

INSTITUTTET FOR HUSBYGNING

Rapport nr. **193**

KRISTIAN HERTZ

PROBLEMER OG MULIGHEDER I EN BYGNINGSPROJEKTERING MED CAD

Den polytekniske Lærestalt, Danmarks tekniske Højskole
Lyngby 1988

INSTITUTTET FOR HUSBYGNING

Rapport nr. **193**

KRISTIAN HERTZ

PROBLEMER OG MULIGHEDER I EN BYGNINGSPROJEKTERING MED CAD

Den polytekniske Lærestalt, Danmarks tekniske Højskole
Lyngby 1988

INDHOLD

Forord.....	3
Indledning.....	4
Hvad er CAD?.....	5
Projektet som informationsformidler.....	7
Projektforløbet.....	13
Idéfase, Behovsanalyse.....	15
Byggeprogram.....	18
Skitseprojektering.....	19
Dispositionsforslag.....	23
Projektforslag.....	24
Forprojektering.....	27
Hovedprojektering.....	31
Udførelse.....	45
Aflevering, Arkivering, Drift.....	47
Fremtidige muligheder.....	49
Det ideelle CAD system.....	49
Datastruktur.....	57
Om tegninger i CAD projektering.....	61
Nogle forventninger til CAD.i byggeriet.....	67
Specielle danske forhold.....	71
Summary.....	74
Litteratur.....	75

FORORD

Nærværende rapport søger at give en indføring i bygningsprojektering betragtet som informationsbehandling med henblik på anvendelse af CAD.

Rapporten omtaler først, hvad der i denne sammenhæng vil blive forstået ved CAD og andre begreber med relation dertil, hvorpå den behandler selve emnet at projektere.

Der gøres et forsøg på at betragte projekteringsarbejdet objektivt i den hensigt at tage de enkelte dele deraf op til revurdering og tage stilling til mulige måder, hvorpå CAD-informationsteknologien kan udnyttes i bygningsprojekteringen, og for overskuelighedens skyld søges den *traditionelle fremgangsmåde* typografisk adskilt fra CAD projekteringen.

Der rettes en tak til lektor Egil Borchersen og lektor Henning Larsen for gennemlæsning af manuskriptet og for mange værdifulde forslag til ændringer af teksten.

Lyngby oktober 1988

Kristian Hertz

INDLEDNING

Hvis CAD teknologiens mange muligheder skal udnyttes til projektering af bygværker, må selve projekteringsformen tilpasses det nye redskab.

I hvert enkelt tilfælde må udgangspunktet for valg af ændringer i fremgangsmåde ved projekteringen være hensynet til projektets funktion.

De gennemgående træk ved bygningsprojektering uden CAD er udviklet gennem årtusinder, og de repræsenterer fremgangsmåder for planlægning af et bygværk, der står mål med de mest moderne planlægningsmetoder, som idag indføres på andre områder (Hertz [16]).

Der vil således ikke i første omgang være grund til at ændre det overordnede planlægningsforløb, men ved at justere en række detaljer i forløbet og udvikle et antal nye hjælpeværktøjer, vil projekternes kvalitet kunne højnes ved anvendelsen af et CAD system.

I det følgende vil arbejdsgangen i en bygningsprojektering blive gennemgået og en række problemer og muligheder ved CAD anvendelse blive behandlet.

HVAD ER CAD?

Da det kan konstateres, at en del begreber med tilknytning til CAD ofte benyttes med forskellige betydninger, vil det være hensigtsmæssigt at definere nogle af disse ord, så det i det mindste vil være klart, hvad denne rapport forstår ved de pågældende begreber.

Nogle definitioner skyldes Lars Frank [9], hvortil henvises for yderligere afklaring af specielle EDB udtryk.

Information	En oplysning, som modtageren kan forstå. Data bliver til informationer, når modtageren er bekendt med de forudsætninger og vedtagelser, som giver dataene mening.
Informatik	Læren om informationer og deres behandling og formidling.
Informationsteknologi	Teknologi til overførsel, lagring og bearbejdning af informationer.
Data	Ved data forstås repræsentationer af kendsgerninger eller idéer, der kan kommunikeres eller behandles ved processer.
Database	Ved en database forstås en mængde data, der er lagret, organiseret og forbundet på en fleksibel måde, så databasen let kan tilpasses nye uforudsete opgaver. Dette opnås normalt ved 1) at indføre relationer, der kobler de lagrede data, så man ikke behøver at lagre det samme data mere end et sted. 2) at indføre en kontrol af, at evt. flere samtidige brugere ikke generer hinanden og 3) at anvende et for databasen universelt sprog, hvormed søgning af data kan foretages.
Databank	Ved ordet databank forstås en serviceorganisation, der administrerer en eller flere databaser, hvis indhold ikke frit kan ændres af brugerne.

**Offentlig
databasetjeneste**

En offentlig databasetjeneste er en databank, som er autoriseret og offentlig tilgængelig.

CAD
(udtales kad
eller C.A.D.)

Ved CAD (Computer Aided Design) skal i denne sammenhæng forstås datamatstøttet projektering, hvor projektet modelleres digitalt.

Der kan være tale om CAD på flere niveauer alt efter i hvilket omfang de indgående projektdata er integreret. Et CAD-system omfatter normalt en geometribehandlende del (f.eks. et tegneprogram eller et program, der kan opbygge en volumenmodel); men kan også indeholde databasefaciliteter, hvor man kan holde orden på projektets data i form af såvel geometri og tekst.

CAM
(udtales kam)

CAM (Computer Aided Manufacturing) står for datamatstøttet udførelse, og omfatter forberedelse og planlægning af den praktiske udførelse.

Det er eksempelvis CAM at benytte datamaskinen til at finde den optimale måde, hvormed et antal emner kan udskæres af en plade.

CAE
(udtales C.A.E.)

Ved CAE (Computer Aided Engineering) forstås datamatstøttet beregning eller analyse.

CAAD

CAAD (Computer Aided Architectural Design) betyder datamatstøttet arkitektarbejde, og omfatter specielt arkitektsiden af projekteringen.

CIM
(udtales sim)

CIM (Computer Integrated Manufacturing) betegner et integreret produktionsforløb, hvor produktionen styres ud fra helhedsbetragtninger.

CAD omfatter således både CAAD og dele af CAE, men ikke CAM, hvorimod CIM kan omfatte både CAM, og en del af det, man vil forstå ved CAD.

PROJEKTET SOM INFORMATIONSFORMIDLER

Efter at have klarlagt, hvad vi i denne forbindelse vil forstå ved nogle af de væsentligste begreber med relation til CAD og informatik, vil det være formålstjenligt at gøre sig klart, hvad der kendetegner et bygningsprojekt, og hvad dets funktion er.

Et projekteringsarbejde er en planlægningsopgave, hvis logiske faseopdeling i detaljer følger andre kendte planlægningsopgaver (Hertz [16]).

Projekt

Et projekt er en dokumentation for en planlægning, der skal sikre at et givet mål opnås.

Et bygningsprojekt kan omfatte en detaljeret beskrivelse af bygværkets udførelse, men omfatter så godt som altid en redegørelse, der mere eller mindre detaljeret beskriver det ønskede bygværk med ord og geometri i form af tegninger, modeller m.v.

Ved at medtage redegørelsen for bygværket opnår man en sikkerhed for, at de udførende i tvivlstilfælde kan tolke beskrivelsen af udførelsen samt at de udførende selv kan vælge en passende fremgangsmåde i de tilfælde, hvor den ikke er beskrevet i projektet.

Der vil altid være en grænse for, hvor meget man kan detaljere en beskrivelse af den fysiske virkelighed, og derfor vil et projekt kræve et vist mål af underforstået viden hos de, som skal anvende det, og på et givet niveau vil de udførende selv skulle vælge sine fremgangsmåder.

Hvis man lader redegørelsen for bygværket erstatte beskrivelsen af udførelsen på en sådan måde, at det vil være nødvendigt for de udførende at foretage en separat projektering for dele af bygværket, opnås reelt en deling af projektet.

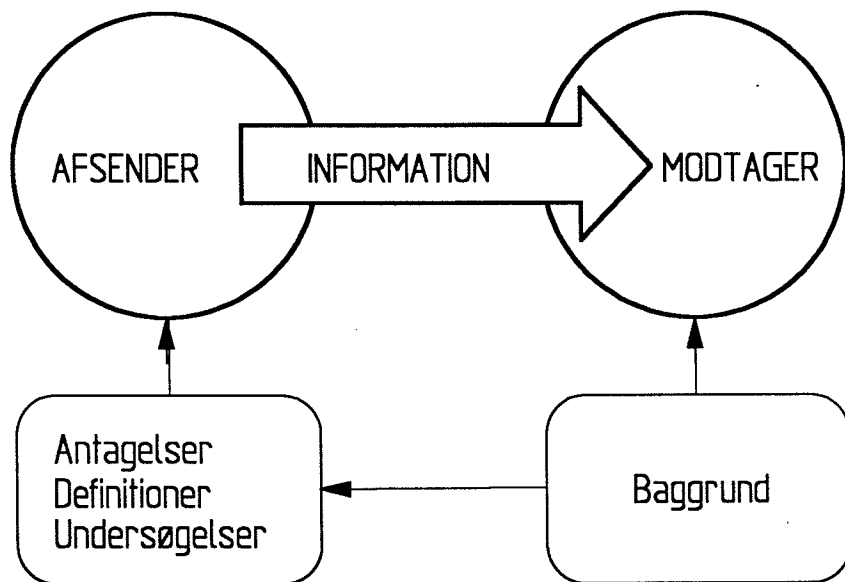
Detaljer, som bygherre og rådgivere ikke ønsker at tage stilling til overlades herved til de udførende, og dette forhold bør projektmaterialets opdeling afspejle.

Dette gælder i særdeleshed hvis projektet formulerer sig i funktionskrav, altså beskriver den funktion, som den enkelte bygningsdel skal have i stedet for at gøre et forsøg på at definere bygningsdelens fysiske natur.

Projektet skal altså tilsikre, at det ønskede bygværk kan udføres, og det tjener naturligt som en juridisk dokumentation for de beslutninger, som træffes derom.

Da udførelsen af bygværket er betinget af, at det kan godtages af bygherre, myndigheder og i visse tilfælde tillige af brugerne, vil projektmaterialet også have den funktion at informere disse om bygværket.

Man kan i alle forhold betragte projektet som bærer af en informationsmængde mellem en afsender og en modtager, og afsenderen må gøre sig klart, hvilke forudsætninger modtageren har for at kunne opfatte informationen, og projektet bør gives en udformning, så dets information kan modtages.



Princippet i en informationsoverførsel.

Stillet op på denne måde lyder det ganske indlysende og banalt, men en stor del af de problemer, som opstår i forbindelse med et byggeri skyldes at de projekterende ikke har taget tilstrækkeligt hensyn til modtagerens særlige forudsætninger.

1700 tallets landbobyggeri havde ekstreme eksempler på indforståethed i projektringsgangen, idet det ofte kunne være tilstrækkeligt at bestille et stuehus på 8 fag, hvorpå den lokale tradition bestemte resten.

I det traditionelle murede etagebyggeri kunne en grundplan og en opstalt af facaden være alt, som behøvedes for at huset kunne bygges, men udviklingen er hastigt gået i retning af at specificere så meget som muligt, uden at formålet dermed altid klart.

Ved en projektering, hvor CAD anvendes, er det særligt vigtigt, at forudsætningerne for projektet defineres klart, da CAD systemet ikke i sig selv vil være i besiddelse af en "tradition" for hvilken detaljeringsgrad projektmaterialet skal udarbejdes med.

Alternativt kunne man vedtage et nøje defineret sæt standarder om den krævede detaljeringsgrad og indarbejde disse i CAD-systemet.

Det er netop en force ved anvendelsen af CAD, at man kan generere projekter, hvis detaljeringsgrad passer til de enkelte modtagergrupper.

Hvis et projektmateriale eksempelvis skal bruges af medlemmerne af en forening af amatører, der ønsker at opføre en bygning i en sommerferie, skal beskrivelser og tegninger medtage mange forhold, der vil være urimelige at omtale, hvis bygningen skulle opføres af faglærte håndværkere.

Hvis materialet skal anvendes af mennesker, der til daglig taler et andet sprog end det, som projektet er udarbejdet på, er det ofte hensigtsmæssigt at forklare de indgående specielle begreber mere udførligt, end man ellers ville gøre, og evt. ligefrem tilføje ordlister med oversættelser af særlige udtryk.

Selv for et projekt, der udelukkende henvender sig til modtagere af en meget veldefineret personkategori såsom håndværkere med en given faglig uddannelse, vil det ofte være formålstjenligt at vurdere informationsformidlingen objektivt og utraditionelt, så nye og mere smidige løsninger på kommunikationsopgaven kan fremkomme og byggeprocessen derved gøres mere effektiv eller udføres med større sikkerhed.

Et eksempel kan være, at CAD systemet ofte uden ekstraomkostninger vil kunne påføre tegningerne rumlige illustrationer af samlinger og komponenter, som det kendes fra klippeak til børn, men som i byggeriet hurtigt vil kunne afklare mange tvivlsspørgsmål.

Et andet eksempel kunne være, at CAD systemet producerede en del af projektmaterialet som direkte optegninger og påskrifter på de materialer, som bygværket skulle udføres af (Kreiner [19]), eller alternativt udførte selvklæbende påskrifter, der anbringes på materialerne for at blive aflæst på byggepladsen, så den aktuelle vejledning altid var ved hånden.

Ved placering af elementer indbyrdes vil sådanne påskrifter, der angiver monterækkefølge og målelinier, der viser placeringer og tolerancer oplagt være fordelagtige.

Mange af disse idéer kunne i princippet også gennemføres ved projektering, hvor CAD ikke anvendes, men udnyttelsen af CAD teknologien muliggør at tiltagene kan realiseres uden de store ekstraomkostninger, der ellers hindrer den forbedrede kommunikation.

Det er karakteristisk for det traditionelle projekt, at det kun er en forholdsvis lille del af det endelige projektmateriale, der benyttes ved bygværkets opførelse, og som sådan spiller en rolle som bærer af information mellem de projekterende og de udførende.

Resten af materialet arkiveres som en juridisk vigtig dokumentation for bygningsprojektets indhold i de enkelte faser af bygværkets tilblivelse.

Det vil med rette kunne hævdes, at man ved den traditionelle projektering ofrer for meget på udformning og finish af dette materiale, der i vid udstrækning produceres til arkivet.

Det må være indlysende, at man i forbindelse med en omstilling af projekteringsformen ved indførelse af CAD teknologi, bør analysere mulighederne for, hvorledes man med fordel kunne flytte ressourcer fra arbejdet med det endelige projekt frem til tidligere stadier af projekteringen.

I det følgende gennemgås de enkelte faser i et projekteringsforløb og det øjeblikkelige stade for CAD anvendelse omtales.

I et senere afsnit behandles på baggrund heraf nogle væsentlige mangler ved de eksisterende CAD systemer, og der gennemgås en række muligheder for ændringer i projekteringsmetodik og i systemerne, så nogle af disse mangler kan afhjælpes.

PROJEKTFORLØBET

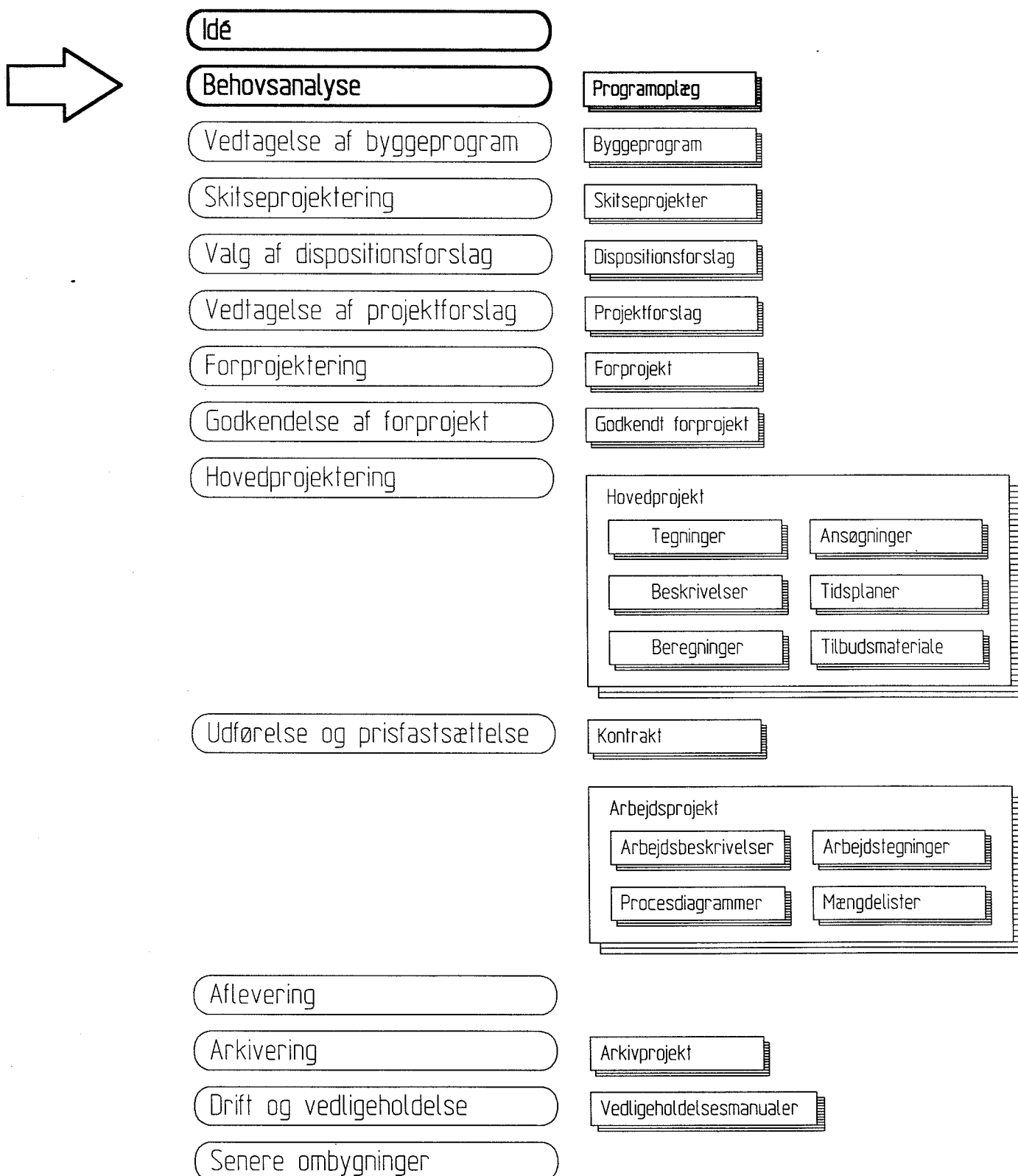
Projektforløbet kan opfattes som en række faser, hvoraf de fleste afsluttes med vedtagelsen af et dokument, der indeholder resultatet af det pågældende arbejde (eksempelvis Fangel [7] og Larsen [20]).

Da hele det videre forløb af byggesagen afhænger af, om bygherren kan beslutte sig for at vedtage disse dokumenter, er det oplagt, at det vil kunne betale sig at tilvejebringe det bedst mulige beslutningsgrundlag for vedtagelserne.

Et CAD system kan med fordel anvendes til at generere et overskueligt og forståeligt beslutningsgrundlag med let tilgængelige illustrationer og præsentation af relevante data om projektet.

Projekterings faseopdeling ændres ikke umiddelbart ved indførelse af CAD, men indholdet må justeres, og på længere sigt vil det være hensigtsmæssigt for anvendelsen af CAD at forskyde aktiviteter mellem de enkelte faser.

I det følgende gennemgås projekterings faser, hvert slutdokument markeres med en kasse i teksten og på modstående side vises hvor i projektforløbet den pågældende tekst refererer til.



Faserne i en bygningsprojektering.

Idéfase

Idéen til byggeriet opstår.

Det kan diskuteres, om denne første fase hører med til projekteringen af bygværket, bl.a. fordi den ofte indgår i forudgående projekter, der arbejder med større enheder såsom byplansprojekter, planlægning af strategier for virksomheder m.v.

Generelt kan det dog bemærkes, at det er muligt at benytte et informationssystem til at befordre dannelsen af nye idéer ved at generere løsninger på definerede problemstillinger, og dette vil kunne indgå i arbejdet med det enkelte projekt.

Behovsanalyse

Der undersøges i denne fase hvilke ønsker, krav og muligheder, der vil være knyttet til idéen.

Ønsker opstilles ud fra visioner hos bygherre, arkitekt og evt. brugere og ingeniør samt viden om markedet.

Det er naturligt at anvende computerstøtte til behandling og præsentation af data fra markedsanalyser, men da arbejdet hermed kan anvende almindeligt kendte metoder, behandles det ikke yderligere i denne fremstilling.

CAD systemet kan med fordel anvendes til at illustrere de visioner, som bygherre, arkitekt og brugere måtte have (se f.eks. Løssing m.fl. [21]), hvor man direkte arbejder plastisk med bygningskroppene eksempelvis repræsenteret som skyggelagte volumenmodeller.

CAD modellen kan overtage papirets rolle med at fastholde idéen og dens mulige fysiske formgivning, så den kan gøres til genstand for granskning, forkastelse eller revision.

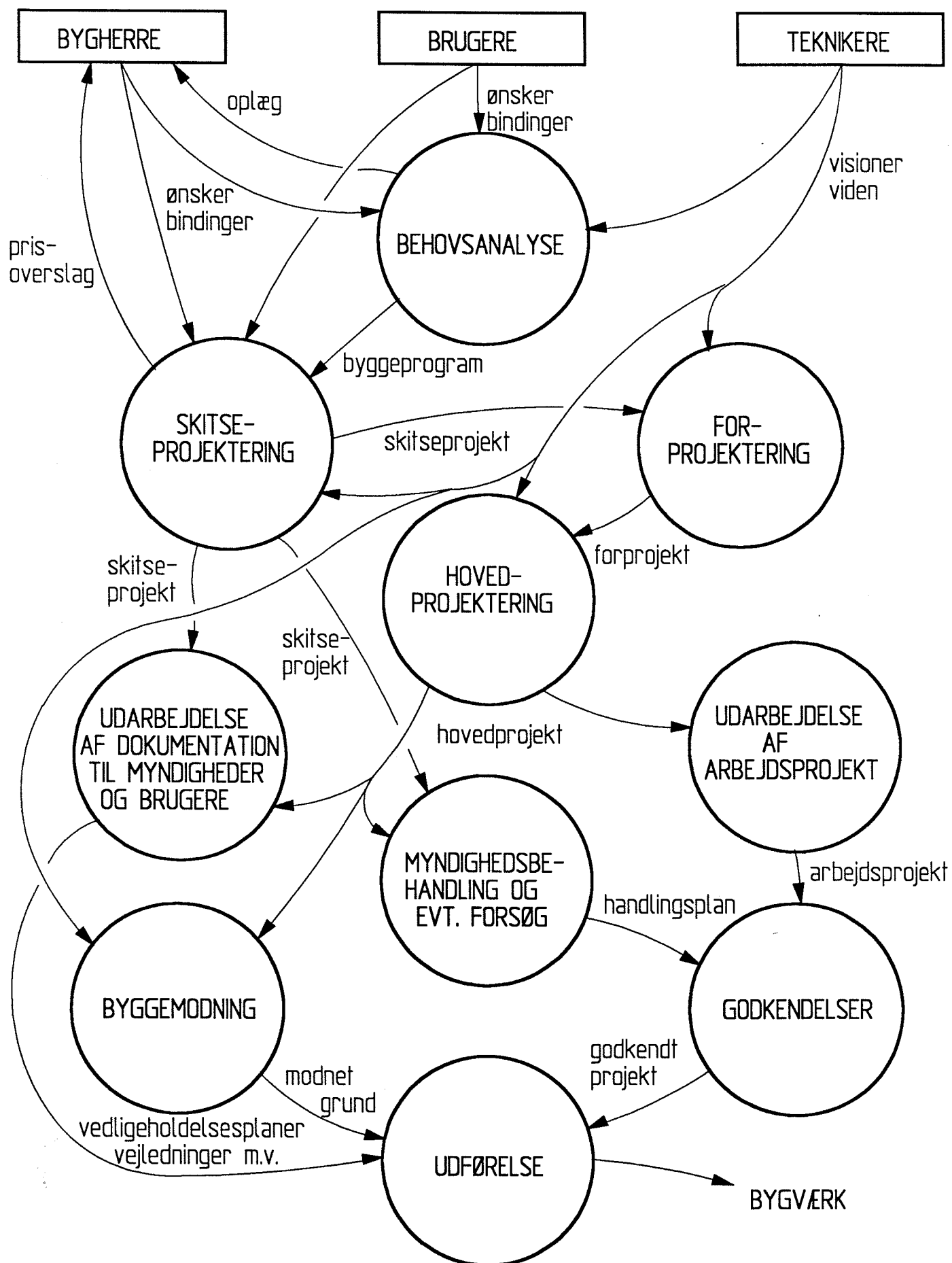
Krav fremkommer ved analyse af fysiske, miljømæssige og økonomiske samt lovmæssige begrænsninger.

CAD systemet kan benyttes til at lagre og omforme de aktuelle oplysninger om krav (f.eks. Hertz [14]), så deres konsekvenser for bygværket fremgår klart, og så man tydeligt kan kontrollere, om man overholder givne begrænsninger i løbet af projekteringen.

Et eksempel herpå er et programmel, som er udviklet af Kajima Corporation i Tokyo, hvormed firmaets design sektion på CAD systemet bl.a. kunne optegne konturerne af et rumligt prisme, som definerede de begrænsningsflader, hvor indenfor bygningslovgivningen kræver, at bygningen skal holdes.

Efterhånden som projekteringen skrider frem vil det foreslåede bygningsvolumen blive vist som et rumligt skyggelagt massiv på billedet, og man kan umiddelbart kontrollere, om dele af bygningen overskrider begrænsningsfladerne.

Muligheder opstilles ud fra en viden om, hvad man kan få, og hvad man kan udføre baseret på en byggeteknisk viden og en viden om leverandører.



Dataflowdiagram over projekteringsfaser.

Hvis man vil udnytte eksisterende løsninger fra tidligere projekter og fra leverandørkataloger, er det hensigtsmæssigt, hvis disse oplysninger er ordnet efter funktionskrav og tilgængelige for CAD systemet.

I behovsanalysefasen vil der dog ikke blive udført nogen vidtgående modellering af bygværket og de repræsentationer, der evt. bruges i denne fase skal derfor være meget grove og evt. have en helt anden karakter, end dem, man vil anvende i de følgende faser; men en del af de grundliggende problemstillinger er dog de samme og vil derfor også gælde for de kommende afsnit.

Behovsanalysens resultater fastholdes i et eller flere

Programoplæg .

Vedtagelse af byggeprogram

Et af programoplagene vedtages som

Byggeprogram med oplysninger om krav, organisation, økonomi og tidsrammer for byggeriet.

Byggeprogrammet dokumenterer bygherrens ønsker, og efter dets vedtagelse skal den videre projektering ske i overensstemmelse dermed.

Skitseprojektering

Der udføres et eller flere

Skitseprojekter, som bearbejdes med hensyn til arkitektonisk udtryk og opfyldelsen af diverse krav og ønsker til bygværkets ydeevne.

Det er bygningens store linier, der arbejdes med i skitseprojekteringsfasen og bygningens væsentligste funktioner søges organiseret indbyrdes.

Ved udarbejdelsen af skitseprojekterne anvendes i vid udstrækning kendte detaljer og løsninger, hvortil der er knyttet viden om de pågældende løsningers ydeevner.

Ved en projektering uden brug af et CAD system er dette erfaringsgrundlag i reglen ganske tilfældigt organiseret.

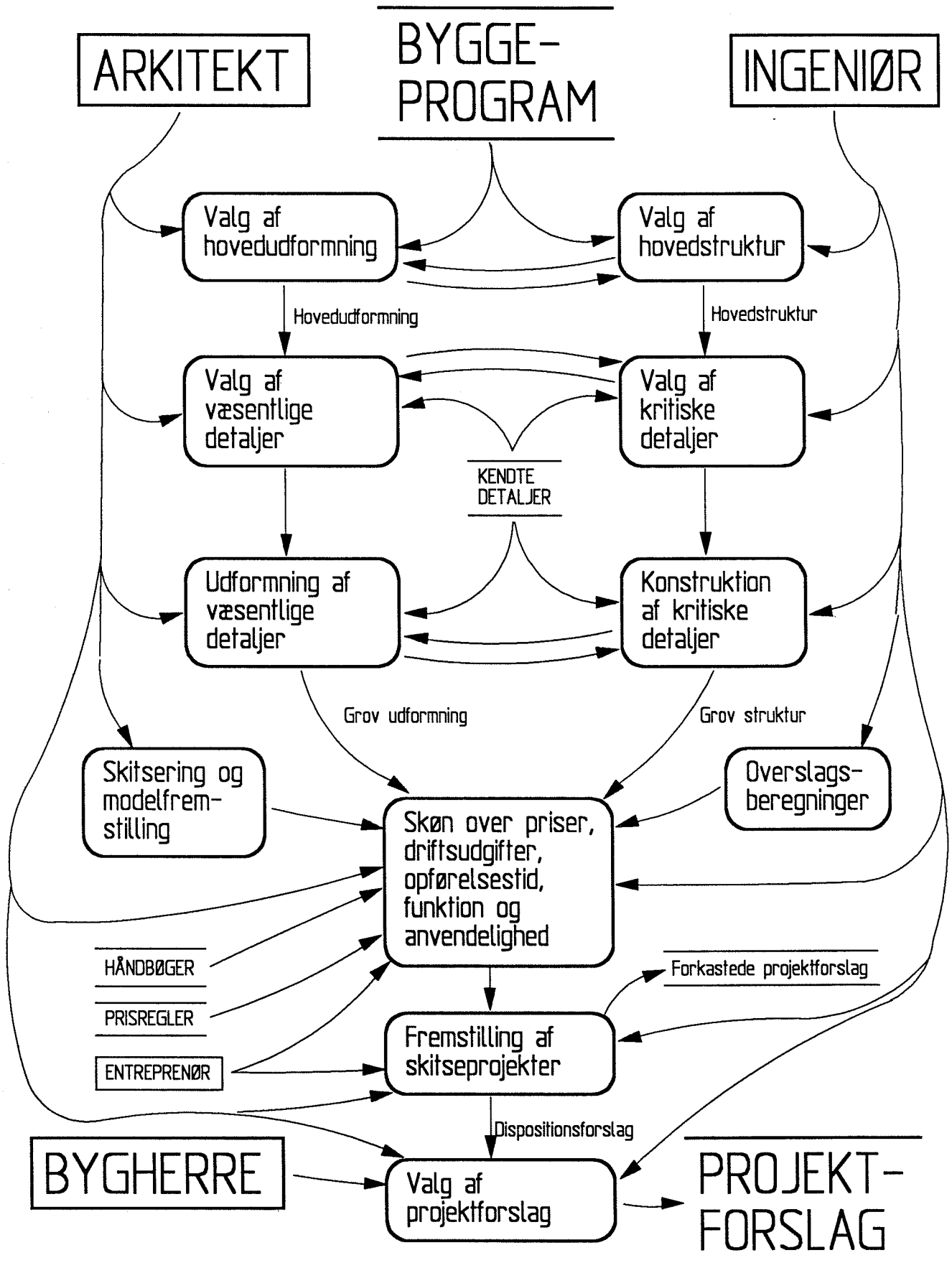
Det består i væsentlig grad af personlig viden og personlige optegnelser, som ikke kan anvendes af andre, end de projekterende teknikere.

Desuden kan det omfatte standardløsninger, som de involverede firmaer har udviklet, og løsninger som kopieres fra tidligere projekter.

Endeligt kan der anvendes standarddetaljer fra kilder udenfor projekteringsgruppen såsom lærebøger, opslagsværker, kataloger og studier af andre bygværker.

Ved en CAD projektering kan man med fordel gøre dette erfaringsgrundlag tilgængeligt for systemet, og dermed for en større kreds af projektdeltagere, hvorved den enkeltes arbejdsmuligheder forbedres.

Skitseprojekteringen sker ofte parallelt for arkitekt og ingeniør, som vist på følgende illustration.



Dataflow diagram for en skitseprojektering.

I denne fase tages mange af de væsentligste beslutninger for byggeriet, og derfor udnytter man med fordel CAD systemet til at understøtte disse beslutninger.

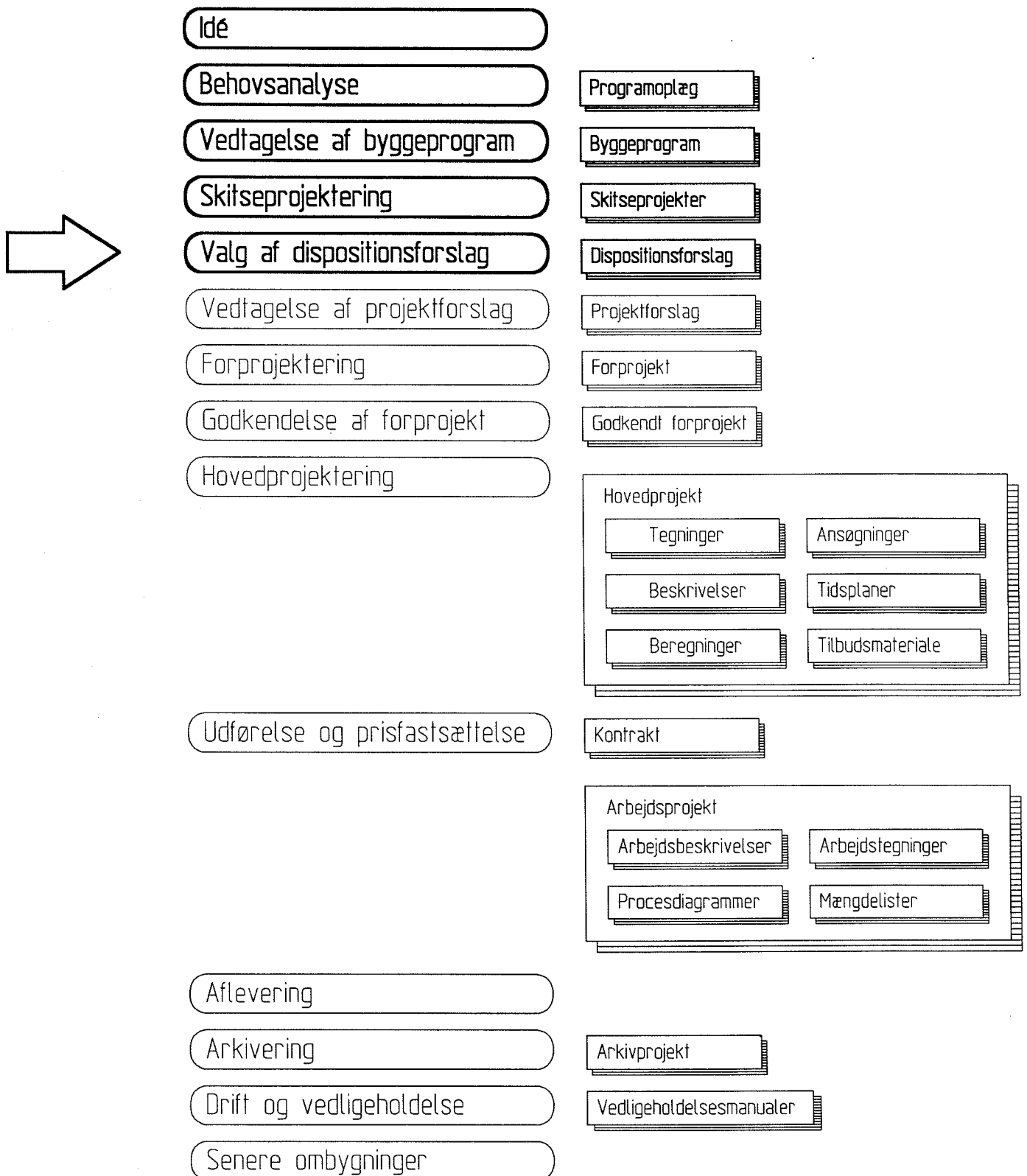
Det gøres bl.a. ved at inddrage systemet i arbejdet med at beslyse konsekvenserne af forskellige valg, idet man på et tidligt tidspunkt kan foretage flere og mere detaljerede konsekvensberegninger og få udført flere og mere detaljerede visualiseringer end det på samme tid er muligt i det håndfremstillede projekt.

Overslagsberegninger af priser og ydeevner skal under alle omstændigheder udføres og projektet visualiseres, så dets fremtoning og funktion kan aflæses.

I Skitseprojekteringsfasen kaldes på idéer til bygværkets udformning og muligheden af at lade CAD systemet generere et stort antal løsninger ud fra enkle kriterier kan med fordel anvendes.

Herved fremkommer løsninger, som man ellers risikerede at overse, og selv om man måske ikke anvender nogen af disse kan de være med til at igangsætte den åndelige proces, som fører til dannelsen af den endelige løsning.

Et tidligt dansk arbejde på dette område er udført af Per Galle [11], der har udviklet teori og programmel til generering af et stort antal mulige bygningsplaner på basis af regler, der beskrives af få parametre.



Faserne i en bygningsprojektering.

Valg af dispositionsforslag

I løbet af skitseprojekteringsfasen foretages en vurdering af de enkelte projekter, og en del af dem forkastes.

Andre bearbejdes yderligere, idet der udføres skøn over priser og driftudgifter, opførelsestid, funktion og anvendelighed.

Til brug for disse skøn anvendes ofte ved den traditionelle projektering et antal specielle håndbøger og prissætningsregler samt personlig erfaring, og i mange tilfælde konsulteres en entreprenør.

De projektdata, som skal indgå i vurderingerne er hovedsageligt mængder og geometriske mål, som i reglen på dette tidspunkt kan beregnes med en antagelig nøjagtighed ud fra de data, som findes i et CAD skitseprojekt.

Man kan derfor med fordel bearbejde de supplerende erfaringsdata, så de bliver tilgængelige for CAD systemet, hvorved de nævnte analyser kan udføres med en høj grad af automatik.

Dermed kan der udføres flere analyser med samme tidsforbrug som ved manuel beregning, og beslutningsgrundlaget forbedres.

De skitseprojekter, som på denne måde er bearbejdet og analyseret med hensyn til deres gennemførlighed og formålstjenlighed præsenteres som et antal

Dispositionsforslag .

Vedtagelse af projektforslag

Af dispositionsforslagene udvælges et eller nogle få, der bearbejdes mere detaljeret.

Forslagene forelægges bygherre og i nogle tilfælde brugergrupper til vedtagelse af et enkelt.

Det valgte projekt fastholdes med alle tilføjelser, som behandlingen måtte give anledning til i et

| | |----------------| | Projektforslag | |----------------|

Da det er bygherren og evt. brugerne, der har den endelige afgørelse med hensyn til, hvilket forslag, der vælges, er det oftest afgørende, at forslagene præsenteres overskueligt og forståeligt.

Netop til dette arbejde kan man som nævnt drage fordel af et CAD system, hvormed man kan fremstille de på dette tidspunkt inddaterede modeller med den ønskede detaljeringsgrad og symbolik afhængig af bygherrens og evt. brugernes baggrund og indstilling.

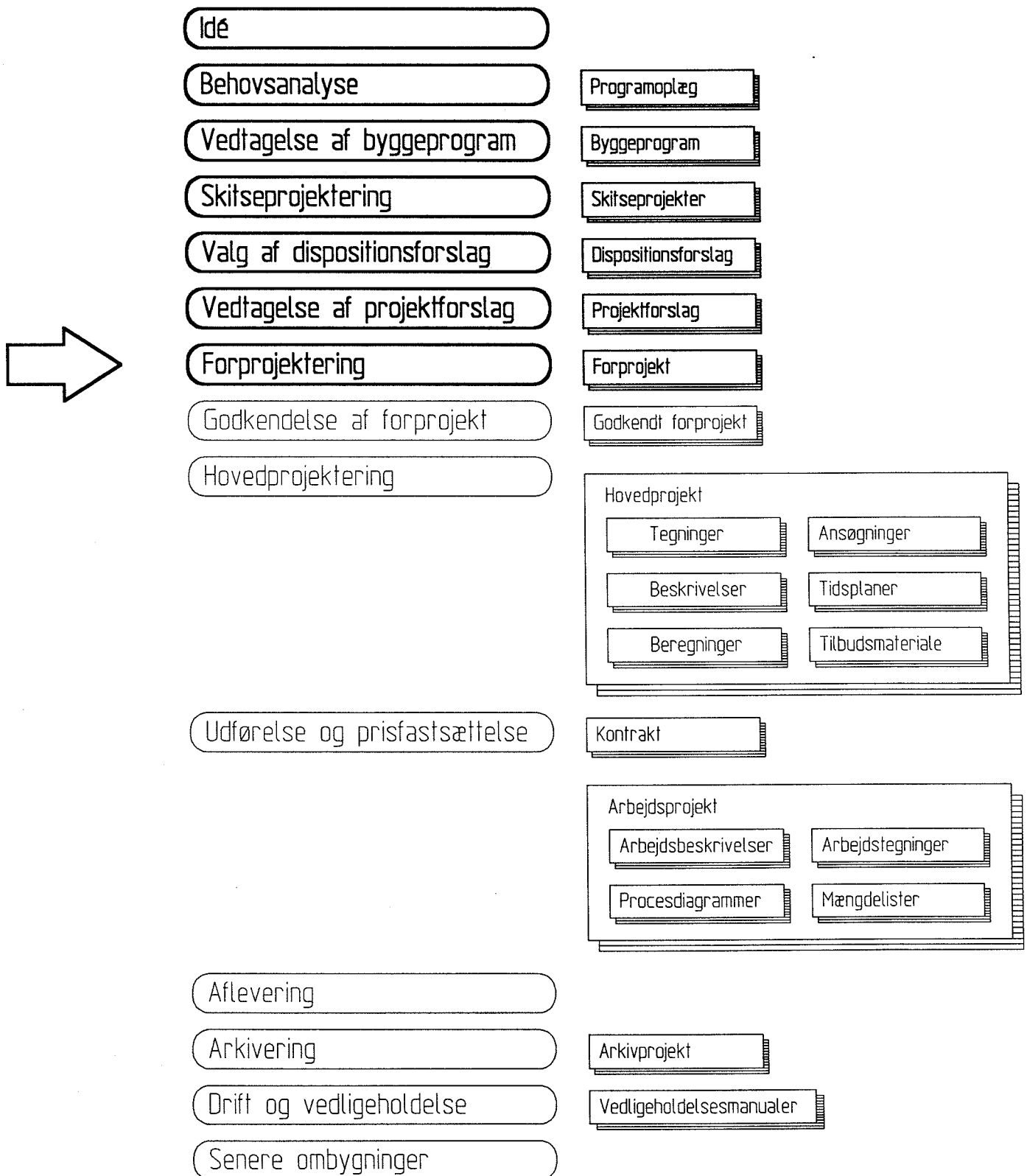
CAD systemernes evne til at fremstille tredimensionale, skyggelagte illustrationer af bygværket (Mitchell [22]) opfylder her en vigtig mission, og de fremstillede illustrationer tjener desuden en række andre vigtige formål, som man i reglen ikke gør sig klart i forbindelse med deres fremstilling.

Illustrationerne kan give de udførende teknikere et glimrende overblik over det bygværk, som de er i færd med at projektere, og kan bruges af dem til at holde rede på de indgående komponenters indbyrdes sammenhæng og relationer.

I særdeleshed vil sådanne illustrationer være af stor værdi ved de mange møder, som man holder i løbet af en projektering, idet man med udgangspunkt i en illustration både hurtigt og sikkert kan udpege og identificere de dele, som man taler om.

Det er forfatterens klare erfaring fra praksis, at dette kan spare megen tid og kan give en ekstra sikkerhed mod misforståelser.

Endeligt vil de udførte illustrationer have en ikke ringe reklameværdi for de projekterende teknikere, de udførende og for bygherren.



Faserne i en bygningsprojektering.

Forprojektering

Projektforslaget tjener som grundlag for det videre arbejde med forprojekteringen, hvor der i reglen indtages en række nye teknikere, der kan bruge projektforslagets overskuelige fremstilling, når de skal sætte sig ind i sagen.

Først planlægges og organiseres forprojekteringen, og der tildeles de nødvendige ressourcer i form af tid, bemanning og bevillinger.

Dernæst gennemføres et arbejde, der i princippet ligner skitseprojekteringen, blot går man denne gang mere i detaljer med såvel bygværket, som det anvendte vurderingsgrundlag og resultaternes præsentation, dvs. opbygningen af et

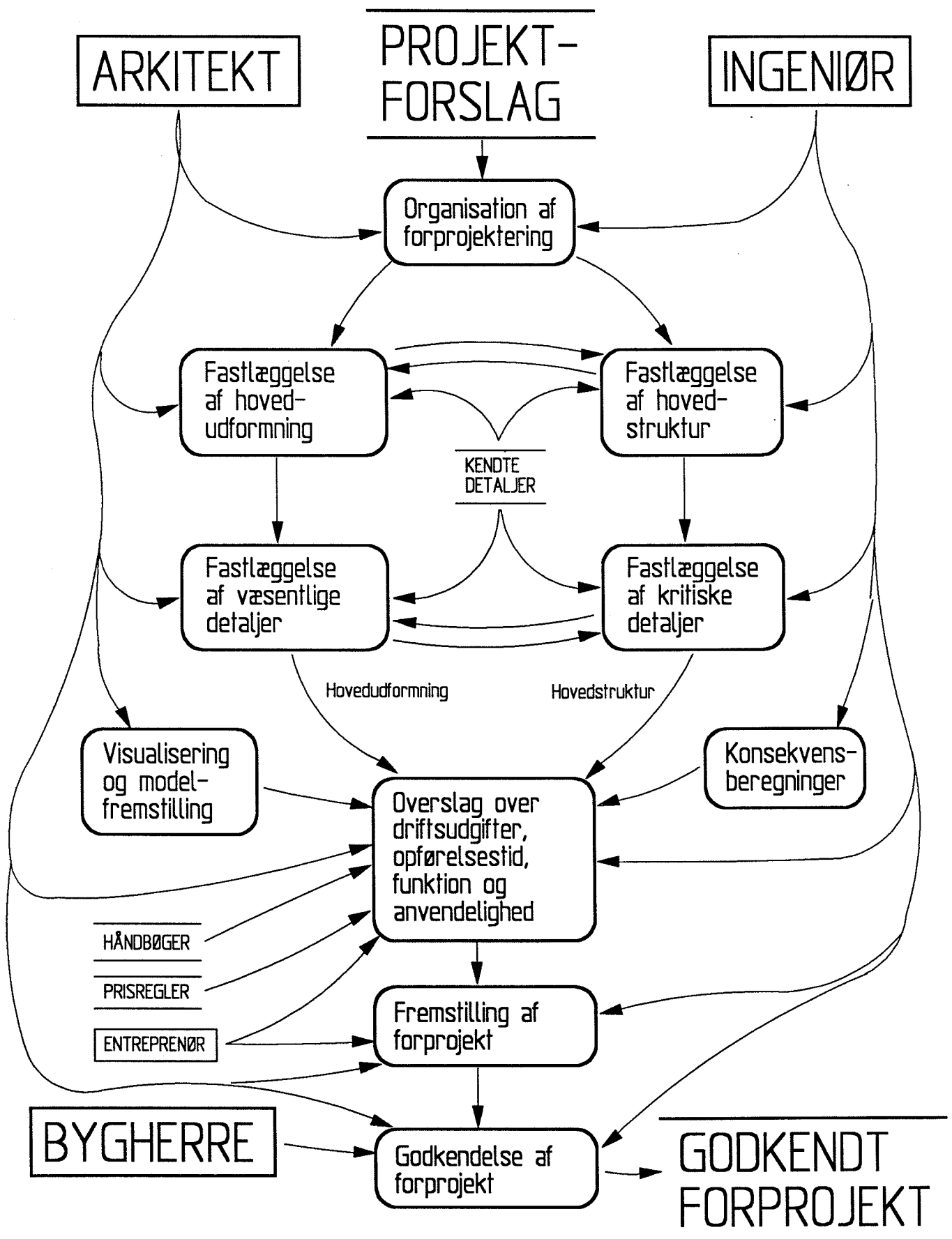
Forprojekt .

Dette sker, ligesom ved skitseprojekteringen, i vid udstrækning ved genbrug af viden om kendte detaljer og under udførelse af konsekvensberegninger og illustrerende optegninger.

Det kan være en fordel at udnytte CAD systemet til at foretage design, der baserer sig på flere kriterier samtidig.

Traditionelt designes de indgående dele i en bygning til at varetage en funktion ad gangen, hvorpå man har problemer med at realisere de opnåede løsninger.

Det medfører ofte, at man udfører to komponenter til varetagelse af to forskellige funktioner uden at tænke på, at en komponent lige så godt kunne opfylde begge funktioner samtidigt.



Dataflow diagram over forprojektering.

Det er ligeledes typisk, at man eksempelvis designer en bjælke optimalt for dens statiske last og et rør optimalt for dets flow, uden på forhånd at tage hensyn til, at de to skal skære hinanden i rummet, hvad der ødelægger begge dele.

Det er en oplagt og meget udbredt anvendelse af CAD projektdata, at man udfører helt eller delvist automatiserede kontroller af, om bygningsdele geometrisk skærer hinanden.

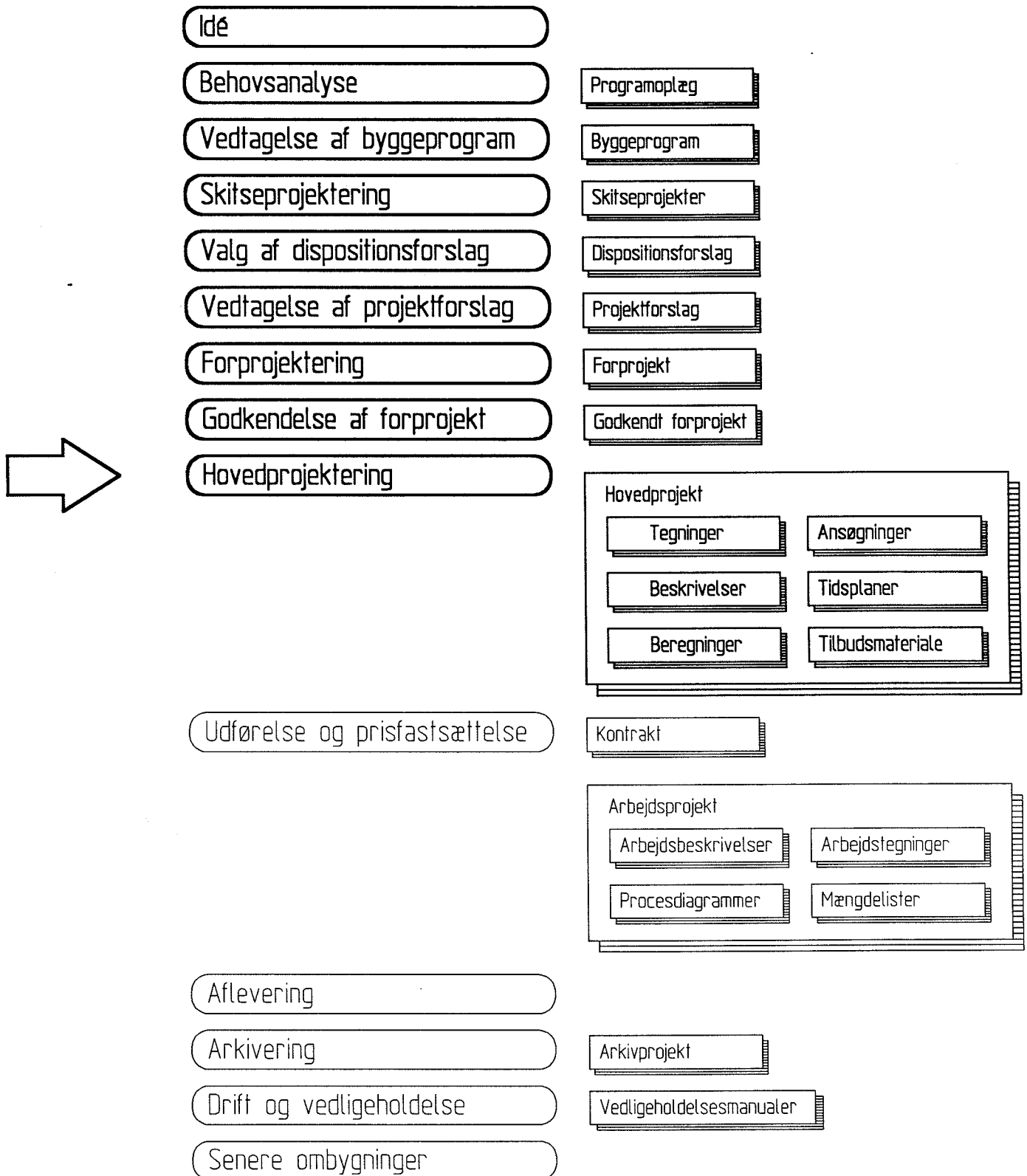
Det er ligeså oplagt, men noget mere ressourcekrævende og derfor endnu ikke så udbredt at foretage et fuldstændigt samlet design af forskellige, men indbyrdes relaterede bygningsdele.

Ved at inddrage analyseprogrammer (CAE), der automatisk kan udnytte de data, som findes i CAD modellen af bygværket, bliver et sådant parallelt design dog blot et spørgsmål om samkøring af de relevante programenheder.

Under forprojekteringen udføres overslag over priser, driftudgifter, opførelsestid og funktion og anvendelighed vurderes, ligesom det undersøges, om der gælder lokale restriktioner for det påtænkte bygværk.

Her spiller CAD systemet samme rolle, som tidligere beskrevet med hensyn til informationssøgning, og konsekvensanalyser.

Navnlig giver CAD systemets velegnethed til at opstille styklister og nedbryde bygværket i bestanddele, en stor fordel ved udførelsen af pålidelige prisberegninger.



Faserne i en bygningsprojektering.

Hovedprojektering

Forprojektet forelægges bygherren til godkendelse.

Denne fase er ofte lige så kritisk for hele byggesagens videre skæbne, som valget af et projektforslg, da iværksættelsen af en hovedprojektering kræver en langt større bemanding og dermed ressourceforbrug, end der har været anvendt på sagen tidligere.

Som nævnt kan CAD systemet udnyttes i arbejdet med at tilvejebringe et oplæg for beslutningen på samme måde som ved de tidligere faser, blot arbejdes der her med en mere detaljeret bygningsmodel.

Hvis forprojektet godkendes, påbegyndes arbejdet med

Hovedprojektet

I modsat fald kan der blive tale om en gentagelse af forprojekteringen.

På dette tidspunkt står det klart, at bygværket skal opføres, og der afsættes tidsmæssige rammer for den endelige projektering.

Når bygherren først har truffet sin beslutning om byggeriets gennemførelse, er han normalt utålmodig efter at se det færdigt, og derfor bliver projekteringsindsatsen meget ofte koncentreret over et relativt kort tidsrum under medvirken af en række medarbejdere, som ikke tidligere har været bekendt med projektet.

Dette stiller specielle krav til arbejdets tilrettelægning, og til kvaliteten af det materiale, der dokumenterer forprojektet.

Hovedprojekteringen består i det væsentlige af en rafinering af forprojektet, hvor bygværkets udformning og struktur i store træk er fastlagt.

Alle detaljer finder nu deres form og konstruktion, bygværket eftervises at ville opfylde de opstillede krav, og eftervisningen dokumenteres.

Bygværkets udformning fastholdes i datamodellen eller på tegninger i alle detaljer, og tilhørende beskrivelser gør rede for materialevalg og krav til bygværket og dets udførelse.

Beskrivelserne kan endvidere give anvisninger på udførelsesmåder, men disse metoder vil ofte med fordel kunne ændres af entreprenøren, så arbejdet kommer til at svare til dennes specielle virksomhed.

I denne forbindelse kan det nævnes, at man allerede i flere år har været opmærksom på en uheldig bivirkning af EDB-mæssig repræsentation af projektdata, idet elektronisk tekstbehandling har opnået en stor popularitet ved udfærdigelse af beskrivelser til alle typer projekter.

Det medfører, at de rådgivende søger at dække sig ind for uforudsete hændelser ved at kopiere dele af tidligere udarbejdede beskrivelser i de nye.

Tendensen er derfor, at beskrivelserne svulmer op og bliver uoverskuelige, og somme tider direkte uforståelige, idet de afsnit, som indsættes, ikke er skrevet med henblik på det, som beskrivelsen omhandler.

Man kan endog antræffe de samme delafsnit flere steder i en beskrivelse, og i værste fald støde på modstridende oplysninger.

Den information, som beskrivelser og andre dele af projektmaterialiet giver bør præsenteres kortfattet og klart, og man bør bestræbe sig på at undlade at kopiere for store mængder uvedkommende materiale ind i projektet i den hensigt at tage højde juridisk for uforudsete hændelser.

Eventuelt kunne man opdele beskrivelserne i flere dele, hvor de mange generelle krav og anvisninger kunne samles i standard afsnit, som én eller flere rådgivere, eller måske en hel rådgiverorganisation kunne vedtage som forudsætning.

De udførende kunne da blot sætte sig ind i disse ting én gang, og senere nøjes med at granske det, som måtte være specielt for det aktuelle byggeri, og evt. kunne man henvise til standardafsnittene i stedet for at levere dem med projektet i deres fulde udstrækning.

Der gøres i disse år forsøg på, at formulere standardbeskrivelser på enkeltområder gældende for et helt land eller en sammenslutning af lande, men det var ønskeligt om man kunne udarbejde standardafsnit for langt flere områder, også selv om deres udbredelse måtte være mere begrænset i begyndelsen.

Man bør sikre sig, at ønsket ikke fører til en stiv konformitet, hvor de én gang vedtagne beskrivelser opfattes som krav, der altid skal medtages.

Naturligvis må man kunne medtage afvigelser ved at indarbejde dem som undtagelser i materialet eller helt undlade visse beskrivelser i de enkelte projekter og erstatte dem med særligt formulerede afsnit.

For at give et indtryk af omfanget af et hovedprojekt anføres i det følgende bestanddelene af et traditionelt projektmateriale, som det udfærdiges på papir.

Det skriftlige materiale vil traditionelt omfatte en:

ARKITEKTBEKRIVELSE med en mængde oplysninger om materialer, forarbejdninger og forhold, der har betydning for bygværkets funktioner mv.

Dertil kommer en

INGENIØRBEKRIVELSE, der for et hus kan bestå af

Terræn, afgravning og kloak

Råhus med Fundamenter

Pladsstøbt beton

Stål

Træ

Installationer med Afløb

Vand

Varme

Ventilation

El

og et sæt

BEREGNINGER med

Statiske beregninger og

Installationsberegninger samt

Prisoverslag

TEGNINGSMATERIALET kan typisk bestå af et sæt arkitekt-

og et sæt ingeniørtegninger, der igen kan være opdelt fagligt.

For at give et indtryk af tegningsmaterialets omfang vises i det følgende en oversigt over samtlige tegninger til en mindre institution på 700 m² i 2½ plan, som forfatteren har deltaget i projekteringen af.

ARKITEKTTEGNINGER

Situationsplan	1:200
Oversigtsplan etage 1, 2, 3	1:50
Målplan etage 1, 2, 3	1:50
Snit	1:50
Facader	1:50
 Specielle bygningsdele (trapper m.v.)	 1:20
 Detaljer, facader, vandrette	 1:5
Detaljer, facader, lodrette	1:5
Detaljer, tag	1:5
Detaljer, indvendig vandrette	1:5
Detaljer, indvendig lodrette	1:5
Detaljer af specielle bygningsdele	1:5

INGENIØRTEGNINGERTERRÆNARBEJDER

Afsætning og afgravning	1:200
Terrænplan	1:200
Kloakplan	1:200
Terræn, detaljer	1:20
Kloak, detaljer	1:20

OVERSIGTSTEGNINGER

Referencesystem og snithenvisninger	1:100
-------------------------------------	-------

FUNDAMENTER, PLANER

Fundamentsplan	1:50
----------------	------

BETONMÅL OG ARMERING, PLANER

Krybekælder og dæk over krybekælder	1:50
Etage og dæk over etage 1, 2, 3	1:50

BETONMÅL OG ARMERING HOVEDSNIT

Snit 1, 2, 3	1:50
--------------	------

PLADSSTØBT BETON DETALJER

Vægarmering	1:50
Isolering af krybekælder	1:50
Lodrette snit	1:20
Principsnit	1:20
Trapper og div. snit	1:20
Bjælker B01-B05	1:20
Søjler S01-S05	1:20

HULLER OG INDSTØBNINGER, PLANER

Krybekælder og dæk over krybekælder	1:50
Etage og dæk over etage 1, 2, 3	1:50

TRÆKONSTRUKTIONER, OVERSIGT

Spær-, bjælke og søjleplan	1:50
----------------------------	------

TRÆKONSTRUKTIONER, DETALJER

Spær, elementer, spærfag typer	1:20
Trædetaljer 1, 2, 3,	1:10
Trædetaljer ved specielle bygningsdele	1:10

STÅLKONSTRUKTIONER

Afstivningskryds	1:20
Stålsøjler	1:20
Ståldetaljer	1:20
Indstøbninger	1:10

SPECIELLE OVERSIGTSTEGNINGER

Hovedfordelingsledn. i terræn og kr.kælder	1:200
Kælderetage, gulvplan	1:50
Kælderetage, loftplan	1:50
Etage 1, 2, 3 gulvplan	1:50
Etage 1, 2, 3 loftplan	1:50
Tagplan	1:50
Installationsskakte	1:50
Ventilationsprincipdiagram	1:50

SPECIELLE BYGNINGSDELE

Afløbsdiagram	-
Vanddiagram	-
Varmediagram	-
Konvektorer og radiatorer	-
Reguleringsanlæg, ventilation	-
Ventilationsdiagram	-
Ventilationsafkast	-
Ventilationsåbninger og indtag	-
Ventilationscentral	-
Signaturforklaring	-

EL-TEGNINGER

Situationsplan	1:200
Lysinstallation	1:50
Kraft- og svagstrømsinstallationer	1:50
Installation i teknikrum	1:50
Gruppetavle i teknikrum	-
Gruppetavle stueplan, diagram	-

Det er ved udarbejdelsen af hovedprojektet, at CAD først har fundet anvendelse, da systemerne umiddelbart er egnede til at varetage den traditionelle endelige optegning af det store tegningsmateriale og til at forsyne beregningsrutiner med data til fremstilling af den endelige dokumentation i forbindelse med styrkeeftervisning og rørdimensionering m.v.

Det er imidlertid tilfældet, at den overvejende del af dette materiale arkiveres uden at finde anvendelse i forbindelse med bygværkets opførelse.

Man kunne derfor spørge, om ikke den traditionelle projekteringsform bruger for mange ressourcer på at udarbejde et fint materiale, som ingen ser?

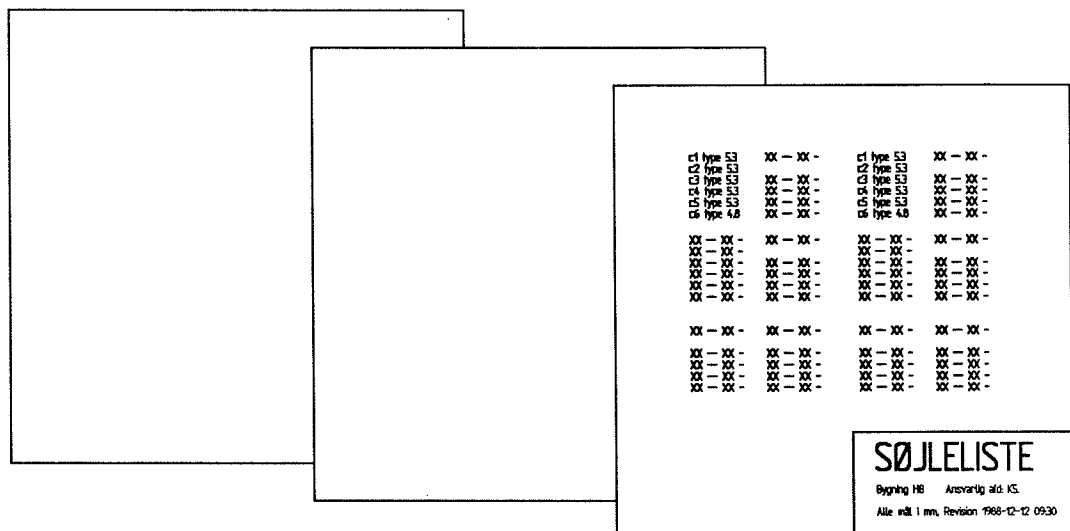
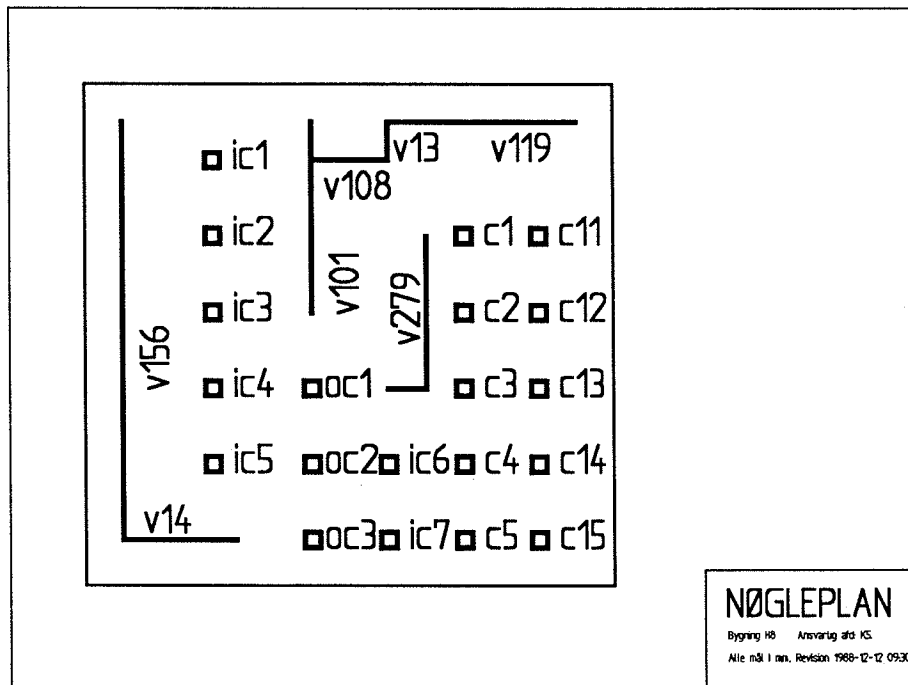
Juridisk dokumenta- tion

Forholdet er dog det, at dokumentationen skal eksistere, således at man ved evt. efterfølgende stridsspørgsmål kan fremdrage den og afklare årsagssammenhænge.

Forfatteren har i forbindelse med nogle større byggesager medvirket til at gennemføre eksperimenter, som netop tog sigte på at nedbringe omfang og finish af det projektmateriale, som rådgiveren skulle levere.

Dette kan kun ske ved samtidigt at indføre nogle afsnit i projektmaterialet, hvor ansvarsfordelingen mellem rådgiver og udførende nøje fastlægges.

Til gengæld opnåede man i vid udstrækning at rådgiveren undgik at skulle tage stilling til en række detaljer, som den udførende alligevel ville have ændret i sine arbejdstegninger, så de passede til den pågældendes traditioner.



Princip i informationsformidling med nøgleplaner og lister.

Projektformen var i vid udstrækning baseret på lister og nøgleplaner.

Nøgleplanerne viste eksempelvis placeringen af betonbjælker angivet med numre, og et antal lister fortalte om belastning og armering af disse bjælker, idet alle tværsnit og armeringer var angivet med reference til et antal på forhånd definerede typer.

Resultatet blev, som det netop var hensigten for det aktuelle byggeri, at projektet blev færdigt på rekordtid, og at byggeriet blev opført på rekordtid.

Det er oplagt, at en sådan projekteringsform er velegnet for CAD projektering, da den udnytter forcen ved et informationssystem, opbygget over en database.

Udviklingen af CAD baserede projekteringsformer vil blive præget af, at store mængder data angives på listeform og enkelte nøgleplaner viser indbyrdes placeringer og relationer.

Herved vil energi kunne frigives til at de rådgivende kan ofre størst mulig opmærksomhed på de detaljer, som virkeligt er af betydning for bygværkets virkemåde.

En sand pioner på dette felt var den nu afdøde danske arkitekt Arne Jacobsen, som allerede i 1950'erne brugte en konceptuel skitseringsform ved projekteringen af SAS huset i København.

Han definerede sig på forhånd et antal elementer, som han navngav med symboler.

På simple grundplaner med modulnet skrev han da blot symbolnavnene, hvorved de indbyrdes relationer mellem elementerne var fastlagt.

Det gav ham en stor frihed til at flytte rundt med sine elementer, og et stort antal mulige løsninger kunne skitseres på kort tid med papir og blyant.

Da vi netop ønsker det samme idag af vore CAD systemer, og da Arne Jacobsens metode er som skabt til en anvendelse, hvor de indgående elementer er definerede i en database, vil den umiddelbart kunne bruges med stor fordel ved en CAD projektering.

I forbindelse med udarbejdelse af hovedprojektet og ofte endnu tidligere fremsendes et antal

Ansøgninger til myndighederne om byggetilladelser m.v. og der træffes aftaler om bygværkets tilslutninger og service (vand, el, fjernvarme, renovation m.v.).

Der opstilles endvidere en

Tidsplan for byggeriets udførelse.

En god planlægning er af afgørende betydning for økonomien i en byggesag, idet store beløb vil være bundet under opførelsen i maskiner og materialer.

Årsagen til, at planlægningen ofte forsømmes er, at det er et stort og bekosteligt arbejde at fremskaffe og behandle de data, som skal bruges i planlægningsarbejdet.

Hovedparten af disse data findes imidlertid på tilgængelig form i et CAD projekt, og en af de helt store økonomiske gevinster ved en CAD projektering er netop, at CAD projektet umiddelbart kan danne basis for en langt mere effektiv planlægning, end man hidtil har været vant til.

Det er dog en øjeblikkelig ulæmpe, at hvor det er de rådgivende, der hovedsageligt investerer i CAD teknologi, er det de udførende, der først og fremmest kan høste en økonomisk fordel af den bedre planlægning.

Dette vil naturligt føre til en nyvurdering af rollefordelingen mellem rådgiver og entreprænør, der på længere sigt vil være til glæde for begge parter.

I flere tilfælde er det sket, at de rådgivende tager sig ekstra betalt for at levere et bedre projekt, og at en del af detailprojekteringen bliver overladt til entreprænøren i det omfang, at rådgiveren ikke anser det for formålstjenligt at varetage den selv.

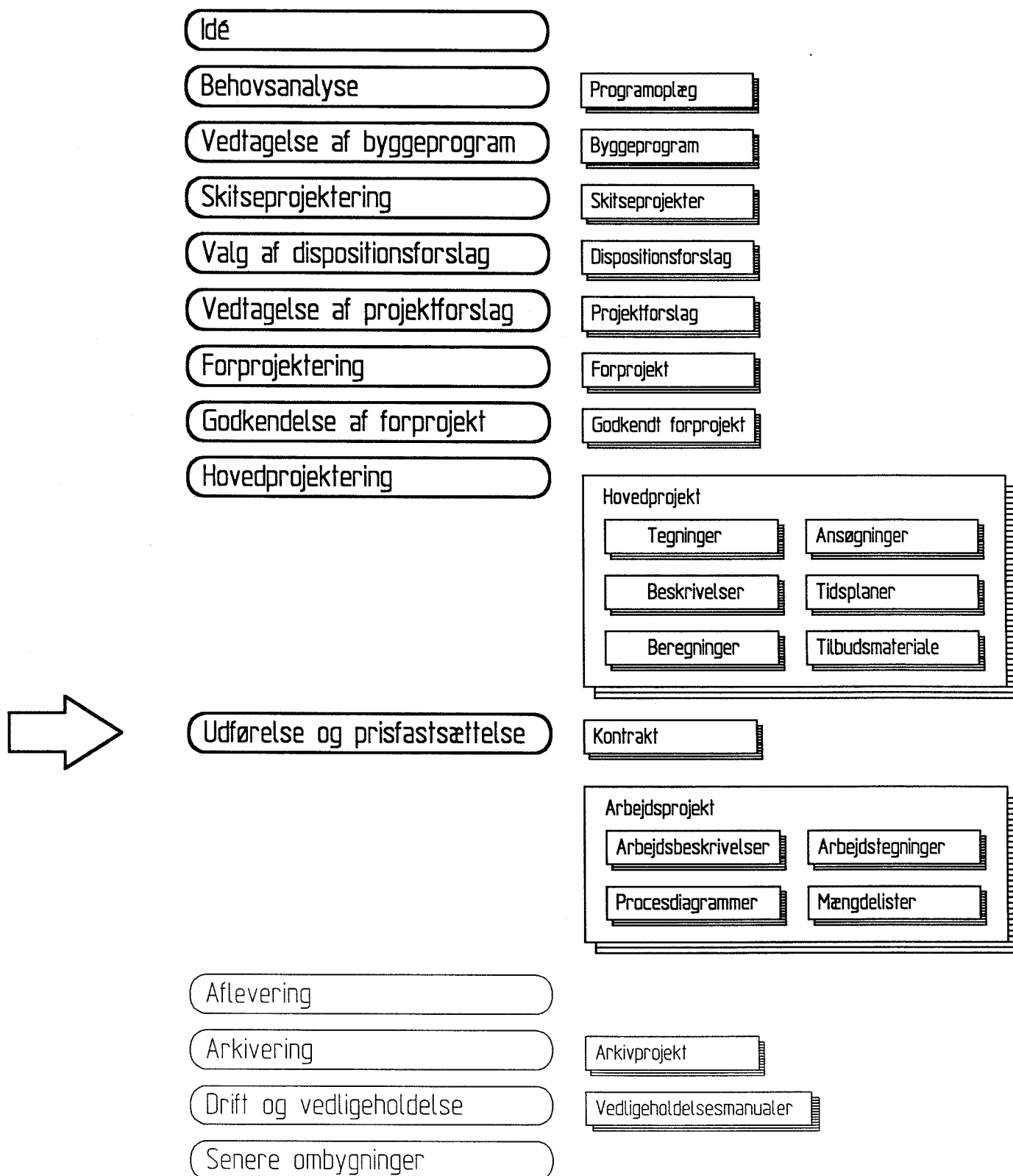
En sådan fordeling eksisterer i forvejen i nogen grad for bygningsdele som f.eks. ventilationsanlæg og betonelementer, hvor fabrikken bærer ansvaret for, at standard-delene opfylder de krav, som er anført i katalogerne, og hvor rådgiveren kan koncentrere sig om specielle dele og delenes sammenbygning.

Der foretages en endelig Prisfastsættelse normalt på baggrund af tilbud ved en eller flere licitationer, hvor entreprenører byder på udførelsen af arbejder, der er nøje beskrevet i et

Tilbudsmateriale

Ved planlægningen af projekteringsforløbet må det tilsikres, at bygværkets væsentlige detaljer er fastlagt og beskrevet på et relativt tidligt tidspunkt, så tilbudsmaterialet kan udsendes i tide.

Dette kræver en arbejdsform, hvor detaljer af mindre betydning for udførelsen behandles sidst, og hvor der ofte udarbejdes en særlig dokumentation med tegninger og beskrivelser til brug for tilbudsgivningen.



Faserne i en bygningsprojektering.

Udførelse

Ved anvendelse af CAD virker den lette adgang til at fremstille et ændret materiale ud fra eksisterende data samt foretage mængdeberegninger befordrende for tilbudsmaterialets kvalitet (Pedersen, Jensen og Bonke [24]), så væsentlige usikkerhedsfaktorer i de tilbudsgivendes prisfastsættelse elimineres.

Når der er underskrevet en

Kontrakt, begynder entreprenøren at tilrettelægge bygværkets endelige udførelse.

Når kontrakten er underskrevet har bygherren endeligt bundet sig til, at bygværket skal udføres.

Som tidligere nævnt vil entreprenørens særlige forudsætninger, materiel, personel og planlægning af andet byggeri normalt medføre større eller mindre ændringer i de fremgangsmåder, som de rådgivende teknikere havde tænkt anvendt (EITI [6]).

I det omfang, at disse ændringer medfører acceptable forandringer af det færdige bygværk i forhold til, hvad rådgiverne har beskrevet, og ikke blot ændringer i arbejdsgangen, er der i virkeligheden tale om, at en del af hovedprojekteringen udføres af entreprenøren.

Som tidligere omtalt kan det være planlagt, at entreprenøren såvel projekterer som leverer bygningsdele ud fra rådgiverens brugskrav.

Der fremstilles et sæt Arbejdstegninger og et sæt Arbejdsbeskrivelser, hvor det oprindelige projektmateriale bruges i større eller mindre omfang.

Der opstilles detaljerede tidsplaner og evt.

procesdiagrammer for udførelsen af specielle bygningsdele, og der udskrives

Mængdelister, og materialer og komponenter bestilles til levering på hensigtsmæssige tidspunkter i byggeforløbet.

Hvis entreprænøren benytter et CAD system, der kan håndtere rådgivernes projekt eller overtage oplysninger i form af dokumenter derfra (EITI [5]), kan en stor del af grundlaget for dette arbejde umiddelbart uddrages af projektet, og entreprænøren vil om ønskeligt have kræfter til at give disse data en grundigere behandling, end tilfældet ellers ville være.

Under bygværkets opførelse forekommer der ofte justeringer af projektet som følge af ønsker fra bygherren, vanskeligheder ved udførelse af det oprindelige projekt eller idéer til forbedringer, billiggørelse eller mere hensigtsmæssig fremstilling.

Ved arbejdet med et CAD projekt kan revisionerne ofte indføres med et minimum af indsats, og et revideret projektmateriale kan udarbejdes automatisk.

Hvis dette gøres, må man dog tilsikre, at materialets modtagere meddeles eksplicit, hvori ændringerne består, da det er urimeligt at man skal gennemgå hele materialet for at finde små ændringer (Fodgaard [8]).

Ændringerne kunne evt. anføres med en afvigende farve, eller på særlige lister.

Aflevering

Når bygværket er opført, afholdes en afleveringsforretning, hvor mangler påtales, og bygværket tages i brug.

Arkivering

Projektmaterialiet arkiveres dels på magnetiske medier og dels som tegninger og beskrivelser på papir, da man ikke har kendskab til langtidsholdbarheden af disketter og magnettape m.v.

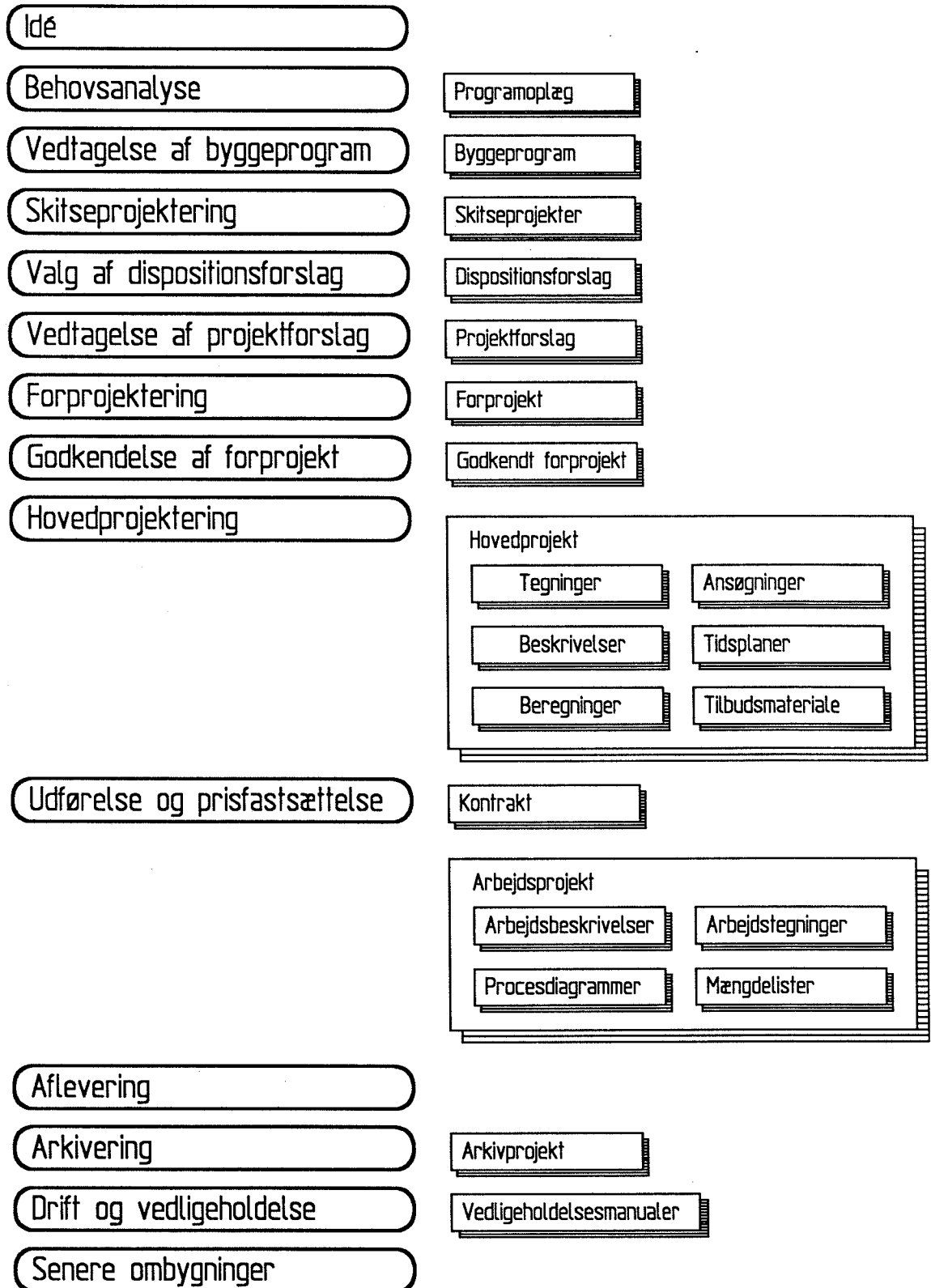
Ved evt. senere ombygninger er det af den største betydning, at der findes et rimeligt og tilgængeligt projektmateriale; *men desværre er arkivering af projekter ofte et forsømt område, hvortil der normalt ikke afsættes de fornødne ressourcer.*

Det må påpeges, at CAD projektering ikke i sig selv løser dette problem, men at det bør ofres en særlig opmærksomhed.

Projektmaterialiet kan endvidere finde anvendelse som dokumentation for eftertiden og evt. indgå i planlægningen af bygværkets demontering.

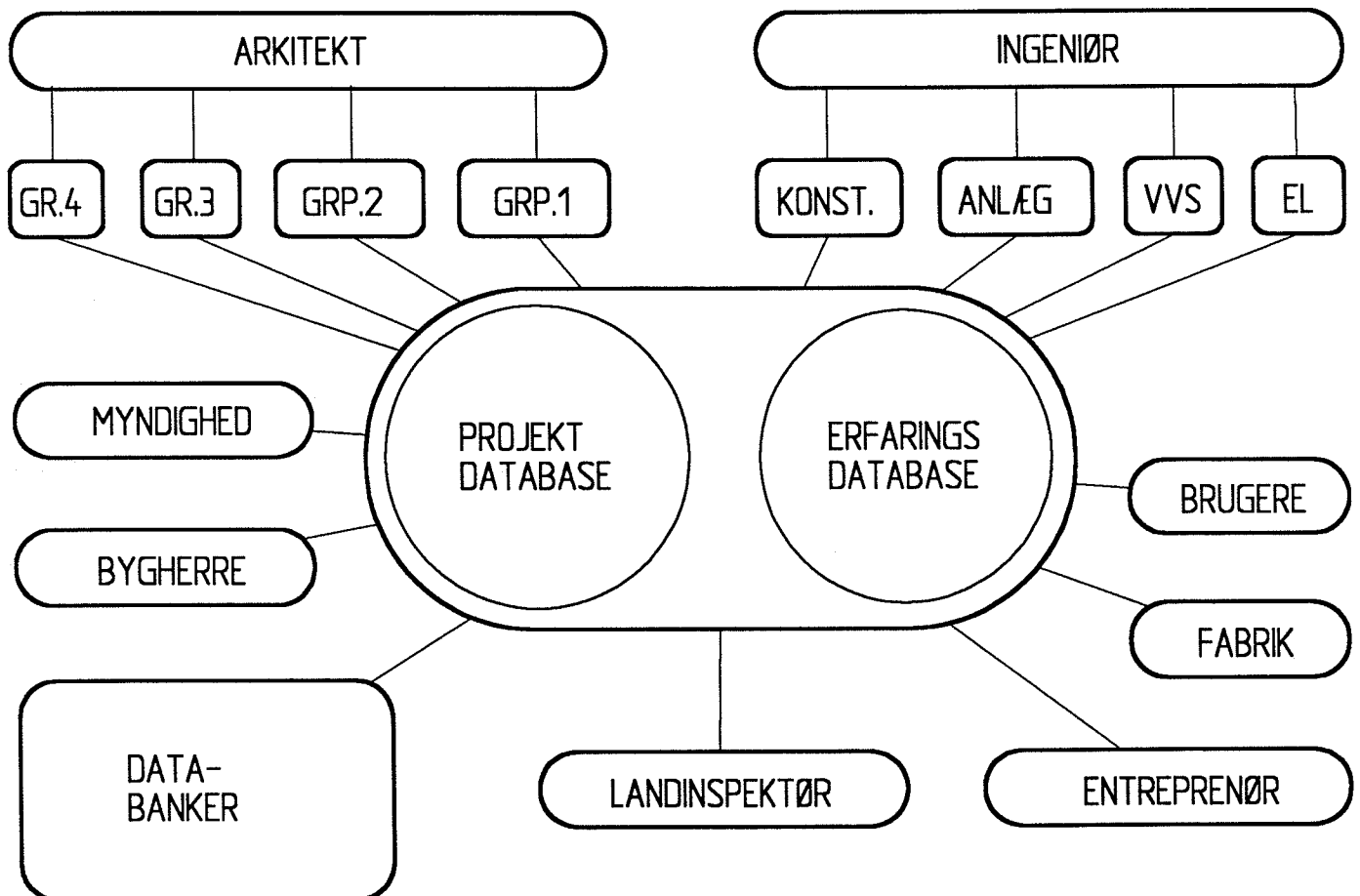
Drift og vedligeholdelse

En del af det arkiverede projektmateriale finder anvendelse i forbindelse med bygningens drift og vedligeholdelse, hvortil CAD systemet sideløbende med beskrivelsen evt. kan udarbejde et antal særlige vedligeholdelsesmanualer delvist automatisk.



Faserne i en bygningsprojektering.

FREMTIDIGE MULIGHEDER



Et ideelt CAD system.

Det ideelle CAD system

I dag anvendes CAD i enkelte ofte ret isolerede dele af det samlede projekteringsforløb, således som der er redegjort for i de foregående afsnit.

Udviklingen går dog i retning af en sammenhængende CAD anvendelse, hvor en stor del af projekteringen sker ud fra samme datamodel af bygværket.

For bedre at kunne overskue konsekvenserne heraf og foretage de rigtige valg i takt med udbygningen af CAD systemerne kan det være hensigtsmæssigt at foretage et tankeeksperiment, hvor man forestiller sig et "idealt" system, der svarer til fuld CAD anvendelse.

Man kan da forestille sig en byggesag, hvor sagens parter har adgang til en fælles projektdatabase med alle oplysninger om byggesagen.

I dette idealtilfælde vil alle parter til enhver tid kunne trække netop de oplysninger ud af projektet, som er relevante for dem og bruge dem direkte.

Bygherren ser bygværket i en rumlig fremstilling, som ikke nødvendigvis er på papir, men ofte vil være på en skærm og udført i animeret grafik, så man oplever, hvordan bygværket tager sig ud, når man passerer det og går ind i det.

Bygværket kan endvidere fremstilles stereoskopisk, så man oplever det tredimensionalt.

Elementfabrikkens maskiner styres direkte af koder fra projektet, og montagen sker efter oplysninger på en bærbar modtager og afsætningsmål og numre påskrevet elementerne.

Metervarer og halvfabrikata tilvirkes efter anvisninger og mål påskrevet produkterne, og en række arbejder udføres af automatiske robotter.

Den virksomhed, der anskaffer et CAD system valgt blandt de tilbud, der findes på markedet, kan imidlertid ikke etablere en arbejdsgang, der bare ligner lidt af ovennævnte ekstreme idealbillede.

Det system, som man køber, består normalt af et antal computere med skærme og plottere og printere samt en programdel, der kan fremstille tegninger og oftest tillige rumlige legemer opbygget af euclidiske elementer (polygoner, cirkler, kuber, kegler, cylindre m.v.), der kan repræsenteres vektorielt i systemet.

Derimod er det yderst sjældent, at helt frie former kan behandles på en hensigtsmæssig måde af de færdige systemer.

Ofte indeholder programdelen tillige en tom database, hvori man kan lagre tegninger eller legemer samt tekster, der er knyttet til de geometriske data, og i visse systemer er disse data lagret på et antal lag, som kan kobles til eller fra efter ønske.

I få tilfælde kan desuden leveres et antal programmer, der kan foretage nogle af de almindeligste ingeniør- og arkitektmæssige operationer ved fremstilling og analyse af en bygningsmodel.

Ud fra gennemgangen i de foregående afsnit af arbejdet med de enkelte projekteringsfaser er det oplagt, at de leverede systemer som de er, stort set kun kan bruges til rentegning af dele af det færdige projekt samt at foretage de analyser, som der i visse tilfælde leveres programmer til.

Hvis CAD systemerne skal bruges til bygningsprojektering i bredere forstand, må der tilføjes løsninger, som firmaerne selv udvikler eller overtager fra andre firmaer og forskningsinstitutioner, og hvis alle de mest oplagte muligheder skal udnyttes fuldt ud, må der endvidere aftales nogle fælles normer for de firmaer og institutioner, som arbejder sammen.

Der bør endvidere etableres et kommunikationsnetværk med adgang til en række databanker med data af fælles interesse.

Dvs. at man på længere sigt må arbejde på 3 niveauer:

- 1) dels internt i de enkelte firmaer,
- 2) dels i en kreds af samarbejdende firmaer og
- 3) dels bidrage til opbygning af et offentligt datamiljø.

Dette arbejde er i gang flere steder, og de CAD anvendelser, som er omtalt i forbindelse med gennemgangen af bygningsprojekteringens faser, svarer til, hvad der er muligt i dag.

I det følgende påpeges nogle af de muligheder, som efter en større eller mindre indsats vil kunne inddrages i en bygningsprojektering.

En af de væsentlige effekter ved at arbejde med et bygningsprojekt på CAD kan sammenlignes med effekten ved at skrive på et tekstbehandlingsanlæg.

Man kan nedfælde sine idéer med det samme ud fra en forvisning om, at man senere kan vende tilbage og tilrette sprogbrugen og flytte om på sætninger og afsnit.

På tilsvarende måde vil man med et CAD-system let kunne ombryde og tilrette sine tidligere inddate-ringer, hvilket giver en større frihed i arbejdet med formgivning, konstruktion, planlægning osv.

Denne force udnyttes kun sjældent i dagens CAD-systemer, der hovedsageligt anvendes til optegning af bygværkets endelige udformning i stedet for til skitsering og afprøvning af flere mulige løsninger.

Ved DTH's bygningsretning eksperimenteres bl.a. med fremgangsmåder, hvor projekteringen indledningsvis sker på en grov volumenmodel af bygværket, der hurtigt kan give et indtryk af dets struktur og funktion. (Hjerrild og Karlshøj [17])

De enkelte bygningsdele repræsenteres på den simplest tænkelige måde, men tilknyttes data i form af tekst og tabeller i databasen.

Ud fra disse tilknyttede data er programmet i stand til at fremstille mere detaljerede repræsentationer af de samme bygningsdele.

Det viser sig at være muligt at arbejde med flere detaljeringsgrader af det samme bygværk, alt efter hvilke krav der stilles til informationsintensiteten i de enkelte dele af projektmaterialiet.

CAD systemet skal kunne opbygge simple komponenter hurtigt, eksempelvis ved at de stykkes sammen af dele, der fremdrages af en font af prædefinerede elementer, som kan reproducere og indgå som byggeklodser i modelleringsarbejdet.

De "klodser", som man indledningsvis modellerede bygværket med kunne hentes fra kataloger over færdige anerkendte løsninger fra firmaets egne databaser eller fra nogle eksterne databaser eksempelvis tilhørende institutioner for byggeforskning, der fremstiller deres resultater på en for CAD systemerne tilgængelig måde.

Tilsvarende kunne der indrages klodser fra digitale leverandørkataloger, som de projekterende havde adgang til via det offentlige datanet.

Klodserne kunne foruden geometridata have oplysninger om godkendelser, priser, leveringstider og fysiske data for de pågældende bygningsdele knyttet til sig.

I Danmark er Byggecentrum p.t. i færd med at udvikle leverandørkataloger, som en offentligt tilgængelig databasetjeneste.

Da leverandørerne indtil videre selv bestemmer indholdet af omtalen af deres produkter, kan det være vanskeligt at finde de produkter, som bedst opfylder givne funktionskrav.

På længere sigt bør man etablere leverandørkataloger som databanker med en standardiseret opstilling af oplysningerne, så en automatiseret søgning lettes.

Fælles for disse søgninger kunne være, at de som indgang benytter veldefinerede funktionskrav.

Man vil med fordel allerede på et tidligt tidspunkt i projekteringsforløbet kunne arbejde med en logisk model af bygværket eksempelvis ved direkte at modellere med enheder, der hver repræsenterer en eller flere funktioner.

Dvs. i stedet for at man opbygger et hus fysisk og indsætter en volumenmodel af en væg, opbygger man huset logisk og indsætter et modul, der gør det ud for væggen funktion.

Modulet indeholder information om, at det varetager funktioner som adskildende element for lys, lyd, lugt, varme og brand, og at det hviler og bærer et antal andre elementer, der enten direkte angives ved at referere til deres funktionsmoduler, eller fremstår som ubekendte endnu ikke fastlagte elementer.

Alternativt kunne disse informationer tilknyttedes simple geometriske moduler, der sidenhen kan udskiftes med andre, som bedre opfylder de på forhånd definerede funktionskrav.

I løbet af skitse- og forprojekteringsfasen vil grupper af krav ofte skille sig ud som sammenhørende, og der dannes sammenfattende begreber, som hver for sig står for opfyldelsen af en række krav.

Som nævnt vil bygningsdele, der varetager bestemte funktioner kunne behandles som logiske funktionsmoduler, eller som konkrete forslag til vægge, vinduer, søjler og dæk m.v.

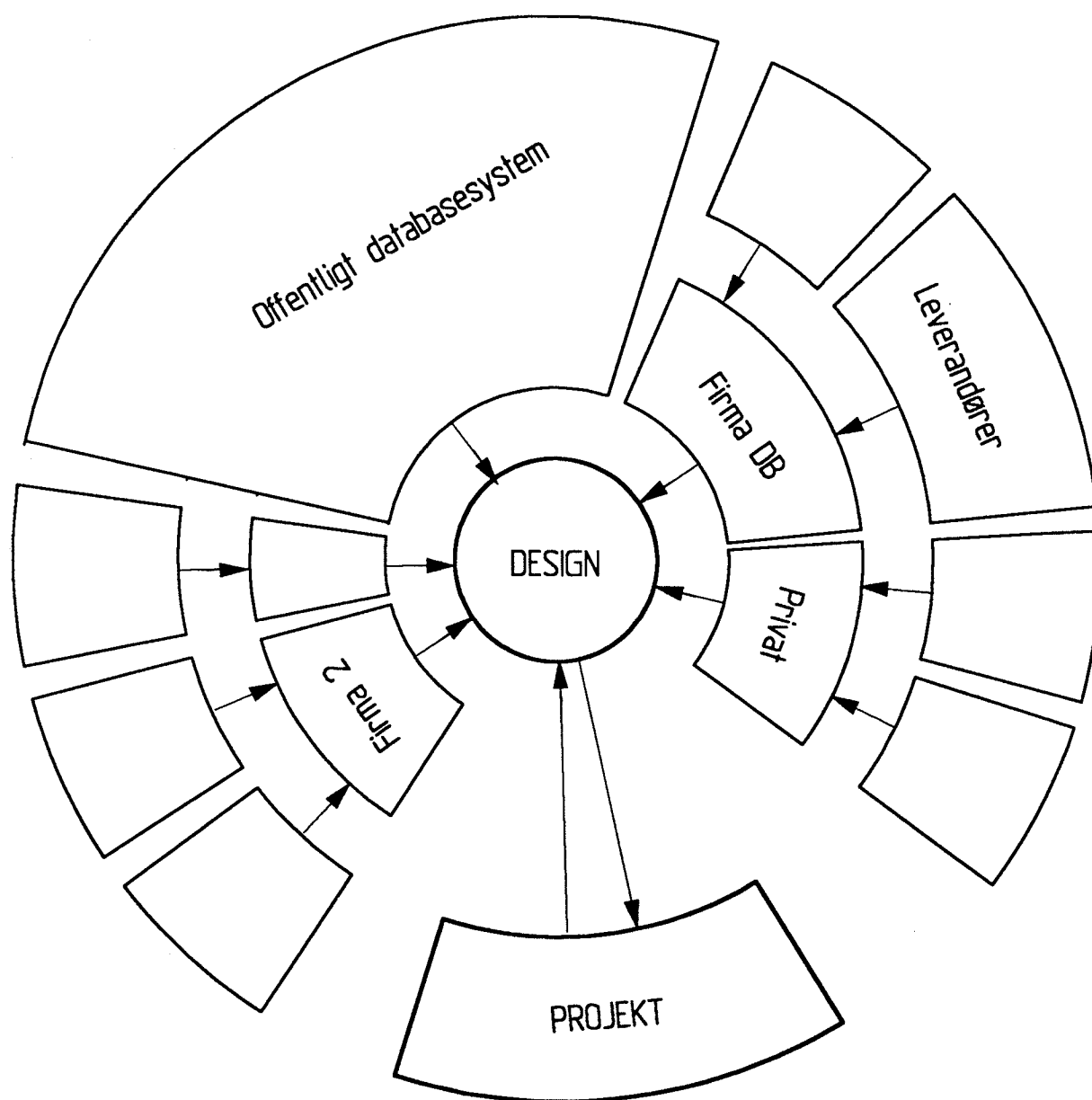
De enkelte dele af et projekt kunne da opfattes som samlinger af funktionmoduler eller bygningsdele og vurderes som tilhørende bestemte klasser med hensyn til de ydeevnekrav, der honoreres.

Med indførelsen af sådanne klassifikationsværktøjer vil sammenligningsgrundlaget for projekterne indbyrdes forenkles.

Man kan arbejde med delløsninger, der enten kendes fra tidligere, eller forventes udviklet i løbet af projektet, og løsningerne identificeres ved de sæt af egenskaber, som de kan tilføre bygningen.

Herved lægges grunden til en række af de standardmodeller, som kan optræde i det færdige projekt såsom væg- og dæktyper, klasser af beklædninger, lofter og lette skillevægge, og gennemgående løsninger på vigtige detaljer.

Hvis disse muligheder skal udnyttes, må der arbejdes med systemets datastruktur, som vi derfor vil betragte nærmere i det følgende.



Informationstilførsel fra eksterne kilder til designprocessen.

Datastruktur

Ved udviklingen af nye CAD baserede projekteringsmetoder må genbrugen af data have en høj prioritet, idet inddateringen er et bekosteligt led.

Med de traditionelle projekteringsformer anvendes dyre arkitekt- og ingeniørtimer på at skrive af efter kataloger og tegne leverandørernes detaljer fint op igen og igen.

Projektet kunne opnå en højere kvalitet, hvis den samme tid og energi blev anvendt på valg af former, konstruktioner og løsning af specielle detaljer, der tilmed senere kunne genbruges i andre projekter.

Den væsentligste opgave for et CAD system er derfor at føre et effektivt bogholderi med projektdata, således at den projekterende til stadighed forsynes med de oplysninger, der skal bruges til arbejdet og således at én gang inddaterede oplysninger udnyttes maksimalt til fremstilling af en række delprodukter til den samlede projektering.

Databasen, hvor alle projektets data lagres, bliver den centrale enhed i systemet og dens udformning må ofres den største opmærksomhed.

Det er vigtigt, at den organiseres således, at man på en effektiv måde får adgang til sit eget erfaringsmateriale og at man kan inddrage data udefra dvs. fra andre projekterende firmaer, leverandører og de offentlige byggetekniske databasetjenester, som må forudses at blive etableret i de kommende år.

Det er oplagt, at man på længere sigt vil kunne anvende programmer baseret på kunstig intelligens (se eksempelvis Noya [23]) til at udvælge, fremdrage og bearbejde data fra databasen, ligesom man må begynde at opbygge systemer af databaser i flere niveauer, således at hele erfaringsgrundlaget ikke skal omformes hver gang projektdatabasen skiftes ud med en ny version, der er bedre til den øjeblikkelige behandling af det aktuelle byggeri.

Man vil altså for fremtiden sandsynligvis komme til at skelne mellem to databaser i et CAD system foruden de eksterne offentlige og halvoffentlige database-tjenester.

I den ene opbevares det bygværk, som projekteres, og de indgående data udnyttes samtidigt til et stort antal formål, og nye data genereres baseret på de eksisterende og inddateres i løbet af processen.

Efter endt projektering flyttes de genererede data over til den anden database på lager, og tavlen gøres ren til næste projekt.

Da den nyeste databaseteknologi til enhver tid må formodes at byde på de bedste muligheder for at manipulere med de lagrede data, vil det være en fordel at anvende denne ved opbygningen projektdatabasen.

Denne del vil undergå hyppige ændringer til stadigt bedre versioner i det omfang, at det kan lade sig gøre for de løbende projekter og for hensynet til de deraf følgende krav om efteruddannelse af medarbejderne.

I den anden database opbevares tidligere bygværker og materiale, der kan genbruges i kommende projekter.

Denne database skal kunne indeholde meget store data-mængder og dens opbygning må kun undergå de allermest nødvendige forandringer

Den vil derfor sandsynligvis altid benytte en ældre og mere simpel teknologi, end projektdatabasen.

Som nævnt kan man lige fra skitseprojekteringsfasen drage fordel af, at et net af eksterne databasetjenester etableres, hvorfra man kan få løsninger, katalogvarer, myndighedskrav, standardbeskrivelser og ikke mindst digitale terrænmodeller i 3 dimensioner, som umiddelbart kan indgå i projektet med oplysninger om grundens form og omgivelsernes natur (Jacobi [18], Sandgaard [25], Frederiksen og Jacobi [10]) .

I Danmark er sådanne digitale terrænmodeller under opbygning ud fra fotogrammetriske flyoptagelser af landet, og det er hensigten, at disse digitale kort skal kunne rekvireres af projekterende.

I en række andre lande har man søgt at kortlægge dele af topografien digitalt ved at foretage inddateringen på basis af eksisterende kortmateriale, så den danske løsning må anses for at være blandt de mest avancerede på området.

De projektdata, som findes på databaserne, vil ikke blot kunne anvendes som dele, der kan stykkes sammen til nye helheder, men de oplysninger, som de består af, vil kunne fremdrages og udnyttes til generering af helt nye data, som kan indgå i projekteringen.

Oplysninger om geometri og materialevalg kan således udnyttes i mængde- og prisberegninger, styrkeeftervisning, beregning af klimaforhold, akustisk projektering, brandteknisk projektering, planlægning af byggeriets opførelse, udarbejdelse af vedligeholdelsesmanualer, fremstilling af naturtro afbildninger af det endelige bygværk under- og efter opførelsens samt - i de mest avancerede anlæg - bestemmelse af bygværkets tilstand og udseende efter en årrække, hvor materialernes forandringer som følge af påvirkningerne forudberegnes.

Mange af disse analyser kan samkøres således at man kan finde optimale løsninger for de samlede systemer, i stedet for de traditionelle ingeniørmæssige fremgangsmåder, hvor man koncentrerer sig om at optimere sit design ud fra et enkelt hensyn ad gangen.

Udover, at analyserne danner nye data til beregningsafsnittene i projektet ud fra de eksisterende projektdata, vil automatiske rutiner kunne generere forslag til nye dele af bygværket som f.eks. bjælkeplaner ud fra data om belastninger og ydre geometri af dæk, elementopdelinger af vægge og detaljerede fundamentsudformninger ud fra en række funktionskrav.

Aktiviteter af denne karakter kan med velvalgte udgangsdata tilsikre, at et minimum af bekostelig inddatering bliver udnyttet til produktion af store mængder projektmateriale, hvoriblandt man endog vil kunne foretage valg mellem fuldt eller delvist dokumenterede delløsninger.

Man kan tale om en "eksplosion" af projektdata.

Om tegninger i en CAD projektering

I idealsystemet er der strengt taget ikke brug for en eneste tegning i traditionel forstand.

Selv om det er teknisk muligt at etablere et system af denne art, er der dog en række forhold, som gør det attraktivt at benytte sig af tegninger i mange år endnu.

Ved at gennemgå disse forhold er det muligt at afklare, hvilken betydning tegninger kan have i forbindelse med CAD-projektering, og hvilke krav man må stille til tegningernes udformning.

Tegninger er billige og forholdsvis lette, og de kan foldes sammen og beskyttes eller udskiftes, hvis de lider overlast.

Ud fra disse overvejelser bør tegninger være så små som muligt, under hensyn tagen til læsbarheden af den information de bærer.

Tegninger kan både indeholde billeder og tekst, og den grafiske udførelse kan benyttes til at give overblik, anskueliggøre relationer mellem objekter og begreber og til tider meddele kunstneriske budskaber.

Tegninger kan benyttes som juridiske dokumenter til fastholdelse af et projekts status til et givet tidspunkt.

Eksempelvis kan det være interessant at fastholde et projekts udformning til et tidspunkt, hvorefter alle ændringer skal udføres i regning.

Ved en CAD-projektering vil det ofte være et mål i sig selv, at tilsikre, at alle til stadighed har adgang til et opdateret projekt.

For at muliggøre dette og samtidigt opretholde en ansvarsfordeling mellem parterne, opdeles projektets data ofte i enheder, som den enkelte faggruppe (f.eks. VVS-afdelingen i det rådgivende ingeniørfirma) har ansvar for og ene har adgang til at ændre i.

Arbejdet i en faggruppe vil være præget af, at projektet til stadighed ændrer sig som følge af de andre gruppers virke, således at forudsætningerne for gruppens arbejde skifter, og der opstår behov for nye ændringer.

Også ved projektering uden anvendelse af CAD er det forbundet med stort besvær at holde sig ajour med projektets øjeblikkelige status og sikre sig, at man bliver bekendt med de ændringer, som har indflydelse på det område, man har ansvar for.

Med anvendelse af CAD foregår opdateringen af projektet helt eller delvist automatisk, og risikoen for, at man overser ændringer af betydning for ens arbejde er stor.

Det er derfor nødvendigt, at det samlede system udformes således, at man mindst i samme omfang som tidligere gøres opmærksom på ændringer i forudsætningerne for sit arbejde.

Det vil være nærliggende ud fra denne tankegang at foreslå, at informationsteknologien samtidigt udnyttes til at forbedre forholdene på området, så man automatisk blev gjort bekendt med de seneste ændringer af betydning for en selv.

Hvis dette skal ske ved hjælp af tegninger, kan det eksempelvis gøres ved at anvende en afvigende farve for de seneste ændringer eller udnytte mulighederne for automatisk udtegnings af dele af projektet til at fremstille tegninger, der alene viser forandringerne inden for et fastlagt tidsrum.

På denne måde kan man lettere overskue, om der er foretaget indgreb i grundlaget for det, man har ansvar for.

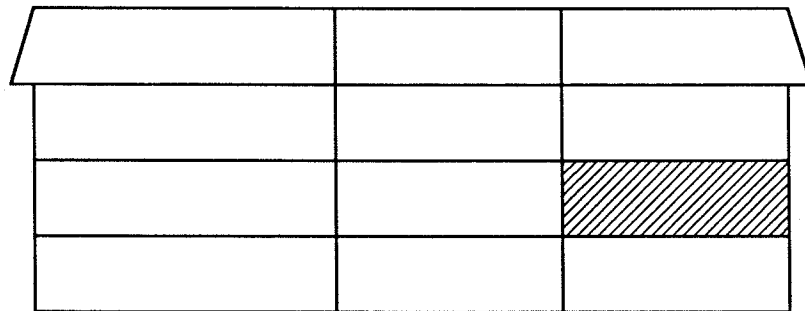
Bedst var det, om man udelukkende blev gjort opmærksom på de forhold, som vedrører ens eget område; men det vil som oftest kun være muligt i et vist omfang at foretage en sådan sortering automatisk.

Af hensyn til de juridiske forhold og for at muliggøre en evt. genanvendelse af tidligere arbejde, bør et CAD-projekt kopieres med visse mellemrum.

Den endelige arkivering må, som nævnt i et vist omfang ske i form af papirtegninger, da man ikke har erfaringer med langtidsholdbarheden af de nyere digitale arkiveringsmedier.

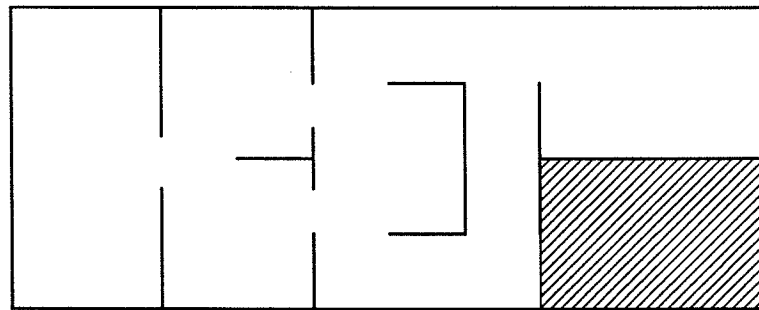
Som følge af den hurtige opdatering af CAD-projekter bør tegninger herfra forsynes med en præcis tidsangivelse, sådan som den kendes fra programudskrifter m.v., altså år, dato, time, minut, sekund.

Derudover må tegningen indeholde oplysninger om, hvor den hører til i projektet.



Tegningen
vedrører
det viste
område

Plan af
etage 2



TECH CONSULT

sag: Industribyg

Konstruktionsafdelingen

mål: 1 : 50

dato: 1988-12-12

Eksempel på tegningshoved med oversigts skitser.

Foruden et tegningsnummer bør der anføres en betegnelse for den eller de faggrupper, som har ansvaret for tegningens indhold.

Hvis det har betydning at skelne de enkelte faggrupperes arbejdsområder fra hinanden, vil farver også her kunne benyttes med fordel; men i reglen er denne skelnen kun af betydning mellem faggrupperne indbyrdes, hvorfor den tilknyttede farvekodning ofte kun vil anvendes i arbejdet med skærm-billederne, hvor farvemulighederne kan friholdes til andre formål ved udtegnning.

Det kan evt. være praktisk at forsyne tegningen med en angivelse af, hvor dens data befinder sig i projektdatabasen.

Det vil også være en stor fordel, hvis CAD-systemets muligheder blev benyttet til at forsyne hver enkelt tegning med en grafisk angivelse af, hvilke dele af bygværket, den omhandler.

Tegningerne til et hus kan f.eks. udstyres med et felt med plan og lodret snit, hvorpå vises den etage og den placering, som tegningens genstand har i huset.

Papirtegningernes standardformater, foldninger og tegningshovedplaceringer vil næppe ændres som følge af indførelse af CAD-projektering.

Derimod må man antage, at tegningernes indhold vil ændres, så man vil arbejde med nogle få store nøgleplaner og mange små detailtegninger, der vil kunne indplaceres i A4-mapper.

Tegningerne vil ofte have karakter af begrebsmæssige oversigter, hvor den indbyrdes placering vises af bygværkets enkelte dele, idet disse angives ved navne, numre eller ikoner, dvs. billeder der symboliserer begreberne.

NOGLE FORVENTNINGER TIL CAD I BYGGERIET

Nogle af de ønsker, man kunne have til indførelsen af CAD i byggeteknisk sammenhæng vil kunne sammenfattes til følgende:

- 1) At sikre genanvendelsen af projektdata til en mangfoldighed af opgaver således, at de samme én gang definerede data kan anvendes i forbindelse med projektmodellering, visualisering, optegning, styrkeberegning, mængdeberegning, prisoverslag, planlægning af opførelsen, planlægning af vedligeholdelsen og projektering af ombygninger samt indgå i nye projekter.
- 2) At projekterne forbedres ved udnyttelse af den lettere adgang til beregning, bl.a. ved udførelse af beregninger af samlede løsninger på byggetekniske problemer fra flere discipliner på én gang f.x. VVS og konstruktion.
- 3) At projekterne fremstilles med en mere relevant detaljering til brug for udførelsen. Og hvad der har den største betydning for, at byggerierne i det hele taget bliver til noget: At projekterne på et tidligt tidspunkt kan fremstilles forståeligt for bygherrer og myndigheder, så beslutningsgrundlaget for afgørelsen om hvorvidt projektet skal realiseres, bliver det bedst mulige
- 4) At der elimineres processer i projekteringen ved at de involverede parter direkte får adgang til fælles databaser, der indeholder projektdata, og ved at CAD systemerne kan håndtere funktionskrav sideordnet med detaljerede bygningsdele.

- 5) At fremstillingen af byggerier med et stort indhold af individuelle løsninger muliggøres, hvor det i et traditionelt projektforsløb ville være fysisk eller økonomisk uoverkommeligt at administrere disse. Effekten heraf kan blive bygværker med et større oplevelsesindhold.
- 6) At projektering med ellers krævende geometrier lettes og at EDB-teknikken udnyttes til at øge detalje-rigdommen i projekterne med.
- 7) At den lette adgang til reproduktion af projektelementer for bygningsdele og hele bygværker udnyttes mest muligt, hvor det er hensigtsmæssigt.
- 8) At det tilsikres, at alle, der arbejder på en byggesag til stadighed har adgang til et opdateret projekt, og at de enkelte gøres opmærksom på evt. ændringer af betydning for dem.
- 9) At der opbygges databanker med myndighedskrav detaljer, projektstandarder og leverandørkataloger m.v., så de kan udnyttes systematisk ved projektering. Databankerne kan dels opbygges internt i firmaer eller i firmagrupper og dels centralt ved statsinstitutioner og lignende. (

For at opnå 1) skal der udvikles en hensigtsmæssig struktur for de data, som opbevares i projekt- og erfaringsdatabasen, så oplysninger kan fremdrages ved hjælp af byggeteknisk relevante nøgledata såsom brugskrav, typebetegnelser, klassifikationer, fysiske egenskaber for de pågældende bygningsdele og oplysninger om de helheder, hvori delene indgår.

For at opnå 1), 3) og 7) bør man endvidere interessere sig for at forbedre brugerens muligheder for at overskue de projektdata, som findes på CAD-systemet.

Ved dagens systemer er det et stort problem, at brugeren kun kan se få bygningsdele, detaljer eller planer på skærmen ad gangen.

Der skal derfor udvikles værktøjer, så status af et helt projekt kan overskues, og så opbygningen af en hel database med tidligere projektdata kan overskues, tillige med at omfang, indplacering og graden af færdiggørelse af bygningsdelene bør kunne bestemmes med enkle operationer.

For at opnå 2) kræves udvikling af anvendelsesprogrammer, der kan foretage optimeringer ud fra flere krav på én gang, hvilket bl.a. nødvendiggør en overordnet behandling og vægtning af de relevante byggetekniske krav indbyrdes.

For at opnå 3) er det nødvendigt, at projektets forudsætninger defineres i et hidtil ukendt omfang, og at projektets brugere opdeles efter deres forhåndskendskab til disse forudsætninger.

For at opnå 4), 8) og 9) må der etableres fysiske kommunikationslinier og der må aftales fælles formater for overførsel af projektdata mellem parterne, og ved anvendelse af fælles projektdatabase skal spørgsmålet om ansvarsfordeling mellem parterne samt om den juridisk gyldige dokumentation for projektets tidslige udvikling løses.

For at opnå 5) og 6) vil det bl.a. være ønskeligt at forbedre CAD systemernes evne til at håndtere fri formgivning såvel ved inddatering som ved redigering.

Man må forestille sig, at helt nye CAD baserede skitseringsværktøjer vil se dagens lys som følge af disse ønsker, og at CAD projektering i øvrigt vil give anledning til dannelse af en ny æstetik såvel for projekt materialet som for de færdige bygværker.

For at opnå 9) skal byggeriets databanker oprettes.

På alle disse områder og flere til er der en udvikling i gang hos firmaer, organisationer, leverandører og ved forskningsinstitutioner som SBI, DTH og andre.

Sammenfattende for hele denne udredning kan man sige, at Computer Aided Design først og fremmest kan medføre en kvalitetsforbedring og i anden række en økonomisk gevinst ved byggetekniske anvendelser.

Det omfang, hvori CAD bruges i projekteringsforløbet må til stadighed vurderes ud fra en afvejning af omkostningerne derved i forhold til det, man vil opnå.

Det kan aldrig være formålstjenligt at fuldautomatisere hele projekteringen, da den menneskelige indflydelse på bygværket er afgørende for dets brug; men ved at automatisere trivielle dele af projekteringen kan man opnå, at åndelige ressourcer kan frigives til en højnelse af bygværkets tekniske kvalitet, idéindhold og arkitektoniske udtryk på områder, hvor trivielle løsninger ikke er ønskværdige.

SPECIELLE DANSKE FORHOLD

I enkelte danske firmaer indgår CAD som et naturligt projekteringsredskab i det daglige arbejde efter, at man ofte i en årrække har eksperimenteret dermed (BPS [2], [3]).

I de fleste øvrige firmaer kan man se, at CAD vil få stor betydning i fremtiden, og at man må indføre informationsteknologi for at kunne følge med udviklingen.

Mange virksomheder tager CAD systemer i brug ud fra en forventning om en rationaliseringsgevinst og det er typisk, at man hovedsageligt anvender systemerne til optegningsformål.

Det viser sig dog oftest, at man kun opnår øjeblikkelige besparelser i forbindelse med relativt få projekter, hvor gentagelseseffekten umiddelbart kan udnyttes.

Derimod opdager man, at anvendelsen af CAD i projekteringen kan medføre en væsentlig kvalitetsforbedring, som kan markedsføres, og at enkelte kunder ligefrem stiller krav om CAD-projektering (Hertz [15]).

For dansk byggeri's vedkommende gælder specielt, at De naturlige danske råstoffer kalk og sten ikke kan danne grundlag for nogen større eksport bl.a. på grund af de høje fragtomkostninger.

Eksport af arbejdskraft vil næppe kunne udgøre nogen væsentlig del af eksistensgrundlaget i fremtiden, bl.a. fordi firmaer fra visse fjernøstlige lande anvender værnepligtigt mandskab til opførelse af bygninger på det internationale marked.

Derimod vil Danmark med sit høje uddannelsesniveau kunne eksportere byggeteknisk know-how og bygningsprojekter.

Ved en hensigtsmæssig udnyttelse af mulighederne i CAD vil man både kunne opnå en effektiv administration af know-how og en betragtelig forbedring af byggeriets kvalitet.

To forhold er af den største betydning for den fremtidige udvikling af CAD til dansk byggeri.

Det ene er, at byggesektoren består af enkelte store og en række små firmaer, der ofte inddrages i projekteringen med højt udviklede specialer.

Denne struktur kan være fordelagtig, da de små enheder ofte udgør miljøer, hvor nye idéer og specialviden forholdsvis let kan udvikles og dyrkes.

Det er fordele, som imidlertid kun kan udnyttes på en konkurrencedygtig måde, hvis de små enheder kan knyttes tæt til projekteringsarbejdet.

Vore udenlandske konkurrenter er hovedsageligt meget store foretagender, der hver især alene dækker alle nødvendige funktioner i byggeprocessen.

Dvs. at en fremtidig udnyttelse af fordelene ved den eksisterende struktur i den danske byggesektor forudsætter en udbygning af kommunikationen mellem de mange mindre firmaer, hvad der har givet anledning til en række brancheprojekter f.eks. et projekt om fælles data udvekslings-formater i BPS regi (Hauch [13], BPS [1], Christensen [4]).

Det andet forhold er, at byggematerialerne og byggemetoderne undergår en så hastig udvikling, at danske firmaer ofte er for små til at kunne sikre sig den fornødne adgang til alle relevante data derom.

Dette nødvendiggør ligeledes at informationsteknologien inddrages i byggeriet.

Det er derfor indlysende, at netop den danske byggesektor i særlig høj grad vil kunne udnytte mulighederne i CAD, og at man netop i Danmark bør satse kraftigt på indførelsen af CAD i firmaerne i byggebranchen og i de byggetekniske uddannelser.

SUMMARY

A general description of the present status of computer aided building design is given, and some special conditions for the Dansih building industry are taken into account.

Building design is treated as information processing, and some conditions for the communication by means of the documentation for a building project are emphasized.

The phases of a building design process are analysed and possible applications of CAD in each phase are discussed.

Detailed recommendation are given for the improvement of the building design quality by means of CAD.

It is especially pointed out, that it would pay to alter the traditional border between the detailing made by the advisor and that made by the contractor.

This will open the possibility of reducing the resources used by the advisor on the final project documentation, and in stead spend these resources on the early stages of the building design, where the most important questions are solved.

LITTERATUR

- [1] BPS: BES, et neutralt edb-baseret udvekslingsformat for betonelementer - et betonelementsprog.
BPS - publikation 54.
Hørsholm 1987.
- [2] BPS: CAD-projektering på minidatamat - et pilotprojekt.
BPS - publikation 43.
Hørsholm 1986.
- [3] BPS: Mikrodatamatstøttet husbygningsprojektering - et pilotprojekt.
BPS - publikation 44.
Hørsholm 1986.
- [4] A.CHRISTENSEN: BES - et nyt sprog til udveksling af edb-data.
Byggeindustrien Nr. 3. 1987.
Teknisk Forlag 1987.
- [5] EITI: Elektronisk dokumentudveksling.
Præsentation af EDIFACT.
Entreprenørforeningens Informations-teknologiske Initiativ.
Entreprenørinformation A/S.
København 1988.
- [6] EITI: Struktureret projektering.
Debatoplæg om projektmaterialets tilblivelse.
Entreprenørforeningens Informations-Teknologiske Initiativ.
Entreprenørinformation A/S.
København 1988.

- [7] M.FANGEL m.fl.: Bygningsprojektering
i praksis.
Teknisk Forlag.
København 1974.
- [8] M.FODGAARD: Computer Aided Building Design &
Building Quality.
Dept. of Construction Manegement,
Technical University of Denmark.
Lyngby 1986.
- [9] L.FRANK: EDB ordbogen.
Kommunetryk, 1. udg. 2. opl.
København 1984.
- [10] P.FREDERIKSEN, O.JACOBI:
Tarrain Classification by Fourier Analysis
- Accuracy and Economy -.
Dept. of Surveying and Photogrammetry.
Technical University of Denmark.
Lyngby 1988.
- [11] P.GALLE: A Formalized Concept of Sketching
in Automated Floor Plan Design.
Report No. 87/3
Institute of Datalogy,
University of Copenhagen.
Copenhagen 1987.
- [12] W.HAAS: CAD in der Bautechnik.
Der Bauingenieur Nr. 63, p.95-104.
Springer Verlag 1988.
- [13] P.HAUCH: Dataudveksling i byggesektoren - et
nyt TR-initiativområde.
Byggeindustrien Nr. 6/7 1988.
Teknisk forlag 1987.

- [14] K.D.HERTZ: An Introduction to Computer Aided Fire Safety Design.
Report No. 188
Institute of Building Design
Technical University of Denmark.
Lyngby 1988.
CIB W14/88/49 (DK)
- [15] K.D.HERTZ: CAD i byggesektoren ved DTH,
Planer og status oktober 1987.
Rapport Nr. 183.
Instituttet for Husbygning, DTH
Lyngby 1987
- [16] K.D.HERTZ: Planlægning af byggetekniske
CAD-systemer ved brug af data flow
diagrammer.
Forelæsningsnotat Nr. 71
Instituttet for Husbygning, DTH.
Lyngby 1988.
- [17] J.HJERRILD, J.KARLSHØJ: CAD og element-
byggeri - et forsøg på en integreret projek-
teringsmodel.
Eksamensprojekt ved Afdelingen for Bærende
Konstruktioner og Instituttet for Husbyg-
ning, DTH.
Lyngby 1988.
- [18] O.JACOBI: En verden af tal.
Naturens Verden Nr. 41 1988.

- [19] K.KREINER: CAD/CAM i bygge- og anlægssektoren. Et kommunikations- teoretisk perspektiv.
Notat til projektet "Proaktiv teknologi- vurdering af anvendelse af CAD/CAM i bygge- og anlægssektoren og konsekvenser for arbejdsforholdene på byggepladsen".
Instituttet for Anlægsteknik, DTH
Lyngby 1986.
- [20] H.LARSEN: Faserne i bygningsplanlægning.
Forelæsningsnotat Nr. 37.
Instituttet for Husbygning, DTH
Lyngby 1974.
- [21] U.LØSSING m.fl.:
Arkitektprojektering med edb-værktøjet.
- et pilotprojekt.
Arkitektgruppen i Århus og
Datacentret for projekterende arkitekter
Arkitektskolen i Aarhus.
Aarhus 1988.
- [22] W.J.MITCHELL: Solid Modeling and Volumetric Composition in Architecture.
Internat. Journal for Design Computing 1:2.
John Wiley & sons, New York 1986.
- [23] R.NOYA: Kunstig intelligens.
PC World Nr. 7 1988.
IDG Communications Inc. 1988.

- [24] E.F.PEDERSEN, N.A.JENSEN, S.BONKE:
CAD/CAM's konsekvenser for arbejdsforholdene
på byggepladsen.
Fase I af Teknologirådsprojekt.
Instituttet for Anlægsteknik, DTH
Lyngby 1987.
- [25] J.SANDGAARD: Integration of GIS (Geographical
Information Systems) and DTM (Digital
Terrain Models).
XVI Congress of International Society for
Photogrammetry and Remote Sensing.
Institute of Surveying and Photogrammetry,
Technical University of Denmark.
Lyngby 1988.