



LUND UNIVERSITY

Teoretiska grunder för informationssystem för byggande och förvaltning

Ekholm, Anders

Published in:
Byggandets Informationsteknologi

2003

Document Version:
Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):
Ekholm, A. (2003). Teoretiska grunder för informationssystem för byggande och förvaltning. I Ö. Wikforss (Red.), *Byggandets Informationsteknologi: Så används och utvecklas IT i byggandet* (s. 203-250). Svensk Byggtjänst.

Total number of authors:
1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

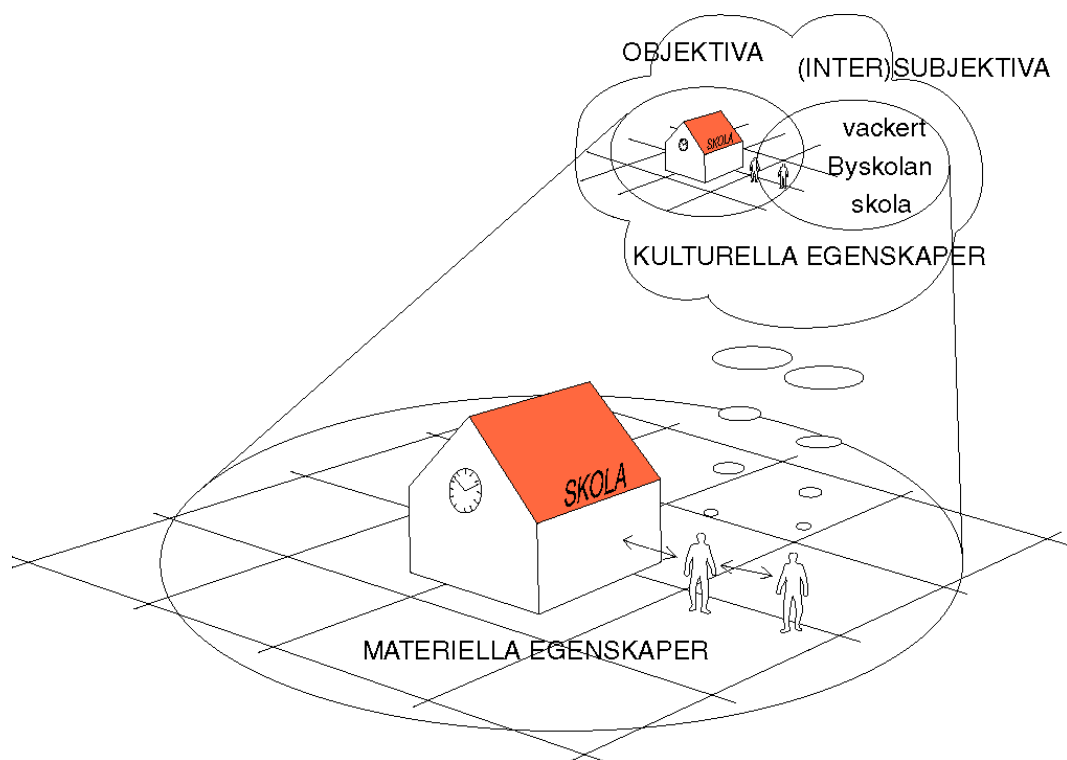
If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Teoretiska grunder för informations-system för byggande och förvaltning

Anders Ekholm



Referens:

Ekholm A. (2003). Teoretiska grunder för informationssystem för byggande och förvaltning. Kapitel 6 i Wikforss Ö. (red.) Byggandets Informationsteknologi. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.

© Svensk Byggtjänst och författarna

Teoretiska grunder för informationssystem för byggande och förvaltning

Inledning

Informationssystem för bygg- och fastighetssektorn

Bygg- och fastighetssektorn i Sverige, liksom även internationellt, består av en stor mängd småföretag samt ett fåtal stora. I bygg- och förvaltningsprocesserna sker arbetet i ständigt nya konstellationer, och i skeden där olika aktörer avlöser varandra. För att en sådan miljö skall kunna fungera krävs förutom samarbetsförmåga och förmåga till improvisation, även gemensamma rutiner och ett gemensamt språk. För bygg- och fastighetssektorn är informationstekniken ett hjälpmedel som, förutom att utveckla och förbättra olika arbetsrutiner, skall underlätta informationsutbyte och samverkan.

IT sägs ibland omfatta all sorts informationsteknik från telefon, fax och e-post, via kontorsadministrativa system, elektronisk handel och ritsystem, till modellbaserade beräknings- och simuleringssystem. Det finns dock en stor skillnad mellan sådan teknik som enbart överför information och sådan som i olika avseenden kan bearbeta informationen. Till byggandets informationssystem räknas här endast den teknik som utöver att förmedla informationen också stöder utveckling och bearbetning av den.

Utvecklingen av informationssystem för bygg- och fastighetssektorn sker i en miljö präglad av intensivt informationsutbyte, stark tidspress och stor kostnadsmedvetenhet. Den svenska bygg- och fastighetssektorn har emellertid fördelen av att ha en stark tradition av systematiserad informationshantering. Det finns ett gemensamt språk som täcker stora delar av behovet av beskrivning av domänen och det finns en samsyn avseende både arbetssätt och nödvändigheten av fortsatt utveckling av samarbetet i bygg- och förvaltningsprocesserna.

Detta kapitel visar hur bygg- och fastighetssektorns informationssystem kan tillämpa sektorns etablerade informationssystematik samt dess vetenskapliga grund. Den vetenskapliga grunden skapar en gemensam nämnare i utvecklingsarbetet. Den möjliggör samordning av standarder, undvikande av missförstånd samt inte minst att systematiken kan baseras på allmänna principer och inte bara tillgodose behov i den specifika tillämpningen.

Kapitlets första del, "Inledning", ger ett exempel på svårigheten att utveckla informationssystem för etablerade kunskapsområden, i detta fall CAD för byggnadsutformning. Den andra delen, "Informationssystem", behandlar kortfattat uppbyggnaden av informationssystem. I den tredje delen, "Semantik och ontologi för begreppsmodellering", beskrivs ett ramverk som kan ligga till grund för modellering av bygg- och förvaltningsdomänen. I den fjärde delen, "Bygg- och förvaltningsklassifikation", beskrivs huvuddragen i den sektorsgemensamma systematiken. Kapitlets femte och avslutande del "Process- och produktmodellering", behandlar kortfattat modelleringspråk med tillämpningsexempel.

Vision och verklighet i utvecklingen - exemplet CAD

Utvecklingen leds av visioner om både behov och teknik. Frågan om vad som kommer först, teknik eller behov, måste besvaras som frågan om hönan eller ägget: Båda har utvecklats i en gemensam process under lång tid. Ibland får visionerna karaktären av hägringar; när tekniken börjar närma sig visionen växer insikten om problemens komplexitet och visionen förflyttas som en hägring, framåt i tiden. Trots visionernas lockelse måste utveckling av informationssystem göras med befintlig teknik och i nära samverkan med systemens användare.

Utvecklingen av CAD för arkitektens designarbete kan tas som exempel på svårigheterna med utveckling av informationssystem för ett arbetsfält fyllt av etablerad kunskap och rutin. Exemplet tar utgångspunkt i en artikel av Bryan Lawson, arkitekt och designteoretiker, där han beskriver utvecklingen som en strävan ledd av ett antal gäckande hägringar (Lawson 1998).

Den första hägringen avser datorn som *designredskap*. Designarbete kännetecknas bl a av undersökning av olika teman och dessas möjliga variationer, något som kan verka lockande för matematisk formalisering och datorisering. Att t ex automatisera arbetet med planlösningar eller fasader ansågs tidigt ligga inom möjligheternas gränser. Denna utvecklingslinje finns till viss del kvar inom forskningen men är idag mindre intressant eftersom komplexiteten och mängden av möjliga aspekter ännu är för omfattande för att skapa formaliserade designredskap som upplevs som naturliga hjälpmedel. Ett dilemma är att designprocessen inte startar med ett färdigt problem, utan problemformulering och lösning utvecklas tillsammans.

Istället för datorn som designer kom utvecklingen att ta en mera enkel och näraliggande väg mot datorn som *ritredskap*. I senare skeden av projekteringen är datorn överlägsen pennan både avseende tidsbesparing och kvalitet. Ett problem i ritningsbaserad projektering, både manuell och datorbaserad, är de fel som kan uppstå i redovisningen. Samma objekt skall redovisas på många olika ställen och i olika skalor vilket lätt ger upphov till felaktigheter. Redovisningsstandarder med regler för hur olika delar skall redovisas och för rangordning av dokument har utvecklats för att undvika detta.

Datorn som *modelleringsredskap* utgår från idén att i datorn lagras en modell av t ex byggnaden. Enligt denna idé ritas inte byggnaden utan den byggs upp av objekt som representerar byggnadens delar. Ritningar i form av planer, fasader och sektioner genereras ur modellen. Oförenlighet mellan objekt i olika ritningar skall inte kunna uppkomma eftersom de genereras ur samma modell. Den bärande visionen formulerades som idén om *byggproduktmodellen*, som skall innehålla all information av intresse under hela byggnadens livscykel (Björk 1995). Modellbaserad projektering enligt den ursprungliga visionen är dock en mycket avlägsen hägring. Till problemen hör dels avsaknaden av internationell standardisering både avseende byggnadens delar och den ritningsbaserade presentationstekniken och dels kostnaderna att hålla en gemensam modell uppdaterad, om den överhuvudtaget behövs (Amor och Faraj 2001).

Den modellbaserade representationen är en förutsättning för datorn som *utvärderingsredskap*. Med olika analys- och simuleringsprogram kan man studera aspek-

ter av byggnaden, t ex energiförbrukning, ventilationsbehov, dagsljusbelysning, belastning m m. En fullt utvecklad modell av byggnaden behövs inte för att förse programmen med erforderliga data eftersom t ex ett program för analys av energiförbrukning behöver andra data än ett program för dagsljusberäkning i rummen. Det kan t o m vara snabbare och enklare att mata in dessa data manuellt till varje program. Man kan heller inte ensidigt optimera egenskaperna hos byggnaden för vart och ett av de olika delproblemen. Arkitekten arbetar med en stor mängd olika aspekter samtidigt och en teknisk lösning har oftast många olika funktioner. Analysredskapen måste vara starkt integrerade med CAD-programmet för att stödja designern i denna fas av arbetet.

Problemen har också att göra med att de objekt som man inledningsvis utformar utgår från olika vyer och således avser olika egenskaper hos byggnaden. Samma fysiska del av byggnaden kan ses både som resultat av material och arbete, t ex ett murverk av tegel, och som något som fyller en funktion i byggnaden, t ex rumsavgränsande. På liknande sätt urskiljs byggdelar och utrymmen genom olika vyer på byggnaden. Datorstödet bör således möjliggöra flera olika representationer av byggnaden samtidigt som dessa inte behöver vara sinsemellan förenliga. Frågan om vilka dessa objekt är och hur representationerna skall anpassas till varandra är ännu inte fullständigt klarlagt.

Problemet beträffande modellbaserat datorstöd i de tidiga skedena av designprocessen är både att en stor integrerad produktmodell inte motsvarar behovet av olika och sinsemellan oförenliga vyer, och att små oavhängiga analysprogram gör arbetet långsamt och kan leda till suboptimeringar. Problemet i de senare skedena av designprocessen är att en stor integrerad produktmodell skulle kunna ge stora fördelar men nödvändig internationell standardisering saknas avseende både klassifikation av byggnadens delar och redovisningsteknik. En annan svårighet är att man inte bestämt vet hur omfattande en sådan modell behöver vara för att svara mot informationsbehovet i t ex förvaltningen.

Forskningen arbetar emellertid med dessa frågor (Eastman 1998). Å ena sidan måste analysprogrammen utvecklas och bli så enkla att använda att de fungerar t ex som ett rättstavningsprogram i en ordbehandlare. Å andra sidan pågår ett omfattande internationellt standardiseringsarbete för att möjliggöra s k interoperabilitet mellan datorsystem. Det senare avser både arbeten inom det etablerade området byggklassifikation och inom nya områden som process- och produktmodellering för bygg- och fastighetssektorn. Slutligen måste tanken om ”den stora integrerade produktmodellen” ifrågasättas genom studier av vilken information som egentligen behöver finnas i modellen t ex vid överföring av information mellan projektering och produktion respektive mellan produktion och förvaltning.

Ytterligare en aspekt är att informationssystem sällan utvecklas med enbart bygg- och fastighetssektorn som målgrupp. Ännu mindre tas hänsyn till sektorns varierande arbetssätt i olika länder. Programvara måste som regel anpassas till sektorns specifika krav och behov inklusive olika nationella variationer. Det är dyrt att utveckla CAD-system för byggbranschen eftersom de på grund av bristande standardisering måste specialanpassas till många små nationella marknader. Programmen kan heller inte göras lika avancerade som för bil- och skeppsbyggnadsindustrin där projekteringskostnaderna i förhållande till det samlade värdet av slutprodukten är avsevärt mycket lägre än i byggandet .

Detta avsnitt har haft som syfte att ge en bild av komplexiteten i förutsättningarna att utveckla informationssystem för bygg- och fastighetssektorn. Exemplet har endast avsett ett av många områden men man kan förvänta sig att liknande svårigheter uppkommer inom de övriga. Följande avsnitt om informationssystem har som mål att ge en grundläggande insikt i hur dessa är uppbyggda och vad som krävs för att utveckla system t ex för tillämpning i bygg- och fastighetssektorn.

Informationssystem

Tillämpning och nytta

Datorbaserade informationssystem utarbetas med syfte att stödja hantering av information i en verksamhet. Ett informationssystem skall möjliggöra insamling, lagring, bearbetning och presentation av informationen. Man brukar skilja mellan tre huvudtyper av datorbaserade informationssystem (Boman m fl 1997):

- databehandlingssystem,
- verksamhetsinformationssystem och
- beslutsstödssystem.

Databehandlingssystem bearbetar och lagrar stora mängder information från rutinbaserade processer som lönehantering, fakturering och resebokning. *Verksamhetsinformationssystem* är en utvidgad form av databehandlingssystem med syfte att framställa kompletterande information t ex statistik och analyser avseende verksamhetens utveckling. *Beslutsstödssystem* har avancerade funktioner för beslutsstöd, de kan t ex söka och sammanställa information i databaser om kundpreferenser m m.

Beroende på utvecklingsnivå kan de CAD-system som används vid byggnadsprojektering utgöra exempel på alla tre huvudtyperna. Enklare rit- och modellerings-system som huvudsakligen lagrar och presenterar information, t ex avseende geometrin hos byggnaders delar är av typen *databehandlingssystem*. Om systemen kan sammanställa information om byggnaden, t ex areor, volymer och mängder enligt olika beräkningsprinciper, är de av typen *verksamhetsinformationssystem* som när det gäller modellbaserad CAD skulle kunna benämnas *produktinformationssystem*. Om systemet även kan utföra statistiska beräkningar, energiberäkningar, simulera olika processer i byggnaden, eller hämta information om resurser lämpliga för byggnaden från Internet, då är CAD-systemet ett *beslutsstödssystem*.

Uppbyggnad

Ett informationssystem hanterar information om objekt av intresse för en verksamhet. Objekten utgör informationssystemets *domän* även kallad *intresseområde*, *objektsystem* eller *Universe of Discourse*, *UoD*. Ett informationssystem består av tre huvuddelar (ISO 1985):

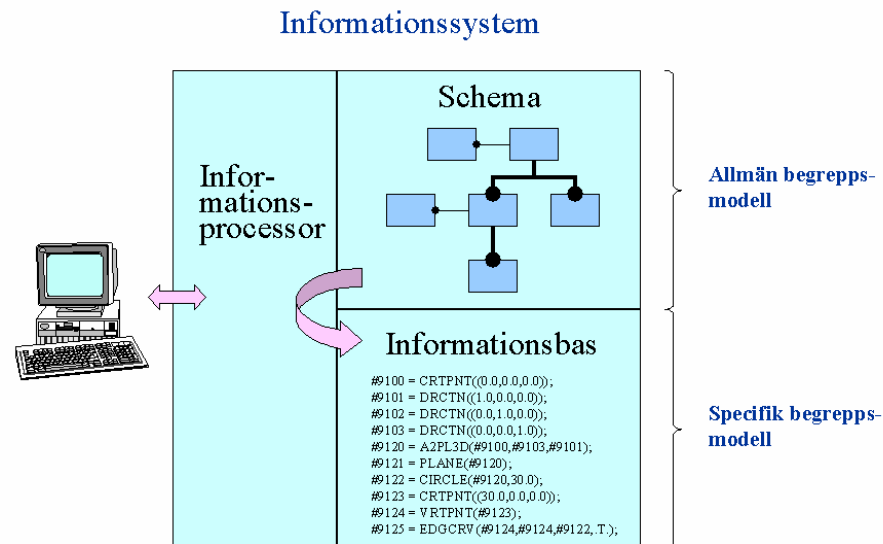
- begreppsschema,
- informationsbas och
- informationsprocessor.

Se Figur 1. *Begreppsschemat* består av begrepp som på ett allmänt sätt beskriver domänens objekt och deras egenskaper; det utgör en *allmän begreppsmodell* av domänen. Begreppsschemats symboler är av tre huvudtyper:

- entiteter,
- attributsymboler och
- relationsymboler.

Entiteter betecknar objekt i domänen, *attributsymboler* betecknar attribut med angiven värdeområde, och *relationer* betecknar relationer mellan entiteter och attributsymboler. Se också avsnittet om Process- och produktmodellering.

Begreppsschemat läses som utsagor om domänens objekt, t ex hur objekt är relaterade till varandra genom relationerna "typ-av" och "del-av", samt vilka egenskaper de har. Schemat kan även innehålla regler för möjliga händelser i domänen genom att ange hur objektens tillstånd får variera. Omfattningen av begreppsschemat styrs av användarnas behov av information.



Figur 1 Principiell uppbyggnad av ett informationssystem

Ett modellerande CAD-system kan beskriva delarna av ett hus med bl a väggar, bjälklag, tak, fönster och dörrar. CAD-systemet har regler för hur egenskaper som geometri och material specificeras och vilka värden de kan anta, samt hur byggnadens delar kan kombineras. Som exempel kan nämnas att ytterväggar måste avskäras på ett bestämt sätt mot ett yttertak, och att fönster och dörrar i vissa system inte får vara fritt placerade utan måste ingå i väggar.

En beskrivning av ett specifikt objekt utarbetas som en *specifik begreppsmodell* i *informationsbasen*. Ett specifikt objekt, en *instans*, skapas ur begreppsschemats klasser genom att värdet hos något av klassens attribut anges i informationsbasen. Om begreppsschemat innehåller klassen "yttervägg Y" med bl a attributet "G" (längd, tjocklek, höjd) kan en instans skapas genom att i informationsbasen ange värden på dessa egenskaper, t ex (längd=x, tjocklek= y, höjd=z) varvid "yttervägg Y1" representeras i informationsbasen. Om "yttervägg Y1" har de egenskaper

som kännetecknar klassen yttervägg i begreppsschemat så är den medlem av klassen.

Informationsbasen kan t ex vara en datafil eller en relationsdatabas. Databasen kan rent fysiskt vara placerad i en dator eller utlagd på flera sammankopplade datorer. Databasen kan också vara unik för en applikation eller delas av flera applikationer. I system för produktinformation benämns den specifika begreppsmodellen *produktmodell* och representerar en möjlig eller tillverkad produkt. I bygg-sammanhang benämns modellen *byggproduktmodell*.

Användarna måste kunna hantera information i informationsbasen. Detta görs via ett programverktyg benämnt *informationsprocessor* som även möjliggör uppbyggnad och ändring av begreppsschemat och databasen. Om informationsbasen är en databas benämns informationsprocessorn *databashanterare*. SQL, Structured Query Language, är det språk som används för informationsutbyte med relationsdatabaser. En produktmodell kräver en databashanterare som kan medge utbyte av hela eller delar av modellen, hantering av versioner och kontroll av behörighet att ändra i modellen. En *modellserver* är en fysisk dator som försetts med ett informationssystem som kan hantera produktmodellbaserad information.

Utveckling av informationssystem

Utveckling av informationssystem sker genom en designprocess och kännetecknas av en successivt ökande förståelse av både de problem som skall hanteras i informationssystemet och hur informationssystemet skall vara uppbyggt. Arbetets olika moment innefattar problembeskrivning, utarbetande av begreppsscheman, systemutformning, prototyper och tester, i en successivt ökande detaljeringsgrad fram till en praktiskt fungerande applikation. Arbetet sker ofta i nära samarbete mellan systemutvecklare och användare.

Vid utveckling av informationssystem koncentreras arbetet i ett första skede på informationsinnehåll och andra användarrelevanta egenskaper hos systemet. I därpå följande skede behandlas teknikfrågor och systembyggande. För att klarlägga användarnas informationsbehov görs inledningsvis en verksamhetsbeskrivning i form av en *processmodell* som beskriver verksamhetens aktiviteter och informationsflödet mellan aktiviteterna. Genom processmodellen kan man fastlägga vilken information som är av intresse i verksamheten och som skall hanteras av informationssystemet och ligga till grund för utarbetandet av begreppsschemat. Samtidigt bestäms också övriga krav på informationssystemet, hur det skall användas och hur det skall konstrueras.

Med *begreppsmodellering* eller *konceptuell modellering* avses utarbetandet av begreppsschemat som beskriver domänen inklusive händelser, regler och restriktioner. Beskrivningen av domänen bör utgå från både praktisk och vetenskaplig kunskap om domänen. Ofta är kunskapen inte formaliserad på det sätt som krävs för att hanteras i ett informationssystem utan utvecklarna av informationssystemet måste även systematisera kunskapen om domänen, t ex genom en klassifikation av domänens objekt. För att vara stabil och långlivad bör systematiken utgå från allmänna teorier om verkligheten som successivt specialiseras till att gälla de domänspecifika objekten.

I modelleringsarbetet för utveckling av begreppsschemat kan tre huvudtyper av modeller urskiljas (Rumbaugh m fl 1991):

- objektmodeller,
- dynamiska modeller och
- funktionsmodeller.

Objektmodellen beskriver domänens klasser, attribut och relationer. Objektklasserna ordnas hierarkiskt, dels avseende den taxonomiska relationen ”typ-av”, och dels avseende den partitativa relationen ”del-av”. I schemat specificeras även operationer som objekten utför. Operationerna motsvarar händelser i den dynamiska modellen och funktioner i den funktionella modellen.

Den *dynamiska modellen* redovisar domänens tidsberoende beteende, dvs händelser och processer. Den dynamiska modellen behövs för interaktiva system, t ex för hantering av bankärenden. I dynamisk modellering utarbetas scenarier, t ex i form av processscheman, över typiska händelser som systemet skall möjliggöra.

Den *funktionella modellen* beskriver det funktionella beroendet mellan olika tillstånd hos systemet och visar hur olika värden beräknas, t ex beräkningar av geometrisk information.

Utvecklingen av begreppsschemat sker genom *objektbaserad modellering* vilket innebär att domänen beskrivs som bestående av olika objekt, med egenskaper och relationer. Vid utvecklingen av begreppsschemat är objektet i fokus och egenskaper är något som kan tillskrivas objektet. I begreppsschemat beskrivs objektens allmänna egenskaper.

När begreppsschemat skall implementeras i en relationsdatabas måste man emellertid övergå till värdebaserad modellering. I *värdebaserad modellering* skapas ett specifikt objekt, en sk instans, genom att värden för objektets egenskaper anges i informationsbasen. Det specifika objektet identifieras på ett unikt sätt genom ett av dessa attributvärden; en individ skulle kunna skapas ur attributet ”namn” t ex ”John Smith”. I objektbaserade informationsbaser används istället ett unikt ID som identifierare vilket innebär att bestämning av egenskaper kan göras oberoende av instansieringen. För ett djupare resonemang kring denna fråga hänvisas till (Boman m fl 1997).

Informationssystem skall stödja användarens hantering av information om objekten i domänen. De möjliga utsagorna begränsas till sådana som följer av det implementerade begreppsschemat. Detta medför problem när man vill ha stöd för *produktdesign* som dels innebär *beskrivning av nya objekt* som ännu inte beskrivits i begreppsschemat och dels *omklassificering av instantierade objekt* vars egenskaper ändrats. Forskning om hur sk dynamiska informationssystem för design skall vara utformade pågår. Se t ex (Eir och Ekholm 2002, Fridqvist 2000, Leeuwen 1999 och Eastman och Siabiris 1995).

Språk för begreppsschemat

Begreppsschemats klasser, attribut och relationer skall läsas som utsagor om domänen. Beskrivningen skall vara entydig och utan upprepningar för att den skall

vara tillämpbar för programmering och implementering i databaser. Satslogik och predikatlogik kan tillämpas för att beskriva objekt och deras relationer på ett sätt som är direkt tillämpbart vid utarbetande av begreppsscheman, programmering och uppbyggnad av databaser. Exempel på logikbaserade sk formella språk med vars hjälp utsagorna kan göras är Unified Modeling Language, UML, (Booch m fl 1998) och EXPRESS (Schenck och Wilson 1994). I samband med produktmodellering används oftast EXPRESS som är standard vid utvecklingen av ISO:s STEP-standarder.

Begreppsschemat utarbetas i textformat vilket möjliggör en komplett beskrivning inklusive regler och restriktioner. I samband med utvecklingen av informationssystemet utarbetas också en grafisk notation i form av blockdiagram för att öka förståelsen för schemats uppbyggnad, t ex i kommunikation med systemets användare. UML har en sådan grafisk notation liksom EXPRESS-G.

Semantik och ontologi för begreppsmodellering

Utgångspunkter

Detta avsnitt baseras i huvudsak på Mario Bunges arbeten, främst hans "Treatise on Basic Philosophy" (Bunge 1974a, 1974b, 1977, 1979, 1983a och 1983b). Övriga referenser återfinns löpande i texten. Bunges arbeten har valts som ramverk eftersom de på ett föredömligt sätt förenar en konsistent helhetssyn med kritisk granskning av skilda positioner inom vetenskapsteorin.

Det begreppsliga ramverk som presenteras här har tidigare tillämpats vid utveckling av ett teoretiskt fundament för svensk och internationell byggklassifikation (Svensk Byggtjänst 1998). Klassifikation innefattar att systematisera kunskap om en domän. Byggklassifikationens teoretiska fundament kan även tillämpas för vid utveckling av informationssystem för bygg- och förvaltningsdomänen.

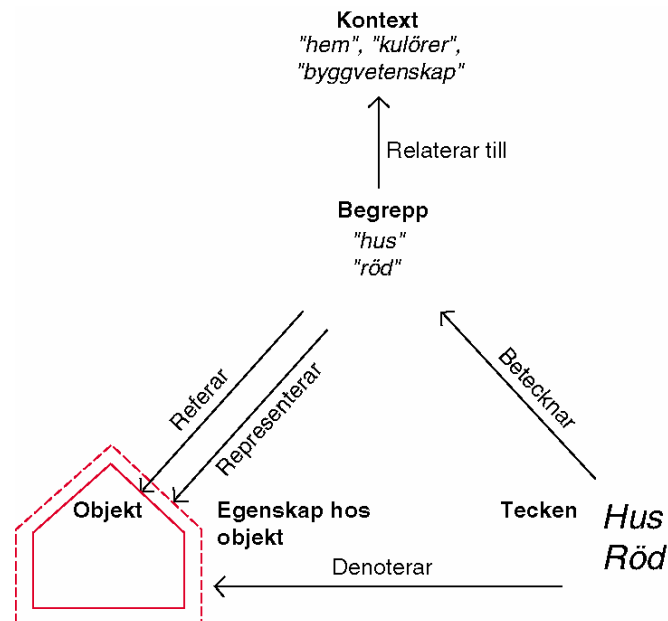
Begrepp

Behovet att kunna kommunicera på ett entydigt och exakt sätt ställer vissa krav på språket, t ex vid upprättande av en teknisk beskrivning eller en mängdförteckning. Inte minst gäller det vid uppbyggnad av begreppsschemat i ett informationssystem för dessa uppgifter. För att kunna förstås på ett enhetligt sätt måste en språklig utsaga bestå av begrepp med en bestämd referent, en entydig definition och en lämplig överenskommen beteckning. Frågan om symbolers betydelse och begreppens mening behandlas inom semantiken. Här följer en kortfattad genomgång av några av semantikens grundbegrepp.

Begrepp är mentala konstruktioner, med vars hjälp objekt av olika slag, både abstrakta och konkreta, kan bli föremål för tänkandet. Begreppen kan liknas vid tänkandets byggstenar. Ett begrepp sägs *referera* till ett objekt, detta är begreppets *referent*. Exempelvis refererar begreppet "hus" till konkreta hus och begreppet "idé" till en abstrakt föreställning. Se Figur 2.

Ett begrepp kan även *representera* en egenskap hos ett objekt. Ett exempel är "u-värde" som refererar till en klimatskiljande konstruktion och som representerar dess värmeisolerande egenskap. Begrepp som refererar till objekt som helhet kal-

las *klassbegrepp* eller bara *klasser*, medan begrepp som också representerar en aspekt eller enstaka egenskap hos objektet kallas *attribut*.



Figur 2. Relationer mellan tecken, objekt, begrepp och kontext

När man använder begreppet "hus" kan andra begrepp framkomma som associationer eller på annat sätt vara relaterade, t ex "hem", "arkitektur" eller "glädje". Sådana andra begrepp som begreppet *relaterar till* benämns kontext. *Kontext* är det vidare begreppsmässiga sammanhang av t ex vetenskapliga teorier, idétradition eller personliga associationer som är nödvändigt för att begreppets mening skall kunna förstås. *Meningen* hos ett begrepp definieras också som kombinationen av referent och kontext.

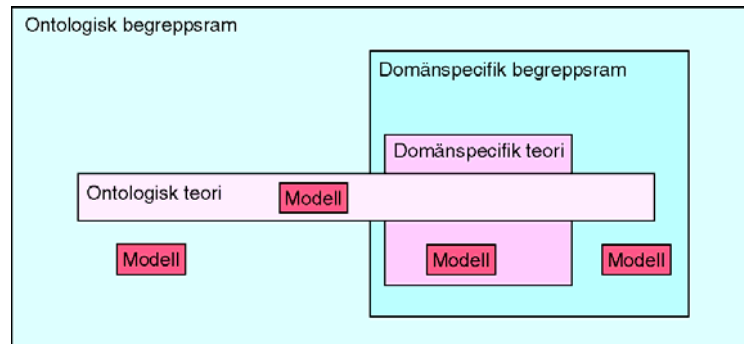
En *definition* är en beskrivning av meningen hos begrepp utifrån ett specifikt syfte. I definitionen anges den övergripande kategori som objektet tillhör samt dess karakteristiska särskiljande egenskaper. Om definitionen av begreppet "hus" konstrueras på detta sätt kan den lyda: "Ett hus är ett byggnadsverk med klimatskyddade utrymmen". I definitionen anger "byggnadsverk" närmsta överordnade "grövre" klass, medan "klimatskyddade" och "utrymmen" är egenskaper som skiljer hus från andra byggnadsverk, som broar eller kajer. Syftet med definitionen är att skilja mellan olika byggnadsverk både avseende funktion och konstruktion.

Begreppsram, teori och modell

Ting och händelser beskrivs mer utförligt med hjälp av begreppssystem. En *utsaga* är det minsta meningsfulla begreppssystemet medan en begreppsram och en teori omfattar en större mängd relaterade begrepp. I en *begreppsram* definieras på ett övergripande, allmänt sätt nyckelbegrepp refererande till objekt inom ett kunskapsområde (domän). En *teori* är en begreppsram där begreppen är logiskt relaterade till varandra.

Begreppsramar och teorier kan utarbetas på flera olika detaljeringsnivåer. Den mest allmänna nivån är den *ontologiska* som avser begrepp som "objekt", "egen-

skap”, ”ting”, ”system”, ”struktur”, ”rum” och ”tid”, vilka är gemensamma för varje beskrivning av den materiella världen. Den *domänspecifika* nivån avser begrepp som används för att beskriva ting och företeelser karakteristiska för ett specifikt kunskapsområde. En domänspecifik begreppsram utnyttjar en mängd grundbegrepp hämtade ur den ontologiska begreppsramen, t ex rum, tid och system. Se Figur 3.



Figur 3. Omfattningen av olika representationer

En *modell* representerar egenskaper hos ett ting och baseras på antingen en begreppsram eller en teori. En enstaka modell ger ingen komplett representation av ett ting utan representerar ett urval egenskaper bestämda av syftet med modellen. En sådan särskilt utvald mängd egenskaper, ofta lagmässigt relaterade, benämns *aspekt*. Aspekter på den byggda miljön kan avse byggvarors miljöegenskaper, byggnadsverks stomsystem osv.

En *konkret* modell är ett ting som i något avseende liknar det modellerade tinget, medan en *abstrakt* modell är en begreppsmässig representation av tinget. En konkret modell är inte ett direkt avtryck av verkligheten utan föregås av uppbyggandet av en abstrakt modell. En modell av ett ting byggs således inte direkt ”som tinget är” utan ”som vi ser tinget”, t ex i vardagligt bruk, genom en vetenskaplig teori eller ett konstnärligt temperament.

I samband med datorbaserad informationshantering benämns en begreppsmodell också *informationsmodell*. När vi talar om datorbaserade modeller avses normalt informationsmodeller och inte den konkreta modell som lagrats i datorns hårdvara. En *produktmodell* är en datorbaserad informationsmodell och definieras av ISO som ”en informationsmodell vilken ger en abstrakt definition av fakta, begrepp och instruktioner om en produkt” (ISO 1994).

Tecken, språk och kommunikation

Överföring av begrepp mellan människor möjliggörs genom tecken eller symboler som vi kan uppfatta med våra sinnen, t ex ljussignaler, ljudvågor och känselimpulser. Ett *tecken* är ett ting som utformats på ett särskilt överenskommet sätt så att både avsändaren och mottagaren tolkar det som samma begrepp. Tecknet *symboliserar*, eller *betecknar*, ett begrepp, t ex tecknet ’hus’ symboliserar begreppet ’hus’. Tecken sägs också *stå för*, eller *denotera*, ett annat objekt, t ex tecknen ’hus’ och ’röd’ kan ”stå för” ett konkret hus respektive dess kulör.

Relationerna mellan tecken, begrepp och objekt kan redovisas som i Figur 2. Figuren följer principerna i Ogden och Richards teckenmodell (Ogden and Richards 1972), men tilläggen om representation och kontext har hämtats från Bunges semantiska teori.

Begrepp som överförs i en kommunikationsprocess benämns *information*. Med information avses i detta sammanhang endast begrepp och således inte känslor eller upplevelser som av dofter eller musik. Sändaren av information måste utforma de tecken som mottagaren skall tolka enligt överenskomna *designationsregler* eller *kod* för att rätt begrepp skall uppfattas.

Termerna information och data används ofta om samma företeelse. *Data* är oftast uppgifter om egenskaper hos objekt. I dessa fall är data attribut medan information är ett vidare begrepp som kan omfatta både klasser och attribut.

Kunskap är ett vidare begrepp än information och kan definieras som inlärd samverkande motoriska, perceptuella och begreppsmässiga färdigheter (Bunge 1983a). Att ha en färdighet innebär att handla så att ett givet syfte uppnås, t ex genom samverkan mellan kroppslig motorik, mottagande av sinnesintryck och eget tänkande.

Språk är system av socialt överenskomna tecken som möjliggör kommunikation. Ett språkligt tecken benämns *term*. Tecknens betydelse är beroende av det praktiska sammanhang och den begreppsmässiga kontext i vilket de kommer till användning, t ex tolkas termen 'fot' som en kroppsdel vid ett läkarebesök, som ett kommando av hunden och som ett längdmått i samband med tolkningen av äldre kartor och ritningar.

Språk kan vara både naturliga och artificiella. Naturliga språk har utvecklats i olika kulturer av människan i hennes vardagsliv. Artificiella språk har utvecklats för ett speciellt syfte. Det finns artificiella språk med syfte att tjäna som vardagsspråk och som försöker efterlikna de naturliga, t ex Esperanto. Vanligare är att artificiella språk utvecklas för att ge ökad precision i kommunikationen och för att begränsa de möjliga utsagorna till de endast logiskt korrekta, som vid utarbetande av begreppsschemat i ett informationssystem.

Logiken studerar hur man utifrån givna förutsättningar bildar välgrundade påståenden. *Satslogiken* studerar hur man från enkla begrepp kan bilda logiskt korrekta utsagor, t ex "*Huset är rött*" och "*Bilen står i garaget*". *Predikatlogiken* gör det även möjligt att uttrycka regler och villkor, t ex "*Alla hus är röda*" och "*Om ett hus är svart är inte alla hus röda*". Satslogik och predikatlogik tillämpas för att beskriva objekt och deras relationer på ett sätt som är direkt tillämpbart vid utarbetande av begreppsscheman, programmering och uppbyggnad av databaser.

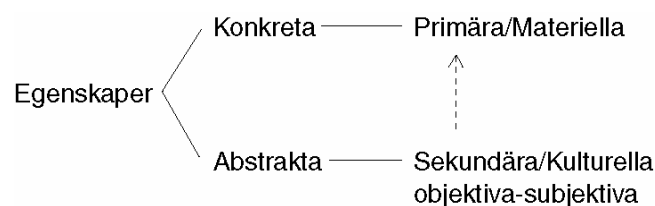
Objekt och egenskap

Frågor om verklighetens natur, om vad som finns och hur det är uppbyggt, behandlas inom den gren av filosofin som kallas *ontologi*. I avsnitten som följer behandlas några av ontologins grundbegrepp.

Genom varseblivningen blir individen medveten om objekt i omgivningen. *Objekt* definieras allmänt som konkreta eller abstrakta föremål för tankar, känslor eller handlingar. Abstrakta objekt som känslor eller tankar har ingen konkret existens, de är *mentala konstruktioner* med abstrakta egenskaper, medan konkreta objekt, *ting*, har konkreta egenskaper.

Likheter och skillnader mellan objekt beror på deras egenskaper. En egenskap har ingen självständig existens skild från det objekt som har den; objektet är sina egenskaper, utan egenskaper finns det inte. Åtskillnaden mellan objekt och egenskap är renodlat begreppsmässig och motsvaras inte av materiella förhållanden. Man kan hävda att egenskapsbegreppet är oklart och att det vore tillräckligt att skilja mellan olika slags objekt. Det är emellertid praktiskt att skilja mellan objektet och dess egenskaper, t ex i samband med en vetenskaplig undersökning eller design. Åtskillnaden avspeglas också i språkets ordklasser, substantiv respektive verb och adjektiv, eller satslärans subjekt och objekt respektive predikat.

Naturvetare och filosofer som Galilei, Newton, Descartes och Locke skilde mellan primära och sekundära egenskaper. Tingens primära egenskaper existerar oberoende av ett upplevande subjekt, t ex massa och temperatur, medan de sekundära egenskaperna upplevs genom våra sinnen t ex kulör, ljudstyrka, yttre form och skönhet. Tingens primära egenskaper benämns här materiella, medan de sekundära benämns kulturella. Se Figur 4.



Figur 4. Grundläggande kategorier av egenskaper hos ting.

Sekundära egenskaper i en något vidgad mening kan sägas vara människans föreställningar om tingen. Denna typ av egenskaper innefattar inte bara egenskaperna så som de upplevs genom våra sinnen utan även de som vi kan sluta oss till genom förnuftet, t ex vetenskaplig kunskap.

Utsagor som syftar till att beskriva tingens materiella egenskaper, på ett sätt som är oberoende av betraktaren, benämns *objektiva*. De kan vara sanna eller falska beroende på deras överensstämmelse med de materiella egenskaperna. Vid fördjupade studier och med ökad kunskap kan tidigare sanna föreställningar anses vara falska eller i behov av komplettering. Utsagor som syftar till att beskriva tingens kulturella egenskaper är *subjektiva* om de beror av individen, och *intersubjektiva* om de baseras på konventioner i ett socialt system. Subjektiva utsagor skiljer sig från objektiva genom att inte syfta till att beskriva tingens materiella egenskaper. Subjektiva egenskaper är därför varken sanna eller falska.

Egenskaper hos egenskaper

Man måste skilja mellan de egenskaper som är gemensamma för en mängd objekt och de egenskaper som skiljer objekten i mängden från varandra. De förra egenskaperna kallas *allmänna* medan de senare kallas *individuella* eller *specifika*. Till

de allmänna egenskaperna hos en mängd hus kan höra att de är byggda med någon form av tegelkonstruktion. Individuella egenskaper i mängden kan vara typ av tegelkonstruktion, t ex fasadtegel och bärande tegelmur.

Egenskaper som kännetecknar ett ting som helhet kan benämnas *övergripande*. De övergripande egenskaperna är av två typer, *resulterande* (nedärvda) och *framkommande* (emergenta eller gestaltegenskaper). Resulterande egenskaper hos en helhet är sådana som redan finns hos dess delar. Massan hos en byggnad resulterar av byggnadsdelarnas massa, och väggens bredd av de ingående delarnas mått i motsvarande riktning.

Framkommande egenskaper är nya egenskaper som inte återfinns hos delarna. Framkommande egenskaper är grundade i delarnas egenskaper och kan härledas ur dessa, men utgör inte summan av delarnas egenskaper. En byggnad har den framkommande egenskapen att vara klimatskydd och innesluta en uppvärmd luftmängd. Något som byggnadsdelarna var för sig inte har eller gör.

Inre och ömsesidiga egenskaper

Egenskaper hos ting kan anses vara antingen inre eller ömsesidiga. En hammars massa är en inre egenskap, medan dess slagkraft är en ömsesidig egenskap hos en hammare och en snickare tillsammans. En *inre* egenskap finns hos tinget självt, medan en *ömsesidig* egenskap uppkommer genom en relation mellan ting.

De ömsesidiga egenskaperna beror av arten av relaterade objekt och deras relation. En funktion uppkommer vid en bindande relation mellan ting. En *bindande* relation innebär att tillståndet hos tingen i relationen påverkas. En *funktion* definieras här som en egenskap hos ett ting som påverkar tillståndet hos ett annat ting. När två ting påverkar varandra, som när snickaren håller i hammaren eller när hammaren träffar spiken, har de en bindande relation. Snickaren och hammaren tillsammans har funktionen att träffa och slå i spiken.

En ömsesidig egenskap kan även uppkomma då relationen mellan tingen är *icke-bindande*. Exempel på icke-bindande relationer är rumsliga relationer som läge eller storlek och tidsmässiga relationer som varaktighet och turordning. Egenskaper som uppkommer vid icke-bindande relationer är t ex rumsliga och tidsmässiga egenskaper och benämns här *jämförelseegenskaper*.

Ömsesidiga egenskaper uppkommer även när ett subjekt varsebliver och tolkar ett objekt. Rena varseblivningar benämns här *upplevelsemässiga egenskaper*. De är aktiva ”avbildningar” av händelser i omgivningen inklusive individens kropp men beror även på tidigare upplevelser och idéer. Upplevelsemässiga egenskaper är i grunden subjektiva, de är personliga upplevelser hos ett subjekt. Upplevelsemässiga egenskaper kan indelas i *sensoriska* som avser direkta sinnesintryck och *introspektiva* som är egna känslor baserade på upplevelsen av varseblivningarna. Exempel på sensoriska egenskaper är ljudstyrka, kulör och värme, medan bekvämlighet, skönhet och spänning är introspektiva egenskaper.

Upplevelsen av ett ting stannar inte vid varseblivningen utan är också beroende av begreppsbildningen och tänkandet. En särskild aktivitet vid tänkandet innebär att *tolka*, dvs utveckla begrepp för varseblivningarna. Det finns två typer av tolk-

ningsegenskaper: epistemiska och semiotiska. *Epistemisk* tolkning innebär att subjektet via upplevelsen av objektet försöker erhålla kunskap om dess materiella egenskaper. Därför kan epistemiska egenskaper vara objektiva. Denna form av tolkning tillämpas såväl i vardagslivet som i vetenskapen. Man kan t ex beskriva ett upplevt objekt som ett konkret system med delar, relationer och omgivning.

Semiotisk tolkning innebär att subjektet vid upplevelsen av objektet försöker nå kunskap om den information som objektet förmedlar betraktad som tecken i ett kommunikationssystem. Tecken tolkas som betydelsebärande objekt, snarare än som system. Tecken kan vara språkliga, t ex tidningar eller böcker, eller icke-språkliga, t ex ljussignaler eller vägmärken. Semiotiska egenskaper är intersubjektiva och baseras på överenskommelser i ett socialt system.

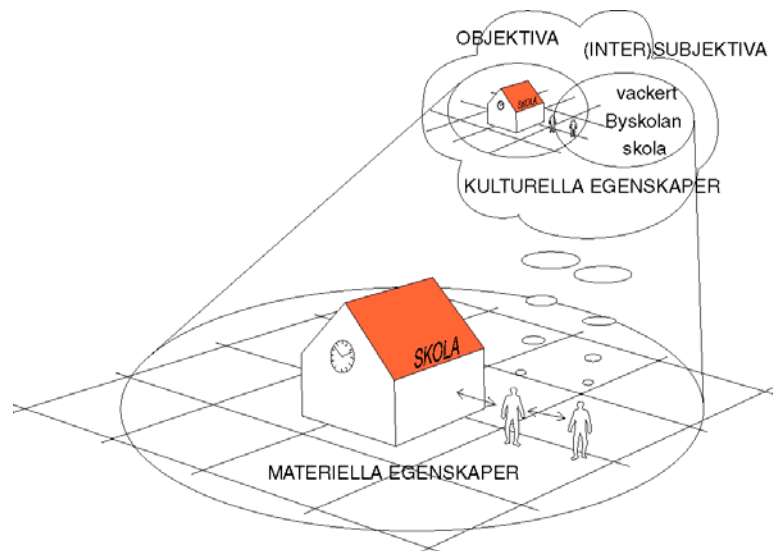
Egenskaperna hos ting kan sammanfattningsvis indelas i materiella och kulturella. De materiella egenskaperna är:

1. *Funktionella* (ömsesidiga egenskaper baserade på bindande relationer till omgivningen). Till denna kategori hör funktioner, inklusive biverkningar och miljöpåverkan gentemot omgivningen.
2. *Jämförande* (ömsesidiga egenskaper baserade på icke-bindande relationer till omgivningen). Jämförande egenskaper är t ex läge, geometri, tidpunkter för tillverkning och bruk, takt, rytm och fart.
3. *Kompositionella* (inre egenskaper baserade på delar och relationer mellan delar). Kompositionella egenskaper är t ex material, massa, densitet, ytstruktur och inre processer.

De kulturella egenskaperna är:

4. *Upplevelsemässiga* (ömsesidiga egenskaper bestämda av individens varseblivning). Varseblivningarna kan vara både sensoriska och introspektiva. Exempel på de förra är kulör, ljudstyrka och ljushet, samt de senare är bekvämlighet, skönhet och säkerhet.
5. *Symboliserande* (ömsesidiga egenskaper baserade på semiotisk tolkning av systemet). Symbolegenskaperna kan indelas efter om tolkningen avser språkliga eller icke-språkliga tecken, böcker respektive vägmärken är exempel.
6. *Administrativa* (ömsesidiga egenskaper som tillskrivs systemet i ett socialt sammanhang). Administrativa egenskaper är bl a ID, namn, klassifikation och pris, men även bruksanvisningar och egenskapsdeklarationer.

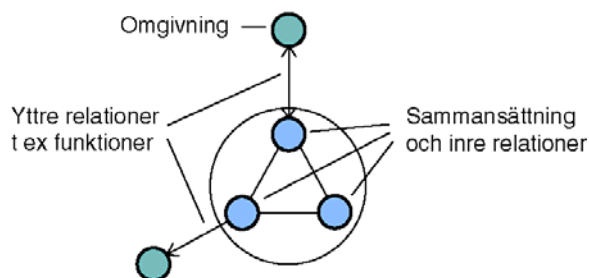
Figur 5 illustrerar dessa huvudkategorier av egenskaper.



Figur 5. Huvudkategorier av egenskaper i relationen objekt-subjekt

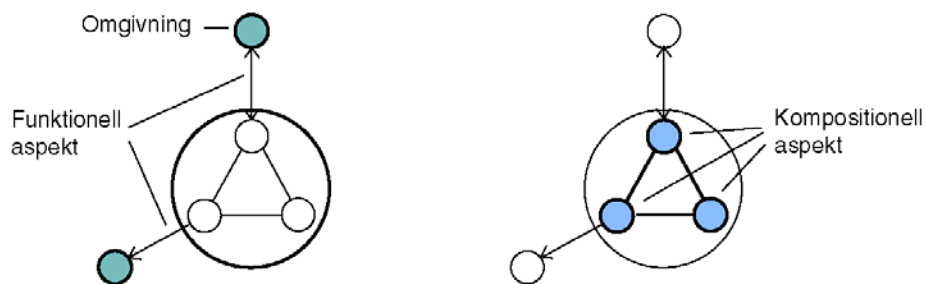
System

Ett system är ett objekt vars sammansättning utgörs av en mängd objekt med inbördes relationer. Se Figur 6. Ett system kan antingen vara konkret eller abstrakt. En utsaga, begreppsram eller teori är exempel på abstrakta system. Ett *konkret system* är ett sammansatt ting med bindande relationer mellan dess delar och till omgivningen. *Sammansättningen* är mängden av systemets delar, *omgivningen* är ting som påverkar eller påverkas av systemet utan att anses tillhöra detta, *strukturen* är mängden av alla systemets relationer, inre och yttre, och *mekanismer* är delsystem som utför systemets inre processer. Systemets *tillstånd* är mängden egenskaper vid en given tidpunkt och systemets *historia* utgörs av alla tidigare tillstånd. En *händelse* är en förändring av tillståndet hos ett system.



Figur 6. System med sammansättning, omgivning och relationer

Ett system byggs av ting som förmås att samverka, t ex ett murverk byggs av bl a tegelstenar. Tegelstenarna ingår i murverkets sammansättning. Mellan systemet och dess delar råder en *del-helhetsrelation*. Med termen 'del' kan avses delar ur både en funktionell och en kompositionell aspekt. Den funktionella aspekten, *top-down*, avser ömsesidiga egenskaper bl a funktioner, medan den kompositionella aspekten, *bottom-up*, avser inre egenskaper inklusive systemets delar, se Figur 7. Bland andra aspekter finns de rumsliga, tidsmässiga eller upplevelsemässiga.



Figur 7. Funktionell respektive kompositionell aspekt på ett system

Anledningen till att skilja mellan del-begrepp ur olika aspekter är att funktionella och kompositionella delar inte har relationen ett till ett utan många till många. Exempel på en funktionell "del" av ett byggnadsverk är "stomme", medan motsvarande exempel på en kompositionell del kan vara "murverk" eller "regelkonstruktion". Den kompositionella aspekten säger inget om dessa delars funktion, t ex om murverk är bärande eller utrymmesskiljande. Samma kompositionella del kan ingå i flera funktionella system, t ex ett monterat fönster som oftast är del av både byggnadens belysningsystem och klimatsystem.

Om delarna av ett system också är system kallas de *subsystem* eller *delsystem*, och vice versa om delarna är system kallas helheten *supersystem*. Subsystem, system och supersystem är exempel på en s k nivåordning. En *nivåordning* eller *hierarki* är en mängd nivåer som ordnats med avseende någon relation. En nivåordning avseende sammansättning baseras på att system i lägre nivåer ingår i sammansättningen av system i högre nivåer. Relationen mellan nivåerna är "föregår", d v s system i en lägre nivå bildas före system i en högre nivå. I varje högre nivå framkommer egenskaper så att helheterna i något grundläggande avseende skiljer sig från delarna. Exempelvis i nivåordningen lera/tegelsten/murverk, framkommer nya egenskaper i respektive nivå.

Rum, tid och process

Även om tingen inte har bindande relationer, dvs inte påverkar varandra, kan det vara meningsfullt att betrakta dem som en helhet, t ex på grund av deras tidsmässiga eller rumsliga relationer. En sådan grupp av ting med icke-bindande relationer till varandra benämns *aggregat*.

Det allmänna begreppet *rum* kan definieras som ett aggregat av ting betraktade enbart med avseende på rumsliga egenskaper, t ex avstånd, storlek eller inre rymd. Vissa rum kan omsluta och bilda utrymme för andra ting. Med begreppet *utrymme* avses ett rum med faktiskt eller upplevelsemässigt avgränsande egenskaper t ex mot ljus, ljud, eller luft, och med en inre rymd som inte upptas av de avgränsande tingen och där andra ting kan inrymmas (Ekholm och Fridqvist 2000).

Analogt med att en rumslig relation definieras som en åtskillnadsrelation mellan ting, så definieras *tid* som en åtskillnadsrelation mellan händelser. En klocka har en regelbunden process och kan användas som referensram för tidmätning.

En *process* är en serie händelser i ett system. Ett system som genomgår en process kan både påverka och påverkas av sin omgivning. Med *input* avses omgivningens påverkan på systemet och med *output* avses systemets påverkan på omgivningen.

I den beskrivning av processer som vanligtvis görs i byggsektorn urskiljer man begreppen resurs, aktivitet och resultat. En *aktivitet* är en process som har ett bestämt syfte. Aktiviteter kan bara utföras av system som kan uppsätta mål, t ex sociala organisationer. *Resurser* är dels input, d v s material och information som påverkar systemet och dels systemets mekanismer, d v s de delsystem som utför och styr aktiviteten, t ex arbetskraft och maskiner. *Resultat* är systemets output, d v s material och information som utformas av aktiviteten.

Som exempel på tillämpningen av dessa begrepp kan nämnas en snickare som med en hammare skall spika ihop två brädor. Aktiviteten är spikandet, resurserna är dels spiken och brädorna, och dels mekanismen i form av snickaren med hammaren. Resultatet är de sammanfogade brädorna.

Artefakter och sociotekniska system

En *verksamhet* definieras allmänt som en social organisation som utför en aktivitet. En artefakt är ett konkret system som är tillverkat eller kontrollerat av människan. När människan utför en aktivitet med hjälp av artefakter framkommer en ny sorts system, ett *sociotekniskt* system. Aktiviteten är en egenskap hos systemet människa–artefakt. I exemplet ovan utgör snickaren med hammaren ett sociotekniskt system.

Artefakter kan både utgöra omgivning till och vara del av en verksamhet. Om en artefakt både används och kontrolleras vid en aktivitet kan den anses tillhöra verksamheten, medan om artefakten enbart används utan att kontrolleras kan den anses utgöra omgivning till verksamheten.

Byggnadsverk är artefakter och möjliggör aktiviteter: en väg möjliggör bilkörning och en bevattningsanläggning tillsammans med bearbetad mark möjliggör odling. När byggnadsverk används utgör de huvudsakligen omgivning till verksamheten; men vissa delar brukar även kontrolleras vid en aktivitet och kan därvid anses ingå i verksamheten; exempel på sådana delar är dörrar och fönster, möbler och andra rörliga delar av inredningen.

Klassifikation

En *klass* har tidigare definierats som ett begrepp som refererar till objekt som helhet, vilka har en eller flera egenskaper gemensamt. Objekten sägs vara *medlemmar* av klassen. Objekten kan ha andra egenskaper utöver de som karakteriserar klassens medlemmar. Dessa beaktas emellertid inte i klassifikationen. *Klassifikation* innebär att med utgångspunkt från ett syfte indela en samling objekt i ömsesidigt åtskilda delmängder (Hunter 1988). Mängderna rangordnas i en nivåordning där mängder i en högre nivå innefattar mängder i underliggande nivåer.

Klassifikationens syfte ligger till grund för urskiljande av *indelningsgrundande egenskaper*. Som exempel på indelningsgrundande egenskap kan nämnas kulör, som röd eller grön när man vill skilja mellan farledsmärken, eller stomtyp som ”av stål”, ”av trä” eller ”av betong”, när man vill skilja mellan byggnadsstommar utifrån ingående material. I en stabil och långlivad klassifikation bör de indelningsgrundande egenskaperna vara grundade i objektets inre egenskaper. En klassifikation baserad på nytta för användaren, kan vara användbar men kan behöva

ändras om kunskapen om objektets påverkan på användaren ändras. Klassifikation av läkemedel är ett exempel på svårigheten att skapa en stabil klassifikation baserad på patientens reaktioner eftersom kunskapen om olika ämnens nytta eller skadlighet ständigt utvecklas.

Urskiljandet av klasser kan vara vetenskapligt grundat, men det måste ta hänsyn till att tingens egenskaper inte kan avgränsas på ett entydigt sätt, t ex kan skillnaden mellan fönster och fönsterdörr vara svår att precisera; egenskaper föreligger i olika grad, inte i distinkta paket. För klassifikation är det trots detta nödvändigt att skapa distinkt avgränsade klasser. Detta görs genom s k boolesk uppdelning i kvalitativt skilda klasser av typen "A" och "Icke-A".

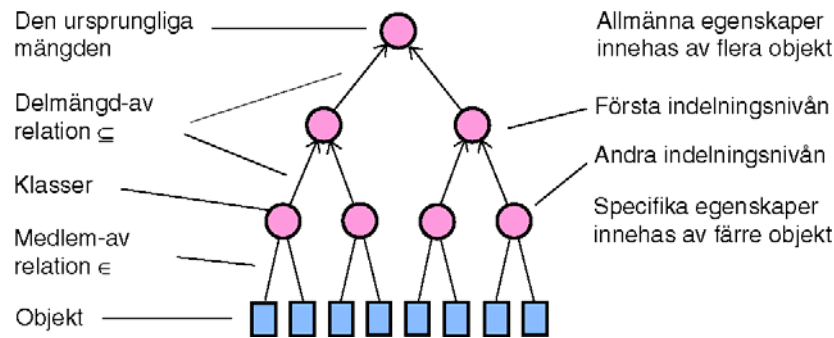
Ett *klassifikationssystem* är ett begreppsmässigt system av klasser som relaterats med avseende på relationen "typ-av" och som möjliggör klassifikation av objekt i en mängd. Ett allmänt accepterat klassifikationssystem möjliggör effektiv kommunikation. Vid uppbyggandet av klassifikationssystemet krävs både kunskap om objektens konkreta egenskaper och att avsikten med klassifikationen noga övervägs: "Ett klassifikationssystem sammanfattar och ordnar befintlig kunskap" (Bunge 1983a). Klassifikationssystem som utvecklats inom byggområdet för tillämpningar som beskrivning, mängdberäkning och kalkylering, skall användas vid utveckling av informationssystem för motsvarande uppgifter.

För att kunna klassificera en viss mängd objekt är det inledningsvis nödvändigt att man bestämmer syftet med klassifikationen. Därefter kan man bestämma de egenskaper hos objekten som är av intresse för klassifikationen; härvid är det nödvändigt att bortse från egenskaper som inte är av intresse. Slutligen sorteras objekten i klasser med avseende på de valda egenskaperna.

Klassindelningen kan göras med olika finhetsgrad. En *grov* klassindelning baseras på mer allmänna egenskaper, medan en *finare* indelning baseras på mer specifika egenskaper. Till exempel kan frukterna i en korg, beroende på syftet, i första indelningsnivån indelas i äpplen och päron. Nästa indelningsnivå kan avse olika sorter alternativt olika färger.

En *indelningsnivå* är en mängd klasser med samma finhetsgrad. Se Figur 8. I figurerna 8 och 9 avser tecknet \subseteq (delmängd av), t ex $a \subseteq b$, att mängden medlemmar av en klass a antingen är densamma som, eller en delmängd av, mängden medlemmar av en annan klass b . Tecknet \in (medlem av), t ex $a \in b$, avser att ett ting a är medlem av en klass b . Tecknet \cap (snittmängd av), t ex $a \cap b$, avser de medlemmar som är gemensamma i mängderna a och b .

Syftet med en klassifikation är att skilja mellan objekten i en mängd. För att klassifikationen skall vara uttömmande måste varje objekt i mängden tillskrivas en klass, och för att den skall vara entydig får varje objekt endast tillhöra *en* klass. Utan dessa kriterier finns det oklassificerade objekt och objekt som hör till mer än en klass i samma indelningsnivå. I dessa fall har inte klasserna definierats entydigt. En praktiskt användbar klassifikation måste vara



Figur 8. Klassifikationsbegrepp.

- uttömmande; unionen av samtliga klasser i den första indelningsnivån måste vara lika med den ursprungliga mängden, se Figur 8, och
- entydig; det får inte finnas några gränfall där samma objekt tillhör mer än en klass i samma indelningsnivå. Alla klasser i samma indelningsnivå måste vara disjunkta, dvs parvis åtskilda. En klass i en lägre indelningsnivå kan vara en subclass av en klass i en högre indelningsnivå, se Figur 9.



Figur 9. Relationer mellan klasser i en klassifikation.

Samma konkreta system kan betraktas ur olika aspekter och ses som olika objekt. Det kan också klassificeras i skilda klassifikationssystem med olika syften.

Design som begreppsmodellering och problemlösning

Den kunskap som är nödvändig för att arbeta med produktutformning eller design inom olika områden är så väsensskild avseende t ex funktioner och material, att det är omöjligt att uppnå färdighet i design utan specifik kunskap om de produkter som skall utformas. Det finns emellertid allmänna teorier om artefakter och intellektuellt arbete som kan tillämpas inom varje designområde.

Design innebär att bestämma egenskaper hos en artefakt med hänsyn till både brukskrav och produktionskrav. Det engelska verbet "to design", (att utforma) avser design i betydelsen "att mentalt föreställa sig och planera" (Webster's 1999). Motsvarande substantiv "a design" betyder "begreppsmässigt projekt eller plan där mål och medel uttänkts". Betydelsen av termen design kan således vara både den process som resulterar i den begreppsmässiga representationen, och den begreppsmässiga representationen i sig. I det följande används termen design i stället för termer med liknande betydelser i svenskan t ex "utformning", "plan" eller "planering".

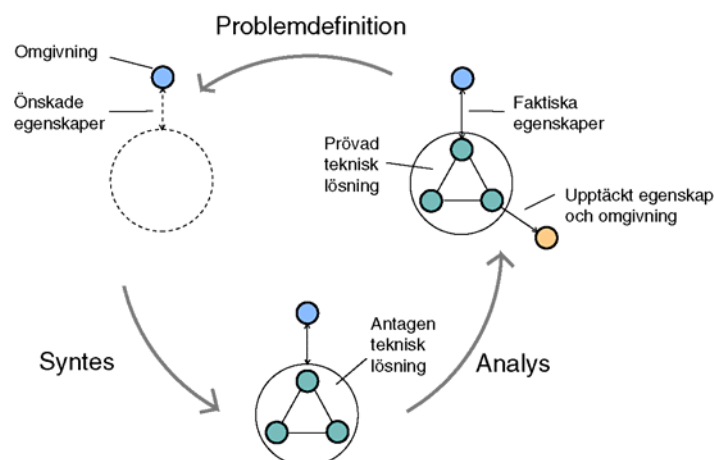
En design kan således vara begreppsmodellen för den avsedda artefakten. Begreppsmodellen är ett system av begrepp som refererar till artefakten och representerar dess egenskaper. Begreppsmodellen utvecklas och dokumenteras under designprocessen. Begreppsmodeller har beskrivits tidigare, dels i avsnittet om informationssystem, dels i avsnittet om modeller.

Design är en problemlösningsprocess och har likhet med problemlösning både i vardagslivet och i vetenskapen. En person måste både ha kunskap och mål för att uppfatta ett problem. Ett *mål* definieras här som ett åsyftat tillstånd hos ett system. Systemet kan vara abstrakt, som en vetenskaplig teori, eller konkret, som en industriprodukt. Ett visst mått av *bakgrundskunskap* är nödvändig för att en person skall kunna definiera målet och att se att en viss *lösning* saknas. Ett *problem* definieras här som avsaknad av lösning, givet ett mål och en bestämd bakgrundskunskap. En detaljerad diskussion av problembegreppet finns i (Bunge 1983a).

En antagen lösning på ett problem, även benämnd *hypotes*, beskriver ett mål och hur det skall uppnås genom ett utförbart tillvägagångssätt som resulterar i målet. Hypotesen har formen av en begreppsmodell som beskriver problemets lösning, som är antingen en teori eller en artefakt. Är lösningen en teori provas den genom undersökning av överensstämmelsen med befintlig teoretisk kunskap eller genom utförande av experiment. Är lösningen en artefakt provas den genom modellstudier och simulering eller genom konstruktion och utprovning av en prototyp eller färdig produkt. Det som kännetecknar ett designproblem är dess mål: ett tillfredsställande tillstånd hos en artefakt och ett tillvägagångssätt för att uppnå detta.

En designprocess initieras av ett problem. I ett inledande skede preciseras problemet. Det kan ges formen av frågan: Vilket objekt har sådana egenskaper att problemet inte uppkommer? Problemdefinitionen följs av ett syntesskede, som innefattar utveckling av hypotesen och en testbar konsekvens av denna, t ex en ritning eller en prototyp. Därefter vidtar ett analyskede, som innefattar utvärdering av den föreslagna lösningen. Frågan som ställs inför analysen är: Vilka egenskaper har detta objekt?

Syntesen utgår från objektets ömsesidiga egenskaper (top-down), medan analysen utgår från objektets inre egenskaper (bottom-up). Den nya kunskap om problemet som erhållits genom sekvensen problemdefinition-syntes-analys tillförs bakgrundskunskapen. En sådan designcykel, som fortskrider tills en tillfredsställande lösning har uppnåtts, kallar Herbert Simon "Generator-Test Cycle" (Simon 1981). Problemlösningsprocessens cykliska förlopp illustreras i Figur 10.



Figur 10. Problemlösningsprocessens cykliska förlopp

Problemlösning innebär således

- 1) identifikation av ett problem givet en bakgrundskunskap och ett syfte
- 2) utveckling av lösningskunskap
- 3) test av lösningen
- 4) komplettering av bakgrundskunskapen samt
- 5) identifikation av nytt problem.

Ett problem kan beskrivas som öppet eller slutet, och problemlösningsprocessen kan vara rutinmässig eller innovativ. Ett *slutet* problem kan lösas med en rutin som innebär att man väljer en typlösning och bestämmer dess specifika egenskaper. För ett *öppet* problem kan en typlösning inte tillämpas eftersom nya sortering eller processer måste undersökas eller uppfinnas. Öppna problem har kallats "elaka" (wicked) (Rittel 1984).

Utarbetande av informationssystem som stöd för problemlösning har hittills huvudsakligen gällt rutinproblem och inte öppna problem. Dagens modellbaserade CAD-program är ett exempel på informationssystem som möjliggör lösning av rutinproblem. De utgår från ett statiskt begreppsschema med en begränsad mängd objekt. Brukaren kan bestämma attributvärden för en specifik lösning men kan inte lägga till nya objekt eller värdemängder. Informationssystem för design skall möjliggöra utveckling av allmänna begreppsmodeller som kan utvecklas och förändras allteftersom insikten om problemet fördjupas i designprocessen, t ex genom att ha ett föränderbart begreppsschema, och de måste tillåta omklassifikation av designobjekt, instanser, om attributen motiverar detta.

Bygg- och förvaltningsklassifikation

Den internationella standarden för byggklassifikation SS-ISO 12006-2

Kommunikation mellan aktörer i bygg- och förvaltningsprocesserna kräver att termer och begrepp är gemensamma. Bygg- och förvaltningsklassifikationen bidrar till en branschgemensam grund för kommunikation mellan aktörer och informationssystem genom att utveckla ett enhetligt sätt att beskriva byggnadsverk och processer för projektering, produktion och förvaltning. Urvalet av klasser och deras detaljeringsgrad bestäms av klassifikationens syfte. Som exempel kan nämnas att syftet för det första svenska systemet för byggklassifikation, SfB-systemet, som introducerades redan 1950, var att tillgodose behovet av begrepp och terminologi för byggnadsbeskrivningar, kostnads kalkylering och hantering av varuinformation särskilt i samband med överföring av information från projektering till produktion (Giertz 1982).

Inom den internationella standardiseringsorganisationen ISO, har man utarbetat en grundläggande standard för byggklassifikation (ISO 1997). Standarden finns nu även i svensk översättning (SIS 2002). Arbetet har utförts av ISO/TC (Technical Committee) 59 "Building Construction", SC (Sub-Committee) 13 "Organisation of information about construction works". Svenska representanter har haft en viktig roll i arbetet, som baserats på den teoretiska grund som redovisats i tidigare avsnitt..

Klasserna i SS-ISO 12006-2 avses omfatta hela byggnadsverkets livscykel, inkluderande produktbestämning, produktframställning och produktanvändning. Standarden innehåller inga klassifikationstabeller utan rekommenderar vilka tabeller som kan vara lämpliga att utarbeta av de nationella eller regionala organisationerna. Syftet med standarden är att den skall grundlägga ett internationellt gemensamt synsätt på klassifikation inom byggsektorn för att stödja informationsutbyte t ex vid CAD, beskrivning och kostnadskalkylering.

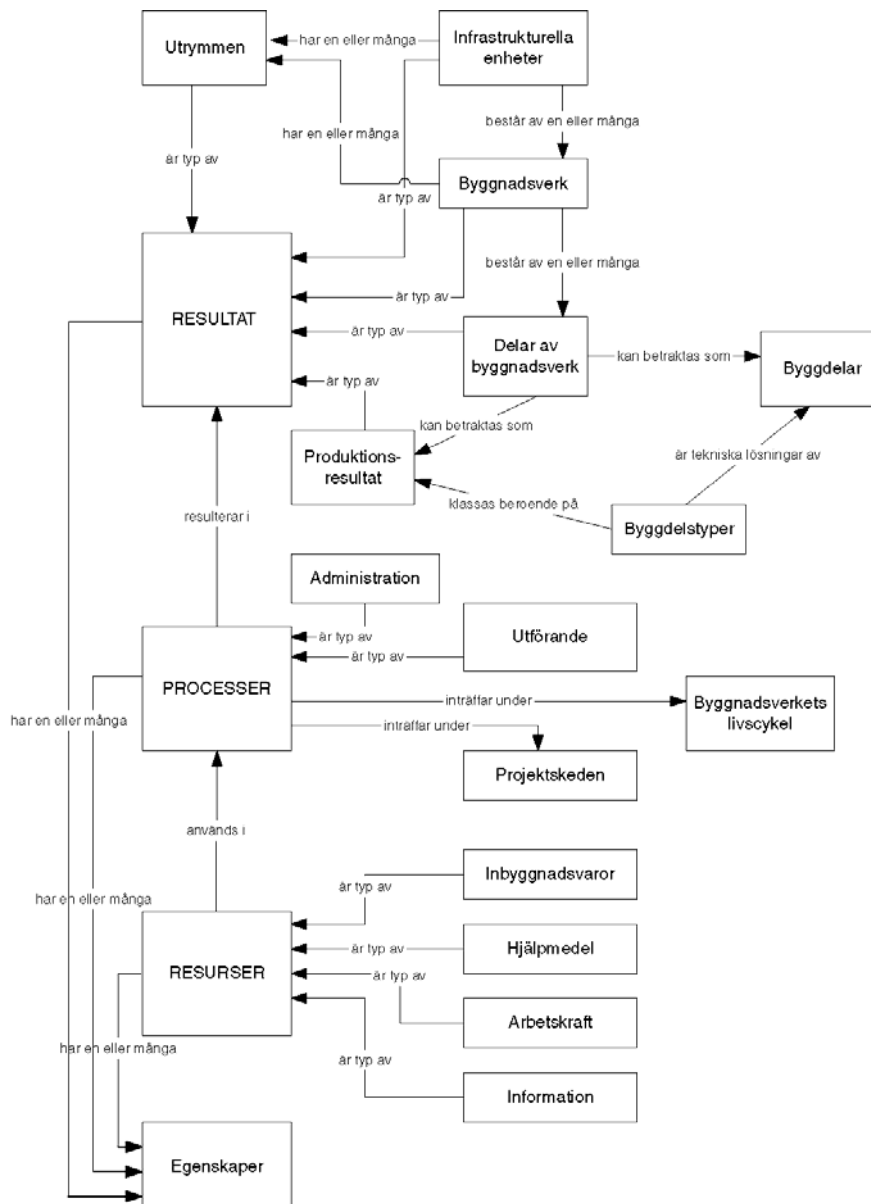
Grundläggande för byggklassifikation enligt SS-ISO 12006-2 är att skilja mellan olika vyer mot den konkreta verkligheten. Vyerna avspeglar behovet av information i olika processer, t ex i olika skeden av produktbestämningen. Som exempel kan nämnas klasserna "element" (byggdel), "work result" (produktionsresultat) och "construction product" (inbyggnadsvara) som är alternativa sätt att klassificera de fysiska delarna av byggnadsverket. Svenska motsvarigheten i BSAB-systemet anges inom parentes.

Klassen "element" definieras av delens funktion i det färdiga byggnadsverket medan klassen "work result" avser delen som konstruktion av bearbetade och monterade inbyggnadsvaror. Klassen "construction product" avser delen som en resurs att byggas in i byggnadsverket med egen funktion, konstruktion och egna materialgenskaper. En kostnadskalkyl för byggnadsverket kan t ex utföras i ett tidigt skede avseende "element" eller "designed element" samt inför produktionsskedet med "work result" som baseras på resurskostnader.

Ett annat exempel på uppdelning mellan vyer inriktade mot funktion och komposition är klassen "construction entity" (byggnadsverk) som beskrivs dels med avseende på funktion för brukaren, t ex skolbyggnad, och dels med avseende på "form", d v s komposition som husbyggnad, bro eller tunnel.

ISO-standardens baseras på en processmodell där man urskiljer resurser, processer och resultat. Processerna i ett byggnadsverks livscykel är enligt ISO-standardens: "produktbestämning", "produktion", "användning och förvaltning" samt "avställning och rivning". För processer rekommenderar standarden särskilt utarbetade tabeller för "skeden i ett byggnadsverks livscykel", "projektskeden", "administrativa processer" och "produktionsprocesser".

I SS-ISO 12006-2 redovisas ett diagram där de olika klasserna relateras till varandra. Se Figur 11. Alla klasser är "byggobjekt" med egenskaper. Diagrammet i ISO-standardens visar dels relationen "typ-av" mellan klasser och dels relationer mellan medlemmar av klasserna, t ex "del-av" eller "resultat-av". Relationer mellan byggobjekt måste definieras för modellbaserade informationssystem, t ex för produktmodellering. Relationerna mellan byggobjekt har inte definierats i den etablerade byggklassifikationen eftersom den utvecklats för behoven i traditionell ritningsbaserad projektering där relationerna framgick av framställningssättet.



Figur 11. Relationer mellan resultat, processer och resurser i SS-ISO 12006-2

Diagrammet i Figur 11 avspeglar det gemensamma synsätt på processer och resultat, på helheter och delar, samt på vyer av intresse, som utvecklats i ISO-gruppen. Synsättet återkommer i de tillämpningar av standarden som görs i olika organisationer nationellt, regionalt eller företagsspecifikt. Syftet med att följa standarden är att skapa förutsättningar för utbyte av information strukturerad enligt olika nationella och regionala system. Även om detaljutformningen av tabeller varierar, kommer många klasser att vara lika genom den gemensamma standarden.

BSAB systemet historik, omfattning

BSAB-systemet baseras på det första svenska systemet för bygghklassifikation, SfB. Detta klassifikationssystem utvecklades under slutet av 1940-talet av Samarbetskommittén för Byggnadsfrågor, SfB. Arbetet skedde vid SAR Centralkontoret Förening u p a under ledning av arkitekten Lars Magnus Giertz. Arbetet resulterade i ByggAMA "Råd och anvisningar för byggnadsbeskrivare" vars struktur baserades på SfB-systemets klassifikationsprinciper. Samtidigt publicerade Central-

kontoret en prisbok och Svensk Byggtjänst den första upplagan av Svensk Byggnads-katalog alla ordnade enligt SfB-systemet.

SfB-systemet inriktades mot behovet av överföring av information från projektering till produktion. Systemet organiserades så att man kunde beskriva de fysiska delarna av byggnadsverket ur tre fristående aspekter. Det fanns tabeller för byggnadsdelar, arbeten och material. Byggnadsdelstabellens syfte var delvis att strukturera ritningar för olika delar av byggnaden. De olika tabellerna gjorde det möjligt att beskriva en bestämd del av byggnaden avseende dess funktion, framställningssätt och material.

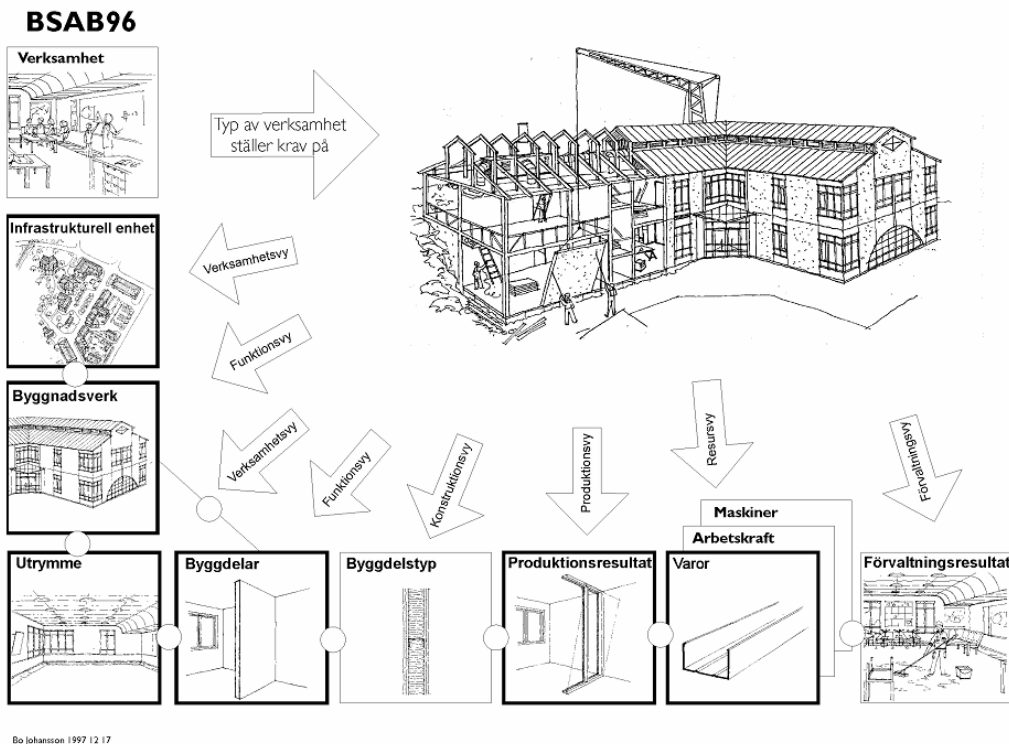
SfB-systemet svarade mot behoven i byggsektorn och fick internationell spridning. Ansvar för utveckling och underhåll av systemet övertogs i slutet av 1950-talet av CIB, Internationella rådet för Byggnadsforskning och Bygginformation, för att senare övergå till Svensk Byggtjänst och slutligen till det Irländska Byggnadsforskningsinstitutet An Anas Forbartha. SfB-systemet utvecklades inte längre utan den fortsatta utvecklingen bedrivs nu inom olika nationella system.

Installationssystemens ökande omfattning i byggnaderna och utvecklingen av nya samordnade AMA-publikationer för Mark, Hus, VVS, Kyl, El och administrativa föreskrifter AF AMA, var bakgrunden till utvecklingen av klassifikationssystemet BSAB 1972 genom Byggnadsverkets Samordning AB. BSAB 1972 har samma grundläggande uppbyggnad som SfB-systemet och är en vidareutveckling av detta. Ansvar för BSAB-systemet övertogs 1976 av Svensk Byggtjänst som 1983 kom med en ny version av systemet, BSAB 83. Utvecklingen inom IT-området med bl a elektronisk handel och objektbaserad informationshantering, det utökade behovet av gemensam terminologi samt fastighetsföretagandets behov av systematik ligger till grund för den senaste versionen av BSAB-systemet, BSAB 96, vars utgivning inleddes 1996 (Svensk Byggtjänst 1998).

Klasser i BSAB systemet

Grundläggande för byggklassifikation är egenskaper hos ting som är av intresse i bygg- och förvaltningsprocesserna vid produktbestämning, produkttillverkning och produktanvändning. BSAB 96 följer principerna för indelning i huvudklasser enligt SS-ISO 12006-2 även om klassdefinitionerna i BSAB 96 inte är ordagranna översättningar av ISO-standardens definitioner utan anpassats till svenska förhållanden och erfarenheter. BSAB 96 definierar huvudklasserna "verksamhet", "infrastrukturella enheter", "byggnadsverk", "utrymmen", "byggdelar", "byggdelstyper", "produktionsresultat", "resurser" (inbyggnadsvaror; maskiner; byggplatsutrustning; redskap; verktyg; kläder; skyddsutrustning; förbrukningsvaror), "förvaltningsresultat" och "geometrisk form".

De olika klasserna i BSAB 96 utgår från olika aspekter på den byggda miljön. I figur 12 motsvaras varje bild av en befintlig eller planerad klassifikationstabell och pilarna illustrerar de olika vyerna.



Figur 12 BSAB-systemets vyer mot den byggda miljön

I den byggda miljön kan man urskilja särskilda, geografiskt samlade, grupperingar av byggnadsverk vilka kännetecknas av att de gemensamt används för en avgränsad verksamhet. Sådana grupperingar av byggnadsverk benämns *infrastrukturella enheter* i BSAB 96. Se Figur 13. Begreppet *infrastrukturell enhet* definieras som "en grupp av närliggande byggnadsverk som samverkar för en verksamhet." I SS-ISO 12006-2 definieras motsvarande begrepp "construction complex" som "two or more adjacent construction entities collectively serving one or more user activity or function".

Ett *byggnadsverk* är varaktigt fäst vid marken och har bärande, avgränsande eller mediaförsörjande egenskaper samt används av en verksamhet för ett bestämt ändamål. Det finns ingen entydig överensstämmelse mellan brukarnas verksamhet och byggnadsverkets utformning. Inom vissa ramar kan samma byggnadsverk utnyttjas för olika verksamheter, liksom samma verksamhet kan bedrivas i flera skilda och även olika sorters byggnadsverk.

Begreppet *byggnadsverk* definieras i BSAB 96 som "en markbunden konstruktion som bildar miljöer för bestämda verksamheter" (Yngve m fl 2002). SS-ISO 12006-2 definierar begreppet "construction entity" som "independent material construction result of significant scale serving at least one user activity or function".

En huvudindelning av byggnadsverk skiljer mellan hus och anläggningar. Hus har utrymmen, oftast klimatavgränsade, för olika verksamheter, medan anläggningar är övriga byggnadsverk. Klassifikationen av byggnadsverk utgår från både produktionsaspekter och bruksaspekter som tillgodoses i varje indelningsnivå i klassifikationen.

Kompositionella egenskaper som material och konstruktionsprincip är väsentliga för indelningen av byggnadsverk i olika kategorier; det är till exempel stor skillnad mellan hus, tunnlar och master. Eftersom de kompositionella egenskaperna är grundläggande för funktionerna kan funktionella krav få konsekvenser för de kompositionella egenskaperna.

Utrymme är en rumslig aspekt på ett byggnadsverk, det består liksom stomme eller installationssystem av en viss delmängd av byggnadens delar. Ett utrymme består av en grupp delar av ett byggnadsverk, det har avgränsande egenskaper, t ex mot ljus, ljud eller luft, samt en inre rymd som inte upptas av de avgränsande delarna, där andra ting, t ex en verksamhet, kan inrymmas. Utrymmen kan ha olika funktioner för brukarna, de kan därför klassificeras med avseende på användning, t ex utrymme för boende, kontorsrum och lagerutrymme.

I BSAB 96 och i den svenska versionen av SS-ISO 12006-2 definieras begreppet *utrymme* som ”för en bestämd verksamhet funktionellt avgränsad miljö i byggnadsverk” (Yngve m fl 2002). I den engelska versionen definieras begreppet ”space” som ”Three dimensional, material construction result contained within, or otherwise associated with, a building or other construction entity. A space may be bounded physically or notionally”.

En byggdel är en fysisk del av byggnadsverket identifierad med utgångspunkt från en huvudfunktion. I BSAB 96 definieras begreppet *byggdel* som ”del av byggnadsverk som fyller en huvudfunktion i byggnadsverket”. I SS-ISO 12006-2 definieras motsvarande begrepp ”element” som ”construction entity part which, in itself or in combination with other such parts, fulfils a predominating function of the construction entity”.

En byggdel definieras genom en funktionell aspekt utan hänsyn till teknisk lösning, materiellt innehåll eller produktionsmetod. I begreppet ingår även byggdelar för installationer vilka benämns ”installationssystem” och definieras i BSAB 96 som ”byggdel vars huvudfunktion är försörjning av media”.

Ett produktionsresultat är en fysisk del av byggnadsverket identifierad med utgångspunkt från dess konstruktion. I BSAB 96 definieras begreppet *produktionsresultat* som ”resultat av en aktivitet på byggplatsen för produktion av del av eller helt byggnadsverk”. Enligt SS-ISO 12006-2 definieras begreppet ”work result” som ”construction result achieved in the production stage or by subsequent alteration, maintenance, or demolition processes and identified by one or more of the following: the particular skill or trade involved; the construction resources used; the part of the construction entity which results; the temporary work or other preparatory or completion work which results”.

Ett produktionsresultat definieras ur en kompositionell aspekt, det är bestämt med avseende på material och konstruktionsmetod, men inte med avseende på funktion. Vissa produktionsresultat resulterar direkt i en del av ett byggnadsverk, medan andra är indirekt nödvändiga för att byggnadsverket skall kunna produceras, t ex förarbeten som tillfälliga vägar och uppställning av bodar. Vid klassifikation av produktionsresultat är det resultatet av arbetet, såsom murverk och skikt av plåt som klassificeras, men huvudkriteriet för indelningen i klasser baseras på typ av aktivitet t ex murning eller plåtslageri.

En byggdeltyp är en byggdelt vars konstruktion bestämts, dvs ingående produktionsresultat har angivits. I BSAB 96 definieras begreppet *byggdeltyp* som ”teknisk lösning av byggdelt”. I SS-ISO 12006-2 definieras motsvarande begrepp ”Designed element” som ”Element for which the work results have been defined”. Som exempel kan nämnas byggdelen ”innerväggar” där en av många tekniska lösningar kan vara produktionsresultaten ”väggstommar av stålplåtsreglar för beklädnad” samt ”gipsskivor på reglar i vägg, pelare och inomhus”. Begreppet byggdeltyp kan användas bl a i årskostnadskalkyler eftersom både funktion och konstruktion har angivits.

Objekt kan karakteriseras på i princip tre sinsemellan oberoende sätt, genom ID, klassifikation och egenskaper. ID är en unik identifikation av objektet men säger inget om dess egenskaper. Klassifikation gör det möjligt att skilja ut ett objekt från en mängd andra men är ingen detaljerad beskrivning av objektet. Objekt beskrivs på ett mer ingående sätt av attribut. Ett *attribut* är en begreppsmässig representation av en egenskap hos ett objekt, t ex kulör, massa, längd eller material. I BSAB 96 definieras attribut som ”uppgift om egenskap hos objekt”.

Resurs definieras i BSAB 96 som ”objekt som används vid genomförande av en aktivitet”. I BSAB 96 omfattar begreppet arbetskraft, inbyggnadsvaror, maskiner, byggplatsutrustning, redskap, verktyg, kläder, skyddsutrustning, förbrukningsvaror, kapital, mark och dokument.

I BSAB 96 definieras begreppet *inbyggnadsvara* som ”vara som är avsedd att ingå i byggnadsverk”. I SS-ISO 12006-2 definieras motsvarande begrepp ”construction product” som ”Product, component or 'kit of parts' intended for incorporation in a permanent manner in buildings or other construction entities”. Denna definition har hämtas från EPIC.

Inbyggnadsvaror är produktionsresurser, avsedda att direkt eller efter bearbetning användas som del av byggnadsverket. Monterade och bearbetade inbyggnadsvaror på sin plats i byggnadsverket kan antingen enskilt eller i samverkan utgöra en eller flera byggdeltar.

I teoriavsnittet har redogjorts för olika huvudkategorier av egenskaper. Intresset för egenskaper hos den byggda miljöns objekt grupperas till olika aspekter t ex funktion i bruk, tillverkning och miljö. För att stödja kommunikation är det väsentligt att egenskaper uppfattas och benämns på ett standardiserat sätt. Arbetet med att utveckla en klassifikation av egenskaper inom BSAB 96 pågår. Standarder för presentation av egenskaper varierar med typen av objekt och är svåra att åstadkomma. Den mest uppmärksammade och använda är CIB Master List (CIB 1993).

Nedan redovisas ett schema som relaterar grundbegrepp som presenterats i de föregående avsnitten. Schemat visar bl a hur infrastrukturella enheter, byggnadsverk och deras fysiska delar kan klassificeras ur olika aspekter. Se Figur 13.

har byggnadsverket i huvudsak varit bestämt antingen genom en projekteringsprocess eller som ett referensexempel. Med en utökad användning av modellbaserad informationshantering både i tidiga skeden av projekteringen och i förvaltningsprocessen ökar behovet av klassifikation. Detta behov är delvis annorlunda jämfört med byggprocessens senare skeden. En nyligen genomförd utredning (Ekholm 2001b) visar på behovet av komplettering av BSAB 96 med tabeller för:

- 1) Delar av byggnadsverk, inklusive system, för *översiktlig funktionell redovisning*, som i senare skeden kan uppdelas i byggdelar.
- 2) Delar av byggnadsverk för *detaljerad funktionell redovisning* i tidiga skeden och i förvaltningsskedet.

Exempel på delar för översiktlig funktionell redovisning är dels "storbyggdelar", t ex yttervägg, yttertak, trappor och bjälklag, och dels "funktionella system" t ex stomsystem, klimatsystem, luftbehandlingssystem, och belysningsystem. Storbyggdelar behövs när man vill beskriva egenskaper hos delar vars tekniska lösning inte bestämts, t ex för att ange krav på egenskaper som u-värde, ljudreduktion och brandklass. De kan användas för att göra översiktliga kostnadsberäkningar, samt för benämning av lager i samband med CAD-projektering.

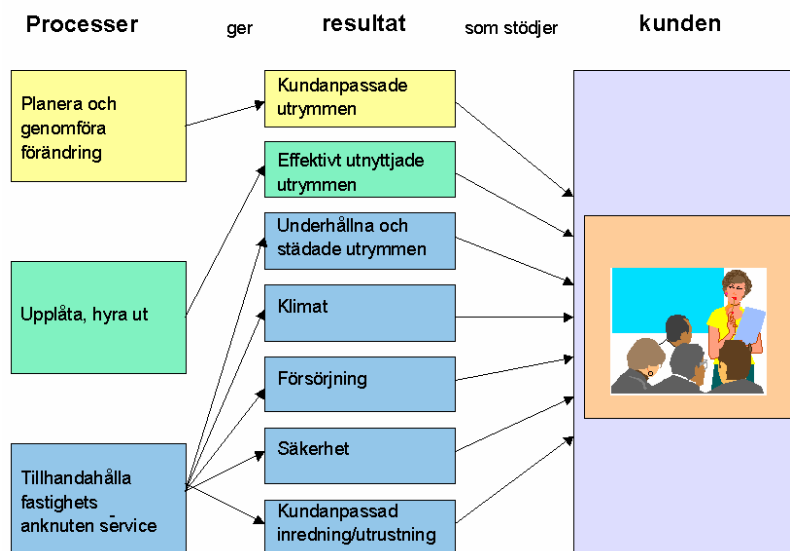
Behovet av detaljerad funktionell redovisning i tidiga skeden och i förvaltningsskedet avser delar som från brukssynpunkt och förvaltningssynpunkt är väsentliga att beskriva t ex avseende krav på funktion. Sådana delar är t ex fönster, dörrar, kylskåp, öppen spis m m. En användning för denna klassifikation kan vara att skapa struktur i objektbibliotek i CAD-system. Sådana objektbibliotek finns bl a i ArchiCAD och Architectural Desktop. Objekt kan hämtas in till biblioteket via Internet för att användas i det egna projektet. Objekten är ofta "parametriska" vilket innebär att värden på olika egenskaper som geometri, kulör, ytskikt m m kan anges av användaren. Varuinformation med GDL-objekt är ett exempel på denna utveckling (GDL 2002).

Förvaltningsklassifikation

Fastighetsföretagandet har under de senare år givits en allt större uppmärksamhet. Tidigare har den tekniska skötseln av fastigheten stått i centrum, nu ses fastigheten som en produktionsresurs där kundernas/brukarnas nytta alltmer uppmärksammas. Detta förändrade synsätt markeras av skiftet i terminologi från fastighetsförvaltning till fastighetsföretagande. *Fastighetsförvaltning* definieras enligt det tidigare synsättet som "en process för att vidmakthålla byggnadsverk" (TNC 1994). Med *fastighetsföretagande* avses "en verksamhet vars syfte är att internt eller externt tillhandahålla utrymme med service" (Broman 1994).

Fastighetsföretaget kännetecknas av fyra huvudfunktioner: företagarfunktionen, marknadsfunktionen, förvaltarfunktionen och byggherrefunktionen (BFR 1994). Förvaltningen betraktas som en av aktiviteterna i fastighetsföretagandet där även andra aktiviteter som ägande, köp, försäljning och byggande av fastigheter ingår. Fastighetsföretagandet innefattar dessutom kretsloppsanpassning, resursoptimering, lokalutnyttjandeminimering, kundorientering, marknadsanalys, bred information till marknad och kunder, produktutveckling av tjänster och utrustning m m (BFR 1996).

I projektet Förvaltningsinformation 2002, FI 2002, har man arbetat med att utveckla informationssystematiken för fastighetsföretagandet, bl a genom att detaljerat kartlägga dess processer (Svensson m fl 2000). FI 2002-projektet fokuserar mot tre huvudprocesser i FM-företagandet. I figur 14 illustreras hur dessa processer ger resultat som stödjer kunden. Benämningen FM-företagande, efter den engelska termen Facilities Management, är en alltmer förekommande synonym till fastighetsföretagande.



Figur 14 Sambandet mellan FM-företagets huvudprocesser och kundens verksamhet

FM-verksamhet utnyttjar informationssystem i stor utsträckning. Man urskiljer tre huvudtyper av system:

- administrativa/tekniska databassystem
- CAD-system och
- fastighets- eller geografirelaterad informationshantering.

FI 2002-projektets krav på klassifikation är att denna skall tillgodose behoven både i den operativa delen av FM-arbetet där FM-företagets tjänster produceras och levereras till kunden/nyttjaren, och i det ekonomiskt/finansiella arbetet. Behov av klassifikation anges för:

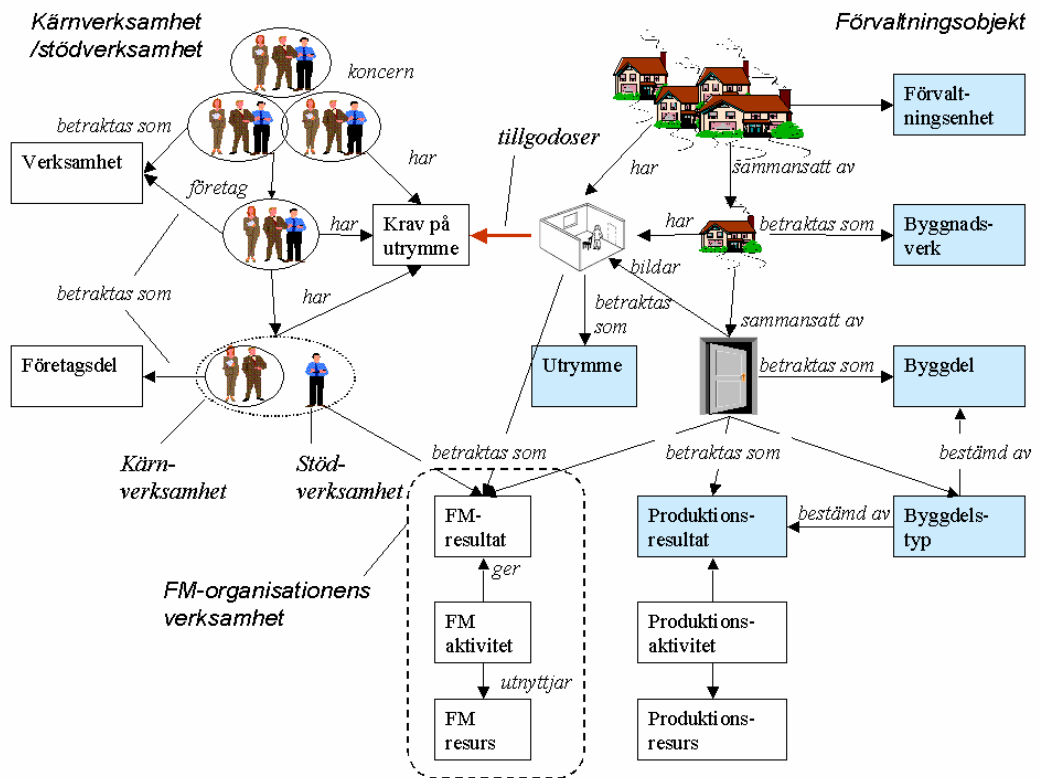
- aktiviteter i FM-verksamheten
- resurser, t ex byggvaror, utrustning, FM-organisation
- resultat, t ex utrymmen, byggdelar och förvaltningsresultat, samt
- information, som styr och kontrollerar processerna.

Behovet av klassifikation av resurser och resultat tillgodoses i stor utsträckning av BSAB-systemet bl a genom pågående utveckling av klassifikation av byggnadsverk och utrymmen, samt dessas egenskaper.

Behovet av en särskild klassifikation av förvaltningsresultat inom BSAB-systemet har uppmärksammats i utredningen Förvaltningsklassifikation (Yngve 1999). Förvaltningsresultat definieras som "fastighetsanknuten tjänst", exempel på huvudindelning ses i figur 14, t ex "kundanpassade utrymmen", "underhållna och städade

utrymmen”, ”klimat” och ”försörjning”. Analogt med klassifikationen av ”produktionsresultat” (se avsnittet om BSAB-systemet) är det som klassificeras inte själva tjänsten utan resultatet av tjänsten.

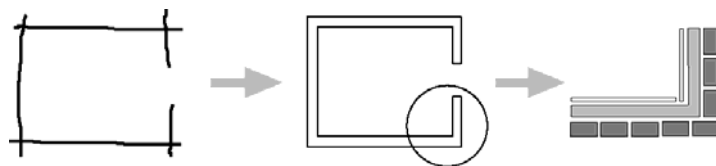
I utredningen Förvaltningsklassifikation presenteras en begreppsmodell som visar hur FM-verksamheten relateras dels till kundens verksamhet, dels till den byggda miljön. Modellen knyter an till den begreppsmodell som beskriver uppbyggnaden av BSAB-systemet. Se figur 15.



Figur 15 FM-verksamhet i relation till kundens verksamhet och till den byggda miljön

Bygghklassifikation i olika skeden

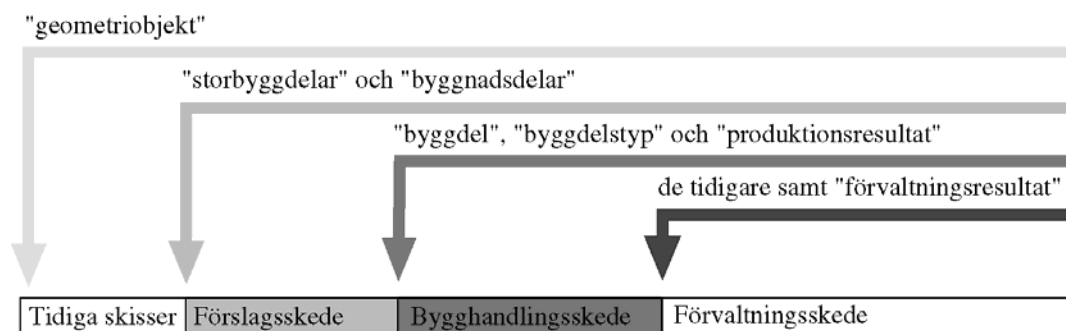
Byggnadsprojektering innebär att bestämma egenskaper hos byggnadsverk med hänsyn till krav i samband med brukande, produktion och drift. Projekteringsresultat är dels en detaljerad föreställning av byggnadsverket, en begreppsmodell, dels dess materiella representation i olika typer av dokument som ritningar, texter och skalmodeller. Ett informationssystem för design måste möjliggöra att produktmodellen ges en växande komplexitet och ökande detaljeringsgrad, både genom tillägg av nya attribut och genom specificering av funktionella delar och tekniska lösningar, se Figur 16.



Figur 16. Ett modellobjekt måste kunna anpassas till växande komplexitet

I de tidigaste skedena av produktbestämningen kan det vara viktigt att beskriva geometrin hos objekt på ett sätt som gör att man kan överföra information på ett korrekt sätt mellan olika programvaror. Standardisering av geometrisk beskrivning är grundläggande för effektiv CAD-projektering. I översiktliga redovisningar kan övergripande generellt bestämda delar av byggnaden vara lämpliga objekt, t ex väggar, tak och bjälklag, samt hela system som stomme och va-system. Dessa "storbyggsdelar" förekommer i viss utsträckning i BSAB-systemet. I förslagsskedet när tonvikten ligger vid byggnadsverkets funktion i relation till brukarna kan andra funktionellt bestämda delar vara relevanta, t ex inredningsenheter för kök, tvätt och hygienutrymmen. Detta kräver en mer detaljerad funktionsbaserad klassifikation än BSAB-systemets byggsdelar, t ex kan en anpassad varuklassifikation vara användbar för detta syfte.

I bygghandlingsskedet då byggnadens tekniska lösningar bestäms vid upprättande av detaljrutningar och den tekniska beskrivningen, är det den etablerade byggklassifikationens objekt byggsdelar och produktionsresultat som är tillämpliga. Den tekniska lösningen för en byggsdel anges översiktligt genom att bestämma byggsdelstyp, och mer detaljerat genom att ange respektive produktionsresultat, se Figur 17.



Figur 17. Exempel på klassifikation i olika skeden av projekteringen

I förvaltningsskedet föreligger liksom i de tidiga skedena behov både av övergripande redovisning och av detaljerad funktionsbaserad klassifikation, och liksom i senare skeden av byggprocessen behov av teknisk specifikation med byggsdelstyper. Underhållsperspektivet ställer egna krav på klassifikation av förvaltningsresultat (Yngve 1999).

Industry Foundation Classes, IFC

International Alliance for Interoperability, IAI, bildades 1995 på initiativ från Autodesk Inc och representanter för amerikansk byggindustri. Syftet är att möjliggöra *interoperabilitet*, utbyte av information utan behov av mellanliggande mänsklig tolkning, mellan olika objektorienterade programvaror för t ex CAD, kalkyl och tidplanering. Målet skall uppnås genom utveckling av en internationell standard, Industry Foundation Classes, IFC, som fastlägger ett gemensamt sätt att definiera begrepp, terminologi och filöverföringsformat mellan applikationer (IAI 1996).

IFC kan beskrivas som ett begreppsmässigt ramverk som avses omfatta alla objekt av intresse i bygg- och förvaltningssektorn. Det skall kunna tillämpas för uppbyggnad av begreppsscheman och informationsutbyte mellan olika applikationer.

Målet med IFC är att skapa gemensamma begrepp, och en gemensam terminologi samt ett gemensamt filöverföringsformat hos medverkande system.

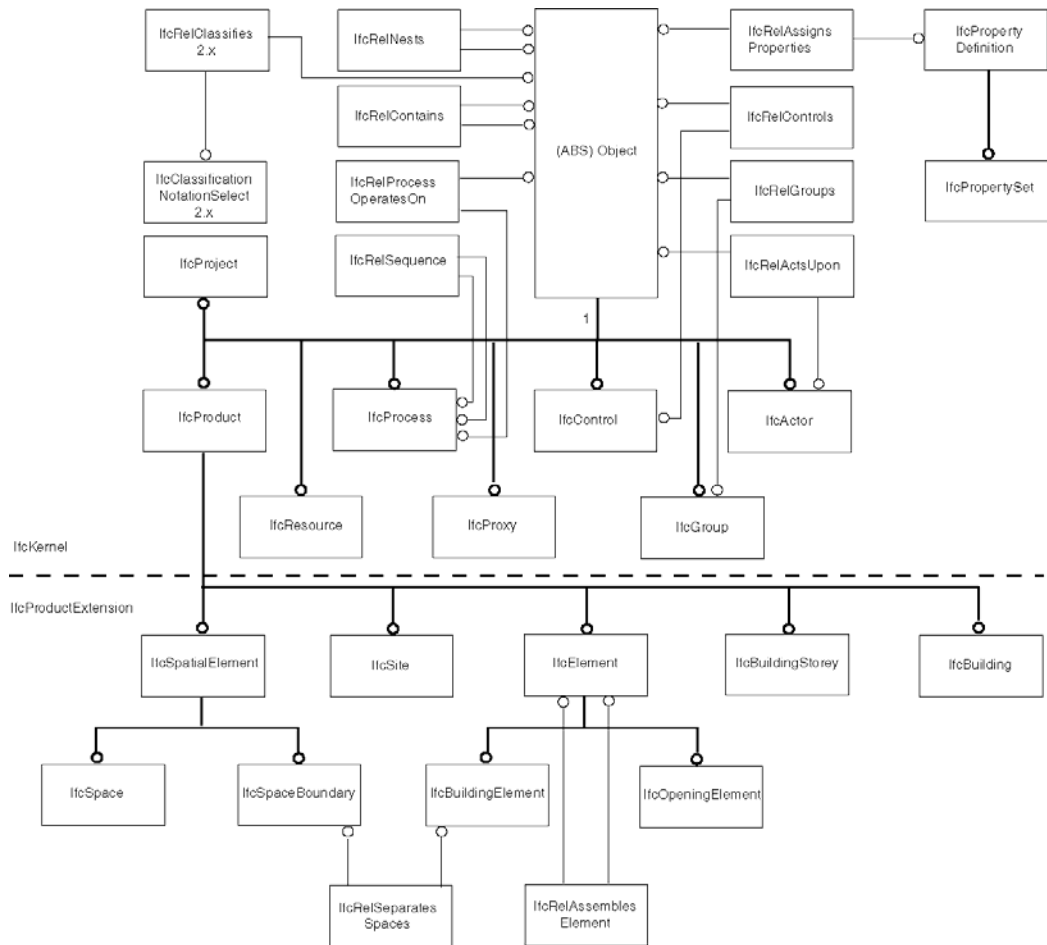
IFC baseras i många avseenden på STEP:s olika standarder. Se nedan avsnittet "Informationssystem för produktinformation". ISO 10303 Part 11 avser EXPRESS som används som språk för informationsmodellering, Part 21 används som filformat för objektbaserad informationsöverföring, part 41 definierar grunderna för produktbeskrivning och Part 42 de geometriska beskrivningarna.

IFC har hittills utkommit i fem officiella versioner. Den första, version 1.0 omfattade endast en mycket liten del av det totala ramverket. Med version 1.5 skapades grunden för tillämpning i kommersiella programvaror. Erfarenheter och problem med denna gjorde att man gav ut en uppdatering benämnd version 1.5.1. Version 2.0 har utökat täckningen av domänerna och den senaste version 2.x bygger på en plattform med en stabil kärna som kan förbli oförändrad under en längre tid. Förändringar som behövs för olika tillämpningar och anpassningar kan senare komma att inarbetas i kommande versioner.

IFC använder EXPRESS som språk för utarbetande av begreppsscheman. De språkliga symbolerna i EXPRESS, entiteter, attribut och relationer har använts som utgångspunkt för definitionen av den grundläggande begreppsmodellen hos IFC. För en kortfattad beskrivning av EXPRESS se avsnittet Process och produktmodellering. Den senaste versionen IFC 2.x, som i korthet beskrivs här, har en s k "metamodell" som består av IfcObject, IfcRelationship och IfcPropertyDefinition. Se Figur 18.

Dessa grundläggande entiteter specialiseras därefter till allmänna klasser som IfcProduct, IfcProcess och IfcControl samt olika relationer som IfcRelContains och IfcRelGroups. I denna nivå behandlas grundläggande funktionalitet som läge, processkedan, relationen del-helhet, kopplingar och grupperingar av objekt. Tillammans utgör dessa klasser IFC:s Core model, "Kärna".

Nästa nivå benämns Core Extension Layer, "Tillägg till Kärnan", och består av specialiseringar av klasserna i Kärnan. IfcProductExtension definierar grundläggande objekt för bygg- och fastighetssektorn som IfcElement, IfcSpace, och IfcBuilding. Delar av IFC Kernel och IfcProductExtension redovisas i figur 18. Utanför kärnan med dess tillägg befinner sig Interoperability Layer, vilket i detta sammanhang kan översättas med "Branschgemensamt" som avser klasser som är gemensamma för hela bygg- och fastighetssektorn eller för flera olika discipliner. Här återfinns t ex IfcWall, IfcBeam och IfcElectricalAppliance. I ytterligare nästa nivå finns specialiserade utvidgningar för enskilda discipliner.



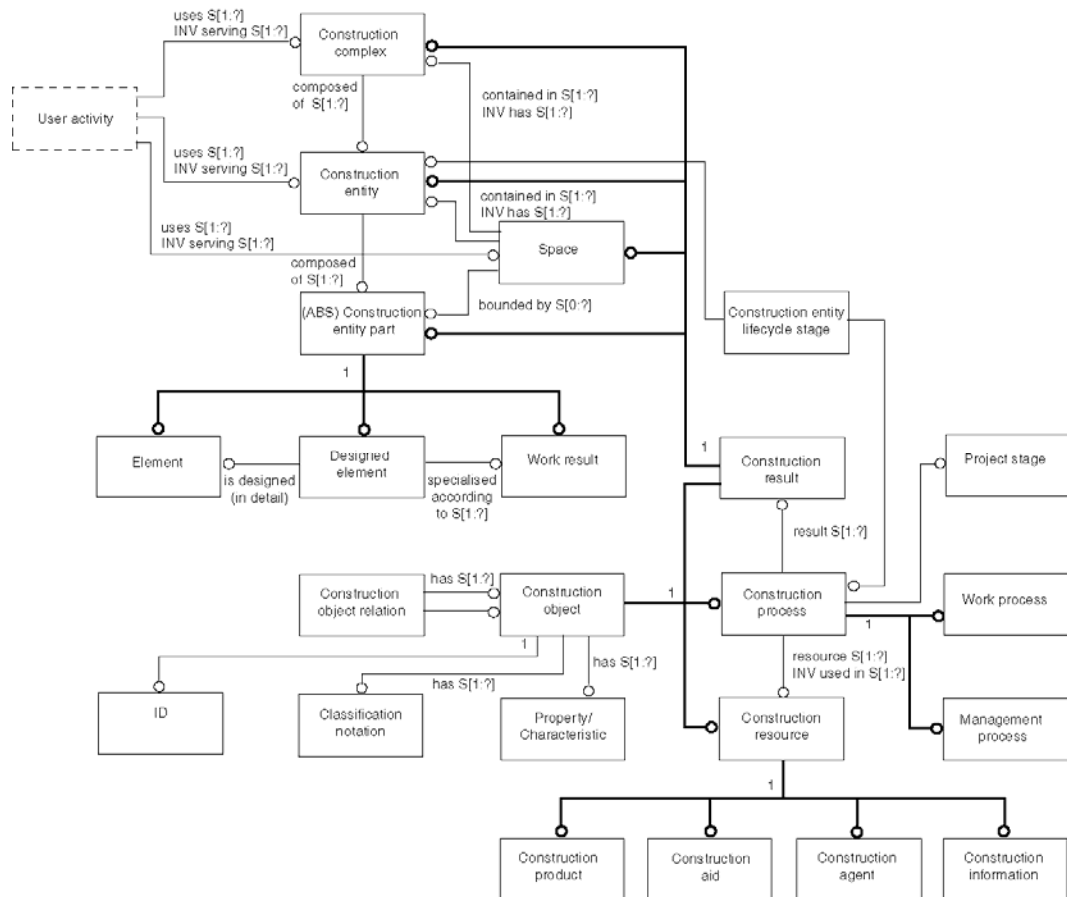
Figur 18. Delar av IFC i EXPRESS-G

IFC-objekten har vissa fördefinierade egenskaper där dessa är relevanta, t ex geometri. Andra egenskaper kan knytas till objekten dels med IFC-definierade IfcPropertyDefinition och dels med applikatörsdefinierade IfcPropertySet. Med objekten och deras egenskaper kan man beskriva olika domäner, t ex byggnadsproduktion eller förvaltning av byggnadsverk.

IFC i förhållande till SS-ISO 12006-2 och BSAB 96

Det är ett uttalat syfte för IFC att bli en industristandard för överföring av objekt-baserad information mellan olika programvaror i bygg- och förvaltningssektorn. För att tillämpas måste IFC stödja överföring av information strukturerad enligt SS-ISO 12006-2 samt olika nationella och regionala system baserade på denna standard. I följande avsnitt görs en kortfattad jämförelse mellan IFC och SS-ISO 12006-2 samt det svenska BSAB-systemet som baseras på ISO-standarderna.

För att kunna jämföra IFC och SS-ISO 12006-2 visas samma diagram som tidigare redovisats i Figur 11 i avsnittet om SS-ISO 12006-2 men här utarbetat i EXPRESS-G. Se figur 19.



Figur 19. SS-ISO 12006-2 i EXPRESS-G (Entiteter inom streckade linjer har tillagts av förf. för att göra framställningen mer komplett)

En kort beskrivning av EXPRESS-G finns i avsnittet om process och produktmodellering. Som tillägg till den beskrivningen gäller här att siffran "1" i diagrammet vid "typ-av"-relationerna anger att ett objekt endast får tillhöra en av de specialiserade klasserna, medan "andor" innebär att ett objekt kan klassificeras på flera sätt.

En jämförelse mellan IFC-schemat och de båda övriga visar att strukturen i IFC:s ramverk skiljer sig från ISO:s på så sätt att IFC inte redovisar en specialisering från en allmän domänbeskrivning mot specifika domäner inom byggande och förvaltning. IFC-schemat visar snarare en samling klasser som skall kunna användas för att bygga domänspecifika scheman. Det finns emellertid vissa beroenden mellan klasserna t ex "typ-av" som gör att ramverket inte är helt neutralt användbart utan baseras på en föreställning om vissa domäner. IFC:s ramverk utgår från EXPRESS-språkets grundsymboler till skillnad från SS-ISO 12006-2 som är språkligt neutral och utgår från en modell av den byggda miljön baserad på systemteori och egenskapsteori.

Schemat i Figur 18 möjliggör en viss en jämförelse mellan ramverken. IfcElement är en superklass till IfcBuildingElement och IfcOpeningElement. Den senare klassen refererar till öppningar, tomrum, som kan fyllas med de förra. IfcOpeningElement härrör ur behovet inom CAD och finns inte i byggklassifikationen.

ISO-klasserna Element, Designed Element och Work Result med motsvarigheterna Byggdel, Byggdelstyp och Produktionsresultat i BSAB-systemet utgör olika vyer mot byggnadsverkets delar och motsvarar olika informationsbehov beroende på skede och aktör. Klassen Produktionsresultat finns inte i IFC. Vid tillämpningar med BSAB-systemet måste den därför representeras av en tillfällig lösning, t ex med klassen IfcProxy kompletterad med referens till specifikt produktionsresultat i BSAB 96, t ex "murverk av tegel".

IfcBuildingElement har underklasser som IfcWall och IfcFloor och motsvarar i många avseenden klassen Element i ISO-standarderna. IfcElement kan emellertid ha angivet material vilket inte är möjligt för ISO Element som enbart definieras med avseende på funktion, dvs inte kompositionellt.

I SS-ISO 12006-2 är Element "del-av" Construction Entity. IfcBuildingElement kan vara del av både IfcSpace, IfcSite, IfcBuilding och IfcBuildingStorey. För att beskriva detta används relationen IfcRelContains. I SS-ISO 12006-2 är utrymme del av Construction Entity medan ett utrymme i IFC inte anges som del av ett byggnadsverk utan av IfcBuildingStorey. IfcBuildingStorey kan i sin tur vara del av byggnaden genom IfcRelContains.

Ett sjukhus, en flygplats eller en väg mellan två orter, består av flera byggnadsverk som tillsammans möjliggör att verksamheten kan bedrivas. Denna grupp byggnadsverk benämns Infrastrukturell enhet i BSAB 96 och Construction complex i ISO standarderna. Det begrepp i IFC som ligger närmast benämns Building complex, och skapas på ett ganska komplicerat sätt genom relationen IfcRelGroups mellan IfcBuilding och IfcGroup. Den senare ges textattributet GroupPurpose vilket härvid benämns "BuildingComplex".

En jämförelse mellan klasserna i IFC och de i SS-ISO 12006-2 och i BSAB 96 visar således både likheter och skillnader. Klasser i Kärnan och Tillägg till Kärnan återfinns i SS-ISO 12006-2, och klasser i Branschgemensamt och vidare specialiseringar återfinns i BSAB 96. Den största skillnaden ligger i relationerna mellan objekt. Ett stort problem för IFC är att man inte tillämpar samma grundsyn på domänen som den internationella standarden för byggklassifikation SS-ISO 12006-2. En förklaring kan vara att IFC har utgått från ritningspraktikens behov, t ex anses en vägg i byggnaden först och främst vara del av ett våningsplan, inte som i ISO-standarderna att vara del av byggnaden.

För att IFC skall komma till praktisk användning i bygg- och fastighetssektorn krävs en anpassning till redan etablerade standarder som SS-ISO 12006-2. Områden där IFC kan få en omedelbar tillämpning är standardisering av den geometriska representationen av objekt i CAD-system, samt standardisering av relationer mellan objekt. Det är inom dessa områden som inte täcks av den etablerade byggklassifikationen som IFC kan bli betydelsefullt redan på kort sikt. Det återstår mycket arbete innan IFC kan få praktisk tillämpning, men eftersom intresset för objektbaserad informationsöverföring ökar så bör även behovet av standardisering öka. SS-ISO 12006-2 har visat hur en gemensam grundstruktur kan byggas för domänen och med rätt utveckling kan IFC utgöra innehållet i ett gemensamt internationellt ramverk för byggande och förvaltning.

Process- och produktmodellering i byggande och förvaltning

Informationssystem för produktinformation

Informationssystem har utvecklats som stöd för informationshantering i verksamheter av olika slag. I avsnittet om informationssystem nämndes till exempel stöd för lönehantering, fakturering, resebokningssystem, statistik och analyser avseende verksamhetens utveckling, samt sökning och sammanställning av information i databaser om kundpreferenser m m.

Även inom tillverkningsindustrin har informationssystem tagits i bruk som stöd vid produktutformning och produkttillverkning, t ex i form av CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing). Behovet i dessa processer av samverkan och utbyte av information mellan olika aktörer har lett till ett omfattande standardiseringsarbete.

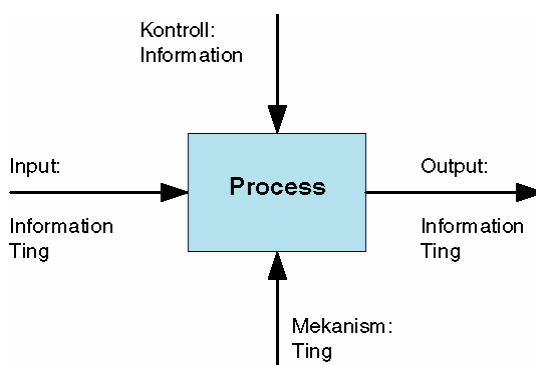
Inom ISO har en särskild teknisk kommitté ISO TC 184/SC 4 tillsatts för att arbeta fram erforderliga gemensamma standarder för produktinformationssystem. Standardernas syfte är att skapa ett branschgemensamt ramverk att användas vid utveckling av begreppsscheman. Standarderna som benämns "Application Protocol", AP, har det övergripande namnet STEP, "STandard for Exchange of Product Model Data" (STEP 2002). Arbetet hittills har lett till utveckling av en lång rad AP inom olika industrigrenar som flygindustri och bilindustri, skeppsbyggnad och offshore. Byggindustrin finns representerad men endast i mindre omfattning. Motsvarande internationell standardisering för bygg- och fastighetssektorn bedrivs huvudsakligen inom IAI, International Alliance for Interoperability, genom utveckling av ramverket IFC, Industry Foundation Classes.

Utvecklingen av en STEP-standard sker enligt en fastställd metodik. Den inleds med en beskrivning av det sammanhang som standarden skall tillämpas i och krav på dess omfattning och informationsinnehåll. För att bestämma omfattningen utarbetas en beskrivning av de processer där informationsutbytet sker. Processbeskrivningen resulterar i en s k "Application Activity Model", AAM, som klargör vilken information som skall tillföras en aktivitet och vilken information som skall vara resultatet av aktiviteten. Processbeskrivningen utarbetas med stöd av olika modelleringstekniker men framförallt används IDEF0, se nedan. Resultatet av processbeskrivningen ligger till grund för utarbetandet av en s k Application Reference Model, ARM, som är en begreppsmodell för den domän informationssystemet hanterar information om. En ARM beskrivs i EXPRESS som är ett formellt språk för datadefinition. En kortfattad beskrivning ges i avsnittet om EXPRESS.

De följande stegen avser integration och kvalitetssäkring, bl a utvecklas en s k "Application Interpreted Model", AIM, som innefattar ett tillägg till ARM med gemensamma resurser s k "Integrated Resources" utvecklade inom hela STEP-arbetet, t ex för geometriinformation och metadata avseende dokumenthantering. För dem som är intresserade av en detaljerad beskrivning av utvecklingsmetoderna för AP hänvisas till STEP's webb-sidor på <http://www.tc184-sc4.org/>, bl a http://www.tc184-sc4.org/SC4_Open/SC4_Standards_Developers_Info/Files/ACF21AC.pdf.

IDEF0

IDEF0 som står för ”Integration Definition Language 0 for Function Modelling” är en metod för dokumentation och grafisk beskrivning av processer (Marca och McGowan 1988). IDEF0 baseras på en grundläggande processmodell där en process eller aktivitet representeras grafiskt av en rektangel med namnet på aktiviteten och med pilar som symboliserar input, output, kontroll och mekanism. Modellen kan användas både då processen hanterar information och konkreta ting. Se Figur 21.

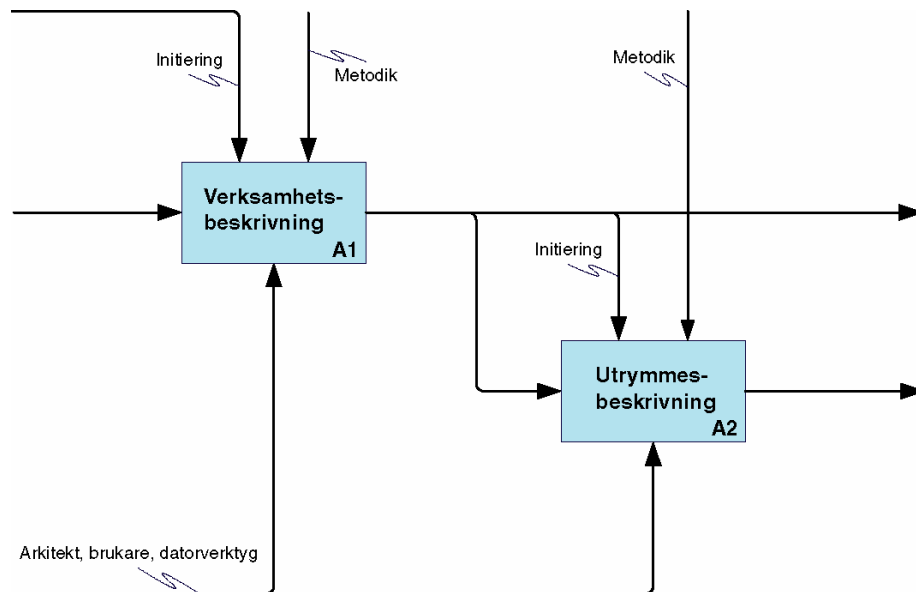


Figur 21 En process enligt IDEF0

Vid informationshantering motsvaras input av information som tillförs aktiviteten och output är information som produceras i aktiviteten. Informationen föreligger i olika medier, men mediet är inte i fokus utan det är informationens mening, dess semantiska innehåll, som är viktig. Man skiljer mellan information som input och som kontroll. Den förra avser information som behandlas i processen medan den senare avser regler och restriktioner för hur aktiviteten genomförs, t ex kvalitetsplaner och instruktioner för arbetsrutiner. Den undre pilen anger processen ur ett kompositionellt perspektiv och avser de konkreta ting som genomför informationshanteringen i processen, t ex personer och utrustning, dessa benämns *mekanism*.

Som exempel på tillämpningen kan nämnas utvecklingen av en enkel applikation för att hantera information om verksamheten i en byggnad i samband med programarbete (Ekholm 2001a). Processmodellen urskiljer aktiviteterna ”verksamhetsbeskrivning” och ”utrymmesbeskrivning”, se figur 22. Input är information om verksamheten, kontroll är information att processen skall initieras samt metodik för genomförandet, output är verksamhetsbeskrivningen, och mekanismen är deltagarna i arbetet t ex brukare och arkitekter samt hjälpmedel som datorer.

Verksamhetsbeskrivningen utgör input till nästa steg som innebär utarbetande av en utrymmesbeskrivning, också benämnd ”rumsfunktionsprogram”. Resultatet av verksamhetsbeskrivningen är en beskrivning av verksamhetens aktiviteter inklusive deras rumsliga utsträckning och relationer, aktiviteternas varaktighet samt antal personer och den utrustning som bidrar till att utföra verksamhetens aktiviteter.



Figur 22. Processbeskrivning med IDEF0

En process i IDEF0 kan indelas i delprocesser i ett obegränsat antal nivåer. Metodiken beskriver processer som strikt sekventiella, men den har ingen tidsdimension. IDEF0-diagram kan utarbetas med datorredskap men har ingen inbyggd logik som kan användas för beräkningar och är endast avsedda för mänsklig tolkning.

EXPRESS

Artificiella språk för informationsmodellering bygger på den så kallade Entity-Relationship (ER) -modellen som utvecklats för att underlätta implementering i relationsdatabaser (Chen 1976). ER-modellen utgår från att en domän kan representeras av begreppen "entity" och "relationship". En "entity" representerar ett objekt i domänen, det kan vara ett ting eller en egenskap hos ett ting, och "relationship" är en relation mellan objekt, t ex mellan ett ting och en egenskap.

EXPRESS som baseras på ER-modellen är en ISO-standard, Part 11 av ISO 10303, och används som språk för produktmodellering inom STEP-arbetet. EXPRESS har både en textbaserad och en grafisk variant. I den textbaserade varianten representeras domänen av ett *schema*. Schemat utgör begreppsmodellen för domänen och innehåller alla modellens utsagor om domänens objekt, deras egenskaper och relationer (Schenck och Wilson 1994).

EXPRESS-G är namnet på den grafiska varianten av språket. Den används i samband med utvecklingen av schemat, t ex i kommunikationen med domänexperter och framtida brukare av informationssystemet. Den grafiska representationen kan inte ersätta den textbaserade utan måste kompletteras med text, t ex för att uttrycka regler och restriktioner.

I EXPRESS-G finns tre huvudtyper av symboler benämnda "definition", "relation" och "composition". "Definition" är en rektangulär symbol för entiteter. Den betecknar både komplexa datatyper, d v s objekt och deras egenskaper, och enkla datatyper, d v s attributvärden som textsträngar, siffror, m fl. "Composition" är en rektangel med rundade hörn och används för att ange hur schemat är sammansatt

- Broman, J. (1994). Från byggprocess till fastighetsföretagande. I Wikforss, Ö. Från nyproduktion till fastighetsföretagande. Stockholm: Byggeforskningsrådet. Rapport T3:1994.
- Bunge M. (1983b). Epistemology and Methodology II: Understanding the World, Vol. 6 of Treatise on Basic Philosophy. Dordrecht: Reidel.
- Bunge M. (1983a). Epistemology and Methodology I: Exploring the World, Vol. 5 of Treatise on Basic Philosophy. Dordrecht: Reidel.
- Bunge M. (1979). Ontology II: A World of Systems, Vol. 4 of Treatise on Basic Philosophy. Dordrecht: Reidel.
- Bunge M. (1977). Ontology I: The Furniture of the World, Vol. 3 of Treatise on Basic Philosophy. Dordrecht: Reidel.
- Bunge M. (1974b). Semantics II: Interpretation and truth, Vol. 2 of Treatise on Basic Philosophy. Dordrecht: Reidel.
- Bunge M. (1974a). Semantics I: Sense and Reference, Vol. 1 of Treatise on Basic Philosophy. Dordrecht: Reidel.
- Chen P. (1976). The entity-relationship model: towards a unified view of data. ACM Transactions on database systems no 1 vol 1 pp 9-36.
- CIB (1993). CIB Master List of Headings for the Arrangement and Presentation of Information in Technical Documents for Design and Construction. CIB Report. Publication 18:1993.
- Eastman C. 1999. *Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction*. CRC Pr, London.
- Eastman C. M. and A. Siabiris 1995. "A generic building product model incorporating building type information". *Automation in Construction*, 3(4), p. 283-304.
- Eir A. och Ekholm A. (2002) From rough sketches to final designs Portoroz, Slovenia.
- Ekholm A. 2001a. "Activity objects in CAD programs for building design". Forthcoming in Proceedings from CAADFutures 2001. TUE, Eindhoven.
- Ekholm A. 2001b. "BSAB och klassifikation för produktmodellering och design". Slutrapport förstudie 2001-04-10. AB Svensk Byggtjänst, Stockholm.
- Ekholm A. 1996. A conceptual framework for classification of construction works. ITcon vol. 1, 1996, <http://itcon.org/>.
- Ekholm A. och S. Fridqvist, 2000, "A concept of space for building classification, product modelling, and design". *Automation in Construction*, 9(3), p. 315-328.
- Ekholm A. och S. Fridqvist, 1998, "A dynamic information system for design applied to the construction context". In: Björk B.-C. and A. Jägbeck (eds) *The Life-Cycle of IT Innovations: Proceedings of the CIB W78 Conference, June 3-5, 1998*. Stockholm, KTH.
- Ekholm A. and S. Fridqvist, 1996, "Modelling of user organisations, buildings and spaces for the design process". In Turk Z. (ed.) *Construction on the Information Highway. Proceedings from the CIB W78 Workshop, 10-12 June 1996, Bled, Slovenia*.
- Fridqvist S. 2000, *Property-oriented information systems for design. Prototypes for the BAS-CAAD project*. (Diss.) Lund Institute of Technology, Lund University, Lund
- Garret H. and Hakim M. (1994). Class-centred vs. Object-centred Approaches for Modelling Engineering Design Information. Proceedings of the IKM-Internationales Kolloquium über Anwendungen der Informatik und der Mathematik in Architektur und Bauwesen, pp 267-272, Weimar, Germany 1994.
- GDL (2002) <http://www.gdltechnology.com/> . *Kontaktad 2002-09-30*.

- Giertz, L.M 1982. SfB and its development 1950-1980. An Anas Forbartha, Dublin.
- Hunter E. J. (1988) Classification made simple. Hants: Gower.
- IAI (1996). Industry Foundation Classes Release 1.0. Industry Alliance for Interoperability.
- ISO (1997). SS-ISO 12006-2 Building construction - Organisation of information about construction works-Part 2: Framework for classification of information. Geneva: International Standardization Organisation.
- ISO (1994). ISO 10303-1:1994 (E). *Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part: Overview and fundamental principles*. International Organization for Standardization, Geneva, 1994.
- ISO (1985). *Concepts and terminology for the conceptual schema and the information base* ISO/DTR 9007 (TC97), also SIS teknisk rapport 311. SIS, Stockholm.
- van Leeuwen J. (1999). Modelling architectural design information by features. Technische Universiteit Eindhoven.
- Lawson B.(1998). Towards a computer-aided architectural design process: a journey of several mirages. *Computers in Industry* 35(1998) pp 47-57.
- Marca D. A. and McGowan C.L. (1988). SADT: Structural analysis and design technique. New York: McGraw-Hill.
- Ogden C. K. och Richards I. A. (1972) *The Meaning of Meaning*. Kegan Paul, London
- Rittel H. 1984, In N. Cross *Developments in Design Methodology*. John Wiley and Sons, London.
- Rumbaugh, J, Blaha, M., Premerlani, W., Eddy, F., & Lorenzen, W. (1991). *Object-Oriented Modeling and Design*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Simon H. 1981, *The Sciences of the Artificial*. MIT Press, Cambridge.
- SIS (2002) Strukturering av information om byggnadsverk Del 2 Ramverk för klassificering av information. Stockholm: SIS Förlag.
- STEP (2002). <http://www.mel.nist.gov/sc5/soap/soapword0607.gif>. Anslutning 2002-10-01.
- Svensson K, H. Yngve, C. Bergenudd and E. Sandström, 2000. *Processhandbok. Bilaga 1, Översikt över Fastighetssektorns rekommendationer för förvaltningsinformation*. Byggstandardiseringen, Stockholm.
- Websters 1999, *New Collegiate Dictionary*. Electronic edition. G&C Merriam Co., Springfield, Massachusetts.
- Svensk Byggtjänst, 1998. BSAB 96 System och tillämpningar. SB-Rekommendationer nr 10. Svensk Byggtjänst AB, Stockholm.
- TNC (1994). *Plan- och byggtermer 1994*. Stockholm: Tekniska nomenklaturcentralen.
- Wikforss Ö. 1993. *Informationsteknologi tvärs genom byggsevrige*. AB Svensk Byggtjänst, Stockholm.
- Yngve H, Ekholm A., Häggström L., Johansson B., Lönn R, och Oresten B. (2002). *Klassifikation av Byggnadsverk och utrymmen – huvudstudie*. Svensk Byggtjänst, Stockholm.
- Yngve H. m fl (1999) *Förvaltningsresultat ur kund- och utförarperspektiv – principer för klassifikation*. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.