



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



BO-CHRISTER BJÖRK

Byggprodukt- modeller – Nuläge

R27: 1993



BYGGFORSKNINGSRÅDET

R27:1993

BYGGPRODUKTMODELLER - NULÄGE

Bo-Christer Björk

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
930110-8 och 930111-3 från Byggeforskningsrådet
till Tekniska högskolan i Stockholm, Stockholm.

REFERAT

Ändamålet med denna förstudierapport har varit att utgöra ett stöd vid fastställandet av målen och metoderna för ett omfattande 3-årigt byggproduktmodellsprojekt som avses att utföras inom ramen för IT-BYGG forskningsprogrammet. Parallellt med sammanställningen av förstudierapporten har en projektplan definierats.

I denna rapport definieras till en början ett antal grundläggande begrepp, som är nödvändiga för att förstå innehållet i förstudierapporten. Därefter ges en kortfattad historisk översikt över forskningen på området. En teoretisk ram, där en produktmodells datastrukturer ses som fyra på varandra följande lager, används som bas för en kartläggning av de mest betydande internationella forskningsprojekten på området. Därefter presenteras ett antal förslag till möjliga forskningsämnen. Förstudien avslutas med synpunkter på hur forskningen på detta område i Sverige bör organiseras. Bibliografien är relativt utförlig, i förhoppningen att referenserna skall kunna vara till nytta för övriga forskare på området.

Rapporten innehåller som bilaga en beskrivning av ett antal datorprogram som kan användas som hjälp vid begreppsmodellering och prototyparbete. Beskrivningen har begränsats till verktyg framtagna inom ramen för STEP-projektet.

I Byggeforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R27:1993

ISBN 91-540-5556-3
Byggeforskningsrådet, Stockholm

gotab 98197, Stockholm 1993

Innehållsförteckning

1.	Inledning	6
2.	Grundläggande begrepp	6
3.	Historisk bakgrund	11
4.	Byggproduktmodellens fyra lager	15
5.	Metodik och hjälpmedel i produktmodellsprojekt	25
6.	Exempel på konkreta forskningsbehov	29
7.	Samverkan med bygg- och datorföretag	37
8.	Slutsatser	40
	Bibliografi	41
Bilaga 1.	Projektansökan till IT-byggprogrammet	49
Bilaga 2.	EXPRESS/STEP tools	57

Förord

Byggproduktmodeller är för närvarande ett högaktuellt tema inom den internationella forskningen om byggandets informationsteknologi. I Sverige har inom ramen för IT-Bygg programmet redan en del projekt utförts eller igångsatts som explicit syftat till att utveckla teorin om byggproduktmodeller eller att utveckla prototyper. Inför en andra treårsperiod i programmet har programstyrelsen önskat få förslag till större och väl sammanhållna projekt. Denna förstudie har utförts på våren 1993 om ett hjälpmedel vid utarbetandet av ett relativt omfattande projektförslag. Förstudiens främsta mål har varit att utgöra en bakgrund för valet av forskningsstrategi i det fortsatta arbetet. Samtidigt kan resultat ha ett visst intressevärde för de specialister som är inblandade i områdets FoU, varför BFR önskat att rapporten publiceras i denna serie.

Under arbetets gång har jag haft hjälp av prof. Hans Rahm, prof. Jerker Lundequist, samt doktoranderna Väino Tarandi och Kjell Svensson, vilka alla gett värdefulla kommentarer om en tidigare version av rapporten. Tarandi har dessutom hjälpt till med rapportens typografiska finslipning. Min tidigare kollega vid Statens tekniska forskningscentral i Finland, Kari Karstila har skrivit en förträfflig översikt över STEP-verktyg, vilken publiceras som bilaga till rapporten.

I Stockholm, juni 1993

Bo-Christer Björk
Prof. i Byggandets informationsteknologi
Institutionen för byggnadsekonomi och byggandets organisation
Kungl tekniska högskolan

1. Inledning

Denna rapport är ett resultat av en förstudie om byggproduktmodellsforskning som under våren 1993 utförts av undertecknad. Bakgrunden till förstudien är en önskan att relativt grundligt planera en omfattande flerårig insats på området inom ramen för IT-BYGG forskningsprogrammet. Det har redan bedrivits forskning och utveckling på området i Sverige, men insatserna har delvis varit bristfälligt koordinerade sinsemellan och har tyvärr haft en alltför liten kontaktyta med den ledande internationella forskningen. Det har också varit svårt att nå ut med forskningsresultaten utanför en relativt liten skara av initierade experter. Ett viktigt mål för det projektförslag som inlämnats denna vår till programstyrelsen för IT-Bygg programmet är att råda bot på dessa brister och att skapa en svensk forskningsmiljö med en tillräcklig "kritisk massa" för att möjliggöra en konsistent forskningsinsats av hög internationell klass.

Rapporten kan även ses som ett komplement till den utredning om byggproduktmodeller som gjordes 1992 på uppdrag av IT-BYGG programmets programstyrelse [Franzén 92]. Franzéns utredning skrevs ur en branschrepresentants synvinkel, och klargjorde de grundläggande begreppen och målen för forskningen. En av de viktigaste slutsatserna var att tiden ännu inte var mogen för standardisering på tex en nationell svensk bas, utan att det ännu krävs forskningsinsatser och testning av de teoretiska begreppsmodeller som framtagits i Sverige och i utlandet.

2. Grundläggande begrepp

Denna lägesrapport är skriven för en läsekrets av specialister, dvs. forskarkolleger och beslutsfattare som förväntas ha grundläggande kunskaper beträffande principerna för byggproduktmodeller. För en utförligare introduktion till temat hänvisas därför till annan litteratur, tex [Björk 89a, Björk 90, Björk och Penttilä 91, Svensson 91, Keijer et al 92, Franzén 92]. En skrift på svenska där grundbegreppen genomgås relativt grundligt är under utarbetande och planeras vara klar till hösten [Keijer et al 93]. I det följande klarläggs därför bara i korthet några centrala begrepp som behövs för att förstå innehållet.

Grundläggande frågeställning

Den forskning som beskrivs i denna rapport syftar till att hitta tekniska lösningar hur vi i digital form skall strukturera information om en planerad byggnad. Lösningarna syftar framför allt till att möjliggöra att ett mycket stort urval heterogena tillämpningsprogram för projektering, teknisk analys, byggstyrning och förvaltning automatiskt kan få tillgång till varandras information. Med dagens ritningsorienterade CAD-system är detta mycket svårt att få till stånd.

Datorintegrerat byggande (Computer-integrated construction, CIC)

Datorintegrerat byggande är en vision av hur byggprocessen i framtiden kan te sig, med tonvikt på ett effektivt utnyttjande av datorstöd för olika slag av uppgifter i alla processens skeden från programskedet tom förvaltningsskedet. Speciellt utmärkande är att information som en gång matats in i någon tillämpning är tillgänglig för andra tillämpningar i digital form, vilket möjliggörs genom bruket av distribuerad databasteknik och neutrala dataöverföringsformat.

Databas (Data base)

En databas är en samling data som lagrats på ett regelbundet sätt, och som ett flertal användare har tillgång till, både för att läsa informationen och ändra på informationen. Ett väsentligt element i ett databassystem är ett standardiserat frågespråk, tex SQL, som blivit en de facto standard.

Datamodell (Data Model)

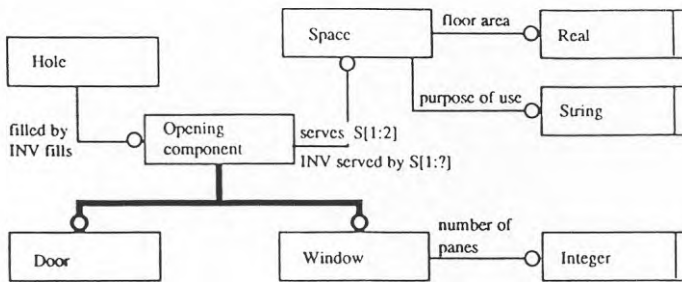
En datamodell är en uppsättning elementära datastrukturer som tillsammans utgör den "grammatik" med vilken man kan definiera mer eller mindre komplicerade informationsstrukturer. I en datamodell definieras mekanismer såsom objekt, klasser, attribut, relationer, ärvning av datastrukturer. Relationsdatabaserna följer en egen mycket väldefinierad datamodell, objektorienterade programmeringsspråk en annan.

Objekt (Object, Entity)

Objektet är den centrala datastrukturen i nästan alla förekommande datamodeller. Ett objekt är en strukturerad samling data som används för att lagra information om något konkret eller abstrakt fenomen. Objekten ärver sina datastrukturer av de klasser de hör till, medan datavärdena bestäms individuellt för varje objekt.

Begreppsmodell (Conceptual Model, Conceptual Schema)

En begreppsmodell definierar den information som behövs för att i en datorapplikation eller ett databassystem beskriva något fenomen i realvärlden och formuleras alltid i ett grafiskt eller alfanumeriskt modelleringspråk, som baserar sig på en datamodell. En begreppsmodell består av ett flertal sinsemellan relaterade objekt, vilka tillsammans bildar en meningsfull och relativt tydligt avgränsad helhet.



Figur 1. Exempel på en begreppsmodell, formaliserad i EXPRESS-G [Björk 92b]

Produktmodell (Product Data Model)

En produktmodell är en speciell typ av begreppsmodell, med vars hjälp man definierar informationsstrukturer som behövs vid beskrivningen av olika produkter som planeras och konstrueras av människor (bilar, maskiner, byggnader mm.). Termen används också ofta för själva beskrivningen i databasform av en specifik produkt, men det är skäl att betona att det rör sig om två olika begrepp, fastän samma term används. Här finns ännu plats för en debatt om vilka termer man borde använda på svenska.

Typobjekt (*Type object, specific object*)

Vid beskrivningen av produkter finns det betydande möjligheter att rationalisera inmatningen och förvaringen av informationen genom bruket av typobjekt. Ett typobjekt innehåller den information som är identisk för ett flertal likartade produktdelar eller komponenter inom samma produkt. Varje enskilt fönster i en byggnad måste tex. i en produktmodell definieras entydigt inklusive lägesinformation. Däremot behöver man beskriva fönstrets mer detaljerade konstruktion bara en gång i ett typobjekt som det enskilda fönsterobjektet refererar till.

Överföringsformat (*Data transfer format*)

Ett dataöverföringsformat är ett specifikt syntax (med speciella tillåtna symboler, ordningsföljd på rader, positioner inom rader mm) som definierar hur överförd information i detalj bör se ut. Dyliga syntaxer används för att fysiskt överföra data i digital form mellan olika tillämpningar. Ibland är syntaxen direkt skräddarsydd för överföringen av viss strikt definierad typ av information. I andra fall kan syntaxen lämpa sig för överföringen av vilken typ av information som helst, förutsatt att både sändare och mottagare följer en gemensam begreppsmodell. Det överföringsformat som utgör en del av STEP-standarden är av sistnämnda typ.

```
STEP;
HEADER;
FILE_NAME('example.step',
'1993-03-10 T15:27:46',
('Falk','Digital'),
'STEP VERSION1',$,,$,$);
FILE_DESCRIPTION(('Detta är ett exempel på en NICKSTEP-fil'),$);
FILE_SCHEMA(('NICK'));
ENDSEC;
DATA;
@1 = cartesian_point(27000000.,12000000.,0.);
@2 = projekt_data('NICK',.MM.,.DEG.,.SWE.,.NEW.,#1,0.);
@3 = building(#2,$);
@4 = cartesian_point(5500.,5500.,0.);
@5 = cartesian_point(24500.,5500.,0.);
@6 = cartesian_point(24500.,17500.,0.);
@7 = cartesian_point(5500.,17500.,0.);
@8 = polyline(#4,#5,#6,#7);
@9 = volume(#3,#8,2800.);

@824=cartesian_point(18000.,6100.,0.);
@825=cartesian_point(6100.,6100.,0.);
@826=cartesian_point(6100.,14900.,0.);
@827=cartesian_point(18000.,14900.,0.);
@828=polyline(#824,#825,#826,#827);
```

```

@829=plate_1(#828,$,200.,2800.);
@830=building_object(#3,#9,$,331.2',$,NEW.,$,V1',$,#829,$,$,$,$);

@834=cartesian_point(11200.,6000.,0.);
@836=axis2_placement(#834,$,$);
@837=att_real('width','bredd',(910.));
@838=att_real('height','höjd',(2100.));
@839=comp_standard(#836,'door');
@840=building_object(#3,#9,$,3355.2',$,NEW.,$,D9A-V',(#837,#838),#839,$,$,$,$);
@844=cartesian_point(14200.,6050.,850.);
@846=axis2_placement(#844,$,$);
@847=att_real('width','bredd',(1010.));
@848=att_real('height','höjd',(1200.));
@849=comp_standard(#836,'window');
@850=building_object(#3,#9,$,355.1',$,NEW.,$,F10A',(#847,#848),#849,$,$,$,$);
@854=cartesian_point(8700.,15000.,1450.);
@855=direction(-1.,0.,$);
@856=axis2_placement(#854,$,#855);
@857=att_real('width','bredd',(1010.));
@858=att_real('height','höjd',(600.));
@859=comp_standard(#856,'window');
@860=building_object(#3,#9,$,355.1',$,NEW.,$,F10B',(#857,#858),#859,$,$,$,$);
@864=cartesian_point(9000.,14800.,0.);
@865=cartesian_point(9000.,9300.,0.);
@866=cartesian_point(18000.,9300.,0.);
@868=polyline((#864,#865,#866));
@869=plate_1(#868,$,95.,2600.);
@870=building_object(#3,#9,$,363.0',$,NEW.,$,VA716',$,#869,$,$,$,$);
@874=cartesian_point(17300.,9347.5,0.);
@875=direction(-1.,0.,$);
@876=axis2_placement(#874,$,#875);
@877=att_real('width','bredd',(910.));
@878=att_real('height','höjd',(2100.));
@879=comp_standard(#876,'door');
@880=building_object(#3,#9,$,365.2',$,NEW.,$,D9B-V',(#877,#878),#879,$,$,$,$);
@884=cartesian_point(6200.,12700.,0.);
@885=cartesian_point(8953.,12700.,0.);
@888=polyline((#884,#885));
@889=plate_1(#888,$,95.,2600.);
@890=building_object(#3,#9,$,363.0',$,NEW.,$,VA716',$,#889,$,$,$,$);
@894=cartesian_point(8700.,12652.5,0.);
@895=direction(1.,0.,$);
@896=axis2_placement(#894,$,#895);
@897=att_real('width','bredd',(810.));
@898=att_real('height','höjd',(2100.));
@899=comp_standard(#896,'door');
@900=building_object(#3,#9,$,365.2',$,NEW.,$,D8A-H',(#897,#898),#899,$,$,$,$);
@904=cartesian_point(6200.,14100.,0.);
@905=direction(0.,1.,$);
@906=axis2_placement(#904,$,#905);
@907=att_string('colour','färg','vit');
@908=att_string('manufacturer','fabrikat','Gustafsberg');
@909=comp_standard(#906,'sanitary');
@910=building_object(#3,#9,$,528.22',$,NEW.,$,TOAL1',(#907,#908),#909,$,$,$,$);
ENDSTEP;

```

Figur 2. Exempel på information strukturen enligt STEP:s överföringsformat

STEP (Standard for the Exchange of Product Data)

STEP är arbetsnamnet för en internationell ISO-standard för överföring av produktmodellinformation [ISO 93a]. STEP baserar sig på användningen av objektbaserad databasteknik. STEP har i början av 1993 fått status av International Draft Standard. I standarden definieras förutom själva begreppsmodellerna även ett eget datamodelleringsspråk (EXPRESS) med vars hjälp begreppsmodellerna skrivits och i en fysiskt överföringssyntax.

3. Historisk bakgrund

3.1 Forskningens tyngdpunkter i olika tidsperioder

För att få ett grepp om den forskning som under de senaste 20 åren bedrivits på detta område kan det vara skäl att dela in hela tidsrymden i ett antal perioder, var och en präglad att vissa överskuggande mål och användningen av för respektive tidpunkt typisk datorteknik (t.ex. relationsdatabaser, objektstänkandet).

Tabell 1. Byggproduktmodellforskningens prioriseringar i olika tidsskeden

Tidsperiod	Forskningens tyngdpunkt
1975 - 81	<i>Den grundläggande problematiken klarläggs</i>
1982 - 85	<i>Expertsystemen dominerar intresset</i>
1986 - 90	<i>Första generationen byggproduktmodeller</i>
1991 -	<i>Skepsis, delmodellstänkandet</i>

3.2 Den grundläggande problematiken klarläggs

Under den första perioden, som ungefär sträckte sig fram till slutet av 1970-talet, började en handfull forskningsgrupper i de anglosaxiska länderna intressera sig för hur man i digital form kunde strukturera en byggnadsbeskrivning på ett sätt som möjliggjorde en integration av ett stort antal tillämpningar i projektering [en bra översikt ges i Bijl, Stone och Rosenthal 79]. Nästan som regel fick dessa högskolebaserade forskningsgrupper finansiering av offentliga byggorganisationer för vilka prototypsystemen utvecklades. Exempel på system från denna tid är OXSYS, SSHA, BDS/GLIDE och CAEADS [se tex. Vanier och Grabinski 87].

De grundläggande problemställningarna förstods relativt bra redan vid denna tidpunkt [Eastman 78]. Däremot var datortekniken, både beträffande hårdvara och programmeringsteknik, alltför outvecklad för denna typ av tillämpningar. De system som togs fram visade sig vara mycket otympliga att använda och ofta var man tvungen att kraftigt kompromissa med planerarens valmöjligheter för att få till stånd ett fungerande system. BDS, som faktiskt användes i ett antal verkliga projekt, var t.ex. helt skraddarsytt till en speciell byggmetod (OXSYS) som användes av sjukvårdsmyndigheterna i ett engelskt län [Richens 78]. Bland begränsade systemet valfriheten till relativt ortogonala planlösningar.

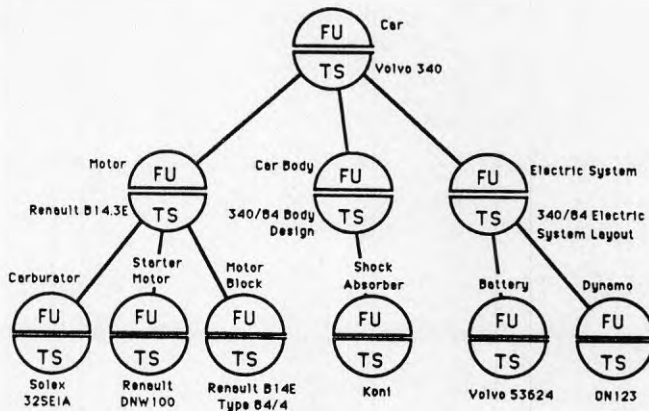
3.2 Expertsystemen dominerar forskarnas intresse

Under den följande perioden, som sträckte sig över den första hälften av 1980-talet, minskade intresset för att studera byggproduktmodeller (termen hade i och för sig inte ännu tagits i bruk). Detta hade ett samband med att de ursprungliga pionjärsinsatserna inte hade infriat de förhoppningar man haft, och med att finansieringsmöjligheterna inom den offentliga sektorn minskade. Samtidigt började renodlade ritsystem att snabbt tas i bruk inom branschen. Forskarna på bygg-IT området började rikta sin uppmärksamhet mot kunskapsbaserade system. I början utvecklade man främst regelbaserade expertsystem för mycket begränsade problem [se bla. Wager 84].

Den relativt ringa forskningsverksamheten från denna tid koncentrerade sig på att undersöka möjligheterna att använda relationsdatabaser för att strukturera och lagra byggnadsbeskrivningen [McIntosh 84, Autran och Florenzano 85].

3.3 Den första generationen byggproduktmodeller definieras

Den tredje perioden, som ungefär täcker den senare hälften av 1980-talet, resulterade i en första generation av begreppsmodeller för beskrivning av en byggnad på en relativt hög abstraktionsnivå. De mest kända av dessa är GARM-modellen [Giellingh 88], Building Systems modellen [Turner 90] och RATAS-modellen [Björk 89a]. Under denna period togs objektsbaserade metoder i bruk, genom påverkan både från AI-sidan (rambaserade system), programmeringsteknik (objektorienterad programmering) och från databasteorin (begreppsmodelleringsmetoder). Utvecklandet av den allmänna produktmodellsstandarderna STEP började i mitten av 1980-talet, vilket har haft en avgörande betydelse även för forskningen om byggproduktmodeller.



Figur 3. I GARM-modellen är ett väsentligt drag skillnaden mellan kravspecifiserande information och information om valda tekniska lösningar. [Giellingh 88]

Parallellt med detta mer teoretiska definitionsarbete byggde man i ett antal högskolor (främst i USA och Frankrike) prototyper som genom en gemensam databas integrerar ett antal existerande, ofta kunskapsbaserade datortillämpningar i projektering och byggande [Fenves et al 89, Sriram et al 89, Silhadi et al 89, Pohl et al 91]. Tonvikten i dessa forskningsinsatser låg i allmänhet mindre på att definiera den för överföringen centrala produktmodellens struktur än på att utveckla metoder för simultan planering (concurrent engineering), oftast genom användning av sk. "blackboardstruktur". Angreppssättet som användes i en del av dessa projekt har beskrivits som "loosely-coupled data bases" [Rehak och Howard 85], vilket ligger nära ett gryende område i databasteorin som kallas federativa databassystem [Johannesen 93].

I tillägg till den mer rena forskningen har det även i många länder pågått industridrivet utvecklingsarbete för att definiera sätt att överföra information i produktmodellsliknande form mellan olika aktörer i byggprocessen. Som exempel kan nämnas det svenska M-CAD projektet som speciellt fokuserat på entreprenörens mängdavgivning samt det finska BEC-projektet som definierade en standard för överföring av information om betongelement mellan konstruktör och fabrik [Hannus 90].

Sen början av 90-talet har "byggproduktmodellsforskning" kommit igång i ett stort antal forskningsmiljöer runt om i världen. Intresset hos utvecklare av CAD-system och byggföretag har också börjat vakna. Publiceringen av den första relativt stabila versionen (Draft International Standard) av STEP våren 1993 har ytterligare ökat intresset [ISO 93a].

3.5 Skepsis rörande totalmodeller, delmodellstänkandet

I takt med att forskarna börjat få praktiska erfarenheter från ett antal projekt där man arbetat med produktmodellsstrukturer har man också börjat inse svårigheten med att på en gång slå fast en så omfattande och komplex datastruktur, som en full byggproduktmodell skulle utgöra. Istället har man börjat efterlysa metodik som kan föra oss mot slutmålet steg för steg. Den extremt pessimistiska syn på standardisering rörande val av objektklasser för byggobjekt som Aart Bijl har representerat [Bijl 85] är ganska sällsynt, däremot har pionjärårens idealistiska tro på en enda "saliggörande" modell dämpats något. För närvarande finns det ett ökande intresse för "dynamiska" produktmodeller, som lätt kan anpassas till användarnas specifika behov och till byggnadsteknologins förändringar [Eastman 92]. Dynamiken kunde bla. utgöras av att användaren interaktivt under planeringen kan lägga till och ändra datastrukturerna för enstaka byggdelar.

Den stratifierade syn på byggproduktmodellens struktur som de flesta ledande forskarna för närvarande delar presenteras i de två följande avsnitten [för diskussioner om detta se t.ex. Wright, Lockley och Wiltshire 92, Luiten et al 91, van Nederween och Tolman 92].

4. Byggproduktmodellens fyra lager

4.1 Allmänt

Det råder inget tvivel om att det objektorienterade sättet att strukturera information är det mest lovande för att definiera byggproduktmodeller. Likaså delar många av de ledande forskarna uppfattningen att en fullständig byggproduktmodells datastrukturer kan spjälkas upp i ett antal olika, delvis sinsemellan oberoende lager. Själv anser jag att det är ändamålsenligt att använda fyra lager. I tabell 2 har jag uppskisserat dessa lager och försöker ge exempel som belyser deras innehåll:

Tabell. 2 Byggproduktmodellens olika lager av datastrukturer

Byggproduktmodellens olika lager:	Exempel på föreslagna modeller:
Den fundamentala datamodellen	<i>Relationsdatamodellen</i> <i>Entity-relationship modellen</i> <i>Ramen</i> <i>Objektorienterad programmering</i> <i>Formell logik</i>
Den generiska beskrivningen av en godtycklig produkt	<i>STEP standarden</i> <i>GARM-modellen</i> <i>OOCAD-modellen</i>
Byggproduktmodellens kärna	<i>Building Systems model,</i> <i>RATAS-modellen,</i> <i>GSD-modellen,</i> <i>Neutrala byggproduktmodellen</i> <i>KONIM</i>
Aspektmodeller	<i>COMBINE IDM,</i> <i>House Model,</i> <i>Structural Steel model</i> <i>CIM Steel LPM</i>

Dessa fyra lager erbjuder en bra utgångspunkt för en diskussion om hur långt man kommit, vilka tekniska lösningar man är relativt ense om och var forskningsinsatser i Sverige lämpligen kan sättas in.

4.2 Den fundamentala datamodellen

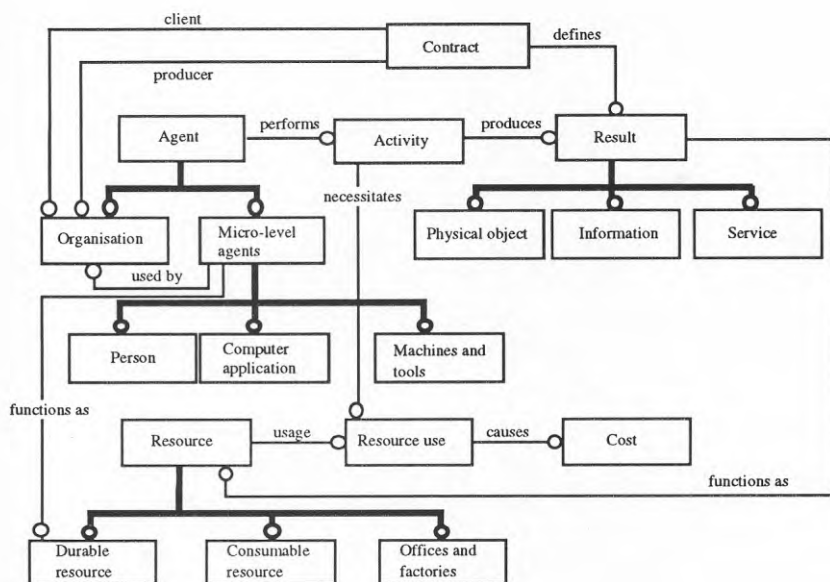
Beträffande val av fundamental datamodell råder det en ganska stor enighet om att en objektorienterad datamodell som inkluderar nedärvning av attribut är ett minimikrav. Följande datastrukturer förekommer i olika kombinationer i de viktigaste till buds stående datamodellerna:

- * objektet
- * objektsklassen
- * attributet
- * relationen
- * ärvning av datastrukturer
- * ärvning av data
- * budskap
- * regler

Goda översikter över olika datamodeller och deras respektive meriter och begränsningar står att finna i litteratur om databasteori [se tex. Brodie et al 85, Hull och King 88].

En central frågeställning är om man i byggproduktmodeller förutom de mer grundläggande datastrukturerna även skall ta med regler och datastrukturer från objektorienterade programmeringsspråk [Augenbroe 93]. Svaret beror på om man betonar utvecklingen av branschgemensamma standarder eller utvecklingen av intelligenta och flexibla tillämpningar. Det finns också klara relationer mellan datamodeller av olika komplexitet. Detta gör att en begreppsmodell uttryckt utan metoder eller regler senare kan utvidgas att innefatta dylika utan att man behöver ändra på den tidigare datastrukturen [Björk och Penttilä 89].

En användbar de facto standard erbjuds på detta område av det datastruktureringspråk, EXPRESS, som STEP-standarden formuleras med [ISO 93b]. I allt fler projekt på området använder man EXPRESS och dess grafiska ekvivalent EXPRESS-G för att dokumentera resultaten. Förutom att EXPRESS tekniskt är väl lämpat för begreppsmodellering medför detta även att det blir lättare att utnyttja tidigare publicerade modeller som en bas för det egna arbetet. Användningen av de tidigare populära grafiska begreppsmodellspråken IDEF1X och NIAM har däremot minskat i STEP-kretsar.



Figur 4. Exempel på datastrukturer uttryckta med hjälp av EXPRESS-språket

4.3 Den generiska beskrivningen av en produkt

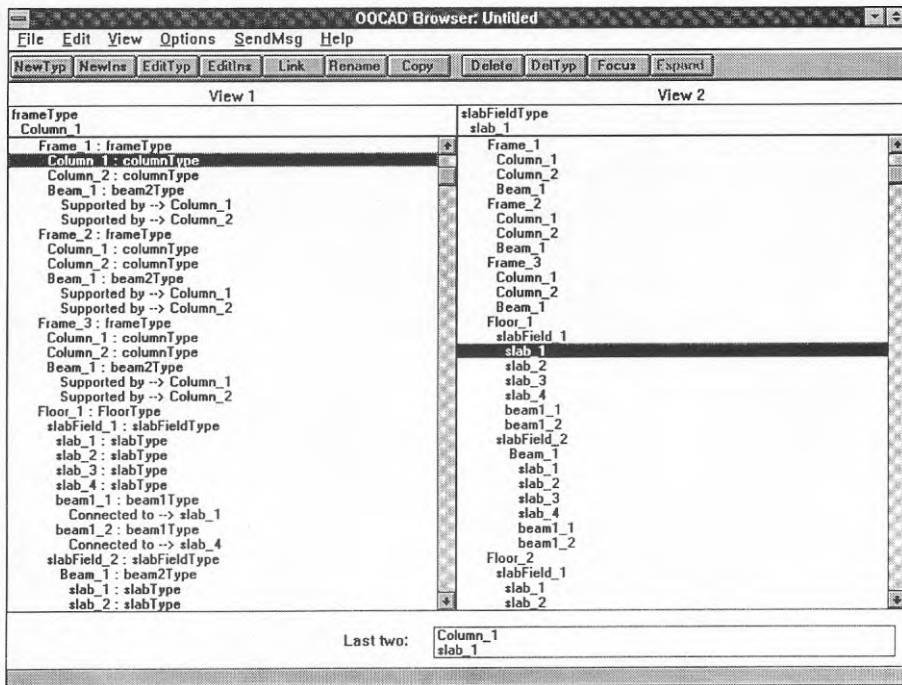
Typiska datastrukturer inom detta lager är:

- * särskiljandet av olika versioner av en design
- * uppsjälkningen av en produkt i system och delar
- * datastrukturer för form- och lägesinformation
- * behandlingen av information som upprepas ett flertal gånger (typobjekt)
- * definition av kravspecificerande information kontra valda tekniska lösningar

Hela basdelen av STEP-standarden behandlar denna typ av information, eftersom standarden skall vara oberoende av tillämpningsområden. En rapport om STEP-standarden har år 1990 utgivits på svenska av BFR [Björk 90] och det är inte motiverat att upprepa innehållet i denna korta förstudierapport. Det är dock skäl att poängtera att STEP våren 1993 fått status som internationellt standardutkast och att det kommersiella intresset för STEP-kompatibilitet och för STEP-relaterade produkter kraftigt ökat. Inom STEP har man under de senaste två-tre åren tagit fram metoder som bättre än i de tidigare versionerna förmår handskas med de mindre delmängder av den totala standarden som behövs i olika tillämpningsområden (sk. application protocols).

Många forskare är något skeptiska rörande framtidsutsikterna för själva STEP-standarden och anser att de verktyg och den metodologi som utvecklats inom STEP-projekt kommer att få en större betydelse än själva standarden [Watson 93].

Den sk. GARM-modellen (Global AEC Reference Model) hör också i huvudsak till detta lager [Gielingh 88]. Vissa datastrukturer från GARM ingår i STEP:s basdelar. I det finska OOCAD-projektet har man utvecklat en modell som i hög grad utnyttjar de möjligheter "typobjekt" erbjuder [Serén et al 93]. Det svenska NICK-formatets datastrukturer placerar sig delvis på denna nivå [Tarandi 91].



Figur 5. I den finska OOCAD-modellen särskiljer man framför allt mellan typobjekt och deras förekomster i en byggnad. [Serén et al 93]

Den modell som Eastman vid UCLA utvecklat, EDM, ligger genom sitt utpräglade bruk av formell logik, någonstans i mellanskiktet mellan den fundamentala datamodellen och denna nivå [Eastman 92].

4.4 Byggproduktmodellens kärna

På denna nivå rör det sig om objektklasser som är skräddarsydda för beskrivningen av byggnader, tex våning, fönster. Datastrukturerna från de första två lagren används genom nedärkning, vilket är ändamålsenligt tex för generell produktinformation. Typiska

datastrukturer på denna nivå beskriver sådan information som behövs av ett flertal olika tillämpningar i flera skeden genom byggnadens livscykel. Viktiga begrepp rör t.ex. rum och hur olika byggdelar är relaterade till rum och varandra. På detta område ligger byggproduktmodellernas datastrukturer nära byggdeltabellerna i traditionella byggklassificeringssystem.

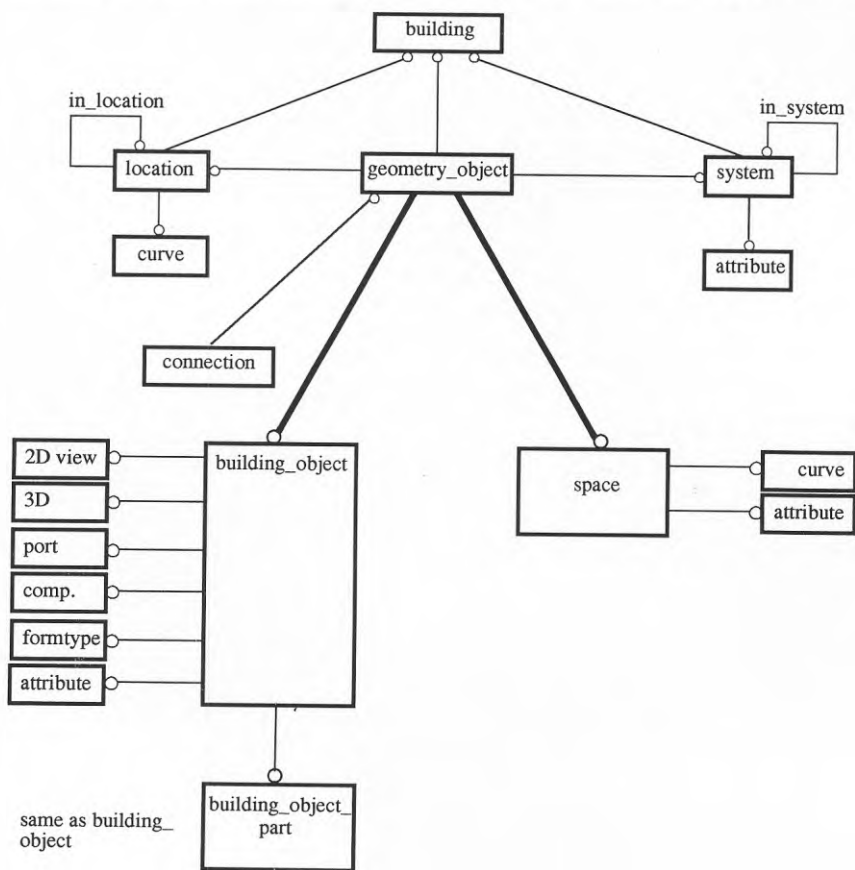
Ett tidigt exempel på denna typ av modell är Building Systems Model, som dock är ganska generisk och främst tar fasta på klassificeringen av olika grundläggande system i byggnaden [Turner 90]. Andra exempel är den mycket övergripande ursprungliga RATAS-modellen [Björk 89a], den modell som på basis av ett antal tidigare modeller i Frankrike tagits fram av gruppen GSD [Groupe Structuration de Données 91] och Space-space boundary-enclosing structure modellen [Björk 92]. Det inom Kungl Byggnadsstyrelsen framtagna förslaget till "Neutral byggproduktmodell" är ytterligare ett exempel på ett förslag till en byggproduktmodellskärna [Svensson 90]. I KBS-modellen betonas bla starkt kopplingen mellan i branschen redan använda klassificeringssystem och byggproduktmodellens uppbyggnad.

NIVA	<i>På motsvaras</i> OBJEKTYP I PROD.MODELL	<i>av</i> BEGREPP I BSAB-SYSTEMET	EXEMPEL PÅ OBJEKT OCH KOD
①	fastighet	P2-matriserna (1+3+5+6+7+8)	
②	tomt, byggnader	Del av P2-matris 1, rest. del del av P2-matris 1 och P2- matriserna (3+5+6+7+8)	
③	huvudgrupp	Huvudgrupper i P2-tabell	3 Hus 5 VVS
④	system	Huvudgruppernas underindel- ning längs vertikalaxeln	35 Fasader 5710 Tilluftssystem
⑤	delsystem	Underindelning längs horison- talaxeln för varje system	355 Öppningskomplettering 57102 Centralutrustning i till- luftssystem
⑥	del	En eller flera typaktivitets resultat tillsammans/P1-rubrik	355.1 Fönster 57102.T6 Fläkt
⑦	detalj	Resurs/minska kalkylerbara enhet	

Byggnadsobjekt = markbyggobjekt, husbyggobjekt och installationsobjekt

Figur 6. Visar hur den "Neutrala byggproduktmodellens" objektnivåer är kopplade till begrepp i BSAB-systemet.

Erfarenheterna från dylika projekt där ett stort antal byggdelsklasser definierats genom nedärkning av klassegenskaper tyder på att komplett modell uppbyggd på detta sätt bör innehålla några hundra objektsklasser med ett flertal attribut per klass. Ett alternativt synsätt, som betonar vikten att hålla kärnan så liten som möjligt, kan beskrivas med epitetet "minimal modell" [de Vries 91, Tarandi 93, Serén et al 93, Karlshøj 93]. En möjlighet är även att skapa byggrelaterade attributgrupper på en lägre nivå och låta användaren själv binda dessa vid sina objektbeskrivningar [Phan 93, Serén et. Al 93].

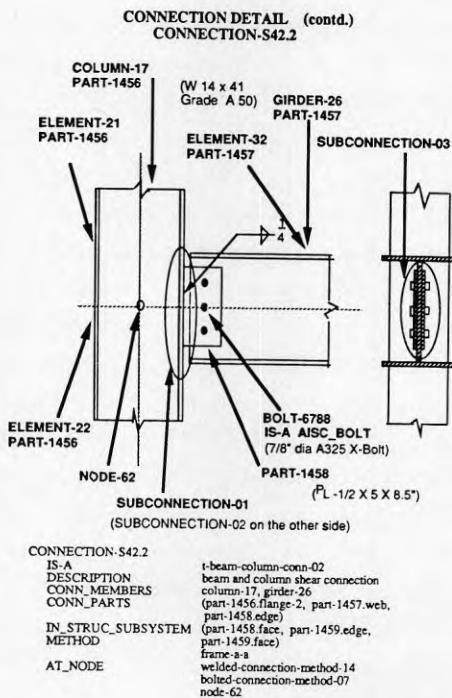


Figur 7. En möjlig strategi är att begränsa byggproduktmodellsstandarder till ett minimalt antal generiska datastrukturer [Tarandi 93]

4.5 Aspektmodeller

Aspektmodeller inkluderar relevanta delar av en byggproduktmodellens kärna men i övrigt går de mer på djupet i den information som en enskild part i byggprocessen kan vara intresserad i. Sammantaget rör det sig om en mycket stor mängd datastrukturer som endast sällan behövs av mer än en handfull tillämpningar.

Bra exempel på denna typ av modeller är de modeller för stålkonstruktioner som definierats på Stanfords Universitet i USA [Lavakare & Howard 89] och i EUREKA projektet CIMSTEEL (vars modell kallas Logical Product Model LPM) eller den modell för energieffektiv bygginformation som framtagits i det Europeiska COMBINE-projektet. COMBINE:s IDM modell som enbart täcker informationsinnehållet i sex olika energieffektiva tillämpningar, innehåller ca 400 objektklasser formulerade i EXPRESS-språket [Dubois et al 92].



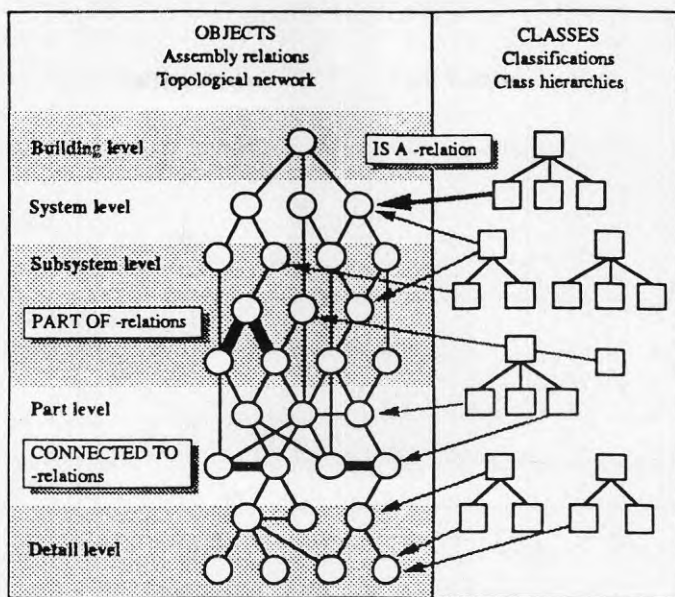
Figur 8. Ett bra exempel på en aspektmodell är den modell för stålkonstruktioner som utarbetats vid Stanfords universitet [Lavakare & Howard 89]

En kritisk fråga vid utvecklandet av dylika aspektmodeller är hur de till sina gemensamma delar, dvs. de delar som logiskt hör till byggproduktmodellens kärna, skall vara sinsemellan kompatibla. Trogligen kommer det att utvecklas både helt separata och självständiga aspektmodeller men även "clusters" av aspektmodeller som grupperar sig kring till buds stående tävlande definitioner av byggproduktmodellens kärna.

4.6 Integration i en generell modell för bygginformation

Beskrivningar av byggnader och byggdelar är inte den enda typ av information som genereras och används i byggprocessen. I tillägg kommer bl.a. information om priser och kostnader, beställningar, kontrakt, tidsplaner, arbetsmetoder mm. Ju längre integrationen skrider desto angelägnare blir det att bygga broar mellan produktinformationen och dessa övriga kategorier av information, vilka även de hanteras med datortillämpningar. Ett bra exempel erbjuds av kunskapsbaserade system för tidsplanering, som för sitt resonemang behöver information om byggdelar och dessas interna relationer (t.ex. "vilar på", "är yta till"). [se tex Cherneff et al 91, Darwiche et al 88].

Sen ca 1990 har ett antal forskare börjat definiera begreppsmodeller som försöker relatera informationen från dessa olika domäner sinsemellan [Björk 92a], [Luiten och Tolman 91], [Froese 92]. Ett utkast till en syntes av dessa modeller definierades vid ett seminarium i Esbo hösten 1992 [Björk et al 93]. Intresset för denna kategori av generiska modeller har också vaknat inom den ISO-kommittee som övervakar utvecklingen av byggbranschens klassificeringssystem [Karlsson och Allott 91]. Ett faktum är att utvecklarna av de byggklassificeringssystem vi idag har i bruk redan på 50- och 60-talen studerade denna problematik [Giertz 93, Bindslev 93] fastän de då till buds stående metoderna för begreppsmodellering skiljde sig från dagens objektorienterade metoder. Det är helt klart att man kan återanvända en stor del av de informationsstrukturer och begrepp som ingår i byggklassificeringssystem i arbetet med produktmodeller [för synpunkter på detta se tex. Lundberg, Lundeqvist och Lotz-Mattson 90, Svensson 90]. Också de kretsar som håller på att definiera EDI-standarder för kommersiella meddelanden i byggbranschen har nyligen blivit intresserade av en integration i riktning mot produktmodellering [Neutebooms 92].



Figur 9. En skiss till hur en generisk modell för bygginformation kunde se ut. [Björk 92a]

5. Metodik och hjälpmedel i produktmodellsprojekt.

5.1 Arbetets organisering

I de första forskningsprojekten där man strävade efter att definiera produktmodeller och att testa dessa definitioner med prototyparbete fäste man inte så mycket uppmärksamhet på hur definitionsarbetet organiserades. Ofta har arbetet utförts av en enstaka individ. När arbetet utförts som kommittéarbete utan en välplanerad metodik har forskarna ofta fastnat i ändlösa diskussioner om modellernas detaljer. Detta beror i hög grad på

problemområdet ifråga. En byggnad har en mycket nätverkslik struktur och olika aktörer i byggprocessen har mycket olika sätt att se på samma information.

I detta hänseende torde forskarna ha ett och annat att lära av den speciella disciplin inom informationsteknologin som kallas "software engineering". Ett ännu mer specialiserat område inom datalogin är integrationen av heterogena databaser. Likaså kan det vara nyttigt att bekanta sig med de arbetsrutiner som används i STEP-arbetet.

Olika sätt att organisera definitionsarbetet kan beskrivas med hjälp av följande matris, som även innehåller ett antal exempel på typiska fall:

	Ensam forskare	Arbetsgrupp
Teoretisk top-down analys	<i>AE systems model</i>	<i>RATAS II</i>
Teoretisk bottom-up analys	<i>Space, enclosing structure model</i>	
Integration av existerande applikationer		<i>COMBINE IDM</i>
Baserad på ett empiriskt studium av dataflöden		<i>BIM</i>

Top-down metoden innebär att man utgår från en abstraktionshierarki där rotobjektet är ett objekt för att beskriva hela byggnaden, och att man låter detta förgrena sig allt längre och längre. I en första omgång delas byggobjektet upp i ett antal system för bärande konstruktioner, VVS etc. vilka ytterligare spjälks upp i mer detaljerade objekt. Denna metod bygger på ett systemteoretiskt tänkesätt och kan lätt leda till hierarkiska datastrukturer.

Det finns två grundläggande slag av objekthierarkier. Den ena är baserad på att skapa allt mer specialiserade objektsklasser, den andra på en uppspjalning av byggnaden i allt mindre delar. I presentationer om produktmodeller sammanblandas ofta dessa två abstraktionsprinciper på ett för läsaren eller åhöraren oöverskådligt sätt. Det är skäl att poängtera att användningen av specialisering av objektsklasser (*eng. specialisation*) betingas av likheter och skillnader i de informationsstrukturer man behöver för beskrivandet av olika byggdelar. Denna abstraktionsprincip återfinnes automatiskt i t.ex. objektsorienterade programmeringsspråk. Användningen av en hierarki av helheter och deras delar (*eng. decomposition*) finns däremot inte automatiskt i flertalet av de grundläggande datamodellerna och måste därför byggas upp med begreppsmodeller. Ett väsentligt drag i objektsorienterade databaser som gör dem speciellt intressanta för produktmodellimplementeringar är just hanteringen av "helhet-del" hierarkier och stöd för databasoperationer med dessa [Dittrich 89].

Turners AE systems modell erbjuder ett utmärkt exempel på tillämpandet av top-down metodik [Turner 90].

Bottom-up metoden utgår från en analys av vilka enskilda byggdelar man kan särskilja t.ex. i ett enskilt rum och hurdana relationer dessa har sinsemellan. Objekt på högre abstraktionsnivåer skapas framför allt genom att gruppera delobjekt till större helheter. Denna metod leder i motsats till top-down metoden direkt till nätverkslika datastrukturer. I arbetet för att definiera en modell för väggar, utrymmen och ytor användes denna metod [Björk 92b].

Vid integrationen av existerande tillämpningar utgår man från de data ett antal existerande datorprogram behöver som indata eller producerar som utdata. Dessa dokumenteras noggrant och modellen byggs som en union av denna informationsmängd. På detta sätt sörjer man för att produktmodellen kan användas som ett neutralt medium vid datautbyte tillämpningarna emellan. I det Europeiska COMBINE-projektet användes ett tabellberäkningsprogram för att dokumentera databehovet i sex tillämpningar innan den slutgiltiga begreppsmodellen IDM formulerades.

OBJECT : TECHNICAL SYSTEM													
SLOT NAME	STEP	DEFINITION	TYPE	MULTI-VALUED	UNITS	RANGE	DEFAULT	SOURCE	COMPUTATION	cardinality	PRIVATE NAME	PRIVATE OWNER	SUBJECT
network pipe diameter(i)		pipe diameter of the network	real		m						network pipe diameter(i)	MLC-v3-O-95	heating plant
network pipe length(i)		pipe length of the network	real		mm						network pipe length(i)	MLC-v3-O-96	heating plant
network pipe losses		pipe losses of the network	real		kWh/year						network pipe losses	MLC-v3-O-101	heating plant
network sub station losses		losses by sus station for thenetwork	real		kWh/year						network sub station losses	MLC-v3-O-102	heating plant
number associated with the boiler		numeral	no		-7-	Further information:- MLC					number associated with the boiler	MLC-v3-O-104	heating plant
outside pipe length(i)		length of the outside pipes	real		m			0 measurement			outside pipe length(i)	MLC-v3-I-49	heating plant
outside temperature 1		outside temperature in relation withdeparture temperature	integer		C		-99 to 999	0 control system			outside temperature 1	MLC-v3-I-46	heating plant
heat-transfer-fluid		the fluid use for heat transfer in the network	Object										
SPECIFIC HEAT		SPECIFIC HEAT OF LIQUID	Real		KJ/kgK			4,18 TABLES			SPECIFIC HEAT	VTT-I-49	HEATING SYSTEM
Emission-system			Object										
DESIGN PRES PRIM		DESIGNED PRIMARY PRESSURE OF THE HEAT EXCHANGER	Real		kPa						DESIGN PRES PRIM	VTT-O-8	HEAT EXCHANGER
DESIGN PRES SECU		DESIGNED SECONDARY PRESSURE OF THE HEAT EXCHANGER	Real		kPa						DESIGN PRES SECU	VTT-O-9	HEAT EXCHANGER

COMBINE SLOT DEFINITION - HEATING, COOLING, VENTILATION, AIR CONDITIONING AND DOMESTIC HOT WATER SYSTEM - 22/08/91

P. 9

Figur 10. I arbetet med att definiera COMBINE projektets IDM modell samlade man detaljerat upp informationen om sex olika tillämpningars in- och utdata [Dubois et al 92]

Ett studium av dataflöden i projekterings- och byggprocessen liksom även ett studium av själva processen kan även användas som en utgångspunkt för informationsanalysen. Ansatser till detta kan hittas både i det Holländska BIM-projektet Holland [IOP-Bouw 89] och i det arbete med en byggprocessmodell som utförts i USA [Sanvido 92]. Problemet är härvid att det är svårt att dokumentera flödesinformationen på en tillräckligt detaljerad nivå för att utgöra en bas för produktmodellsdefinitioner.

Ovannämnda metoder har sällan använts i ren form. Definitionen av en produktmodells datastruktur kan närmast jämföras med en projekteringsprocess. Processen inrymmer både top-down och bottom-up tänkande, rigorös metodik och intuition om varannat i en ständigt iterativ process. Det finns ingen slutgiltigt riktig datastruktur som vetenskapligt kan verifieras, utan modellens tillämpning i datorapplikationer och marknadskrafterna

kommer att avgöra vilka strukturer som överlever i form av tillämpningar och eventuella standarder.

Lärdomar som man kan dra av tidigare projekt är att forskarna i förväg nogga bör fundera igenom hur de kommer att utföra arbetet och sen gärna hålla fast vid den valda metoden. Det är utomordentligt viktigt att noggrant dokumentera modellerna och begreppen man använder genom bruket av formella metoder. Det kan tex. löna sig att ha ett eget system för att hantera olika versioner av en produktmodellsstruktur och att föra en noggrann loggbok över alla ändringsförslag och hur man åtgärdat dem. Loggar över ändringsförslag har man försökt använda i STEP- och COMBINE-arbetet, inte alltid med framgång.

5.2 Modelleringsverktyg

En stor fördel för forskare som idag sätter igång arbetet med att definiera begreppsmodeller och sedan försöker testa dem med prototypsystem är att utbudet av programvara som kan användas som hjälp i själva definitionsarbetet snabbt har ökat. Detta är delvis, fastän inte enbart ett resultat av STEP-arbetet. Med tanke på läsarna av denna förstudie har en kort resumé utarbetats av de olika kategorier av mjukvara som står till buds, jämte exempel på konkreta produkter. Resumén utgör en separat bilaga till denna förstudierapport.

6. Exempel på konkreta forskningsbehov

Klara forskningsbehov existerar på detta trots allt ganska nya område. I det följande uppräknas utan större ansatser till strukturering ett dussintal relativt avgränsade problem som var för sig kan utgöra utmärkta ämnen för licentiat- eller doktorsavhandlingar. Listan gör inga anspråk på att vara uttömmande, utan ändamålet är snarast att ge läsaren en känsla för olika synvinklar på problematiken.

6.1 Produktmodellstänkandet som ett led i företagsstrategier

Ur ett mer företagsekonomisk perspektiv kan det vara intressant att studera vilka nya affärsmöjligheter produktmodellssynsättet erbjuder. Redan nu finns det exempel på företag i byggbranschen i vilkas strategi produktmodellbaserad information är ett väsentligt element. Företag kan tex utveckla helt nya typer av tjänster som tidigare inte varit möjliga.

Nyttiga referenser [Laitinen 93, Yamazaki 90].

6.2 Produktmodellen och designprocessen

Hur påverkar produktmodellstänkandet en planerares sätt att arbeta och gestalta ett planeringsproblem? Produktmodellsinformation kan göras tillgänglig i helt nya typer av brukargränssnitt som utnyttjar hypermediateknik och som inte bara efterapar traditionella projekteringsmetoder. En intressant aspekt är också att användningen av en konsekvent och eventuellt standardiserad byggproduktmodell bör göra det mycket lättare att använda och utveckla nya datortillämpningar eftersom en stor del av koden och brukargränssnittet förblir oförändrad.

Nyttiga referenser [Coyne et al 90, Howard och Howard 88, Björk 89b, Finne 93].

6.3 Modellering av byggnadens användning med produktmodellteknik

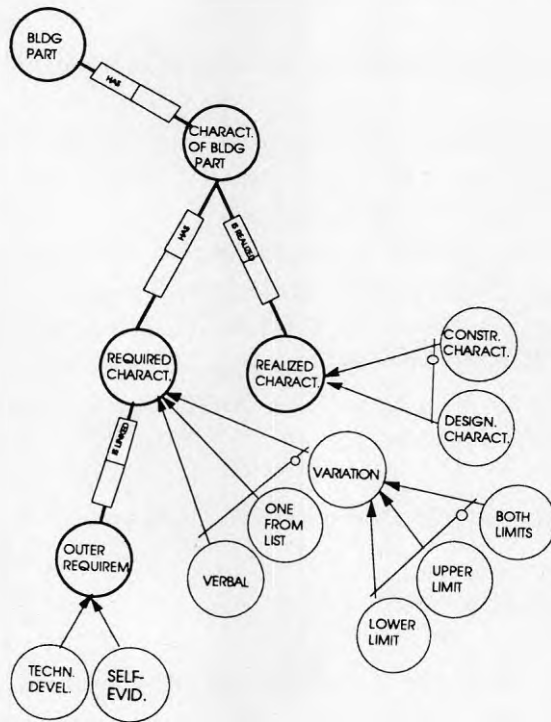
Hur kan man strukturera de aktiviteter som försiggår i en byggnad som en begreppsmodell, och hur knyter man information av kravtyp till dessa aktivitetsobjekt? Vilken blir kopplingen mellan dessa objekt och produktmodellens mer fysiska objekt?

Nyttiga referenser [Huovila 92, Lefebvre 91]

6.4 Produktmodellinformation som del i byggandets kvalitetssystem

Hur kan man i begreppsmodellform definiera den typ av information som används i kvalitetsstyrningssystem? Förutsatt att sådana begreppsmodeller kan definieras hur kan man i byggandets kvalitetssystem utnyttja produktmodellinformation?

Nyttiga referenser [Gielingh 88, Lefebvre 91]



Figur 11. Man kan även modellera kravspecificerande information i produktmodeller [Kähkönen et al 91]

6.5 Versionhantering i produktmodeller

Hantering av olika versioner av ritningar m.fl. byggdokument har varit relativt rätlinjigt så länge man arbetat med handgjorda ritningar. Övergången till distribuerade databaser som flera olika parter har tillgång till bjuder både på nya problem och nya möjligheter. Ad hoc lösningar för CAD-system med lagerteknik och referensfiler mm. har redan tagits i bruk i praxis men ännu återstår stora problem att lösa.

Nyttiga referenser [Katz och Chang 86]

6.6 Implementering av typobjektstänkandet i komponentdatabaser

Ett typobjekt är en beskrivning av den information som är gemensam för ett stort antal likartade byggdelar och en mycket användbar teknik för strukturering av produktmodeller. Många tekniska problem återstår dock ännu att lösa. Hur skall typobjekt där antalet odefinierade attribut och delobjekt kan variera definieras och hur skall de utnyttjas i produktmodeller. Hur skall sådana typobjekt implementeras i byggbranschens generella databaser på ett sätt som möjliggör att de enkelt kan användas i produktmodellbaserade CAD-system. För närvarande finns det tex intresse för att testa bruket av dataöverföringsformat av typ OOCAD eller NICK för strukturering av stora bibliotek av färdigkomponenter.

Nyttiga referenser [Gielingh 88, Björk och Penttilä 91, Serén et al 93]

6.7 Bygganpassade basattribut

En stor mängd information på attributsnivå återanvänds på flera ställen i begreppsmodeller. Detta gäller t.ex. yt-, volym- och längdmått eller en så trivial informationstyp som datum. Dyliga attribut kan definieras som datatyper som påminner om objektklasser, vilket underlättar behandlingen av informationen, t.ex. hanteringen av måttenheter.

Nyttiga referenser [ISO 93, Pham 93]

6.8 Dynamiska produktmodeller

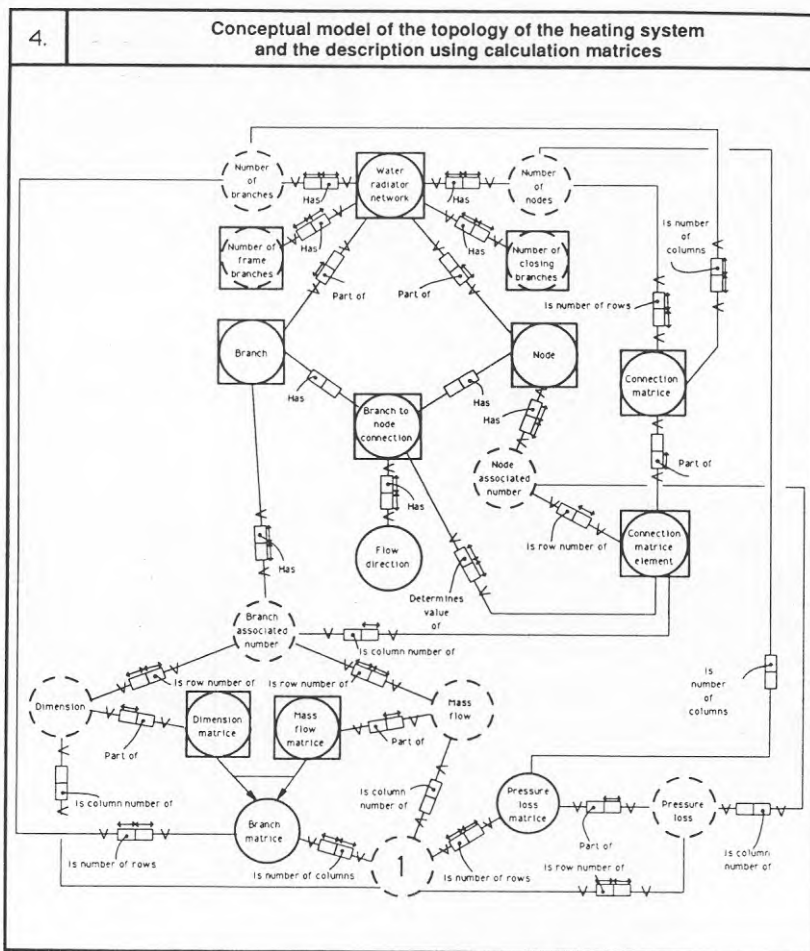
Ett antal forskare runt om i världen har riktat kritik mot att användningen av produktmodeller kan innebära restriktioner beträffande vilken information en planerare kan knyta till ett byggobjekt. Ofta upptäcker man under designprocessens gång att samma fysiska objekt kan fylla olika funktioner (exempelvis en glasvägg, en bärande vägg) och vill kunna tillägga informationstrukturer dynamiskt till ett objekt som redan tidigare har deklarerats som en instans till någon given objektsklass. I princip kan man antingen låta användaren själv definiera dylika datastrukturer eller låta honom välja från ett bibliotek av strukturer (tex. innehållande bygganpassade basattribut).

Nyttiga referenser [Eastman 92, Séren et al 93].

6.9 Användningen av produktmodellens datastrukturer i beräkningsprogram.

Objektbaserade datastrukturerings- och programmeringsmetoder kan användas vid utvecklingen av beräkningsprogram för energiekonomi, inneklimat, konstruktioner mm. vilket bör underlätta kopplingen mellan dessa och produktmodellsinformationen. En annan viktig faktor är att en betydande del av programkoden för dylika objektorienterade tillämpningar kan fås gratis genom att importera den från begreppsmodeller som t.ex. är formulerade i datastruktureringspråk såsom EXPRESS. Redan idag existerar mjukvara som konverterar EXPRESS-scheman till C++ kod eller SQL-databaser.

Nyttiga referenser [An-Nashif och Powell 89, Miller 89, Talonpoika och Rissanen 91].



Figur 12. Kopplingen mellan produktmodellens och beräkningsprogrammens datastrukturer, tex. byggdelar och beräkningsmatriser, kan göras explicit med hjälp av begreppsmodeller som i detta exempel från COMBINE-projektet [Talonpoika och Rissanen 91]

6.10 Koppling mot kunskapsbaserade projektstyrningssystem

Kopplingen mellan kunskapsbaserade projektstyrningssystem och produktmodellinformation är väsentlig eftersom byggprocessens aktiviteter (ordningsföljd, tids- och resursbehov mm.) bestäms bl a av den byggnad man bygger. Uppgörandet av en tidsplan för ett byggprojekt bör i en betydande grad (men inte helt) kunna automatiseras genom att systemet kan analysera produktmodellens information. Detta går inte att göra med dagens ritningsfiler.

Nyttiga referenser [Darwiche et al 88, Ito et al 89, Cherneff 91, Petursson 91, Kähkönen 93, Jägbäck 93].

6.11 Användningen av produktmodellinformation i materialadministration

Produktmodeller kan med fördel användas även i materialadministrationen på ett bygge. Material som beställts med hjälp av elektroniska EDI-meddelanden bör, ifall man vid beställningstillfället vet detta innehålla information om till vilken byggdel i produktmodellen de är kopplade. Denna information kan t.ex. användas då man tar emot materialet på byggarbetsplatsen genom att i visualisering baserad på produktmodeller visa var materialet kommer att användas. Dessutom går det även att utveckla kunskapsbaserade system som ger råd om var och hur materialet skall lagras.

6.12 Produktmodellen - den intelligenta byggnadens minne

I dagens byggautomationssystem beskrivs vissa delar och aspekter av byggnaden på relativt rudimentära sätt i programkoden eller systemens styrdelar. För närvarande pågår utvecklings- och standardiseringsarbete som syftar till att alla styrfunktioner i byggnadens olika tekniska komponenter skall kopplas upp mot samma fysiska informationsöverföringsnät, vilket ger möjligheter till central datorövervakning och

styrning. Nästa steg bör vara att låta alla dessa separata styrfunktioner dela på samma produktmodellsbeskrivning. En ändring någonstans i byggnaden bör därvid kräva att informationen uppdateras enbart på ett ställe. Speciellt intressant problem är hur servicepersonal skall kommunicera med byggproduktmodellen och hur olika typer av automationssystem skall kopplas upp mot den centrala modellen.

6.13 Tillämpningar i kontroll av byggbestämmelser

I allt högre grad kommer myndigheterna att börja hantera dokumentationen om byggnader i digital form. I ett första skede kommer detta att främst ske i form av CAD-ritningar. På sikt skulle produktmodellsformatet dock erbjuda stora fördelar, genom att man kunde utarbeta kunskapsbaserade tillämpningar som kollar att givna byggbestämmelser följs. En teoretisk grund existerar redan och ett antal småskaliga prototyper har byggts. Arbetet bör dock fortsätta. Trenden mot mer funktionellt orienterade bestämmelser (performance driven) gör att det kommer att finnas ett behov av analysprogram som kan påvisa att den planerade byggnaden

Nyttiga referenser [de Waard 92, Law och Nobuyoshi 92].

6.14 Användning av produktmodellinformation i olika typer av simulering

Det finns flera olika slag av simuleringar som kan användas som stöd i projekterings- och byggprocessen. Exempel erbjuds av simulering av hur byggnaden kommer att se ut då man rör sig i den, av själva byggprocessen, av byggrobotars arbete, av hur byggnaden beter sig i energiekonomiskt hänseende. Härvid är det väsentligt att studera hur olika simuleringprogram möjligast enkelt kan utnyttja produktmodellens information.

Nyttiga referenser [Keirouz 88, Björk 89b, Krom och Tolman 90].

6.15 Tillämpandet av produktmodellstänkandet på andra produkter i väg- och vattenbyggande

Produktmodellstänkandet kan lika väl tillämpas på struktureringen av markbyggande och anläggningsbyggande som på själva byggnaden (objektstyper kunde vara olika materialskikt mm.). Det finns redan ansatser till projekt av denna typ i utlandet. Med tanke på den stora satsningen på infrastruktur i framtiden borde ett definitions- och prototyparbete komma igång snarast möjligt.

Nyttiga referenser [Willems et al 90]

Ovannämnda förslag utgör blott exempel på lämpliga avgränsningar för licentiat- och doktorsavhandlingar. I det konkreta projektförslaget till IT-Bygg programmet som utarbetats parallellt med denna rapport har en del av dessa tagits med. Likaså har vissa andra teman tagits upp. Ifrågavarande projektförslags innehåll har ganska kraftigt styrts av redan pågående eller planerade projekt som integrerats till ett större projekt.

7. Samverkan med bygg- och datorföretag

I denna förstudie har forskning rörande produktmodellens tekniska struktur fått ett stort utrymme. En fråga som för närvarande sysselsätter flera ledande forskare på området är hur man kan aktivt verka för att det arbete som görs inom forskning och tex inom ramen för STEP faktiskt implementeras i kommersiella system och börja påverka praxis. Två citat från diskussionerna på en workshop i maj 1993 [Brandon 93] illustrerar detta:

- * "The Party's over, what do we do now" (Godfrey Augenbroe)
- * "Product models should be made invisible" (Charles Eastman)

Augenbroe är chef för det Europeiska COMBINE-projektet. (COMBINE står för Computer Models for the Building Industry in Europe och utvecklar medoder för kopplingen mellan energiekonomiska analysprogram och CAD-projektering). Hans slutsats rör närmast forskningsfinansieringen och syftar på att den tid av stora förhoppningar, utlovade snabba resultat och relativt stor frihet för forskarna som präglat slutet av 80-talet och början av 90-talet nu är slut. Nästa steg måste vara att ta fram fungerande prototyper i full skala och testa dessa i samverkan med representanter för branschen

Eastman är den enda av pionjärerna från 70-talet som fortfarande är aktiv inom forskningsområdet. Han syftar med sitt yttrande på att brukarna inte är intresserade av produktmodeller utan av intelligenta tillämpningar som löser de problem som idag existerar i överföring av data och i användningen av analysprogram. Därför borde man tona ned informationen till slutanvändarna och smälta in produktmodellsstrukturerna i nästa generation av CAD-system, projektstyrningssystem mm.

Vi börjar först nu på allvar komma in i ett skede då kommersiella programvaruföretag och byggbranschens olika företag på allvar börjar intressera sig för de fördelar produktmodellbaserade system kan tänkas erbjuda. Orsakerna till att läget nu börjar bli gynnsamt är följande:

- * Den objektbaserade programmeringstekniken har alltmer börjat tränga in i all programvara, t.ex. för programmeringen av brukargränssnitt. Man har insett att detta är en bra teknik för byggandet av komplicerad programvara med samtidigt bibehållen flexibilitet för senare utvidgningar och ändringar [se tex. Kulusjärvi 90].

- * Mikrodataornas kapacitet har så småningom börjat komma ner till en nivå som räcker för körandet av den typ av programvara som behövs för produktmodellstillämpningar med skäligen svarstider.

- * De sk objektbaserade databassystemen börjar efter flera års forskning komma till kommersiellt gångbara implementeringar.

* STEP:s första egentliga version publiceras 1993 och detta har bl.a. medfört att kommersiella CAD-företags engagemang för att lansera STEP-kompatibla eller STEP-baserade CAD-system har ökat.

* En allt större del av de ritningar som produceras i byggprojekt görs med CAD-system. Detta medför att fler och fler av byggbranschens aktörer varseblir de integrationsproblem som lett till produktmodellsforskningen vilket gör att efterfrågan på kommersiella lösningar ökar.

* En vikande byggmarknad i Europa gör att företag måste söka efter teknologier som ger dem konkurrensfördelar. Produktmodellsbaserade system kan erbjuda dylika.

En väsentlig fråga är hur man skall lägga upp informationen till företagens representanter. De CAD-ansvariga mfl. som själva deltagit i utvecklingsarbetet i projekt såsom NICK, Neutral Byggproduktmodell och MCAD förstår grundproblematiken och det "språk" forskarna använder. Däremot är det ytterst svårt att nå ut med information till företagens högsta ledning och det stora flertalet av byggbranschens specialister.

Problemet kompliceras av att det ännu inte finns bra demonstrationer i full skala av vad produktmodeller är och hur olika tillämpningar kopplas till dem. För att informationen skall vara trovärdig måste dylika snart finnas tillhands. Efter 3-4 år av presentationer på det mer teoretiska planet börjar man fråga efter brukbara resultat. Därför är det angeläget att så snabbt som möjligt få till stånd en demonstration som innehåller alla data från en referensbyggnad i databassform. Denna demonstration behöver inte täcka alla de aspekter som utmålats ovan, men den bör vara av realistisk storleksordning.

En annan faktor av betydelse är att presentationer riktade till allmänheten bör vara mycket grundligt förberedda. Presentationsmaterialet måste vara av professionell klass, och språket så långt som möjligt förståeligt med undvikande av alltför många främmande termer.

En viktig synpunkt är dock att det primära måste vara att åstadkomma bra forskning, genomtänkta modeller och övertygande prototypsystem. Det blir mycket lättare att åstadkomma bra presentationer på konferenser och artiklar till fackpressen utifrån en dylik basis.

8. Slutsatser

Struktureringen av information om en byggnad i digital form har visat sig vara ett så omfattande problem att en helt egen gren inom forskningen rörande bruket av informationsteknologi i byggande uppkommit. Sedan mitten på 1980-talet har ett hundratal relevanta vetenskapliga artiklar och konferensföredrag publicerats. Ett tydligt paradigmskifte har skett i riktning mot s k aspektmodeller som är kompatibla sinsemellan genom en gemensam kärna. Det finns gott om olika klart avgränsade delfrågor som kräver långsiktiga forskningsinsatser.

Inom de närmaste åren är det trots allt troligt att det kommer att presenteras olika förslag till nationella byggproduktmodellsstandarder. En framkomlig väg är att försöka definiera dylika standarder som s.k. "applikation protocols", vilka stöder sig på den internationella produktmodellsstandarden STEP. Samtidigt är det troligt att kommersiella CAD-system utvecklas i en alltmer objektorienterad riktning, vilket bör ge användarna större möjligheter än tidigare att skraddarsy egna tillämpningar. Det är också troligt att flera ledande CAD-system kommer att erbjuda möjlighet att importera och exportera STEP-filer.

Erfarenheterna från de senaste åren visar att det behövs en kritisk massa av minst ett halvt dussin forskare och forskarstuderande för att en högskola eller forskningsgrupp skall få en ledande ställning på området. Bra exempel erbjuds av CIFE vid Stanford eller TNO i Delft. Likaså är det väsentligt för forskare att publicera sina resultat i form av vetenskapliga artiklar eller konferensföredrag på engelska, eftersom en vetenskaplig publikationsverksamhet på enbart svenska vänder sig till en alltför liten krets av läsare. Dessutom behövs det naturligtvis information till byggbranschen i form av mer populärt skrivna artiklar i den svenska fackpressen och i form av föredrag på nationella konferenser.

Bibliografi

An-Nashif, H. N. & Powell, G. H. (1989)

A strategy for automated modeling of frame structures.

Engineering with Computers 5, pp. 1 - 12.

Augenbroe, Godfried (1991)

Integrated Building Performance Evaluation in the Early Design Stages.

In Preproceedings of the first international symposium on "Building Systems Automation-Integration", University of Wisconsin-Madison, USA

Augenbroe, Godfried (1993)

Developing Building Design Systems in a CIM Context

preproceedings of the *Integration of Construction Information* workshop,

University of Salford, Dept. of Surveying, UK

Autran, J. & Florenzano, M. (1985)

CAO en architecture et SGBD. Le devis descriptif de batiment: informatisation a l'aide d'un SGBD relationnel - limites et perspectives.

GAMSAU, Universite de Marseille. Report

Bijl, A. (1985)

Designing with words and pictures in a logic modelling environment.

Proceedings of the CAADfutures conference, Technical University of Delft, Delft, Netherlands

Bijl, A., Stone, D. & Rosenthal, D. (1979)

Integrated CAAD systems.

EdCAAD Studies, University of Edinborough

Bindslev, Björn (1993)

Problems in the development of a work model.

Paper presented at the *Integration of Construction Information* workshop, University of Salford, Dept. of Surveying, UK

Björk, Bo-Christer (1989a)

Basic Structure of a Building Product Model.

Computer-aided Design, 21(2) (1989) pp. 71-78

Björk, B.-C. (1989b)

Product models of buildings and their relevance to building simulation.

Building Simulation '89 Conference, Vancouver, Canada, International Building Performance Simulation Association. pp. 193 - 198.

Björk, Bo-Christer (1990)

STEP - Internationell standard för digital överföring av produktinformation. Byggforskningsrådet

G6:1990

Björk, Bo-Christer (1991)

Intelligent front-ends and produkt models.

AI in engineering, Vol 6, no.1, pp. 46-56

Björk, Bo-Christer (1992a)

A unified approach for modelling construction information.

Building and Environment, Vol. 27, No. 2, 1992, pp. 173-194

Björk, Bo-Christer (1992b)

A conceptual model of spaces, space boundaries and enclosing structures.

Automation in construction, Vol 1, nr. 3, pp. 193-214

Björk, B.; Cooper, G. S.; Froese, T.; Karstila, K.; Luiten, B.; Oxman, R., (1993)

IRMA: An Information Reference Model For Architecture, Engineering and Construction.

paper submitted to the first international conference on the *Management of Information Technology in Construction*, Singapore, August 1993.

Björk, B.-C.; Penttilä, H. (1989)

A scenario for the development and implementation of a building product data model standard.

Adv. Eng. Software 11, 4, pp. 176 - 187.

Björk, Bo-Christer; Penttilä, Hannu (1991)

Building Product Modelling Using Relational Databases, Hypermedia Software and CAD Systems.

Microcomputers in Civil Engineering, 6(1991) pp. 267-279

Brandon, Peter, ed. (1993)

preproceedings of the *Integration of Construction Information workshop*,

University of Salford, Dept. of Surveying, UK

Brodie, M., Myopoulos, J. & Schmidt, J. (eds.) (1985)

On conceptual modelling - perspectives from artificial intelligence, databases and programming languages.

New York, Springer.

Bröchner, Jan; Eriksson, Anders; Lundquist, Jerker (1990)

Byggprojektet som dataförädling - Processaspekter på informationsstrukturer.

KTH, Sektionen för väg- och vattenbyggnad, Stockholm

Cherneff, J., Logcher, R. & Sriram, D. (1991).

Integrating CAD with construction schedule generation.

ASCE Journal of Computing in Civil Engineering, vol 5 1/91

Coyne, R. D., Rosenman, M.A., Radford, A. D., Balachandran, M. & Gero, J. S. (1990)

Knowledge-based design systems.

Reading, Mass., Addison-Wesley. 567 s.

Darwiche, A., Levitt, R. E. & Hayes-Roth, B. (1988)

OARPLAN: generating project plans by reasoning about objects, actions and resources.

AI Edam 2, 3, s. 169 - 181.

Delcambre, B. (1986)

Towards an integrated C.A.D. for building projects.

CIB.86 conference proceedings, 22. - 26.9.1986 Washington D.C., Vol 1. S. 59 - 67.

Dittrich, K. (1990)

Object-oriented database systems: the next miles of the marathon.
Information Systems 15, 1, s. 161 - 167.

Dubois, A.-M. (1990)

Data modelling for multi-actors design purpose.

In: 2nd Finnish-French colloquium for information technology in construction. Espoo, Finland. VTT Symposium 118. pp. 39 - 48

Dubois, Anne-Marie; Escudié, Jean-Christophe; Laret, Louis. (1992)

COMBINE Integrated Data Model

Volume I - NIAM diagrams, Volume II - Dictionary,
V.3.3, 920123, CSTB, Sophia Antipolis, France,

Eastman, C. M. (1978)

The representation of design problems and maintenance of their structure.

Latcombe (ed.), Application of AI and PR to CAD, IFIPS Working Conference, Grenoble, France, March 1978. Amsterdam, North-Holland. S. 335 - 337

Eastman, C. (1992)

A data model analysis of modularity and extensibility in building databases.

Building and Environment, 27:2, pp. 135-148

Fenves, S. J., Hendrickson, C., Maher, M., Flemming, U. & Schmitt, G. (1989)

An integrated software environment for building design and construction.

ARECDAO89 conference proceedings, ITEC, Barcelona. pp. 71 - 83.

Finne, Christer (1993)

Arkitektarbetets väsen, datorstödet och planeringsprocessen, en analys och kravbeskrivning.

Lic.avhandling. Tekniska Högskolan i Helsingfors, Arkitektavdelningen

Lefebvre, Frédéric (1991)

Gestion de la qualite des batiments en phase de conception dans un systeme de C.A.O.

Doctorsavhandling, Université de Savoie, Laboratoire Genie Civil et Habitat, Chambéry, France

Franzén, Gunnar (1992)

Svensk byggproduktmodell?

rapport för IT-Bygg programmet, Augusti 1992

Froese, Thomas (1992)

Integrated Computer-Aided Project Management Through Standard Object-Oriented Models.

Doctoral dissertation, Dept. of Civil Engineering, Stanford University

Gielingh, W. (1988)

General AEC reference model.

ISO TC 184/SC4/WG1 doc. 3.2.2.1, TNO report BI-88-150. Delft.

Giertz, L. M. (1993)

Efforts since 1945 to coordinate supply and demand of information in the construction industry.

Paper presented at the *Integration of Construction Information* workshop, University of Salford, Dept. of Surveying, UK

Groupe Structuration de Données. (1991)

Synthese des modeles conceptuels développés dans le cadre de la recherche bâtiment en France.
Plan Construction et Architecture, Ministère de l'équipement, du logement, des transports et de l'espace, Paris

Howard, C. & Howard, C. (1988)

User interfaces for structural engineering relational data bases.
Engineering with Computers 4, s. 239 - 249.

Hull, R.; King, R. (1988)

Semantic database modeling: survey, application, and research issues.
ACM Computing Surveys 19, 3, s. 201 - 260.

Huovila, P.; Björk, B. C. (1992)

The RATAS-project and other Finnish examples of technical data interchange in construction
Technical Data Interchange in Construction, CSTB, Paris, 1-2.10.1992

IOP-Bouw (1989)

BIM bouw informatic model version 3.1.
Rotterdam, IOP-Bouw. 2 folders.

ISO (1993a)

The STEP standard

Draft International standard DIS 10303. To be published in several different parts, ISO Technical Committee 184

ISO (1993b)

Product Data Representation and Exchange - Part 11: The EXPRESS Language Reference Manual.

ISO DIS 10303-11, TC 184/SC4 N151

Ito, K., Ueno, Y., Levitt, R. E. & Darwiche, A. 1989.

linking knowledge-based systems to CAD design data with an object-oriented building product model.

CIFE Technical Report No. 017. Stanford University, California, USA.

Johannesen (1993)

Schema Integration, Schema Translation, and Interoperability in Federated Information Systems
Doctoral thesis, Stockholm University, Dept. of Computer & System Sciences, No. 93-010-DSV

Jägbäck, Adina (1993)

MDA-Planner: An Interactive Planning Tool Using Product Models and Construction Methods
Paper submitted to the ASCE journal of Computing in Civil Engineering

Karlshoj, Jan (1993)

Principper och metoder for opstilling af datamodeller til byggetekniske anvendelser.

Utkast till licentiatarbete, Avdelningen för bärande konstruktioner, Danmarks tekniska högskola, Lyngby, Danmark

Karlsson, Henry, Allott, Tony (1990)

Classification of Information in the Construction Process.

ISO TC59 SC13, Discussion paper, 25 p.

Katz, R. H. & Chang, E. (1987)

Managing change in a computer-aided design database.

Proceedings of the 13th Very Large Database Conference, Brighton, UK. S. 455 - 462.

Keijer, Ulf; Rahm, Hans G.; Svensson, Kjell, Tarandi, Väino (1992)

Konferens om produktmodeller och deras användning i byggbranschen

KTH, Inst. för byggnadsekonomi och byggnadsorganisation

Keijer, U.; Svensson, K.; Tarandi, V. (1993)

Byggproduktmodeller. Vad är det?

Rapportutkast 1993-05-15. KTH, Institutionen för byggnadsekonomi och byggnadsorganisation

Keirouz, W.T. (1988)

Domain modeling of constructed facilities for robotic applications.

Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, Carnegie-Mellon University, Pittsburgh, USA

Krom, R. P. & Tolman, F. P. (1990)

The role of standardised product models in construction robotics.

Preproceedings of the seminar "Computer Integrated Construction", CIB Working group 78, Tokyo, 17. - 19.9.1990.

Kulusjärvi, H. (1990)

HVAC-engineering system description.

In: 2nd Finnish-French colloquium for Information Technology in Construction. Espoo, Technical Research Centre of Finland, VTT Symposium 119

Kähkönen, Kalle (1993)

An Interactive Decision Support System for Building Construction Scheduling

paper submitted to the ASCE Journal of Computing in Construction, VTT, Laboratory of Urban Planning and Building Design, Espoo, Finland

Kähkönen, Kalle; Björk, Bo-Christer; Huovila, Pekka (1991)

The use of conceptual data modelling as a basis for regulations software development

In Kähkönen, Kalle; Björk, Bo-Christer, eds. Proceedings of the International Workshop on *Computers and building Regulations*, Espoo, Finland, VTT Symposium 125, Espoo, 1991, pp. 161-170

Laitinen; Jarmo (1993)

IT Strategy in Haka

föreläsning på IT-BYGG dagen, Chalmers, Göteborg den 2.6.1993

Lavakare, A. & Howard, C. H. (1989)

Structural steel framing data model.

Stanford University. CIFE Technical Report No. 012. 76 s.

Law, K. Nobuyoshi, Y.(1992)

An Integrated System for Design Standards Processing

In preproceedings of the joint International Workshop on Computer Integrated Construction and Computers and Building Standards, Montreal, Canada, IRC

Logcher, R. D. & Sriram, D. (1990)

CAE techniques for distributed design.

Proceedings of the CIB working group W55 conference on Building Economics and Construction Management, Sydney, CIB, Vol 2. S. 345 - 362.

Luiten, Bart; Tolman, F. P. (1991)

A Conceptual Modelling Approach to the Development of Integrated Building Project Models and Systems.

4th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, Tokyo, Japan, p. 7

Luiten, B.; Luijten B.; Willems, P.; Kuiper, P.; Tolman, F. (1991)

Development and Implementation of Multilayered Project Models.

In Pre-proceeding of the second international workshop on Computer Building Representation for Integration, Aix-les-Bains, France, publ. Ecole polytechnique federale de Lausanne

Lundberg, Kjell; Lundeqvist, Jerker; Lotz-Mattson, Mats (1990)

Methods for the classification of building components and units of measurement in CAD systems.

Byggforskningsrådet, D5:1990

McIntosh, J. F. (1984)

The Application of the Relational Data Model to Computer-Aided Building Design.

Doctoral Dissertation, University of Michigan, Ann Arbor, 1984

Miller, G. R. (1989)

An object oriented approach to structural analysis and design.

Artificial Intelligence Techniques and Applications for Civil and Structural Engineers. Edinburgh, Civil-Comp-Press. S. 149 - 155.

Nederveen, G. A. van; Tolman, F. P. (1992)

Modelling multiple views on buildings.

Automation in Construction Vol 1, nr. 3 pp. 215-224

Neutebooms, Johan (1992)

Bridging the Gap Between EDI and PDI.

Preproceedings of the seminar Technical Data Interchange in Construction, CSTB, Paris, 1-2.10.1992

Nijssen, G.M.; Halpin, T. A. (1989)

Conceptual Schema and Relational Database Design, a fact oriented approach.

Prentice Hall, London

Paulsson, B; Appelqvist, I; Bengtsson, K; Tarandi, V (1990)

Produktionsanpassad mängdtagning MCAD.

Statens råd för byggnadsforskning, Rapport R14:1990, Stockholm

Peckham, J. & Maryanski, F. (1988)

Semantic data models.

ACM Computing Surveys 20, 3, s. 153 - 189.

Petursson, Halldor

Construction Information Transfer in an Object-oriented Environment.

Chalmers Technical University, Dept. of Building Economics and Construction Management, Report 26, 1991

Pham, D. H. D. (1993)

The Primitive-Composite Approach: A methodology for developing shareable object-oriented data representations for facility engineering integration.

Ph. D. thesis under preparation, Dept. of Civil Engineering, Stanford University, USA

Pohl, J. et al. (1991)
ICADS working model version 2 and future directions.
School of Architecture and Environmental Design, California Polytechnic State University, San Luis Obispo. Report 05-91.

Rehak, D. R. & Howard, H. C. (1985)
Interfacing expert systems with design databases in integrated CAD systems.
Computer-Aided Design 17, 9, pp. 443 - 454.

Richens, P. (1978)
The Oxsys system for the design of buildings.
3rd International Conference on Computers in Engineering and Building Design CAD78., Brighton, UK, Ipc science and technology press. pp. 633 - 653.

Sanvido, V. E. (1992)
Linking levels of abstraction of a building design.
Building and Environment, Vol. 27, No. 2, April 1992, pp. 195-208

Serén, Karl- Johan; Hannus, Matti; Karstila, Kari; Kihlman, Markku; Pellosniemi, Jukka (1993)
Object-oriented CAD tool implementations for the construction industry.
VTT Research Notes 1460, Laboratory of Structural Engineering, Technical Research Centre of Finland, Espoo

Silhadi, K., Abed, M., Mommessin, M. & Sauce, G. (1989)
Integration des systemes experts en C.A.O. pour une assistance intelligente de la conception des batiments: le systeme X2A-SE.
Seminar proceedings, Méthodes et Outils Pour L'Ingénierie B.T.P.; Université de Savoie, Chambéry

Sriram, D., Logcher, R.D., Groleau, N. & Cherneff, J. (1989)
DICE: an object oriented programming environment for cooperative engineering design.
Technical Report No: IESL-89-03, MIT, Department of Civil Engineering.

Svensson, Kjell m.fl. (1990)
Neutral byggproduktmodell - systembeskrivning.
Byggnadsstyrelsens informationer T:123, 1990

Talonpoika, R. & Rissanen, H. (1991)
The integration of a radiator network dimensioning program with a building product model.
Building Simulation '91 conference, Sophia-Antipolis, France, IBPSA, 20 - 22.8.1991.

Tarandi, Väino (1991)
NICK - Neutralt format för intelligent CAD-kommunikation.
Byggeforskningsrådet R70:1991

Tarandi, V. (1993)
Object oriented communication with NICC.
paper to be presented at the conference Management of Information Technology in Construction, Singapore, 17-20.8.1993

Turner, James (1990)
AEC Building Systems Model.
ISO TC184/SC4/WG1, Doc. N363. Working paper

Vanier, D. & Grabinsky, M. W. 1987.

Integrated computer-aided building design systems.

ARECDAO87 Conference Proceedings, ITEC, Barcelona. s. 34 - 37

Vries, B. de (1991)

The minimal approach.

Proceedings of the CIB W78 workshop on "The Computer Integrated Future", Eindhoven, Netherlands

Waard, Marcel de, Tolman, Fritz. (1991)

Modelling of Building Regulations.

In Kähkönen, Kalle; Björk, Bo-Christer, eds. Proceedings of the International Workshop on *Computers and building Regulations*, Espoo, Finland, VTT Symposium 125, Espoo, 1991, pp. 195-209

Waard, Marcel de. (1992)

Computer aided Conformance Checking.

Doctoral dissertation, Technical University of Delft, Netherlands

Wager, D. (1984)

Expert systems and the construction industry.

Construction Industry Computing Association, Cambridge UK. Report.

Watson, Alistair (1993)

To Product Models and Beyond.

preproceedings of the *Integration of Construction Information* workshop, University of Salford, Dept. of Surveying, UK

Willems, P., Mol, F. M., Eijs, A. & de Vos, L. (1990).

Road model kernel.

TNO Report B-89-831 (E), TNO Institute for Building Materials and Structures, Delft, Holland.

Wright, A.J.; Lockley, S.R.; Wiltshire, T.J. (1992)

Sharing data between application programs in building design; product models and object-oriented programming.

Building and Environment, 27(2),(1992) 163-171

Yamazaki, Y. (1990)

Integrated design and construction planning system for computer integrated construction.

Preproceedings of the seminar "Computer Integrated Construction", CIB Working Groups W78 and W74. Tokyo, Architectural Institute of Japan, 17 - 19.9.1990.

Bilaga 1. Projektansökan till IT-Bygg programmet

Kungl. Tekn. Högskolan
Institutionen för Byggnadsekonomi och -organisation
Prof. Bo-Christer Björk, 22.3.1993

KTH-ITB

Bilaga 1

Vidareutveckling och testning av byggproduktmodell

Förslag till forskningsprojekt 1993-96/ IT-Bygg programmet

1. Tillämpningsmål och förväntade resultat

Ett effektivt utnyttjande av datorstöd i byggprocessen kräver nya sätt att beskriva byggnader i digital form, sätt som speciellt lämpar sig för dataöverföringen mellan ett stort antal heterogena datortillämpningar i projektering, byggstyrning och förvaltning. Den grundläggande teorin för sk byggproduktmodeller har utvecklats under den senare hälften av 1980-talet, men ännu återstår många problem att lösa innan funktionsdugliga produktmodellbaserade lösningar blir allmänt tillgängliga i form av integrerade delar av mjukvara som byggbranschens företag kan köpa till rimligt pris.

Terminologin på området är aningen lös, ett faktum man i detta projekt borde råda bot på. Det är väsentligt att skilja på två olika begrepp, dels en objektsbaserad datastruktur för att ordna allt data som beskriver en byggnad, dels beskrivningen av en konkret byggnad i databasform som strukturerats enligt en dylik byggproduktmodell. I detta projektförslag används termen byggproduktmodell i den tidigare meningen, alltså datastruktur, medan termen produktmodellbaserad byggnadsmodell används i den senare betydelsen.

En teoretisk heltäckande byggproduktmodell anses enligt den allra senaste forskningen bestå av ett flertal delvis av varandra oberoende modellager, som genom bruket av objektsbaserad datastrukturerings teknik kan integreras sinsemellan. Utvecklandet av en heltäckande detaljerad modell inom ett enstaka FoU-projekt har visat sig vara omöjligt. Däremot är det möjligt och rentav förnuftigt att utveckla delmodeller skilt för sig. En förutsättning för detta är en lämplig stegvis modellutvecklingsstrategi och metoder som sörjer för att de delmodeller som utvecklas senare när så önskas kan stöda sig på varandra.

En väsentlig frågeställning är också hur långt på djupet en eventuell standardisering bör gå.

Mot bakgrund av det arbete som redan gjorts internationellt och i Sverige, samt med hänsynstagande av branschens prioriteringar föreslås att följande delområden studeras mer ingående i detta projekt.

Testning av tidigare i Sverige gjorda förslag (KBS- och NICK-modellerna) och avrapportering av resultaten.

Bra fungerande datastrukturer från dessa två förslag bör kunna integreras i det senare arbetet.

Vidareutvecklingen av produktmodellens centrala struktur.

Detta innefattar beskrivningen av byggnadens olika system och komponenter, beskrivningen av geometrisk och lägesinformation, principerna för senare integration av delmodeller specifika för olika delområden i byggprocessen.

Hanteringen av geometrisk information av olika abstraktiongrad

Denna fråga är av speciellt intresse för konstruktions- och VVS-planering, där man ofta beskriver byggdelaers geometri med förenklade geometriska modeller (tex. avlånga föremål med enkla linjer. Frågan är bl.a. hur de olika geometriska beskrivningar av samma byggdela som används i olika skeden av projekteringsprocessen skall integreras.

Hanteringen av olika versioner av byggbeskrivningen i produktmodellsform.

I denna del studeras byggproduktmodellens dynamik, tex. rätt att ändra på informationen, versionhantering.

Hanteringen av såkallade typobjekt eller typlösningar.

Detta är en synnerligen viktig fråga för utvecklandet av brukbara produktmodellbaserade CAD-system jämte generella databaser om byggkomponenter mm.

Beskrivningen av geometriskt icke lokalisierbar information i byggprojektets programskede

Objektsbaserade datastrukturer kan även användas för att beskriva planerade aktiviteter i en kommande byggnad och de utrymmeskrav (area, inneklimat, akustik mm.) dessa ställer.

En övergripande begreppsmodell för bygginformation.

Integreringen av produktmodellsdatastrukturerna i övriga datastrukturer som användes i ett byggprojekt måste på sikt lösas. Detta är ett relativt nytt forskningsområde (enterprise modellering) som skulle innebära att man integrerade tankegångarna bakom klassiska byggklassificeringssystem och t.om. EDI-standarder. En viktig delfråga är att lösa är integrationen mellan BSAB-systemet och produktmodellsstrukturerna.

Koppling mot specifika tillämpningsområden i projektering, byggande och förvaltning.

Kopplingen mellan den centrala produktmodellsstrukturen och informationsinnehållet i ett antal strategiskt viktiga tillämpningar som utnyttjar information i produktmodellens centrala del studeras i detalj. Lösningarna testas med prototyparbete. Tex. följande områden är av intresse:

- * kostnadsberäkningsprogram
- * konstruktionsberäkningsprogram
- * Tillämpningar för simulering av byggnadens funktion
- * tidsplaneringssystem
- * system för materialadministration
- * styrning av byggrobotar
- * tillämpningar i förvaltning och underhåll
- * styrsystem i intelligenta byggnader

Av dessa har några valts ut att studeras i det föreslagna projektet. Valet har i hög grad styrts av att de flesta av dessa aktiviteter redan pågår eller varit planerade och att det finns lämpliga doktorander. I fortsättningen torde det även vara möjligt att starta aktiviteter på övriga områden.

Som helhet sett är projektets mål är att producera noggrant dokumenterade och genom prototyparbete testade datastrukturer för centrala delar av en byggproduktmodells totala informationsinnehåll. Datastrukturerna bör vara tillräckligt detaljerade för att möjlig-göra programmeringen av fungerande mjukvara som kan tas i bruk i byggbranschen.

Standardisering hör inte till detta projekts egentliga uppgifter. Däremot bör relevanta och testade delar av de datastrukturer som formuleras vara användbara vid en eventuell standardisering.

En viktig uppgift för detta projekt är att sörja för att information om hur den internationella produktmodellsstandarden STEP och tillämpningar baserade på den utvecklas finns tillgänglig för områdets svenska forskare och för den svenska byggbranschen.

2. Ekonomisk, samhällelig och miljömässig nytta

Projektet kommer att ha stor pedagogisk betydelse. Ett väsentligt element i projektets tidiga skede är anskaffningen av lämplig programvara som stöder begreppsmodelleringen samt följandet av den internationella utvecklingen på området. Huvudprojektet påtar sig på detta sätt en servicefunktion gentemot den svenska forskningen på området. Ett mål är att lära de forskare, studerande och företagsrepresentanter som deltar i projektet samt i relaterade projekt i Göteborg och Lund, produktmodelleringens principer och teknik. På lång sikt kan detta genom indirekta effekter på senare FoU få stor betydelse.

Betydelsen på lång sikt av produktmodeller för branschen har diskuterats i en rapport till IT-Byggprogrammet av Gunnar Franzén. Projektets slutresultat bör för svenska byggföretag och mjukvaruleverantörer konkret demonstrera nyttan av att strukturera bygginformation i produktmodellform och bör ge dessa ett försprång i att utveckla kommersiell software jämfört med konkurrenter i andra länder. Projektet bör framför allt lösa en del tekniska problem av stor betydelse för att framställa brukbara applikationer.

3. Kunskapsläge och nyhetsvärde

Byggproduktmodeller är för närvarande ett centralt område inom forskningen rörande bruket av informationsteknologi i byggbranschen. Ett antal generiska modeller på en hög abstraktionsnivå har publicerats (GARM-modellen, AEC Systems modellen, RATAS-modellen) men ingen av dessa är tillräckligt detaljerad för att utgöra en direkt bas för programmeringen av kommersiella system. I Sverige har två detaljerade förslag (KBS och NICK-modellerna) tagits fram som täcker en del av den informationsmängd man är intresserad av och som bör testas i verkliga projekt. Efterfrågan på mera detaljerade modeller är för närvarande stort och det existerar färdiga kanaler som möjliggör internationell standardisering (STEP-projektets kommitté för byggområdet).

Grundligt definierade och testade lösningar skulle därför ge svensk byggbransch och svenska mjukvaruföretag utmärkta möjligheter att snabbt ta denna metodik i praktisk bruk och få konkurrensfördelar av detta. Likaså skulle en högklassig forskning på detta område ge den svenska forskningsmiljön bra möjligheter att delta i tex. Europeiska forskningsprogram.

4. Projektupplägning

En nödvändig förutsättning för att ett ambitiöst ramprojekt med ett stort antal deltagare skall lyckas är bruket av gemensamt accepterade grundbegrepp och väldefinierade metoder för dokumentering av resultaten. Detta innebär att projektets initialskede kommer att innehålla ganska mycket seminarier och utbildning om produktmodelleringens grunder. För projektet anskaffas även software som används vid formuleringen av konceptuella modeller. Detta möjliggör bla. att forskarna i projektet kan utbyta modeller i digital form.

En stor brist i nästan allt det prototyparbete som tidigare gjorts på detta område är att prototyperna varit mycket begränsade till sitt informationsinnehåll. Detta har förutom att datastrukturerna ännu varit mycket begränsade också berott på att omvandlingen av den fullständiga dokumentationen om en byggnad till objektsform (vilket i ett första skede måste ske manuellt) är mycket arbetsdrygt. I och med att en noggrannare produktmodellsspecifikation uppgörs i projektet blir det dock möjligt att göra denna inmatning. När inmatningen en gång är gjord och informationen finns tillgänglig i en databas är det senare mycket lättare att göra ändringar även i datastrukturerna. En dylik referensbyggnad i produktmodellsform skulle även utgöra en mycket god utgångspunkt för experiment med koppling mot olika tillämpningar, och spara mycket arbete i andra delprojekt. Den kunde även ha användning i undervisningen.

Själva definitionen av begreppsmodellerna kommer i olika delprojekt att ske på alternativa organisatoriska sätt, vilket ger möjligheter att i projektet även få erfarenheter av olika metoder för produktmodellutveckling.

Testandet av begreppsmodellerna kommer att ske med olika typer av programvara, ofta i kombination. En viktig ny typ av programvara som tas i bruk i projektet är sk. objektsdatabaser.

5. Projektsamverkan

Projektet utförs som ett brett upplagt samarbetsprojekt på KTH med flera medverkande institutioner. Väsentligt för projektets genomförande är kontakten med företag från byggbranschen samt mjukvaruföretag. Ett del av delprojekten har redan startat med anslag från IT-Bygg programmet. I dessa fall gäller projektförslaget en fortsättning på arbetet. Delprojekten knyts dock genast från starten organisatoriskt till huvudprojektet.

Aktiv samverkan kommer att ske med två projekt från Lund och Göteborg som sökt om finansiering från IT-BYGG programmet. Dessa är:

Projektgemensamma databaser (CITB)

I detta projekt studeras speciellt återanvändningen av tidigare lösningar (datorstödd bygglåda).

Produktmodellering i programskedet (ITBL)

I detta projekt utvidgas datastrukturerena i produktmodeller att även gälla de tidiga programskedena, där information rörande utrymmesbehov för olika aktiviteter är centralt.

Dessa två är självständiga projekt, men på frivillig basis kan de koordineras med ramprojektet genom regelbunden informationsutväxling, gemensamma kurser och seminarier, bruket av samma programtyper mm. Ett medel för detta kunde vara att upprätta en gemensam styrgrupp för produktmodellprojektet vid alla de tre högskolorna, istället för att ha separata styrgrupper för varje högskola. Underhandlingar om sammansättningen i KTH:s projekts styrgrupp kommer att föras under våren 1993.

Projektets ändamål är inte att tvinga de deltagande forskarna in i en tvångströja genom alltför långtgående standardisering och koordinering. Däremot är målet att genom betoningen av god dokumentering av datastrukturer, bruket av delvis gemensam programvara , regelbundet informationsutbyte, användningen av gemensamma referensbyggnader, servicefunktion rörande internationell bevakning mm. möjliggöra att forskarna på ett ändamålsenligt sätt kan bygga på varandras arbete. På detta sätt skapas den kritiska massa på 8-10 forskare på området som behövs för att i Sverige skapa en internationellt konkurrenskraftig forskningsmiljö.

6. Exploatering och spridning av projektresultat

Mjukvaru- och byggföretag kopplas till projektet redan från början, vilket förhoppningsvis leder till ett snabbt kommersiellt utnyttjande av resultaten så snabbt de blir färdiga. Resultaten rapporteras för inhemska företag bl.a genom anordnandet av seminarier.

Den vetenskapliga rapporteringen av ramprojektets resultat sker i främsta hand i form av vetenskapliga artiklar som innan de publiceras görs tillgängliga som "working papers". I dessa artiklar betonas en entydig rapportering av datastrukturerna med metoder som är allmänt kända bland forskarna på området (tex. EXPRESS-språket) I projektets avslutande skede görs en sammanfattande slutrapport.

7. Projektets resursbehov

Resursbehovet är här indikerat enligt delprojekt och innefattar behovet av personresurser i manmånader av arbete, inklusive deltagande professorer, övriga forskare, externa konsulter, sekreterarhjälp mm. I en del av delprojekten har

ansvarsperson eller doktorand angivits, i andra fall pågår ännu underhandlingar (har markerats med N.N.) I fall där delprojektet utgör en naturlig fortsättning på ett redan pågående projekt som finansierats med medel från IT-BYGG programmet har detta markerats med en * efter resursbehovet. I fall redan utlovad finansiering sträcker sig längre än 31.7.1993 har även detta markerats, varför resursbehovet rör perioden som följer markerat datum)

Koordinering, administration (Björk.)	6 mån
STEP-bevakning (N.N)	8 mån
Databas med information om ett casefall (N.N)	6 mån.
Övergripande modell för bygginformation (N.N.)	10 mån.
Centrala datastrukturer i produktmodellen (N.N)	12 mån.
Produktmodellen i programskedet (Lund)	-
Datoriserad bygglåda (Chalmers)	-
Geometriskt baserade begrepp och metoder för byggnadsmodellering (Shamsedin/Bärande konstruktioner)	36 mån
Koppling mellan byggproduktmodeller och simuleringsmodeller för energi och VVS (Johansson/ Installationsteknik)	36 mån
Simulering av byggbotars arbete (Jansson/Byggnadsekonomi)	22 mån*
Produktmodellens dynamik (Krona/Projekteringsmetodik)	12 mån
Dataöverföring baserad på en minimal modell (Tarandi/Byggnadsekonomi)	9 mån* (finansiering efter 1.1.1994)
Vidareutveckling av "neutral byggprodukt-modell" och testning ur förvaltarperspektiv (Svensson/Byggnadsekonomi)	21 mån* (finansiering efter 1.1.1994)
Sammanlagt	178 mån

Finansieringsbehovet per delprojekt presenteras i följande tabell. I denna har lönekostnaderna för i projektet deltagande professorer inte medtagits. Vissa kostnader för anskaffning av programvara, presentationsmaterial, litteratur, resor och

underkonsulter som är gemensamma för hela projektet har allokerats till delprojektet "Koordinering". Lönekostnadspålägg har beräknats efter 44,33 % och förvaltningsavgift efter 13,64 %. I kostnaderna för programvara och datorer ingår kostnader för anskaffning av sådan utrustning som behövs specifikt för detta projekt, bla. mukvara för begreppsmodellering, objektorienterade databassystem mm. Material, kopiering, postning, införskaffandet av litteratur är en egen kostnadspost. Projektets sträcker sig tidsmässigt över perioden 1.7.1993-30.6.1996. En närmare fördelning av kostnaderna på de olika budgetåren har inte gjorts. Grundantagandet är att kostnaderna fördelar sig jämnt över de tre åren.

Delprojekt	lön	LKP	Program utrust..	material, kopier.	resor	Under-kons.	Förvaltningavg.	Summa
Koordinering	50	22	200	180	130	100	74	756
STEP-bevakning	160	71		50	100	50	45	476
Casematerial	100	44	60	50	10	100	48	412
Övergripande modell	140	62					28	230
Centrala datastrukturer	200	89					39	328
Programskedet (LTH)	-							-
Bygglådan (CHT)	-							-
Geometribeskr.	540	239	70	30	50		119	1048
Koppling mot energi.	540	239	70	30	50		119	1048
Koppling mot robotik	440	195	100	20	50		102	907
Versionhantering	180	80	40	10	30		42	382
Minimal modell	180	80	40	10	30	50	45	435
Förvaltningstillämp.	420	186	70	20	50	80	104	930
SUMMA	2950	1307	650	400	500	380	765	6952

Bilaga 2.

Kari Karstila: STEP/EXPRESS TOOLS

STEP product data technology

The purpose of the international ISO/STEP standardization work is to "specify a form for the unambiguous representation and exchange of computer-interpretable product information throughout the life of the product" (ISO/DIS 10303-1 1993). The resulting STEP-standard, officially *ISO 10303 Industrial automation systems - Product data representation and exchange*, enables transferring, accessing, storing and archiving product information in a standardized form. The Initial Release of the STEP-standard, with twelve parts, was registered as Draft International Standard (DIS) in February 1993.

STEP not only defines a data exchange file format for the exchange of CAD data, but the development of the standard is also as a by-product instrumental in the development of a new generation of product data technology. This new software technology is capable of supporting both the formal description of product information and application development, as well as the exchange and sharing of product data between various computer applications throughout the life-cycle of products.

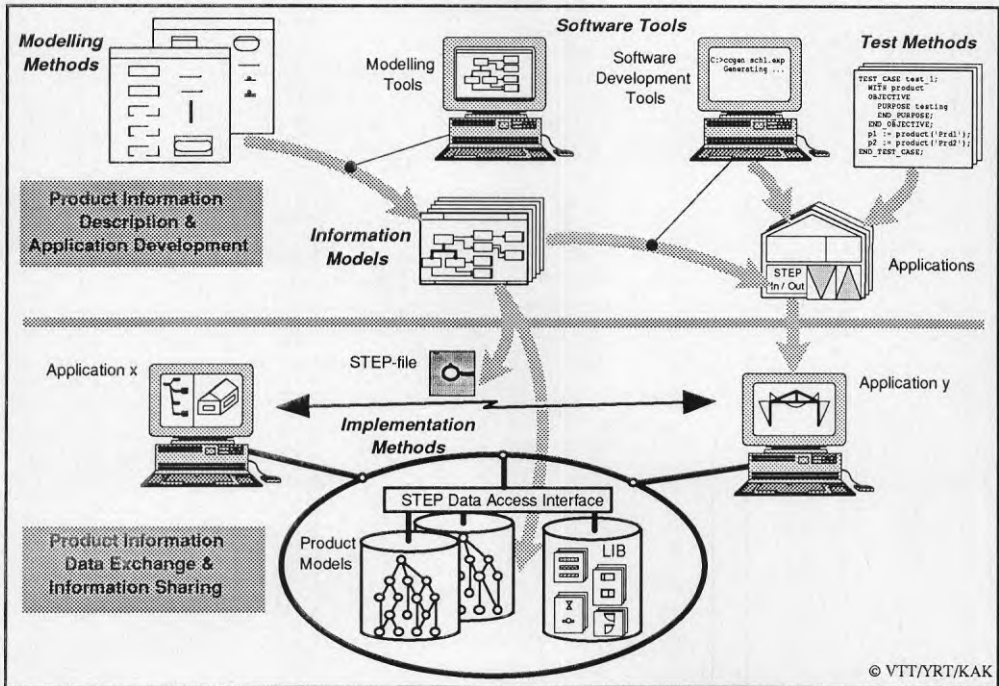


Fig. 1. STEP product data technology.

STEP product data technology is comprised of (fig. 1):

- Modelling methods for the formal, consistent and unambiguous description of product information. The use of the EXPRESS data specification language is central for information modelling in STEP.
- Information models to support information requirements of applications.
- Implementations methods to be used for exchanging and accessing product data as described by the information models.
- Testing methods for testing of the conformance of applications, e.g. CAD systems, with ISO 10303.
- Computer-aided tools for supporting information modelling and application development.

The STEP/EXPRESS tools are not part of the STEP-standard, but their existence is based on the fundamental principle of STEP according to which both the product data to be exchanged and the descriptions of the data structure of that information are in computer-interpretable form.

Classification of STEP/EXPRESS-based tools

The overall purpose of computer aided STEP/EXPRESS tools is to support either the development of STEP and especially the modelling of product information, or to support the development of computer applications capable of exchanging STEP product data.

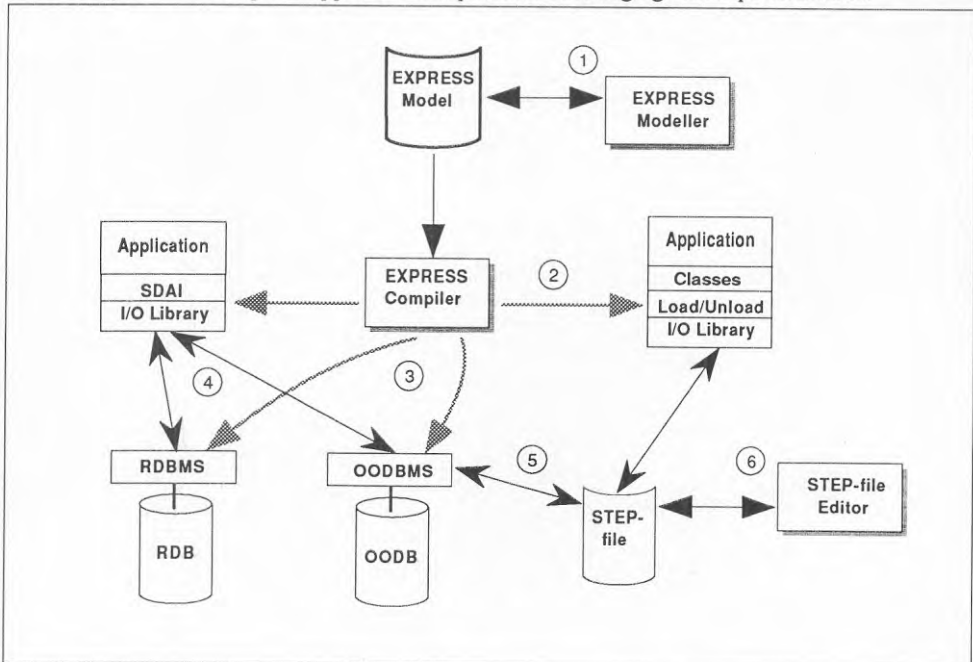


Fig. 2. STEP/EXPRESS tools and their usage.

STEP/EXPRESS tools can be classified into the following main categories (fig. 2):

- EXPRESS modelling tools which support information modelling using EXPRESS (fig 2, ref. 1).
- EXPRESS compilers which compile EXPRESS schemas into for instance C++ source code (2), or into definitions of database structures (3).
- STEP Data Access Interface (SDAI) implementations providing standardised interfaces for accessing STEP product model data in relational or object-oriented databases (4). The databases can also be able to load / unload STEP physical files (5).
- STEP-file editors which allow viewing, editing and checking of STEP physical files (6).

EXPRESS modelling tools

The EXPRESS language is both human readable and computer processable. The object-oriented nature of EXPRESS (inheritance, using an entity as the data type of an attribute of another entity, references between schemas etc.) makes it necessary to have computer aided tools for editing, browsing and managing the models. A typical EXPRESS tool is a language sensitive editor providing features tailored for editing EXPRESS models. Fig. 3 shows a user interface of a prototype EXPRESS editor providing a list of schema entities, allowing easy navigation to entities used as data types of attributes, some search facilities etc.

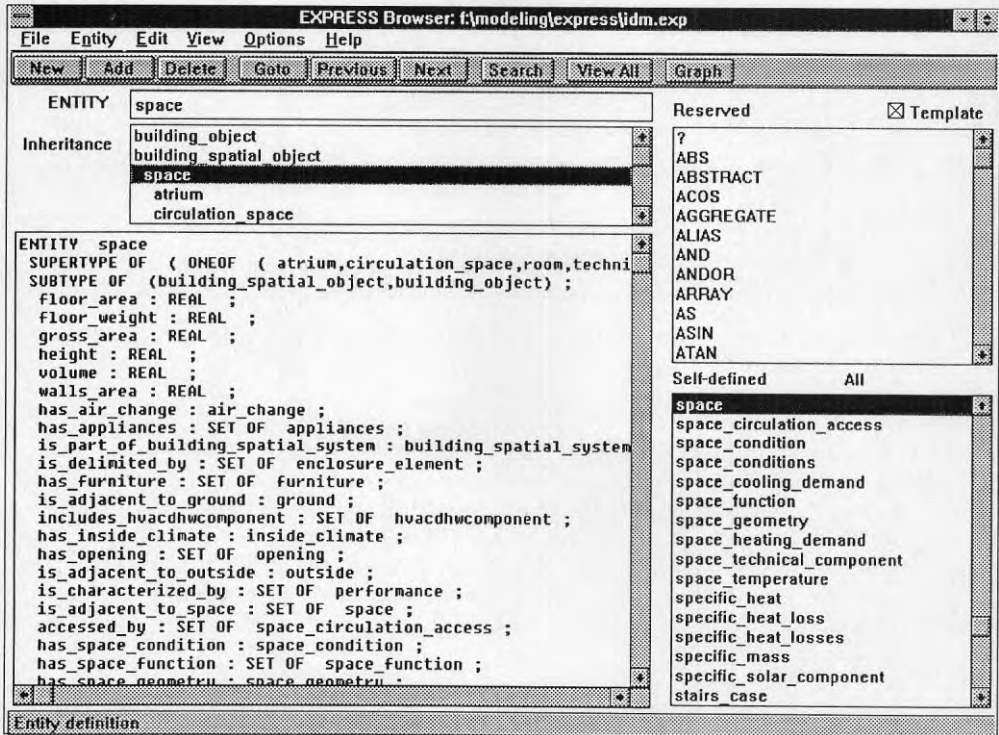


Fig. 3. A prototype EXPRESS browser (XBrew by VTT).

In more advanced EXPRESS modelling tools features such as EXPRESS syntax checking, generation of actual EXPRESS code from context sensitive menus and radio buttons (fig 4) are available. Such tools could also supports management of dependencies between multiple schemas and management of a modelling project by relating persons and their roles (developer/commentator) to the models and allowing comments to be attached to the entities.

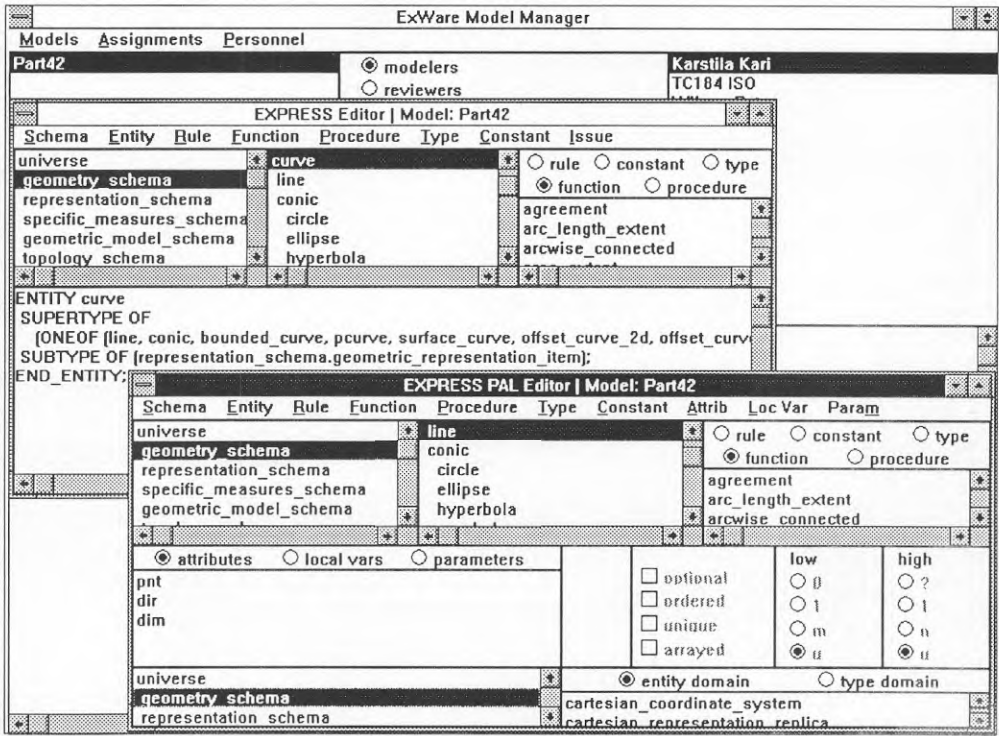


Fig. 4. Example of a user interface of an EXPRESS modelling tool (Exware by Canonical Systems Inc.)

Information modelling with EXPRESS is usually started using the graphical subset of EXPRESS, namely the EXPRESS-G notation. Later on the final EXPRESS code is generated from EXPRESS-G, and domain and other rules which cannot be represented in the graphical model are added to the actual EXPRESS code. Integrated EXPRESS-G/EXPRESS tools, like in fig 5, combine both EXPRESS-G modelling and generation of EXPRESS source from it. Although rules are not shown in the graphical models the tool has dialogues for defining these rules, which are attached to entities, and are then used in generation of the final EXPRESS model.

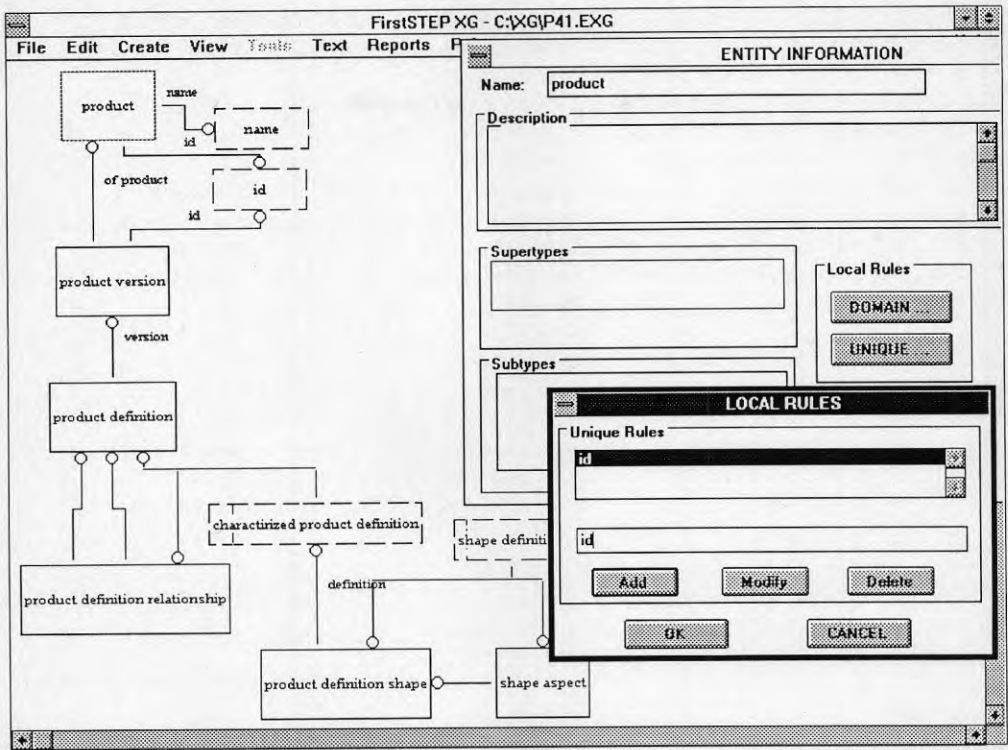


Fig. 5. Example of a user interface of an EXPRESS-G modelling tool (FirstSTEP XG by P.D.I.T Inc.)

EXPRESS tools are usually very recently developed and hence partly limited in their support for more complex modelling tasks. In the longer run EXPRESS tools should support the management of several, interrelated models with multiple schemas, provide resource models to be used in other models; have facilities for searching relevant constructs from dictionaries; have some kind of version and configuration management for modelling etc.

EXPRESS compilers

The basic principle of EXPRESS is that it is a computer processable data specification language. This facilitates compiling EXPRESS models into some other languages for the purpose of developing applications accessing STEP data structured according to EXPRESS models. A typical EXPRESS compiler would parse the EXPRESS source code, check for syntax errors and convert the source code into programming language sentences or data definition language descriptions of database structures. Also some

reports, e.g. cross referencing, can be provided by the compilers. Existing compilers are not able to compile EXPRESS constraints (rules) into code, which would do the constraint checking on data, but the development of such compilers has started.

The programming language into which models are usually compiled is C / C++. Database types are relational databases (SQL) or more commonly one of the emerging object-oriented databases. It seems that the combination of C++ and an object-oriented database will be the future standard programming environment for STEP based applications. The relatively new object-oriented databases with class hierarchies, capability of storing complex objects, built-in version management etc. can hopefully provide more efficient data management for complex design applications than current relational databases.

The use of an EXPRESS compiler in an application development is shown in *fig. 6* in the form of an IDEF0 activity model. The basic principle is that the EXPRESS compiler and a class library provide the programmer with the tools to automatically generate source code for data structures into which STEP data from a physical file can be loaded using functions from the class library. In other words, the generation of data exchange modules (STEP in / out) of an application is supported, so that the programmer can concentrate on application specific parts.

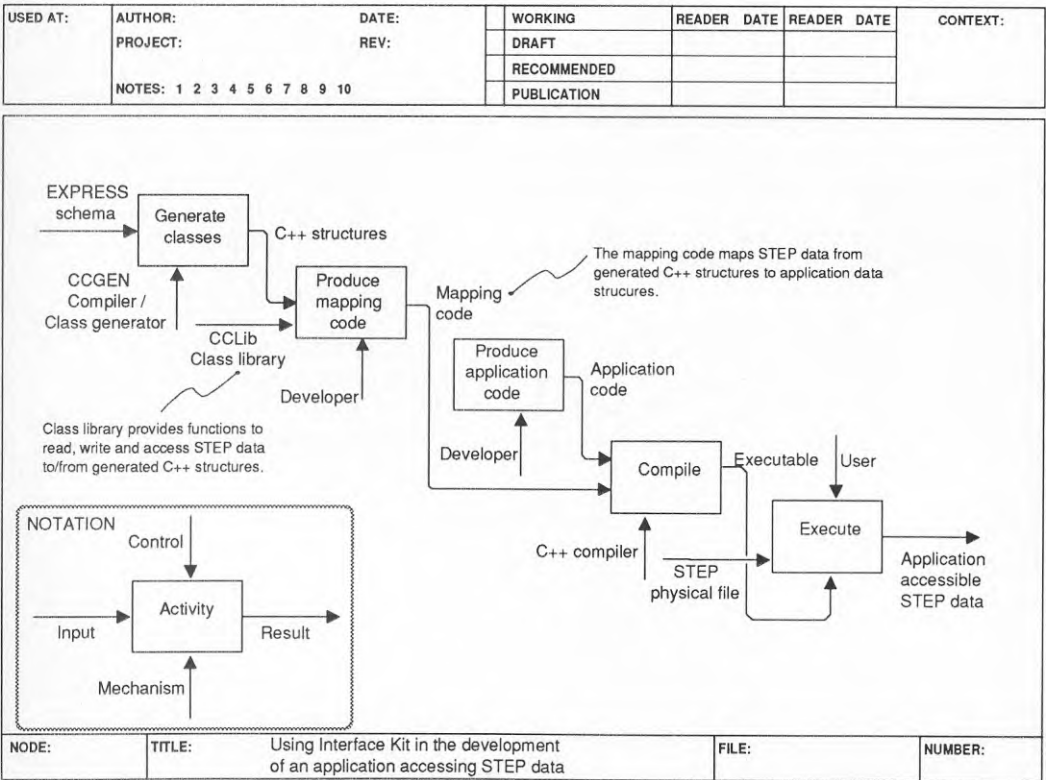


Fig. 6. The use of an EXPRESS/STEP Interface Kit in the development of an application accessing STEP data as an IDEF0 model (adapted from Plokker et al 1992).

STEP Data Access Interface implementations

The STEP Data Access Interface will define an application programming interface (API) for STEP data repositories. This means that applications are separated by a standardised access interface from the actual storing, retrieving, and management of product model data in a given database. In this way database vendors can concentrate on implementing SDAI on the top of their databases, and application developers can base their work on a standard API leading to more portable applications.

The SDAI is still under development in STEP. SDAI will be composed of the functional definition of the interface and its language bindings, i.e. definition of the function or subroutine calls of the interface in the C/C++ and FORTRAN languages.

Since the definition of SDAI is not yet stable, there are not many SDAI implementations available. For example Digital's OpenDATA EXPRESS Language Processor (Digital 1992) generates from an EXPRESS model a shared database implementation (Objectivity/DB) with a standardised application programming interface in C++. It is based on an early draft of SDAI. Based on the above Digital has also developed a STEP Integration Kit for AP203, which is an implementation of the STEP Application Protocol 203: *Configuration Controlled Design* in a shared database environment using a standard programming interface.

STEP-file editors

STEP-file editors are tools for viewing, editing and checking STEP physical files. A STEP-file editor's ability to parse STEP-files can be based on a hard coded EXPRESS-model describing the STEP-file in question, or the editor can use an EXPRESS-model as input data which enables it to handle a corresponding STEP-file. Besides navigation and editing of the STEP data, the editors can also be able to check references in the files. *Fig. 7* shows an example of a STEP-file editor's user interface.

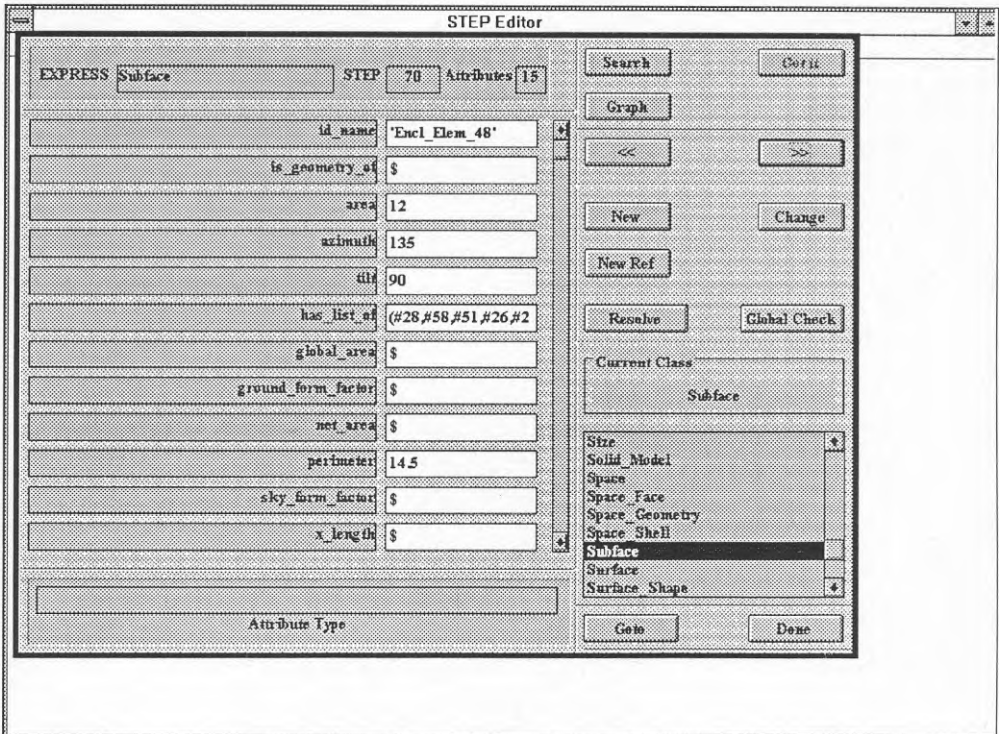


Fig. 7. The user interface of a STEP-file editor (STEPedit by TU Delft)

Other tools

Although EXPRESS is the official specification language of the normative parts of STEP, Application Reference Models (ARM) can be modelled using other modelling methods such as NIAM (Njissen and Halpin 1989) and IDEF1X (ICAM 1985). There are also modelling tools available for these methods. Fig. 8 shows an example of a user interface of a NIAM tool capable of generating EXPRESS and C++ source from the model. Such tools have been developed for instance by CSTB in France and TNO in the Netherlands.

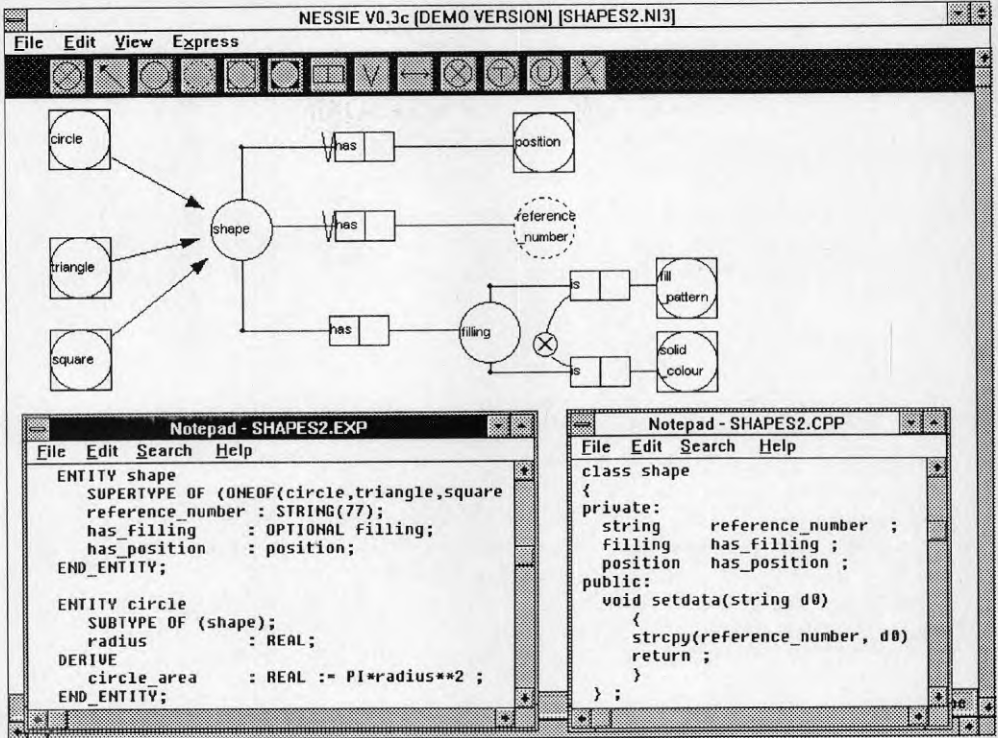


Fig. 8. An example of a NIAM to EXPRESS modelling tool (Nessie by Loughborough University).

Since the IDEF1X modelling method has been widely used in information analysis and database design also outside STEP development, there are commercial IDEF1X tools available. The tools can also be capable of automatically generating descriptions of relational database structures in the form of SQL statements from the model. On the other hand IDEF1X tools don't (to the author's knowledge) support any generation of EXPRESS code from the model.

Availability of the tools

STEP/EXPRESS tools are still all quite new as commercial products, but the development work is progressing all the time and new products emerge. All the tools mentioned above work in a PC/Windows environment, but there is an even wider variety of products for UNIX workstations (mostly versions of the same tools).

STEP/EXPRESS tools are also available as public domain tools which can be obtained for free of a nominal charge, e.g. from NIST (National Institute for Standards and Technology, US) via SOLIS (STEP Online Information System) and also from TNO, Holland.

More information

More information about EXPRESS/STEP tools and contacts can be found in a report (Wilson 1992) collecting information from tool developers. The report is regularly updated, and it can also be found from the SOLIS archive server via email.

References

- ICAM. 1985. Information modeling manual IDEF1 - Extended (IDEF1X).
- ISO/DIS 10303-1. 1993. Industrial automation systems - Product data representation and exchange - Part 1: Overview and fundamental principles. ISO TC184/SC4. 14 p.
- ISO/DIS 10303-11. 1993. Industrial automation systems - Product data representation and exchange - Part 11: EXPRESS Language Reference Manual. ISO g/SC4. 138 p.
- Njissen, G., Halpin, T. A. 1989. Conceptual schema and relational database design: A fact oriented approach. Prentice Hall, New York. 342 p.
- Plokker, W., Rombouts, W., Soethout, L., de Vries, P. 1992. EXPRESS/STEP Interface Kit for Combine. 42 p.
- Wilson, P (Ed.). 1992. Processing tools for EXPRESS. Rensselaer Polytechnic Institute. 73 p.

R27:1993

ISBN 91-540-5556-3

Bygghälsö, Stockholm

Art.nr: 6813027

Abonnemangsgrupp:

R. Bygghälsöns ekonomi
och organisation

Distribution:

Svensk Bygghälsö

171 88 Solna

Cirka pris: 87 kr inkl moms