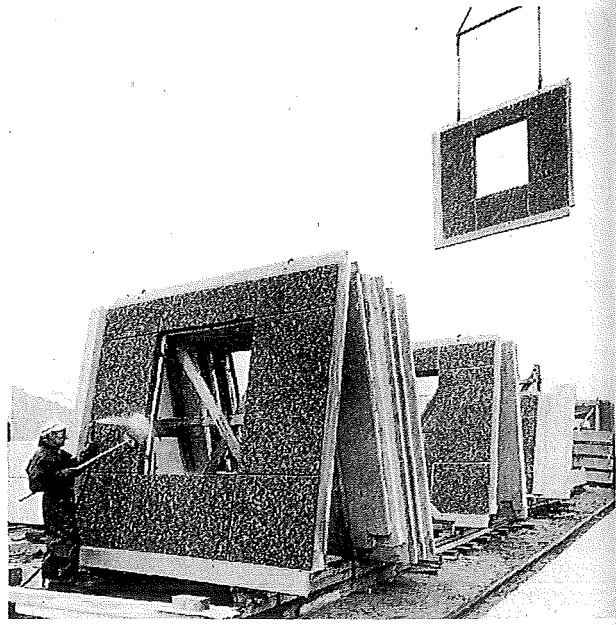
Det er store resultater, som allerede er opnået. Men alligevel må det fremhæves, at betonelementindustrien endnu står midt i en hurtig, teknisk udvikling,



Årsproduktionen i de danske betonelementfabrikker – på vej mod storindustri.



Fabrikens lagerblads, hvor elementerne hælder inden transporten.



Udbørstning af overflade støbt med retardering.

som kan bringe os langt videre. Betonelementerne vil blive endnu bedre, endnu billigere – og endnu pænere.

Det kan tænkes, at den tekniske udvikling efterhånden vil gå hurtigere på andre områder, og alle elementfabrikanter er parate til at gå over til andre, ny materialer, der måtte vise sig bedre eller billigere til formålet. Men i dag er beton til brug i bærende vægge og dæk i almindelige huse så meget billigere end både plastic, metal og andre formodede fremtidsmaterialer, at man må indstille sig på betonelementerne som de alt dominerende i det mindste 10 à 20 år frem i tiden.

Stillet over for ønsket om en væsentlig udvidelse af den årlige bygningsproduktion i de nærmeste årtier må man desuden gøre sig klart, at montagebyggeri med betonelementer efter alt at dømme er den eneste sektor inden for byggeindustrien, hvis kapacitet hurtigt kan udvides til at præstere det ønskede, ekstra bygningsvolumen: i betonelementindustrien har vi praktisk taget ubegrænsede forsyninger af råmaterialer; vore fabriksanlæg kan hurtigt udvides; vi har de nødvendige erfaringer; transportvognene og montagekranerne bliver stadig større og bedre; og forbruget af den kostbare arbejdskraft er både i fabrikation og montage så lavt – og det formindskes stadig så hurtigt – at en mangedobling af produktionen er mulig uden fare for „overophedning“.

Ifølge den „grønne“ betænkning fra september 1964 kan den beregnede tilgang af arbejdskraft i Danmark indtil 1970 forøge montagebyggeriets produktion fra 4500 lejligheder i 1965 til 27.500 lejligheder i 1970, altså en 6-dobling. Betonelementindustrien står i dag, med en årsomsætning på ca. 150 mill. kr., som en af de største leverandører til byggeriet. Der foregår i øjeblikket en kraftig udvidelse af fabriksanlæggene, og en årsomsætning i 1970 på 300 à 400 mill. kr. er sandsynlig. Betonelementindustrien er dermed på vej til

at blive en storindustri blandt de vigtigste inden for dansk erhvervsliv.

Huse må jo bygges af ingredienser, som kan fremskaffes – til overkommelige priser og med den disponible arbejdskraft. Det hjælper ikke at drømme om flere og større og bedre boliger, hvis man ikke fører drømmen ud i livet ved hjælp af en leveringsdygtig industri.

Der skal altså i de kommende år sandsynligvis projekteres et stærkt voksende bygningsvolumen som montagebyggeri med betonelementer. Flere og flere arkitekter vil få lejlighed til at arbejde med på at få gode og smukke resultater ud af det.

Med den følgende oversigt skal jeg forsøge at give et indtryk af den ny teknik og de interessante muligheder, som betonelementindustrien byder på.

Betonelementindustriens produktionsformer

Med udviklingen af betonelementindustrien er der ved at aftegne sig to principielt forskellige former for produktion, præget af forskellig målsætning og forskellige forudsætninger. Man kan karakterisere dem som følger:

Industriproduktion: fortløbende fremstilling i stærkt mekaniserede fabriksanlæg af betonelementer standardiseret som katalogvarer, og

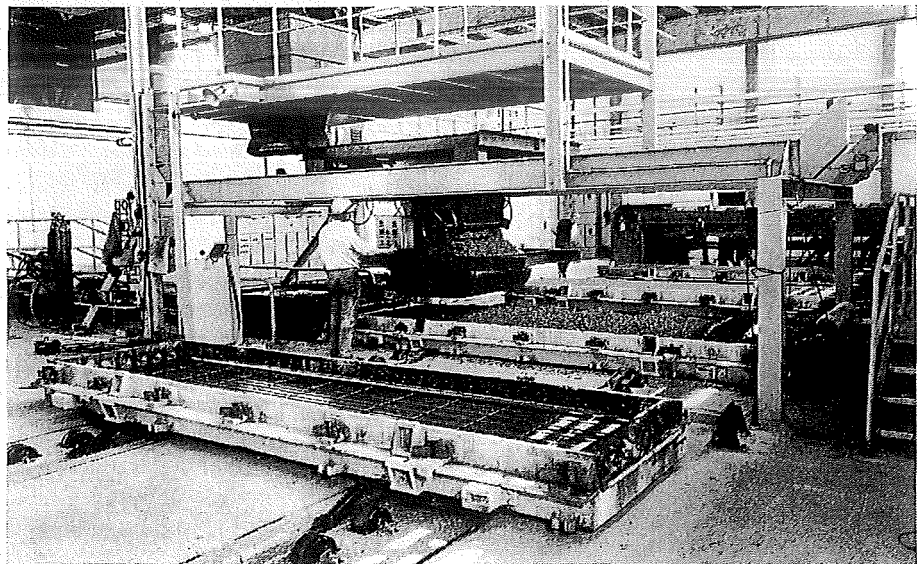
Værkstedproduktion: håndværkspræget fremstilling i delvis mekaniserede værksteder af betonelementer i relativt små serier og i individuel formgivning til de enkelte projekter.

Begge disse produktionsformer findes i den danske betonelementindustri i dag. Industriproduktionen er på et tidligt udviklingsstadium, men hurtigt på vej til at blive storindustri. Værkstedproduktionen var naturligvis den første, som opstod, men den spiller stadig en vigtig rolle og vil efter alt at dømme også have stor betydning i fremtiden.

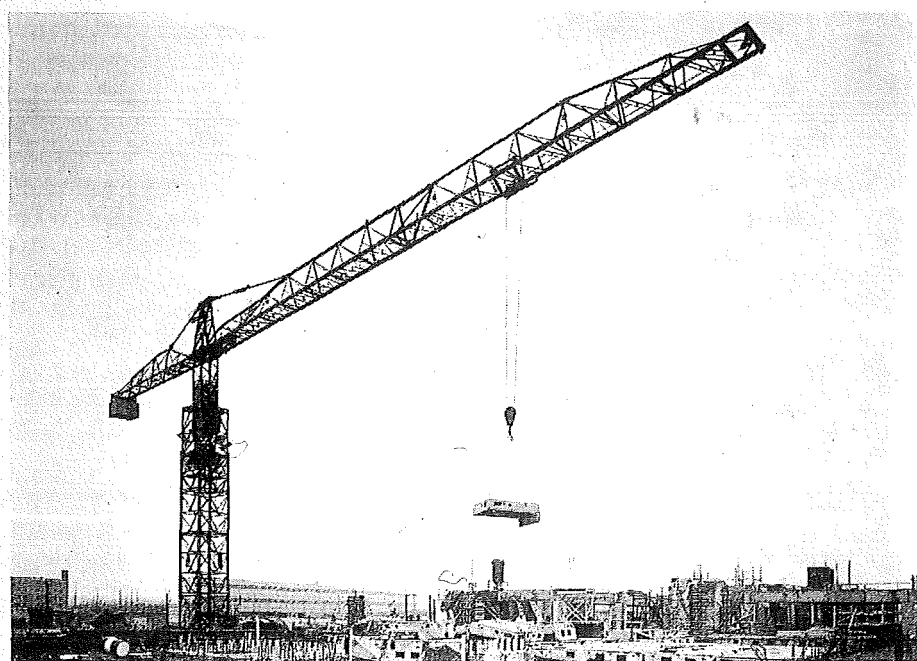
Beljeningscentral for fabrikkens automatiske blandestation.



Industriell produktion af standardiserede betonelementer i mekaniserede fabriksanlæg.

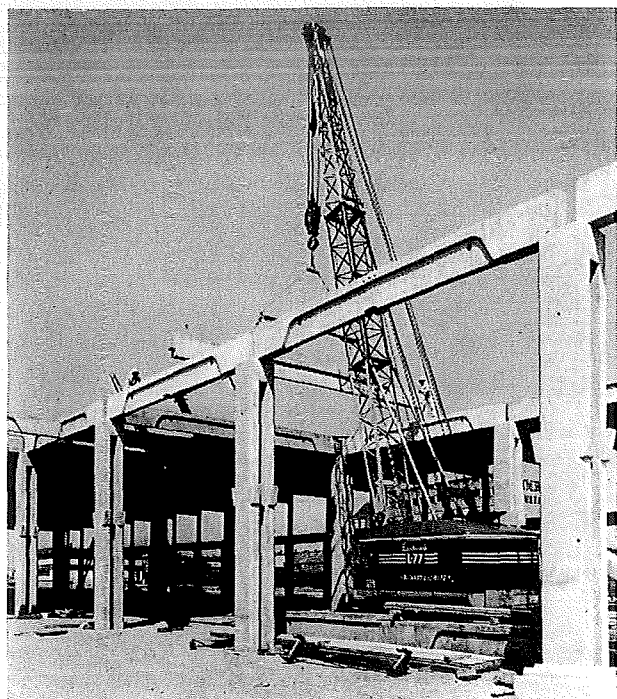


Europas stærkeste tårnkran arbejder for tiden i Radovre. Den kan løfte 6 ton med 50 m udlæg.





Standardgitterspær af chokbeton til industribyghaller.



Arkitekt-formgivne standardbjælker i T-profil.

Det drejer sig om to forskellige prisklasser og dermed to forskellige anvendelsesråder for betonelementerne, og de tekniske og økonomiske muligheder ved projektering og produktion er derfor lige så forskellige. Naturligvis forekommer der overgangsformer mellem disse to yderpunkter, men for tydelighedens skyld vil vi trække de typiske forskelle hårdt op:

Industriproduktion

Fabrikanlæg til industriel produktion af betonelementer repræsenterer en betydelig investering i bygninger og maskiner. Det er almindeligt, at det investerede beløb andrager 50-100 pct. af den årlige omsætning. Af investeringen bindes ca. en tredjedel i støbeforme og andet materiel, som er direkte afhængigt af elementernes størrelse og form. Støbeformene er dyre maskiner, som skal anvendes mange tusinde gange, før de er afskrevet. Det er derfor klart, at et sådant anlæg har en betydelig inertie m.h.t. skiftende elementtyper. En model, som én gang er sat i produktion, må ikke ændres foreløbig.

En sådan industri kræver et kvalificeret marked. Der må være mulighed for jævn afsætning af standardiserede produkter i store mængder. Dansk byggeri er blevet kvalificeret hertil ved indførelsen af landsbygge-loven, som sikrer afsætningen mod varierende tekniske krav til produkterne i landets enkelte områder, og det danske boligbyggeri er kvalificeret ved indførelsen af modulordningen. Denne gør det muligt at anlægge produktionen på standardelementer i modulære formater, som kan finde anvendelse i alle bygninger projekteret over modulnettet. Udviklingen på dette område er fulgt op af Dansk Standardiseringsråd med foreløbige standard-blade (såkaldte standard-rekommendationer) for en række elementtyper til boligbyggeriet.

En anden mulighed for standardisering af fabrikkens produkter er det private firmas udarbejdelse af egne standards, modulmål, typehuse eller byggesystem, baseret på firmaets egen produktion af elementer, således at elementproduktionen bliver afhængig af firmaets salg af færdige bygninger. Det er klart, at denne udvej i et lille land som Danmark kun kan give økonomisk stordrift i fabrikken, hvis det lykkes firmaet med sit typehus eller byggesystem at beherske en ganske stor del af markedet. Hidtil er dette lykkedes for et enkelt firma på boligbyggeriets område, takket være en dygtig indsats før indførelsen af modulordningen. Fremtiden vil vise, om denne produktionsform kan konkurrere mod standardproduktionen af modulære elementer til det åbne marked inden for boligbyggeriet.

For industribyggeriets vedkommende har vi stadig ingen modulordning. Resultatet er her en sørgelig forvirring af private forsøg på standardisering af modulmål og typehaller, hvoraf ingen har givet mulighed for økonomisk stordrift i produktionen af bygningsdele. Man må undre sig over, at hverken producenterne, aftagerne (f. eks. Industrirådet og Grosserer-societetet) eller myndighederne har fundet det rigtigt

LIGE T-BJÆLKER

Profiltype	LTB h/26	LTB h/30	LTB h/36	LTB h/42	LTB h/48	LTB h/54	LTB h/60	LTB h/66	LTB h/72	LTB h/78
Højde	26	30	36	42	48	54	60	66	72	78
Bredde	18	20	24	28	32	36	40	44	48	52
Vægt	1,8	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2
Stærke	15,0	17,0	21,0	24,0	27,0	30,0	33,0	36,0	39,0	42,0

(Note: Additional technical data and diagrams are present in the original image, including cross-sections and load-bearing capacity tables.)

Kataloget skal give alle nødvendige oplysninger om standardelementerne.

at skabe orden på dette område og dermed rationalisere industribyggeriet i alle parter interesse.

Standardisering i elementproduktionen indfører begrebet *katalogvarer*, som giver væsentlige besparelser i fabrikens administration og i elementernes indarbejdelse i individuelle bygningsprojekter. Men det behøver ikke være ensbetydende med, at elementerne føres som *lagervarer*. Katalogvarerne kan produceres efter individuelle bestillinger, som specificerer varierende armering, udsparringer, indstøbningsdetaljer osv. i det omfang, fabrikationsteknikken tillader fortløbende omskiftninger deri. Springet herfra til lagervarer er meget stort; med den høje danske rentefod må fabrikken være sikker på en hurtig omsætning af et elementlager, og det vil sige, at det højst kunne omfatte elementer i ganske få, gængse typer med jævn afsætning. Og sådanne standardtyper eksisterer næppe i dag.

Den industrielle produktion af elementer som katalogvarer efter bestilling til hvert enkelt byggeforslagende kan give økonomisk stordrift, hvis ordrerne er tilstrækkeligt store og langfristede og dermed muliggør *langtidsplanlægning* af produktionen. På dette punkt er det danske byggemarked endnu ikke „kvalificeret“. Den hidtidige kortfristede administration af byggestrøktionerne har virket stik imod dette produktionshensyn, og man har dermed påført byggeindustrien fordyrelser og besværligheder og bremset udviklingen mere, end de fleste gør sig klart. Der er nu heldigvis tegn på, at vore politikere er ved at forstå dette forhold, således at man kan håbe på forandringer i fremtiden.

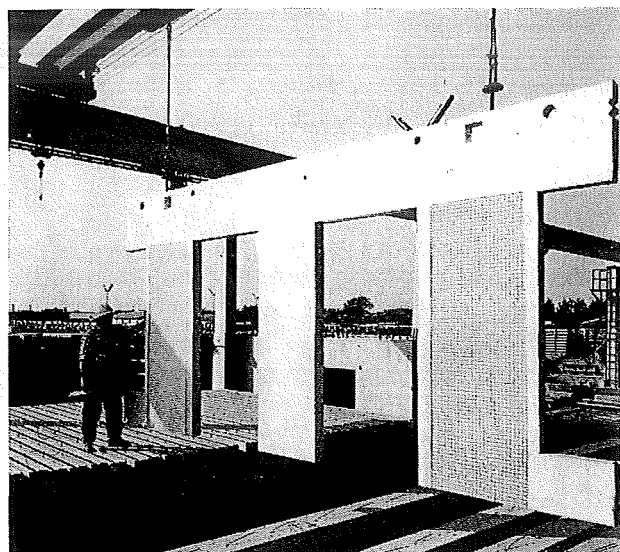
Udformningen af betonelementer i industriel produktion er underkastet industriens love. Den foregår som en fortløbende produktudvikling sammen med en metodeudvikling i fabrikken, baseret på forskning og analysering af den løbende fabrikationsproces og af hidtil leverede produkter, med logisk hensyntagen til produktionsøkonomi og til varens salgbarhed. Da salgbarheden af et standardelement beror på dets anvendelighed i flest mulige bygningsprojekter, vil fabrikken naturligvis rådføre sig med projekterende arkitekter og ingeniører herom.

Industrifirmaet kan også fast engagere en arkitekt til at hjælpe med den fortløbende produktudvikling som „industrial designer“ og deltage i elementernes formgivning i samarbejde med produktionsteknikerne og andre specialister. Allerede for nogle år siden har jeg – vist nok for første gang herhjemme – haft et sådant samarbejde med en arkitekt om formgivningen af en standardserie af betonbjælker og -gitterspær til industribyggeri. Erfaringerne med denne ny form for „industrial design“ opmuntrer til fortsættelse.

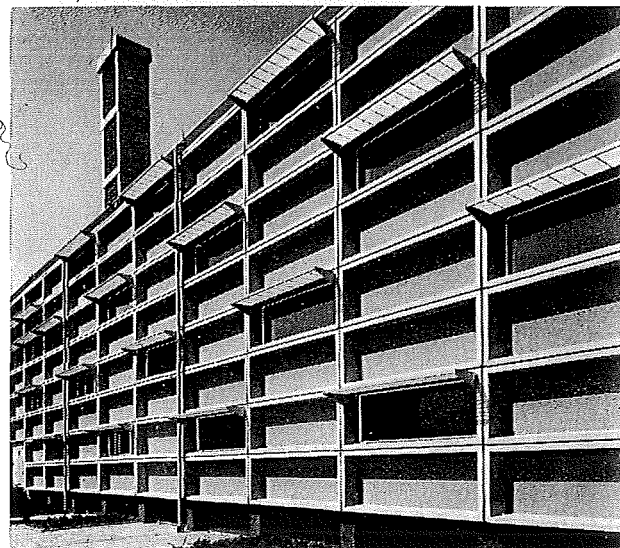
For den projekterende arkitekt, ude i det praktiske byggeri, foreligger altså det industrielt producerede betonelement som en færdigt formgivet bygningsdel, hvis anvendelighed i hans aktuelle projekt kan vurderes ud fra katalogets oplysninger. Hvis fabrikken har sørget for, at udformningen er fornuftig, og at kataloget giver alle nødvendige oplysninger, skulle



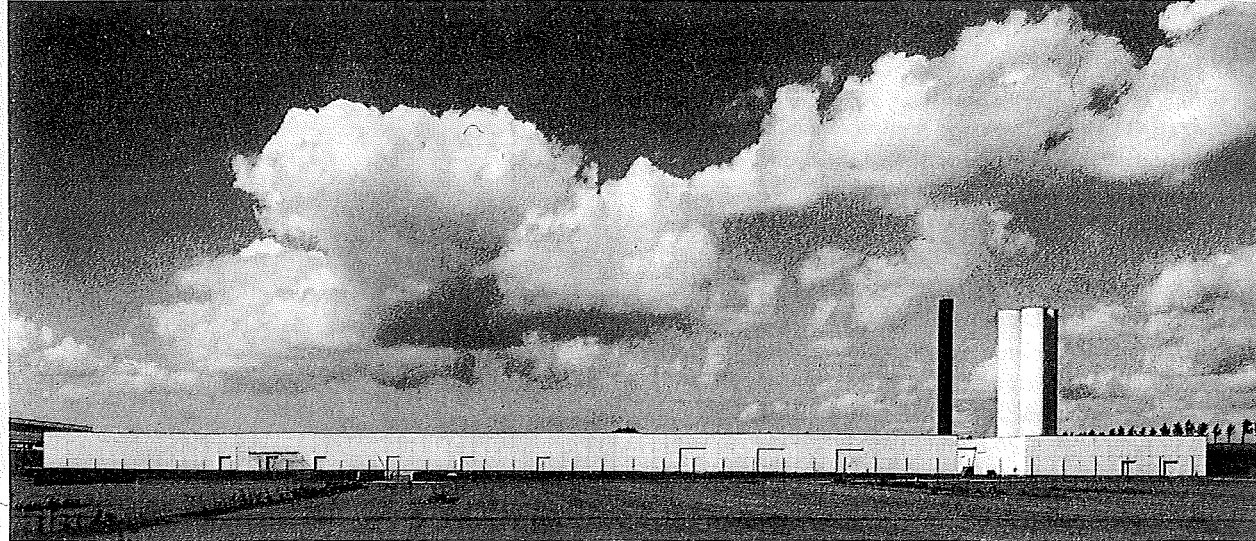
Standardelementer i modulære formater kan benyttes i alt boligbyggeri projekteret efter modulordningen.



Rumstore specialelementer anvendes i standardiserede typehuse.



3-dimensional formgivning af facadeelementer giver mulighed for solafskærmning af vinduerne.



Toms fabrik. Arkitekt: Arne Jacobsen. Ydervæggene er opført af store demontable elementer med hvid keramisk mosaikbeklædning.

der kun være tilbage for arkitekten at træffe valget mellem de foreliggende muligheder og at tage stilling til prisen i hvert enkelt tilfælde.

Værkstedproduktion

I „betonelementværkstederne“ fremstilles elementer i små og større serier, „skræddersyet“ og „konfektion efter mål“. De kompetente fabrikker benytter den bedste betontechnologi under laboratoriemæssig kontrol, og der anvendes industrielle metoder og erfaringer i organisation og planlægning af produktionen. Men karakteristisk for „værkstedproduktionen“ er, at produktionen er stykvis, præget af håndværksarbejde og kun beskeden mekanisering.

Fabrikationen foregår sædvanligvis ved støbning af et element pr. arbejdsdag i en støbeform, der oftest er fremstillet specielt til vedkommende leverance ifølge det projekt, der er udarbejdet til elementkonstruktionen i vedkommende bygning. For at afskrivningen af støbeformen ikke skal blive for dyr pr. element, skal den anvendes mindst 50 à 100 gange, dvs. til elementserier på min. 50 à 100 stk. pr. type (eventuelt med mindre variationer, der kan klares ved ombygning af støbeformen undervejs).

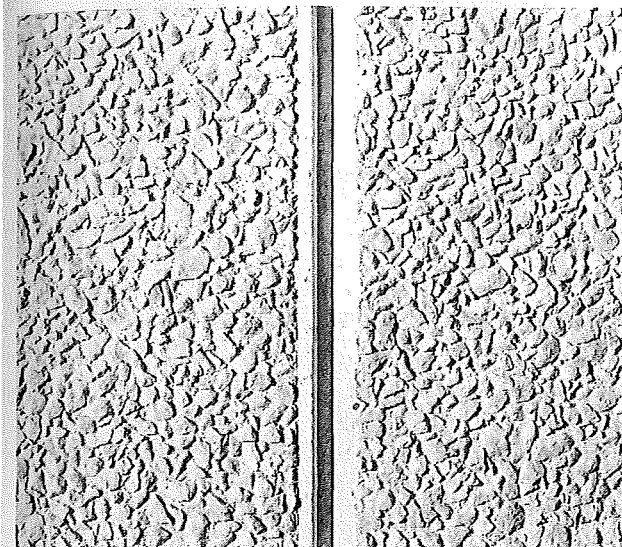
Produktionen i en sådan fabrik, hvor der f. eks. fremstilles 100 elementer pr. dag, kan blive ret broget. Til tider kan en dagsproduktion omfatte elementer af lutter forskellige typer – altså måske 100 typer pr. dag, støbt i forskellige forme, med forskellige armeringer og indstøbninger, af forskellige betonmaterialer med forskellige efterbehandlinger. Man kan forstå, at en sådan produktion kræver megen administration og kontrol, og at omkostningerne derfor må blive store. – Men alligevel viser erfaringerne, at denne produktionsform kan levere betonelementer af høj kvalitet til konkurrencedygtige priser, blot seriestørrelserne er rimelige.

De „skræddersyede“ elementer anvendes i stort omfang i større, repræsentative bygninger, både til de bærende konstruktioner og i facaderne, hvor betonelementer i speciel udførelse kan erstatte dyrere materialer som natursten, metal og glas. Hvis man undgår de dyreste overfladebehandlinger m. m., gør betonelementer af denne kategori sig også gældende inden for det almindelige bolig- og industribyggeri, især i facaderne og andre bygningsdele, der ikke er standardiseret.

Formgivningen af betonelementerne i „værkstedproduktionen“ sker normalt i samarbejde mellem fabrikken og de projekterende arkitekter og ingeniører ved det enkelte byggeri. Det er nødvendigt at have et ret indgående kendskab til fabrikations- og montage-teknikken, hvis man vil undgå unødvendige fejl eller fordyrelser. Arkitekter og rådgivende ingeniører, som ikke selv har en grundig erfaring på dette område, gør derfor klogt i at rådføre sig med specialister under projekteringen.

Ved samarbejde med en elementfabrik under projekteringen er der sandsynlighed for, at arkitekten kan blive klar over flere af de muligheder, som fabrikationsteknikken frembyder, og som kan komme det aktuelle projekt til gode. Der er der rig anledning for arkitekterne til udfoldelse af fantasi og skaberevne, og i et realistisk samarbejde med produktionsteknikerne kan der opstå værdifulde nyskabelser.

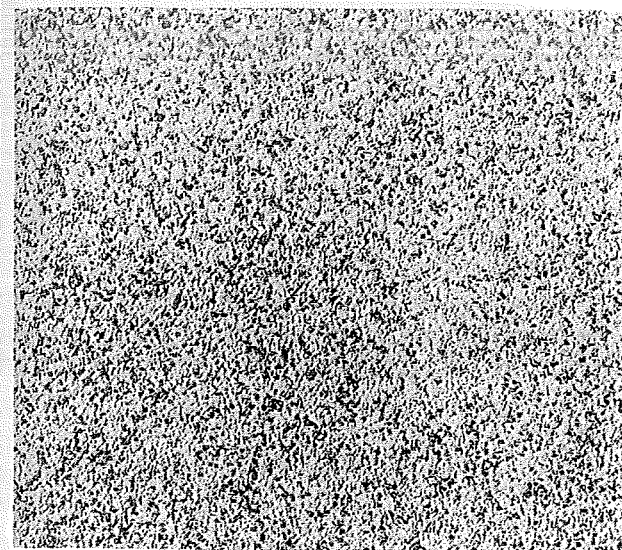
Dette er en af „værkstedproduktionen“s værdifulde sider: mulighederne for udvikling i arbejdet med de enkelte opgaver, stadig forbedring af kvalitet og formgivning, individuelle eksempler på den betontechniske formåen, som efterhånden kan bane vejen for tilsvarende forbedringer også inden for den industrielle produktion af betonelementer i større skala. „Værkstedproduktionen“ begyndte som „pionérindustri“ og virker stadig sådan.



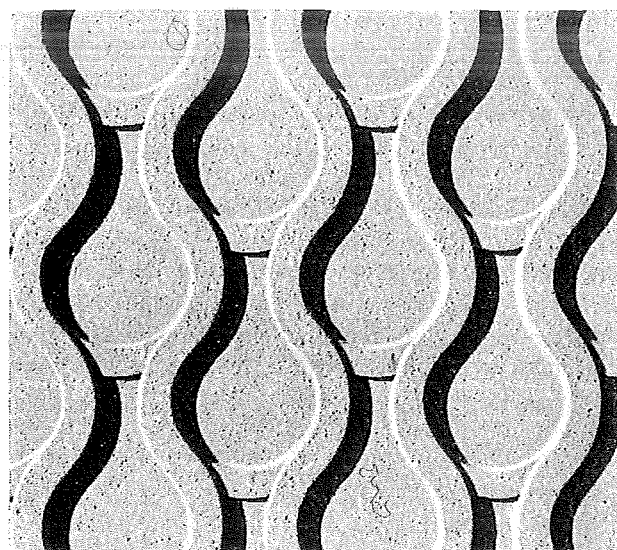
Facadeoverflade med frilagte, hvide natursten, knuste.



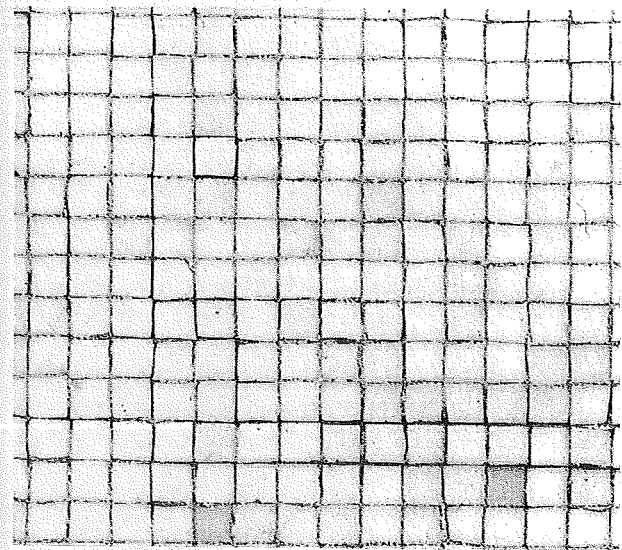
Facadeoverflade med frilagte natursten, runde.



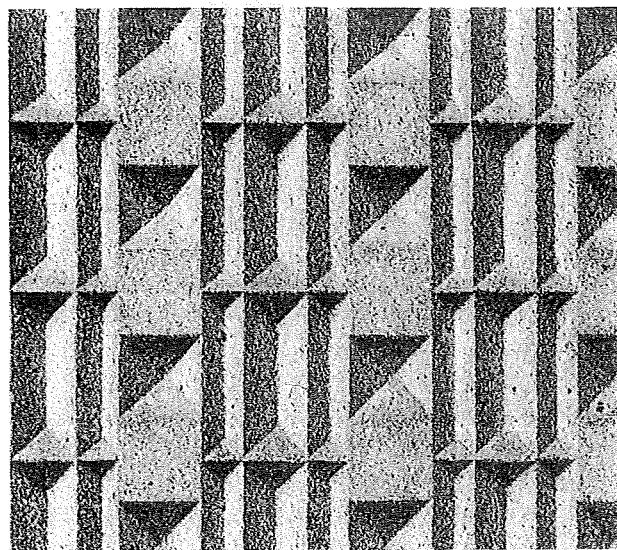
Afsyret, plan overflade.



Afsyret overflade, profileret.



Indstøbt overfladebeklædning af glasmosaik.



Afsyret overflade, profileret.

Fabrikationsteknik

Fælles for al fabrikation af betonelementer er den betontechnologiske side af sagen og de tekniske forhold ved støbning, efterbehandling, transport og samling af elementerne. Det er ikke muligt i dette korte indlæg at komme nærmere ind på dette store område, kun et par punkter af særlig interesse for arkitekter kan nævnes her:

Først må det fremhæves, at her er tale om beton-tekniske muligheder i en fabrik. Hvad enten fabrikken kan kaldes industri eller værksted, så er det ganske andre regler, der gør sig gældende, end for beton støbt på byggepladsen: i en første klasses, permanent fabrik forestås produktionen i alle led af rutinerede teknikere og specialister med gennemprøvede hjælpemidler og specialværksteder og under laboratoriemæssig kontrol. Og selve de støbetekniske muligheder er ganske andre end på byggepladsen: der kan anvendes den mest effektive komprimeringsteknik og de bedste hærtningsforhold, man kan anvende velproportionerede betonblandinger i tør konsistens og være sikker på tætte, stærke betonkvaliteter – problemer som „separation“ eksisterer ikke. Tænker man f. eks. på facadeoverflader, så støbes de normalt i fabrikken i vandret stilling, nedad mod en tæt og solid støbform, så man er sikker på ensartede, porefri overflader.

Hermed vil jeg ikke på nogen måde forklejne den tekniske og arkitektoniske indsats, som i nogle tilfælde har ført til smukke resultater med f. eks. skalkonstruktioner og facadebeton støbt på byggepladsen. Men det bør erindres, at denne fremgangsmåde må være forbeholdt de enkelte, monumentale bygværker, hvor ekstra omkostninger og ekstra indsats af specialteknik og -arbejdere på byggepladsen kan tillades.

I elementfabrikkerne arbejder vi til stadighed på at forbedre betonkvaliteten yderligere, og på det nuværende stadium gælder det blandt andet kvaliteten af betonoverfladerne til brug som facademateriale. Man tilstræber at gøre betonoverfladernes udseende mindre påvirkelige af fugtighed, således at de kan bevare sig uændret i regnvejr, og man søger at uddyde de fejl, som hindrer visse betonfacader i at ældes smukt.

Sådanne vanskeligheder gør sig især gældende ved de glatte, ubehandlede betonoverflader, hvis egenskaber bestemmes af en tynd cementhud i overfladen. Derfor er man mere og mere gået over til at give overfladen en efterbehandling, som fjerner den yderste cementhud, og der findes en række velkendte metoder hertil: afsyring, sandblæsning, slibning, udbørstning med anvendelse af retarderingsmidler osv. Disse metoder lader betonens naturlige bestanddele – stenmaterialerne – komme til syne og dominere overfladen, medens det syntetiske bindemiddel, cementpastaen, reduceres til at fylde mellemrummene mellem stenkornene.

Der kan i sådanne overflader anvendes utallige typer natursten og syntetiske stenmaterialer i varierende kornstørrelser og -form.

Desuden gør fabrikationsteknikken det muligt at indstøbe natursten, glas, keramiske materialer eller tegl i form af mosaik eller fliser, som helt eller delvis dækker betonmaterialet. Dermed bliver variationsmulighederne i facadeelementernes overfladestruktur og farver naturligvis helt ubegrænsede.

Nye muligheder

Som det fremgår af det foregående, byder beton-teknikken i en veludstyret elementfabrik på en rigdom af muligheder i betonelementernes formgivning og andre egenskaber. Der findes næppe i dag noget andet bygningsmateriale, der giver så stor frihed i konstruktiv og arkitektonisk henseende. – Jeg er imidlertid overbevist om, at vi endnu kun har set begyndelsen på udnyttelsen af denne fabrikationsteknik. Der er et stort materiale at arbejde med for arkitekter, som vil være med til at opdyrke dette ny, alsidige bygningsmateriale i ny arkitektoniske udtryksformer.

Disse muligheder kan sikkert kun komme til deres ret, hvis man ved formgivningen af betonelementer kan frigøre sig for den vanetænkning, der er bestemt af de traditionelle materials begrænsninger. Der behøves konstruktiv fantasi og fornemmelse for betonelementernes natur som et plastisk konstruktionsmateriale, der kan udnyttes med 3-dimensional, rumlig virkning.

Det må være rigtigt at finde udtryk i elementernes udformning for *betonen som et formbart stenmateriale*. Det har ofte forbavset mig hos arkitekter at møde den opfattelse, at betonens „naturlige“ overflade er den afstøbning af forskallingsbrædder, som er en følge af den hidtil benyttede fremstillingsteknik på byggepladsen. Er det ikke unaturligt med et stenmateriale at efterligne en træstruktur? – Den ny fremstillingsteknik i fabrikken gør mange andre overfladetyper hensigtsmæssige og økonomiske – og det er rigtige stenoverflader.

Det er bemærkelsesværdigt, at der i de allerseneste år er opstået stor interesse hos arkitekterne i USA for anvendelse af „Architectural Precast Concrete“ på denne måde. En række af de kendte USA-arkitekter er åbenbart blevet trætte af de ensartede curtainwalls af glas og metal, og har kastet sig over en næsten skulpturel formgivning af betonelementfacader på en række store bygninger for universiteter, banker og kontorhuse.

Jeg vil gerne med disse spredte bemærkninger indbyde danske arkitekter til et udvidet samarbejde med betonelementindustriens teknikere. Ingeniører arbejder også kreativt, og det er vigtigt, at vi koordinerer vore bestræbelser for at lede udviklingen i den rigtige retning.

Betonelementindustrien stiller et stort produktionsapparat i byggeriets tjeneste: et apparat med stor kapacitet og med stor kapital bundet deri. Arkitektens opgave bliver tilsvarende betydningsfuld, når han er medansvarlig for udnyttelsen af dette store apparat ved udformningen af dets produkter – til brug for økonomisk opførelse af gode huse.