



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY  
DENMARK

## Byggelogistik

*Erfaringer fra seks forsøgsbyggerier*

Clausen, L.

*Publication date:*  
1999

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*  
Clausen, L. (1999). *Byggelogistik: Erfaringer fra seks forsøgsbyggerier*. SBI forlag. SBI-rapport Nr. 316

### General rights

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 -

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Byggelogistik

- Erfaringer fra seks forsøgsbyggerier



SBI-RAPPORT 316 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1999



# Byggelogistik

- Erfaringer fra seks forsøgsbyggerier

LENNIE CLAUSEN



SBI-RAPPORT 316 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1999

**SBI-rapporter** er beretninger om afsluttede forskningsprojekter.

**SBI-publikationer** udgives i følgende serier: Anvisninger, Rapporter, Meddelelser, Byplanlægning og Beton. Publikationerne fås gennem boghandelen eller ved at tegne et SBI-abonnement. Instituttets årsberetning og publikationskatalog er gratis og kan rekvireres fra SBI.

**SBI-abonnement** er en rabatordning med mange fordele for dem, der vil sikre sig løbende orientering om væsentlige udgivelser inden for byggeforskningsområdet. Ring til SBI og hør nærmere.

ISBN 87-563-1013-7.

ISSN 0573-9985.

Pris: Kr. 90,00 inkl. 25 pct. moms.

Oplag: 800.

Tekstbehandling: Inge Thoudahl Lundqvist.

Forside og illustrationer: Bo Amstrup Vestergaard.

Tryk: Tekst & Tryk.

Statens Byggeforskningsinstitut,  
Postboks 119, 2970 Hørsholm.

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen:

*SBI-rapport 316: Byggelogistik - Erfaringer fra seks forsøgsbyggerier. 1999.*

# Indhold

Indhold .....	3
Forord .....	5
Sammenfatning.....	6
Erfaringer om logistik fra forsøgsbyggerierne .....	8
De seks forsøgsbyggerier .....	8
Forsøgstemaer i forsøgsbyggerierne .....	11
Forsøgene blev fulgt og evalueret.....	12
Hvad har vi lært om byggelogistik? .....	13
Hvilke spørgsmål er uafklarede? .....	18
Logistikforsøgene som udviklingsprojekter.....	20
Udviklingsorganisationen – et netværk af virksomheder .....	20
Aktørernes teknologiledelses-roller.....	21
Implementering af logistiksystemet .....	23
At bryde med vante rutiner .....	25
Byggeopgaven ”skygger” for udviklingsopgaven .....	25
Skæv fordeling af omkostninger og gevinster .....	26
Konfliktløsning .....	27
Udbredelse af logistikidéerne i byggesektoren.....	28
Referencer.....	33
Summary .....	34



# Forord

Forsøgsbyggeriet "Sophiehaven" i Hillerød fik i starten af 90'erne for alvor sat logistik på dagsordenen for byggeriets udvikling. Analyser sandsynliggjorde, at der var gode muligheder for en betydelig produktivtetsgevinst, hvis man fra byggevirksomhedernes side forbedrede og forstærkede indsatsen på logistikområdet. Siden er der gennemført en række forsøg med udvikling af en forbedret logistikpraksis.

Denne rapport sammenfatter erfaringerne fra de to første Sophiehaven-forsøg og fire efterfølgende forsøgsbyggerier gennemført i perioden 1991-1996, alle seks forsøg under ledelse af NIRAS Rådgivende Ingeniører og planlæggere A/S (tidligere: Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S). Samtidig giver forsøgsrækken mulighed for, på et mere generelt plan, at vurdere vilkårene for gennemførelse af forsøgsbyggeri og udviklingsprojekter i dansk byggeri. Rapporten indeholder derfor også en diskussion af nogle af de karakteristiske træk ved den proces forsøgsbyggerierne gennemløber og de problemer, som projektdeltagerne støder på undervejs. Rapporten afsluttes med en diskussion af betingelserne for, at det udviklede logistiksystem kan spredes til den øvrige byggeindustri og byggeproduktion.

SBI har i forskelligt omfang medvirket ved indsamling og evaluering af resultater og erfaringer fra forsøgsbyggerierne. SBI vil i den forbindelse gerne sige de involverede virksomheder tak for deres åbenhed og interesse igennem hele udviklingsforløbet. Ligeledes tak til Sven Bertelsen, NIRAS, for konstruktive kommentarer til rapportens indhold.

Statens Byggeforskningsinstitut  
Afdelingen for Byggeteknik og Produktivitet  
Jørgen Nielsen, forskningschef, maj 1999

# Sammenfatning

Nærværende rapport indeholder en analyse af bestræbelserne på at udvikle og indføre logistiktankegangen i dansk byggeri. Analysen er primært baseret på erfaringerne fra seks forsøgsbyggerier med fokus på byggelogistik gennemført i perioden 1991-1996. De seks forsøgsbyggerier omhandlede udvikling og afprøvning af et logistiksystem, som i dag er kendt under betegnelsen "Sophiehaven-modellen", opkaldt efter bebyggelsen, der indgik i det første forsøgsbyggeri. Udover de i denne rapport behandlede forsøgsbyggerier er der i de senere år gennemført flere andre logistikforsøg, blandt andet inden for rammerne af de to udviklingsprogrammer "Projekt Renovering" og "Proces- og Produktudvikling i byggeriet". Disse forsøgsbyggerier tager alle i større eller mindre grad udgangspunkt i "Sophiehaven-modellen".

I første del af rapporten præsenteres de seks forsøgsbyggerier og de centrale udviklingstemaer, efterfulgt af en vurdering af de opnåede resultater. Det påpeges, at forsøgsbyggerierne har åbenbart et betydeligt potentiale for en produktivitetsgevinst. Men forsøgene har også vist, at for at opnå denne gevinst er det nødvendigt med en positiv opbakning fra alle implicerede parter, fra virksomhedernes topledelse til håndværkersvendene på byggepladsen. En grundig forberedelse er nødvendig, fordi logistiksystemet omfordeler arbejdet mellem byggeriets parter og dertil kræver en delvis omlægning af ellers veletablerede rutiner og procedurer i relation til planlægning og styring af materialeleverancer i byggeprocessen. Det gælder fx entreprenørernes indkøbspolitik, som traditionelt er præget af en kortsigtet ad hoc købsadfærd. Materialekoordinatoren, den såkaldte "scaffers", udgør et centralt element i logistiksystemet og kan under de rette vilkår og med den rigtige person på posten styrke planlægningen og koordineringen af materialeleverancer til byggepladsen. Blandt de endnu uafklarede forhold fremhæves især behovet for yderligere analyser af logistikomkostningerne i hele byggeriets værdikæde.

Rapportens anden del fokuserer på forsøgsbyggerierne som udviklingsprojekter. Organiseringen omkring forsøgsbyggerierne beskrives og de mange deltagere karakteriseres med hensyn til deres roller i de enkelte forsøgsbyggerier og i udviklingsprocessen som helhed. Det beskrives, hvordan de involverede virksomheder i forsøgsbyggerierne hele tiden skal forsøge at afbalancere et kortsigtet krav om lønsomhed for den enkelte byggesag med et langsigtet krav om innovation og virksomheds-

udvikling. Denne situation afføder et behov for en strategisk forankring af udviklingsarbejdet hos byggevirksomhederne. Desuden beskrives hvordan byggeopgaven i forskellige pressede situationer har det med at "skygge" for udviklingsopgaven i forsøgsbyggerierne, ligesom projektdeltagerne i flere tilfælde havde vanskeligt ved at bryde med de vante roller og rutiner i byggearbejdet.

Rapporten afsluttes med en diskussion af betingelserne for at logistiksystemet kan spredes til den øvrige byggeindustri. I den forbindelse trækkes blandt andet på resultater fra innovationsforskningen. Heraf fremgår, at logistiksystemet trods de positive perspektiver tilsyneladende også fremover vil få vanskeligt ved at opnå større udbredelse. Som nogle af barriererne fremhæves incitamentstrukturerne i byggesektoren, logistiksystemets "systemiske" natur og andre særlige kendetegn, samt ikke mindst byggeriets opsplittede projektstruktur. Alle sammen forhold, der kræver, at innovative virksomheder konstant må søge at "overtale" og skabe sig alliancer med byggeprocessens andre parter.

# Erfaringer om logistik fra forsøgsbyggerierne

I de følgende afsnit præsenteres de seks forsøgsbyggerier, og de væsentligste resultater og erfaringer vedrørende logistiksystemets funktion i praksis opsummeres. På denne baggrund diskuteres på hvilke områder, der er behov for en yderligere udviklingsindsats.

## *De seks forsøgsbyggerier*

Forud for det første forsøgsbyggeri i rækken - Sophiehaven, etape 1 - havde projektgruppen bag forsøgsbyggeriet gennemført et større udredningsarbejde med henblik på at afdække logistikproblemer i byggeprocessen og potentialet for en videreudvikling af gældende praksis på logistikområdet. På denne baggrund blev det basale logistiksystem udviklet. Det er siden hen blevet kendt som "Sophiehaven-modellen". Det er dette logistiksystem, som - med forskellige justeringer undervejs i udviklingsforløbet - har udgjort rygraden i alle seks forsøgsbyggerier. Grundelementerne i det basale logistiksystem er vist i figur 1. For en mere detaljeret gennemgang af logistiksystemet og forhistorien til forsøgsbyggerierne henvises til Boligministeriets to rapporter over Sophiehaven-byggerierne [1] [2].

Sophiehaven-byggerierne var i øvrigt bemærkelsesværdige ved, at de fokuserede på proces- og organisationsudvikling i byggeproduktionen. Derved adskilte de sig fra hovedparten af de indtil da gennemførte forsøgsbyggerier, som typisk omhandlede demonstration og afprøvning af byggekomponenter eller byggetekniske løsninger, altså produktorienteret udvikling.

Desuden er det værd at huske, at udviklingen af det industrialiserede byggeri i 1950'erne og 1960'erne, hovedsageligt baseret på betonelement-teknologien, indebar en betydelig proces- og organisationsudvikling, som tillige omfattede logistikområdet. Projektgruppen bag Sophiehaven-byggerierne havde som sit udgangspunkt at denne logistikmæssige kompetence var sat delvist over styr i den mellemliggende periode.

Efter de to etaper af Sophiehaven i Hillerød fulgte de to etaper af byggeriet Engbuen i Allerød, Bækkegården i Ølstykke og senest Boldbanen i Stenløse. De seks byggerier er repræsenteret i oversigtsform i figur 2 med

hensyn til byggeperiode (produktion på byggepladsen), byggesagernes omfang (antal boliger), entrepriseform og de respektive forsøgstemaer. Alle byggerierne er udtryk for en tidstypisk byggeteknik og almindelig god standard for almennyttigt boligbyggeri.

---

#### **Filosofien - "just-in-time" produktion**

- Leverancer planlægges efter arbejdets fremdrift på byggepladsen.
- Indbygning i forlængelse af levering til byggepladsen – undgå lagre.
- Minimering af bestillinger i sidste øjeblik.
- Tidligere og tættere samarbejde mellem projekterende, udførende og leverandører i byggeprocessen.
- Aktiv byggeledelse - "produktionschef" på byggepladsen.

#### **Administrative hjælpemidler – logistikværktøjer**

- Tids- og aktivitetsplaner
- Unitspecifikationer
- Leveranceplaner
- Afkaldeplaner
- Pladsplaner

#### **Drift af logistiksystem - "skafferen"**

- Sikre korrekt anvendelse af logistikværktøjer.
- Koordinering og afkald af leverancer til byggepladsen.
- Sikre modtagekontrol og evt. anvisning af lagerplads.
- Kontakt til leverandører.
- Modvirke "suboptimering" i byggeprocessen.
- Koordinering af fælles materiel på byggepladsen.

---

*Figur 1. Oversigt over de væsentligste elementer i det basale logistiksystem (Sophiehaven-modellen).*

Fælles for forsøgsbyggerierne gælder, at de er gennemført under Boligministeriets ordning for udviklingskvoter. Forsøgene har modtaget dispensationer fra udbudscirkulæret, hvilket har givet mulighed for at indhente underhåndsbud på en stor del af byggearbejderne. Dermed har de i udviklingsarbejdet deltagende entreprenører, håndværkssvirksomheder og leverandører været sikret deltagelse i alle byggeprocessens faser, inklusiv projekteringsfasen, i det omfang udviklingen og afprøvningen af logistiksystemet har krævet det.

De to Sophiehaven-byggerier er udført af to næsten identiske grupper af virksomheder. I Engbuen-byggerierne var der en del gengangere fra Sophiehaven, mens byggerierne i Ølstykke og Stenløse er gennemført af en helt ny konstellation af virksomheder, på nær enkelte virksomheder på leverandørsiden. NIRAS har været projektleder for udviklingsarbejdet i alle seks forsøgsbyggerier, og derudover har også en VVS-leverandør samt en generel byggevaregrossist, deltaget i samtlige forsøgsbyggerier. For fuldstændighedens skyld skal det nævnes, at Statens Byggeforskningsinstitut i varierende omfang har deltaget i evalueringen af de to første og de to sidste forsøgsbyggerier.

Byggesag	Bygge-periode	Byggeriernes omfang	Entrepriseform	Forsøgstema
<b>Sophiehaven</b> (etape 1) Hillerød	1991-1992	50 boliger	Hoved- entreprise	Basalt logistik-system
<b>Sophiehaven</b> (etape 2) Hillerød	1992-1993	50 boliger	Hoved- entreprise	Basalt logistik-system ("fuld skala")
<b>Engbuen</b> (etape 1) Allerød	1993-1994	40 boliger	Hoved- entreprise	Basalt logistik-system og dataudveksling
<b>Engbuen</b> (etape 2) Allerød	1993-1994	50 boliger	Hoved- entreprise	Basalt logistik-system og dataudveksling
<b>Bækkegården</b> Ølstykke	1994-1995	43 boliger (inkl. 5 renoverede boliger)	Fagentreprise	Basalt logistik-system og samarbejds-former
<b>Boldbanen</b> Stenløse	1995-1996	37 boliger	Fagentreprise	Basalt logistik-system og samarbejds-former

Figur 2: Oversigt over de seks forsøgsbyggerier.

De valgte entreprisereformer har især haft betydning for besættelse af funktionen som "skaffer" (materialekoordinatør) på byggesagerne. Skafferfunktionens placering har i alle forsøgene ligget fast hos byggelederen. Fra hvilken virksomhed byggelederen kommer, afhænger imidlertid af entreprisereformen. I de fire første byggerier i hovedentreprise varetog hovedentreprenøren skaffer-funktionen, mens den rådgivende ingeniør overtog skaffer-hvervet i de to sidste byggerier, der begge blev gennemført i fagentreprise. Skaffer-funktionen har været finansieret af en kombination af forsøgsmidler og midler overført fra underentreprenørerne i forbindelse med tilbudsgivningen.

### *Forsøgstemaer i forsøgsbyggerierne*

I første etape af Sophiehaven-byggerierne blev det basale logistiksystem udviklet og afprøvet på to entrepriser, mens anden etape omfattede en "fuld-skala" test med inddragelse af så godt som alle entrepriser. De administrative hjælpemidler blev anvendt i en "papirudgave", men sideløbende arbejdede man med opbygning af et edb-baseret databasesystem, som gradvist er udviklet og taget i brug i de efterfølgende forsøgsbyggerier.

Forsøgene i Engbuen-byggerierne var yderligere udvidet med en afprøvning af et koncept for dataudveksling i byggeprojekter, herunder brug af digital produktinformation og strukturering af det digitale projektmateriale. Forsøget tog afsæt i nogle af resultaterne af det gennemførte udviklingsarbejde inden for Teknologirådets initiativområde for "Dataudveksling i byggesektoren". Den formelle afrapportering fra forsøgsbyggerierne fokuserede primært på dataudveksling.

Efter de første forsøgsbyggerier blev opmærksomheden i stigende grad rettet mod de processuelle og organisatoriske sider af logistiksystemet. Det stod klart, at det var nødvendigt at udvikle nye samarbejdsformer i byggeprocessen for at opnå den fulde gevinst af logistiksystemet. Forsøgene i tilknytning til Bækkegården og Boldbanen fokuserede derfor primært på afprøvning af nye samarbejdsformer i forbindelse med anvendelse af logistiksystemet, hvilket blandt andet omfattede aktiv inddragelse af entreprenører og leverandører i projekteringsarbejdet og eksperimenter med flytning af arbejdsopgaver mellem parterne i forhold til den traditionelle arbejdsdeling i byggeriets projektorganisation. Hvad deltagerne intuitivt fornemmede i forbindelse med Sophiehaven-bygge-

rierne stod nu klart for alle: Udvikling og implementering af logistiksystemet er i virkeligheden et stykke proces- og organisationsudvikling.

### *Forsøgene blev fulgt og evalueret*

Da det var småt med fortilfælde til logistikforsøgene, har det været nødvendigt at udvikle nye evalueringsmetoder sideløbende med det logistikfaglige udviklingsarbejde. Den grundlæggende filosofi bag de anvendte metoder var, at erfaringer og data fra byggeprocessen skulle registreres løbende igennem byggeprocessen og ikke kun ved byggesagens afslutning. Kun på den måde var det muligt at opsamle pålidelig og relevant information om forsøgenes forløb.

For alle seks forsøgsbyggerier har alle projektdeltagerne deltaget i indsamling af erfaringer og resultater fra forløbet. Den væsentligste metode til denne erfaringsopsamling har bestået i en registrering af "hændelser", forstået som de uforudsete episoder, der i forbindelse med materialeleverancer i byggeprocessen påfører leverandører, entreprenører eller andre parter ekstra arbejde og omkostninger. Registreringen af hændelser og vurderingen af deres konsekvenser er foretaget af hver enkelt entreprenør og leverandør i samarbejde med og koordineret af skafferen. Der er løbende igennem byggesagerne sket en opfølgning af forsøgenes forløb, enten i forbindelse med byggemøderne eller i form af særskilte logistikmøder i tilknytning til byggemøderne. Ved afslutningen af byggesagerne er der endvidere gennemført interview med alle entreprenører og leverandører involveret i logistikarbejdet.

Hændelsesregistreringen giver imidlertid ikke i sig selv mulighed for at vurdere effekten af at anvende det nye logistiksystem. Dertil kræves i princippet yderligere viden om antallet og karakteren af hændelser i en såkaldt normal byggesag uden særlige logistikinitiativer. En sådan opgørelse fandtes ikke ved starten af forsøgsrækken, og det har ikke på noget tidspunkt været praktisk muligt at gennemføre sideløbende referencemålinger på en normal byggesag. Ydermere står man i byggeriet over for det problem, at to byggerier sjældent er ens, hvilket gør sammenlignende vurderinger fra byggesag til byggesag særdeles komplicerede og usikre.

Enkelte leverandører har dog været i stand til at give konkrete og detaljerede oplysninger af generel karakter om forskellige dele af deres eget arbejdsområde. Det gælder blandt andet data vedrørende antallet af leverancer til en typisk byggesag, antallet af fejlbehæftede leverancer og

transportomkostningernes andel af en leverances pris. Ligesom hovedparten af entreprenørerne ud fra tommelfingerregler og kvalitative overvejelser kunne bedømme forsøgsbyggeriernes forløb i forhold til almindelige byggesager. På dette grundlag har det været muligt at opgøre styrker og svagheder ved logistiksystemet under hensyntagen til de beskrevne usikkerhedsfaktorer.

### *Hvad har vi lært om byggelogistik?*

På trods af usikkerhedsfaktorerne, og selv om resultaterne fra de seks forsøg ikke peger lige stærkt i samme retning, har forsøgene dog med betydelig sikkerhed vist, at det er muligt at opnå besparelser på byggeomkostningerne i størrelsesordenen 5-10 % af håndværkerudgifterne på en almindelig almennyttig byggesag. Optimistiske vurderinger fra projektdeltagerne går endda i retning af, at besparelsen på længere sigt måske kan blive endnu større, når det afprøvede logistiksystem er videreudviklet og bredt indarbejdet i byggesektoren.

Besparelserne kommer mest klart til udtryk i de to Sophiehaven-byggerier, hvor det også lykkedes af afkorte byggeperioden for anden etape, mens der for de seneste byggerier i højere grad er tale om et besparelspotentiale. Det har derfor heller ikke været muligt at registrere en væsentlig forbedring i produktivitmæssig henseende fra første til sidste byggeri i forsøgsrækken. Men det afspejler naturligvis også det faktum, at der kun er ganske få gengangere i deltagerkredsen fra første til sidste forsøgsbyggeri, hvilket har nødvendiggjort en informations- og oplæringsindsats før hvert nyt forsøgsbyggeri. En vigtig pointe i den forbindelse er, at styringen af udviklingsaktiviteterne fra virksomhedsledernes side ikke var nær så intensiv i de sidste byggerier som i de første. Det skulle vise sig at give problemer i de tilfælde, hvor principperne ikke i tilstrækkelig grad var forankret i virksomhedernes praksis.

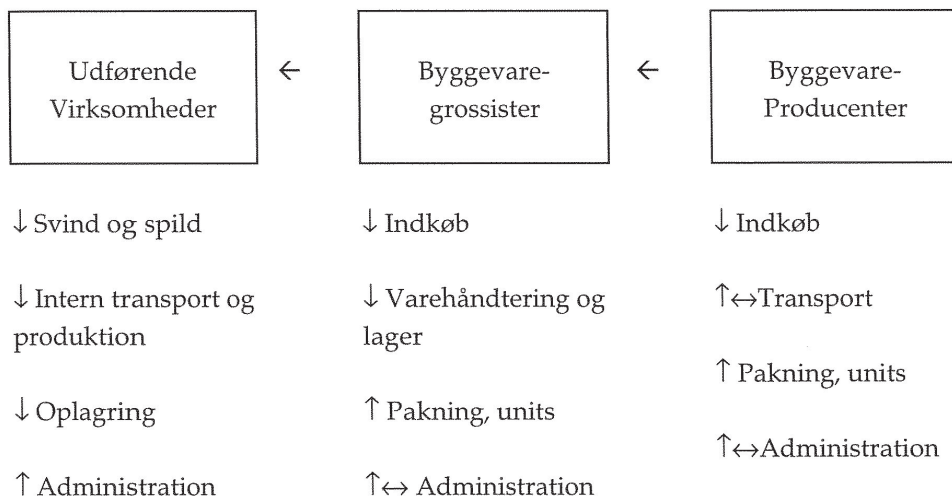
Evalueringsindsatsen var klart mest omfattende i Sophiehaven-byggerierne, hvilket i højere grad har synliggjort resultaterne, end tilfældet er for de efterfølgende byggerier. Derudover var de to sidste byggerier i Ølstykke og Stenløse belastet af ekstraordinært vanskelige vejrforhold samt udskiftning og konkurs i deltagerkredsen, hvilket også har medvirket til at sløre resultaterne. Projektdeltagerne tolker imidlertid selv forløbet af de to sidste byggesager sådan, at logistiksystemet positivt var med til at sikre byggesagernes gennemførelse til tiden og inden for budgettet på trods af de ugunstige forsøgsbetingelser.

Med hensyn til opgørelserne af hændelser kan der ikke herske tvivl om, at logistiksystemet i de seks byggesager har reduceret antallet af uforudsete og omkostningskrævende hændelser i forbindelse med materialeleverancer til byggepladsen. Der var generelt færre fejl og mindre svind og spild i byggeprocessen end normalt. Ligeledes vurderes det intensiverede samarbejde i projekteringsfasen, herunder inddragelse af leverandører og entreprenører, generelt at have haft en gavnlig effekt på byggesagerens forløb. Logistikforsøgene viser derfor også nogle af perspektiverne ved et mere integreret samarbejde, og forsøgsrækken kan derfor ses som en forløber for den aktuelle diskussion af mulighederne for at afprøve og indføre nye samarbejdsformer i byggeprocessen.

### **Fordelingen af besparelser og omkostninger**

Studerens resultatet for de enkelte parter nærmere, vil man opdage, at besparelser og omkostninger ved indførelse af logistiksystemet ikke er ligeligt fordelt blandt byggeprojektets deltagere. Hovedparten af gevinsten synes at tilfalde entreprenører og håndværkssvirksomheder i form af reduceret svind og spild, mindre oplagring på byggepladsen, samt sparet arbejdstid for håndværkersvendenes vedkommende (mindre intern transport på byggepladsen mm.). Disse besparelser overstiger de øgede omkostninger til planlægning og anden administration, som også er en konsekvens af logistiksystemet.

For byggevaregrossister og byggevareproducenter har det nye logistiksystem ført til besparelser på grund af mulighederne for at tilrettelægge deres lagerarbejde mere rationelt (primært registreret for grossistledet), bedre muligheder for fordelagtige indkøb (længere planlægningshorisont), samt færre akutte hasteleverancer. Til gengæld har logistiksystemet også medført forøgede omkostninger som følge af mere planlægning, ekstra transporter for visse typer af byggevarer (gælder især for producenterne), og et større arbejde med at pakke og mærke units. På baggrund af erfaringerne fra de seks logistikforsøg kan omkostningernes fordeling ved logistiksystemets indførelse i forhold til status quo skematisk angives som i figur 3. Det skal endnu engang understreges, at disse opgørelser er baseret på indirekte målinger og skøn, hvorfor figurens angivelser ikke må overfortolkes, men kun skal tages som retningsgivende tendenser.



Figur 3: Skematisk angivelse af omkostningernes fordeling (renset for udviklingsomkostninger) i forhold til normal praksis for virksomhederne i byggeriets leverancekæde med indførelse af logistiksystemet. Rådgivernes omkostninger er ikke medtaget, men anslås til at være steget marginalt. En nedadgående pil markerer en omkostningsreduktion (besparelse) for den pågældende aktivitet, en opadgående pil markerer en øget omkostning, mens den vandrette dobbelpil markerer en omkostningsneutral aktivitet.

De projekterende virksomheder er ikke medtaget i figur 3. Den rådgivende ingeniør må dog efter alt at dømme noteres for en ekstraudgift, da logistiksystemet i sin nuværende form medfører nye og forøgede planlægningsydelser i projekteringsfasen. Det gælder blandt andet i forbindelse med udtrækning af mængder og hjælp til specifikation af units. Systemet vurderes til at være omkostningsneutralt for arkitekten, men visse af ingeniørens ydelser og dertil hørende omkostninger kunne formentlig overføres til arkitekten. Korrekt anvendelse af logistiksystemet vil formodentlig føre til færre fejl og problemer i byggeprocessen og dermed reducere omkostningerne til fagtilsyn og byggeledelse. Men som det også konstateres i afrapporteringen fra Sophiehavens første etape, må de projekterende parterers indsats og omkostninger vurderes i sammenhæng med de øvrige parterers gevinster når logistiksystemets potentiale skal vurderes.

I forsøgsbyggerierne eksperimenterede projektdeltagerne med at kompensere for ubalancen i fordelingen af gevinster og udgifter - som synes at være indlejret i systemet - ved at lade underentreprenører og

håndværksvirksomheder betale en lille procentsats af deres enterprisesum til skafferfunktionen.

### **Erfaringer med de administrative hjælpemidler**

Går man lidt tættere på logistiksystemets delelementer må det til en start konstateres, at de administrative procedurer og hjælpemidler for de fleste underentreprenører og håndværksvirksomheder umiddelbart har virket "bureaukratiske" i forhold til det, virksomhederne har været vant til. Men efter kort tids brug har hovedparten alligevel givet udtryk for, at de har fået bedre overblik over deres materialeforbrug og har lettere ved at planlægge leverancer til byggepladsen. Eksempelvis oplevede tømrer- og snedkervirksomheden fra de to seneste forsøg logistiksystemet som tungt og omstændeligt i den første byggesag. I den anden byggesag var logistiksystemet imidlertid allerede så indarbejdet, at der blev frigjort arbejdskraft til andre opgaver.

### **De udførende virksomheders indkøbspolitik**

Samme tømrer- og snedkervirksomhed indvilgede i - som et led i for- søget og stik imod hidtidig praksis i den pågældende virksomhed - at indkøbe og samle alle leverancer til sin entreprise hos én byggevare- grossist. Isoleret set var det en dyrere løsning for virksomheden, men investeringen tjente sig hjem i løbet af byggesagen, fordi virksomhedens normale omkostninger til koordinering af mange leverancer fra for- skellige leverandører blev betydeligt nedbragt. Det var både enklere og lettere at opbygge effektive rutiner for samarbejdet mellem håndværker- virksomhed og leverandør til gavn for begge parter, hvilket også førte til færre fejlekspeditioner end normalt.

Denne erfaring illustrerer en mere generel pointe vedrørende den tra- ditionelle indkøbspraksis i byggebranchen kontra den indkøbspolitik, som forsøgsbyggeriernes logistiksystem søger at fremme. Virksomheder- ne i den førstnævnte situation søger primært at indkøbe byggevarer efter laveste direkte indkøbspris eller ud fra muligheden for at opnå rabatter hos leverandøren. Med det nyudviklede logistiksystem er der lagt op til i højere grad at indkøbe byggevarer ud fra en helhedsbetragtning, hvor det er de samlede omkostninger for varen indbygget i det færdige byg- værk, der søges gjort så lav som mulig. I indkøbssituationen inddrages derved også vurderinger af omkostninger forbundet med blandt andet leveranceservice, transport til byggepladsen, aflæsning, intern håndte- ring samt svind og spild på byggepladsen (såkaldte "logistikomkost-

ninger"). Det sker ud fra den betragtning, at en udførende virksomhed, der ensidigt køber varer efter kriteriet om laveste pris løber en betragtelig risiko for, at den lave pris efterfølgende modsvares af tilsvarende eller måske oven i købet højere følgeomkostninger. Denne sammenhæng udgør et af hovedargumenterne i SBI's logistikanvisning [3]. Forsøgsbyggerierne har, som beskrevet ovenfor, givet gode indikationer på, at den helhedsbetonede indkøbspolitik vil være til fordel for såvel de udførende virksomheder som leverandørerne og dermed også for byggesagerne som helhed. Svenske logistikerfaringer underbygger denne konklusion [4].

### **Erfaringer med skafferfunktionen**

Skafferfunktionen udgør en af grundpillerne i logistiksystemet. Som tidligere beskrevet har repræsentanter for såvel hovedentreprenøren som den rådgivende ingeniør på skift varetaget skafferfunktionen i byggesagerne gennemført i henholdsvis hoved- og fagentreprise.

Logistiksystemets fleksibilitet og tilpasningsevne til skiftende former for organisering af byggeprocessen har formentlig stor betydning for dets videre udbredelse i byggeproduktionen. Derfor er det naturligvis interessant at iagttage, hvilken betydning entreprisformen og skafferens branchemæssige tilhørsforhold har for udøvelsen af skafferfunktionen. Det er imidlertid vanskeligt at udlede entydige konklusioner på dette punkt på baggrund af de seks forsøg. I princippet blev skafferfunktionen varetaget ens, men hovedentreprenørens skaffer havde formentlig større manøvredegytighed i det praktiske arbejde på byggepladsen, idet han havde en egenproduktion at trække på i tilfælde af akut opståede problemer. Det kunne fx være i forbindelse med oprydning eller udlægning af grus til adgangsveje eller lagerplads. I tilsvarende situationer var rådgiver-skaffen i højere grad afhængig af fagentreprenørernes velvillighed med hensyn til på uformel basis at træde til og hjælpe. Formodentlig spiller også kontraktforholdene en rolle, idet hovedentreprenøren har direkte kontrakt med underentreprenørerne, mens rådgiveren i fagentreprise forvalter et koordineringsansvar på vegne af bygherren, som har kontrakt med hver enkelt fagentreprenør.

Under alle omstændigheder er skaffen en nøgleperson. Er skafferrollen besat med en dygtig "ildsjæl", kan skafferfunktionen blive en gevinst for logistikken og for byggesagen som helhed. Er skaffen derimod ikke i besiddelse af den nødvendige faglige og personlige gennemslagskraft, eller er skaffen ikke i tilstrækkelig grad til stede som pro-

blemløser og koordinator, kan skafferfunktionen føre til unødigt bureaukratisering af arbejdsgangene på byggepladsen. I så fald bliver skafferen snarere en del af problemet end en del af løsningen. Når værdien af skafferfunktionen skal gøres op, er det derfor nødvendigt at adskille funktionen fra personen.

Med til denne vurdering af skafferfunktionen hører, at enkelte underentreprenører ikke lægger skjul på, at de savner den vante, tætte kontakt til deres leverandører, en kontakt som i betydeligt omfang har været overdraget til skafferen i de gennemførte forsøgsbyggerier. Når der var behov for hurtig handling skete det da også flere gange, at underentreprenørerne gik uden om skafferen og indgik aftaler direkte med deres leverandører som normalt. En sådan adfærd er ikke nødvendigvis undergravende for systemet, så længe skafferen efterfølgende adviseres om beslutningerne og der er etableret et gensidigt tillidsforhold mellem skaffer, entreprenører, håndværkere og leverandører.

### *Hvilke spørgsmål er uafklarede?*

De seks logistikforsøg har belyst mange vigtige forhold vedrørende logistik i byggeriet, men på enkelte områder synes det nødvendigt med yderligere afklaring.

Først og fremmest er der behov for at få et mere detaljeret indblik i logistikomkostningerne i byggeprocessen. Disse omkostninger omfatter alle materialerelaterede omkostninger i forbindelse med:

- Distribution af byggevarer fra leverandør til byggeplads.
- Forskellige former for leveranceservice.
- Håndtering af byggevarer på byggepladsen, herunder midlertidig oplagring.
- Diverse administrative funktioner hos de involverede parter.

Størrelsen og fordelingen af disse logistikomkostninger er almindeligvis dårligt belyst, ikke kun i forskningsmæssig forstand, men også for byggevirksomhederne selv. Derfor er det vanskeligt at overskue, hvor det har størst effekt at forbedre logistikken, og hvordan virksomhederne skal vælge mellem alternative leveranceformer. På dette område er der behov for en indsats på virksomhedsplan for at skaffe flere nøgletal for logistikomkostningerne. Det gælder navnlig for den del af byggeprocessen, som er underlagt entreprenørernes kontrol. Mangelfuld indsigt i logistikomkostningerne gør det naturligvis også vanskeligt at pege på

konkrete, økonomiske gevinster af en øget logistikindsats. Og det skal der formentlig til for at motivere byggeriets parter til at implementere logistiksystemet. Denne problematik vil blive taget op senere i rapporten.

Ansvarsproblematikken som følge af skafferfunktionens indtog i byggeorganisationen er heller ikke helt afklaret. I forsøgene blev enkelte af de udførende virksomheders arbejdsopgaver i forbindelse med materialeleverancerne overført til skafferfunktionen, hvilket blandt andet gjaldt afkald af byggevarer hos leverandørerne. Men præcis hvor grænserne går for ansvarsfordelingen mellem parterne i tilfælde af fejlleverancer blev ikke 100 % afklaret med de gennemførte forsøgsbyggerier. I forsøgene gav fejlleverancer imidlertid sjældent anledning til voldsomme uoverensstemmelser, fordi man generelt valgte at løse problemer i en "samarbejdsånd".

Det har endvidere været gjort gældende, at reglerne for udbud af offentligt støttet byggeri udgør en hindring for udbredelse og anvendelse af logistiksystemet i sin nuværende udgave, blandt andet fordi Udbudscirkulæret øjensynligt blokerer for inddragelse af leverandører og entreprenører i projekteringsfasen. I den diskussion indgår også overvejelser om konsekvenserne af EU's direktiver på bygge- og anlægsområdet. Udbudscirkulæret er på det seneste mere generelt kommet i søgelyset i forbindelse med diskussionen af mulighederne for at introducere nye samarbejdsformer i byggeproduktionen. På denne front fortsætter diskussionen altså i forskellige fora, idet det dog hører med til billedet, at udbud i totalentreprise formentlig vil gøre det muligt at anvende logistiksystemet uden videre, hvis viljen ellers er til stede blandt byggeriets parter.

Som et sidste punkt for videre udvikling skal nævnes øget brug af informationsteknologi (IT) til drift af logistiksystemet. Forskellige elementer til en IT-understøttet logistikløsning (databaser, elektronisk bestilling af varer osv.) er afprøvet i forsøgene, og derigennem er afsløret et vist potentiale for rationaliseringer af informationsudvekslingen i tilknytning til logistikken. Der er derfor behov for yderligere forsøg og andet udviklingsarbejde for at få etableret et helhedsbillede af barrierer og muligheder i forbindelse med indførelse af et IT-understøttet logistiksystem.

# Logistikforsøgene som udviklingsprojekter

De følgende afsnit vil være helliget en gennemgang af nogle af de forhold, der har kendetegnet gennemførelsen af forsøgsbyggerierne som udviklingsprojekter. Først beskrives og karakteriseres det netværk af virksomheder, som gennem perioden har været involveret i udviklingsarbejdet og forsøgsbyggerierne. Hovedaktørerne identificeres og deres forskellige roller som "teknologiledere" forklares. Dernæst beskrives hvordan logistiksystemet er blevet implementeret i byggesagerne, herunder hvilke problemer projektdeltagerne er stødt på og hvordan man har forsøgt at løse dem.

## *Udviklingsorganisationen – et netværk af virksomheder*

Som beskrevet i starten af rapporten har mange parter deltaget i de seks byggesager og ydet deres bidrag til logistiksystemets udvikling. I perioderne imellem forsøgsbyggerierne har enkelte af parterne plejet et uformelt samarbejde, men langt hovedparten af udviklingsindsatsen er gennemført i tilknytning til byggesagerne, bortset fra en del af det udredningsarbejde, der gik forud for det første Sophiehaven-byggeri. Nogle parter har været med hele vejen igennem, mens andre kun har deltaget i et enkelt forsøgsbyggeri. Virksomheder og enkeltpersoner har optrådt aktivt i visse perioder, for i andre at føre en mere tilbagetrukket rolle eller måske helt glide ud af udviklingssamarbejdet. Det samlede udviklingsarbejde og de dertil knyttede forsøgsbyggerier er altså ikke gennemført af én enkelt virksomhed eller en fast, velafgrænset og stabil udviklingsorganisation. Der er tværtimod tale om et løst-koblet netværk af virksomheder og institutioner, som er under stadig formning under hele udviklingsforløbet. Denne netværksdannelse har formentlig sikret en forholdsvis hurtig udbredelse af *kendskabet* til logistiksystemet, men på den anden side fører de skiftende samarbejdsrelationer også til brister i de fælles læreprocesser. For hver byggesag har nye samarbejdspartnere skullet introduceres til systemet og gøre sig deres egne erfaringer.

En vis "knopskydning" har fundet sted i form af virksomheder, der af den ene eller anden årsag træder ud af netværket og fører logistikidéerne videre i andre sammenhænge. Fx viderefører hovedentreprenøren fra de

to Sophiehaven-byggerier og Engbuen-byggerierne logistikaktiviteterne i samarbejde med helt nye samarbejdspartnere inden for rammerne af udviklingsprogrammet Proces- og Produktudvikling i Byggeriet.

I hvor stort et omfang de enkelte aktører inddrages i udviklingsarbejdet er tilsyneladende i høj grad bestemt af den enkelte aktørs engagement og vilje, herunder i hvilket omfang aktøren er villig til at indskyde finansielle samt mandskabs- og ledelsesmæssige ressourcer i udviklingsarbejdet.

Når først samarbejdet er etableret i den enkelte byggesag er det i høj grad præget af sociale fremfor kontraktligt baserede samarbejdsrelationer. Ingen parter står stejlt på deres egen ret, og man gør ikke krav gældende over for hinanden ved først givne lejlighed. Der har i forsøgsbyggerierne hersket en mere eller mindre åbent formuleret forventning om, at deltagerne i udviklingsaktiviteterne udviser en vis fleksibilitet i forhold til fordelingen af eventuelle ekstraomkostninger. Deltagelse i forsøgsbyggeri er forbundet med en økonomisk risiko, fordi udviklingsaktiviteter pr. definition er omgærdet med usikkerhed, som ikke kan elimineres fuldstændigt ad kontraktlig vej (eller med andre ord: via planlægning). Derfor kan det næppe undgås, at nogle parter ved enkelte lejligheder føler, at de må afholde en uforholdsmæssig stor andel af de ekstraomkostninger, der uvægerligt opstår som følge af problemer eller uklarheder i udviklingsforløbet.

### *Aktørernes teknologiledelses-roller*

I figur 4 er vist en skematisk oversigt over de aktører, der har været aktivt involveret i udviklingen af logistiksystemet, og i stikordsform er angivet, hvilke teknologiledelses-roller de har varetaget i udviklingsforløbet.

Boligministeriet har spillet en vigtig rolle ved aktivt at prioritere logistik som et væsentligt, selvstændigt indsatsområde for ministeriet og den danske byggeindustri. Ministeriet har desuden via udviklingskvoterne medfinansieret udviklingsarbejdet.

NIRAS har været den "røde tråd" i forsøgsrækken. NIRAS har ikke alene leveret teknisk ekspertise til selve udviklingsarbejdet, men også udfyldt rollerne som projektledere og strateger. I figuren er fremhævet fire nøglepersoner i NIRAS, som på forskellige niveauer har fungeret som "ildsjæle" eller forandringsagenter og sikret udviklingsarbejdets

fremdrift med hver deres særlige og nødvendige kompetence. Tilsvarende ildsjæle kan også findes i flere af de øvrige deltagervirksomheder.

I Sophiehaven-byggerierne deltog arkitekt og hovedentreprenør samt enkelte leverandører aktivt som medudviklere af det basale logistiksystem. I de seneste byggerier har denne gruppe af virksomheder primært haft en rolle i den praktiske implementering i byggeprocessen og har derigennem leveret input til modifikationer af logistiksystemet. Den oprindelige arkitekt deltog kun i de to første byggerier, mens hovedentreprenøren deltog i de fire første.

Skafteren har styret den daglige afprøvning af systemet i praksis. Her har en af de vigtigste opgaver bestået i at markedsføre logistiksystemet og "overtale" håndværksvirksomheder og leverandører til at efterleve dets spilleregler. I de enkelte forsøgsbyggerier har der naturligvis også været virksomheder og enkeltpersoner, som har forholdt sig helt passivt eller endog direkte afvisende over for udviklingsarbejdet.

Aktører	Teknologiledelses-roller / aktiviteter
<b>Boligministeriet/BUR</b>	<p>Støtte til finansiering af udviklingsomkostninger.</p> <p>Tager stilling til udviklingsidéer.</p> <p>Administrerer udviklingskvoter.</p> <p>Deltog i styregrupper.</p> <p>Arbejder for logistik "policy".</p>
<b>NIRAS, Rådgivende ingeniører og planlæggere A/S</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Udviklingsdirektør</li> <li>• Sektionsleder</li> <li>• Ingeniør, "altmuligmand"</li> <li>• Byggeleder på to af byggesagerne</li> </ul>	<p>Initiativtager og drivende kraft i forløbet.</p> <p>Koncept- og perspektivudvikling.</p> <p>Projektledelse på de enkelte forsøg.</p> <p>Kontakt til Boligministeriet.</p> <p>Udviklingsdirektør som opmand / mægler i de enkelte forsøg.</p> <p>Sikrede "kontinuiteten" mellem forsøgsbyggerierne.</p>
<b>Virksomheder i forsøgsbyggerierne</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arkitekter</li> <li>• Entreprenører</li> <li>• Håndværkere (mestre og Svende)</li> <li>• Leverandører / producenter</li> </ul>	<p>Medudviklere af logistiksystem.</p> <p>Primært implementering (i de enkelte forsøgsbyggerier)</p> <p>Leverer input til modifikationer af logistiksystem.</p>
<b>"Skaffer"/materialekoordinator</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entreprenør-byggeleder</li> <li>• Rådgiver-skaffer</li> </ul>	<p>Styrer daglig test af logistiksystem.</p> <p>Overfører udviklingstanker til praksis.</p> <p>Udviklingsorganisationens "forlængede arm" i byggerierne.</p> <p>"Overtalelsesfunktion" i forhold til håndværkere og leverandører.</p>

Figur 4. Hovedaktørerne og deres roller i udviklingsforløbet.

### *Implementering af logistiksystemet*

Implementeringen af logistiksystemet i de enkelte forsøgsbyggerier er foregået ved, at logistiksystemets forskellige elementer modificeres efter

projektorganisationens ressourcemæssige forudsætninger og byggesagens særlige karakteristika, og samtidig afpasser projektorganisationen sig efter logistiksystemets krav. Der er altså tale om en iterativ proces med gensidig tilpasning mellem det nye logistiksystem og den projektorganisation hvori systemet indføres.

Logistiksystemet introduceres med andre ord ikke blot i en passivt modtagende organisation. Tværtimod er organisationen sammensat af mange forskellige aktører med forskellige interesser, hvoraf nogle som nævnt forholder sig afventende. Hovedparten af virksomhederne er dog positivt indstillet og deltager aktivt i indførelsen af logistiksystemet. Antallet af "positive" virksomheder varierer gennem de seks forsøgsbyggerier, og det er nærliggende at antage, at der gælder en mere generel regel om, at en vis "kritisk masse" er nødvendig for en succesfuld implementering.

Det foreliggende logistiksystem må karakteriseres som en forholdsvis gennemgribende (radikal) innovation, idet der introduceres en ny organisatorisk funktion i byggeprocessen - skafferfunktionen - og i tilknytning hertil overføres kompetence og ansvar mellem parterne. Endvidere er der lagt op til et mere integreret samarbejde igennem hele projekterings- såvel som udførelsesfasen, hvilket kræver nye kompetencer af byggeriets parter. Innovationer af denne type kan karakteriseres som "systemiske" (i modsætning til "autonome") for dermed at understrege det forhold, at en innovation påvirker det samlede produktionssystem på tværs af etablerede organisatoriske og byggetekniske grænser (og samtidig kræver inddragelse af flere aktørers kompetencer).

Logistiksystemet griber altså umiddelbart ind i den eksisterende arbejds- og rolledeling i projektorganisationen. Jo mere en ny idé gør det, desto vanskeligere må implementeringen af den i praksis formodes at blive. En succesfuld implementering bliver dermed afhængig af projektdeltagernes placering i byggeriets produktionssystem, og deres evne til og mulighed for at forhandle med og overbevise de øvrige parter i projektorganisationen.

På den anden side kan radikale forandringer netop mobilisere den nødvendige kreativitet og opmærksomhed fra ledelsesside, som stimulerer forandringsprocesserne. Denne mekanisme var særdeles fremtrædende i Sophiehaven-byggerierne.

## *At bryde med vante rutiner*

At gennemføre proces- og organisationsudvikling indebærer, at byggeriets parter må bryde med de vante rutiner i projektarbejdet. Logistikforsøgene har illustreret, hvor vanskelig denne aflæringsproces kan være. I flere af byggerierne har byggeprocessen haft svært ved at bryde ud af de traditionelle spor. Det skyldes navnlig, at projektdeltagerne i pressede situationer i byggeprocessen hurtigt falder tilbage i gammelkendte roller, hvor løsningsmodellerne er velkendte. Problemer af denne karakter opstår navnlig op til afleveringsterminer eller i tilknytning til komplicerede arbejdsoperationer.

Det samme er tilfældet, hvis ikke forsøgsideerne er præciseret og kommunikeret til alle deltagere i byggeprocessen. For udviklingsprojekter af den aktuelle type er det nødvendigt, at alle berørte parter engageres i forsøget, herunder i allerhøjeste grad også bygningsarbejderne på byggepladsen. I flere af forsøgsbyggerierne har der således været eksempler på, at udviklingsarbejdet i perioder kun delvist har kunnet gennemføres som planlagt, fordi informationen om forsøgsideerne ikke er nået helt ud til håndværkersvendene. De har derfor ikke haft mulighed for, eller har ikke været motiveret for, at ændre adfærd og arbejde i overensstemmelse med forsøgenes "ånd".

## *Byggeopgaven "skygger" for udviklingsopgaven*

Logistikforsøgene har leveret flere illustrative eksempler på, at byggeopgaven trækker opmærksomheden væk fra udviklingsopgaven. De økonomiske vilkår for byggerierne har skabt vanskelige betingelser for gennemførelse af de tilknyttede udviklingsopgaver. Det har været nødvendigt at bruge mange ressourcer på at få byggesagernes økonomi til at falde på plads. Som tidligere nævnt har flere af byggerierne endvidere været plaget af særdeles vanskelige vejrforhold og i ét tilfælde gik en i byggesagen (og forsøget) centralt placeret virksomhed konkurs midt under byggeriet. Dertil kommer en række andre akutte, praktiske problemer, som har krævet øjeblikkelig stillingtagen og handling fra byggeriets parter side. Opmærksomheden og ressourcerne bliver derfor kanaliseret over i løsning af praktiske og økonomiske problemer i byggeprocessen, mens forsøgselementerne periodevist blev trængt i baggrunden. Disse byggeforhold adskiller sig næppe væsentligt fra de forhold byggeproduktionen normalt er underlagt, men de kan have en uheldig indvirkning på udviklingsperspektivet.

Projektdeltagerne har da også mere end en gang spurgt sig selv, om små almennyttige byggesager med stram økonomi i det hele taget er en passende baggrund at gennemføre udvikling på? Derfor handler forsøgsbyggeri også om hvordan byggevirksomhederne kan afbalancere det kortsigtede krav om produktivitet og lønsomhed for den enkelte byggesag på den ene side og det langsigtede krav om innovation og virksomhedsudvikling på den anden side. Dermed understreges behovet for at udviklingsarbejde sikres en strategisk forankring i byggevirksomhederne og er genstand for topledelsernes aktive engagement fra start til slut.

### *Skæv fordeling af omkostninger og gevinster*

Logistikforsøgene har vist, at det kan være ganske vanskeligt for byggevirksomheder at tilegne sig et økonomisk udbytte af deres udviklingsindsats. I rapporteringen fra Sophiehaven-byggerierne redegøres således for flere eksempler på, at udviklingsomkostningerne afholdes hos nogle parter, mens andre høster hovedparten af gevinsten ved logistiksystemets implementering i byggeprocessen [1][2]. Denne sammenhæng fremgår også af figur 3, der demonstrerer logistikomkostningernes fordeling hos byggeriets parter efter logistiksystemets indførelse i forhold til traditionel praksis.

Projektdeltagerne har naturligvis gjort sig mange overvejelser om, hvordan problemstillingen kan løses. Ifølge projektdeltagerne skyldes problemet primært byggeprocessens opsplittede organisering, fagligt såvel som virksomhedsmæssigt, hvilket medfører en incitamentstruktur, hvor suboptimering dominerer fremfor en optimering af byggesagen som helhed. I den forbindelse har det ved flere lejligheder været gjort gældende, at de traditionelle akkordsystemer kan udgøre en barriere for forandring, fordi akkordaflønningen baserer sig på arbejdsopgaver og –metoder som i et vist omfang bliver overflødiggjort ved indførelse af logistiksystemet. Det gælder fx transport af byggematerialer på byggepladsen. For en nærmere beskrivelse af denne problemstilling henvises til By- og Boligministeriets rapporter om Sophiehaven-projekterne [1] og [2].

Dette tema vedrørende suboptimering og incitamentstruktur har i det hele taget optaget megen plads i den byggepolitiske debat i de senere år. Fælles for de fremkomne løsningsforslag er ønsket om nå frem til en ny samarbejdsform og et nyt kontraktgrundlag, der i højere grad giver byggeriets parter mulighed for at fungere som "én virksomhed". I den forbindelse er begreber som "vertikal integration" og "partnering" bragt på

banen, og det er da også elementer herfra, som er forsøgt indarbejdet i logistikforsøgene.

### *Konfliktløsning*

På basis af erfaringerne fra logistikforsøgene synes en vigtig succesfaktor ved gennemførelse af forsøgsbyggeri at være en på forhånd aftalt model for konfliktløsning blandt deltagerne i udviklingssamarbejdet. Det gælder ikke mindst forsøg med et stort indslag af organisatorisk forandring. Man må være forberedt på tilbageslag og skuffelser undervejs og derfor etablere et forum for afgørelse af uenigheder. Det er fx blevet foreslået - og også delvist praktiseret i forsøgene -, at projektdeltagerne på forhånd etablerer en form for "bestyrelse" med topledelsen fra de respektive deltagervirksomheder repræsenteret. Ordningen kan eventuelt suppleres med en "opmand" til at træffe afgørelser om de stridigheder, der ikke kan afgøres af de direkte involverede parter i forsøget. Formålet er at forhindre latente konfliktspørgsmål i at bryde ud i reelle konflikter, som kan sætte udviklingsarbejdet i stå. Problemer af denne type opstår typisk fordi parterne har forskellige opfattelser af udviklingsopgavens indhold og omfang, samt i tilfælde hvor parterne som et led i forsøget kommer ud i situationer, som ikke er fuldt ud afklarede. Hertil kommer de situationer, hvor den hidtil veletablerede arbejdsdeling i byggeprocessen sættes under pres.

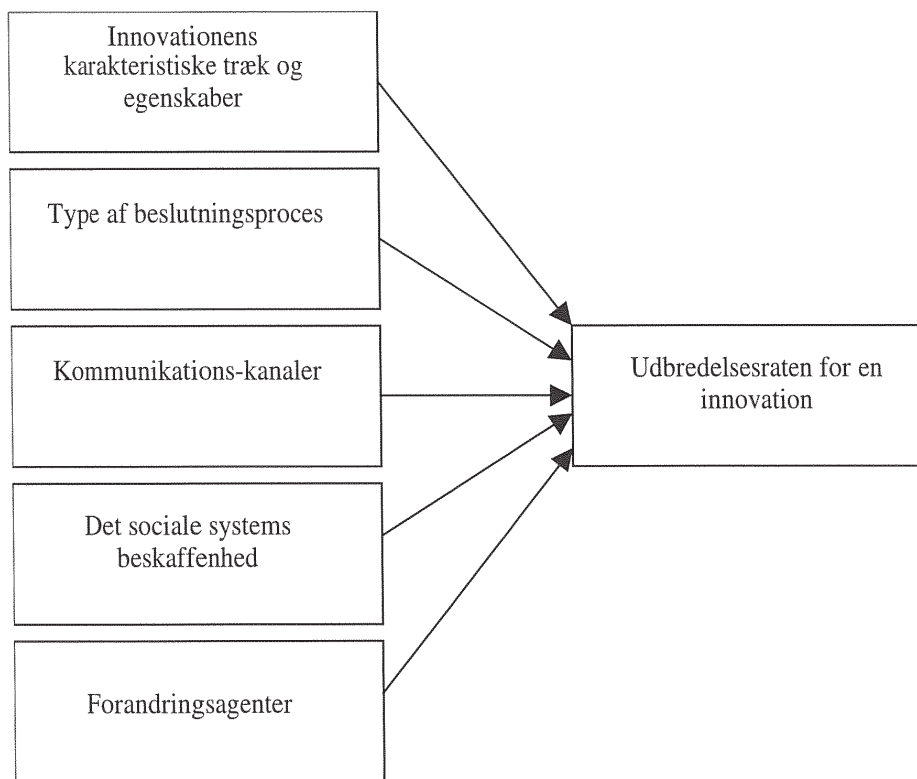
# Udbredelse af logistikidéerne i byggesektoren

Foruden de i denne rapport beskrevne forsøgsbyggerier er gennemført et logistikforsøg på et almennyttigt boligbyggeri i Ålborg (50 ældreboliger, 1996-1997), samt flere forsøg inden for renoveringsområdet i tilknytning til Projekt Renovering. Derudover arbejdes i øjeblikket på flere andre fronter med at udvikle og implementere en bedre logistikpraksis i byggeriet. Eksempelvis gennemfører både Danske Entreprenører (Entreprenørskolen) og Byggecentrum regelmæssige efteruddannelsesaktiviteter med delvist udgangspunkt i Sophiehaven-modellen. Flere byggevareproducenter har i de senere år satset kraftigt på udvikling af deres logistikkoncepter og afholder løbende forskellige former for informations- og kursusaktiviteter rettet mod byggesektorens udførende og projekterende virksomheder. Logistik udgør ligeledes et centralt udviklingstema for de fire deltagende konsortier i Erhvervsfremme Styrelsens og By- og Boligministeriets igangværende udviklingsprogram, "Proces- og Produktudvikling i Byggeriet". Statens Byggeforskningsinstitut har løbende indsamlet og formidlet erfaringer om logistik, blandt andet i form af en anvistning fra 1996 [3] og en rapport [4]. Forsøgene er tilmed præsenteret og analyseret i internationale tidsskrifter og i forbindelse med en række internationale møder, konferencer mv. Endelig har logistiksystemet været afprøvet i praksis i blandt andet norsk byggeri - med et pænt resultat i øvrigt (erfaringer herfra er udførligt beskrevet og analyseret i [5]).

Det er dog den almindelige opfattelse, at de nye logistiktanker - på trods af de mange initiativer på såvel udviklings-, formidlings- som uddannelsessiden - endnu ikke er slået bredt igennem i byggeproduktionen. Denne iagttagelse hviler primært på en række nøglepersoners personlige vurderinger, idet der ikke er foretaget tilbundsgående undersøgelser af logistiksystemets udbredelse og anvendelse. Indtil videre må vi gå ud fra at byggebranchen fortsat anser det beskrevne logistiksystem (eller tilsvarende systemer for den sags skyld) som et vigtigt middel til at effektivisere arbejdet i byggeprocessen. Den sparsomme udbredelse er derfor næppe et udslag af manglende tiltro til logistiksystemet, og den kan heller ikke skyldes manglende kendskab til systemet, eftersom Sophiehaven-forsøgene formentlig er blandt de mest omtalte forsøgsbyggerier overhovedet i Danmark.

Som antydnet på de foregående sider må forklaringen søges i nogle mere grundlæggende, strukturelle forhold vedrørende udvikling og implementering af nye innovationer i byggeriet. Det gælder fx de før-omtalte forhold vedrørende manglende overblik over logistikomkostninger i byggeprocessen og den skæve fordeling af omkostninger og gevinster ved udvikling og implementering af logistiksystemet. På et generelt plan kan problemet formuleres som et spørgsmål om, hvordan byggevirksomheder tilegner sig et økonomisk udbytte af deres udviklingsindsats inden for en uklar incitamentstruktur (i den innovations-økonomiske fagterminologi tales om "appropriering").

En gren inden for innovationsforskningen, de såkaldte diffusionsstudier, beskæftiger sig med hvordan og i hvilket omfang innovationer spredtes blandt potentielle adoptanter i et socialt system (fx en erhvervssektor). I figur 5 er i oversigtsform vist hvilke faktorer, som ifølge diffusionsforskningen har betydning for innovationers udbredelse og anvendelse [6]. For det første spiller innovationens egenskaber og særlige kendetegn som de opfattes af de potentielle adoptanter en væsentlig betydning. For det andet er det vigtigt om beslutningsprocessen omfatter én eller flere personer, eller måske oven i købet flere organisationer. Generelt må man forvente, at jo flere der er involveret i beslutningen om hvorvidt man skal investere i en ny teknologi, jo vanskeligere vil beslutningsprocessen forløbe og jo mere trægt vil teknologien dermed spredes. For det tredje har valget af kommunikationskanaler hvor igennem innovationen formidles betydning, fx vil visse komplekse innovationer formentlig egne sig dårligt til at blive formidlet skriftligt gennem massemedier. Massemedier kan være et effektivt middel til at skabe opmærksomhed om en nyskabelse, men det er gennem de personlige netværk, potentielle adoptanter overbevises om at man bør investere i nyskabelsen. For det fjerde influerer virksomheds- og branchestrukturer og andre træk ved det sociale system på en innovations udbredelse. Endelig for det femte spiller forekomsten af forskellige typer "forandringsagenter" (ildsjæle på forskellige niveauer) en rolle for innovationers udbredelse. Forandringsagenterne er navnlig af stor betydning tidligt i en innovations modningsfase, hvor ingen eller kun få anvender innovationen. Forandringsagenter kan også positivt påvirke organisationers parathed til at indgå i forandringsprojekter.



Figur 5. Oversigt over de faktorer, der bestemmer udbredelsesraten, dvs. den hastighed hvormed en innovation spredes blandt aktørerne i et socialt system (en erhvervssektor). Kilde: Rogers (1995).

En innovations særlige egenskaber og kendetegn kan yderligere opdeles i seks dimensioner. Hastigheden hvormed en innovation spredes hænger dermed nøje sammen med følgende forhold:

- Innovationens *relative fordel*, dvs. i hvilket omfang innovationen opfattes som bedre end dels det produkt eller den proces den afløser, dels konkurrerende produkter/processer på markedet.
- Innovationens *kompatibilitet (forenelighed)*, hvormed menes i hvilket omfang innovationen opfattes som værende i overensstemmelse med eksisterende normer, kundskaber, procedurer og behov i virksomhederne.
- Innovationens *kompleksitet*, dvs. i hvor høj grad innovationen opfattes som vanskelig at forstå eller anvende.

- Innovationens *prøvedbarhed*, hvilket er et udtryk for i hvor høj grad det er muligt at foretage afgrænsede forsøg for derved at reducere risikoen ved en ny investering.
- Innovationens *synlighed*, hvilket udtrykker i hvilken udstrækning resultatet af innovationen er synligt for andre potentielle adoptanter [6].

På flere af disse dimensioner er logistiksystemet tilsyneladende ikke gunstigt stillet. Fx er logistiksystemets relative fordel vanskelig at opgøre når virksomhederne kun har begrænset indsigt i logistikomkostningerne, og alle fordele ved logistiksystemet ikke umiddelbart kan gøres op i kroner og øre. Det svækker samtidig logistiksystemets synlighed for andre, udenforstående virksomheder. Endvidere udfordrer logistiksystemet til en vis grad eksisterende normer og procedurer ved at omfordele arbejdsopgaver imellem byggeprojektets parter. Fx har det for mange fagentreprenører og håndværkere været en vanskelig omstilling ikke at skulle kommunikere direkte og mundtligt med deres leverandører, men i stedet forlade sig på skafferens initiativ.

Efter alt at dømme har det også afgørende betydning, at ingen enkelt-part på egen hånd har mulighed for at indføre logistiksystemet i sin nuværende udgave og i fuldt omfang. På denne baggrund har nogle forskere karakteriseret byggeriets produktionssystem som *fastlåst* over for forandringer [7]. Pointen er, at i byggeriet skal innovationer indføres i et system eller netværk bestående af et betydeligt antal aktører med forskellige branchetilhørsforhold og forskellige, skiftende roller i byggeprocessen, og hvis interesser og mål kan variere eller måske oven i købet være i indbyrdes konflikt. I et sådant miljø vil en indtrængende innovation blive betragtet som en trussel mod den etablerede ligevægtstilstand inden for systemet. Innovativt interesserede virksomheder må derfor skabe sig alliancer, som kan understøtte indførelsen af logistiksystemet. Og dermed er vi tilbage ved diskussionen om et nyt og tættere samarbejde blandt byggeriets parter.

Alt i alt kan det derfor konstateres, at logistiksystemets fortsatte udvikling og spredning i byggesektoren rører ved byggesektorens faggrænser, dens honorarregler og den traditionelle arbejdsdeling i byggeriets produktionssystem. Disse institutionelle strukturer er pr. tradition relativt fastlåste og vanskelige at bevæge. Set på denne baggrund kan det derfor ikke undre, at de nye logistiktanker ikke er slået igennem i det forventede tempo og omfang. Gennemgribende proces- og organisations-

udvikling kræver erfaringsmæssigt en lang modningsfase hos alle byggeriets parter før den slår igennem. Ydermere er innovation i byggeriet ofte netop karakteriseret ved mange mindre tilpasninger og modifikationer på baggrund af tidligere udviklede løsninger. Det kan være vanskeligt at se de store ændringer fra dag til dag, men ser vi på udviklingen over en længere årrække, træder de teknologiske forandringer tydeligt frem. Efter denne model vil byggesektorens virksomheder gradvist adoptere dele af logistiksystemet, tillempet deres respektive roller og muligheder, og efter en årrække vil en ny logistikpraksis gradvis indfinde sig som en blanding af gammel praksis og nye systemer.

Rapporten har berørt forskellige initiativer, som formodentlig kan medvirke til at accelerere denne proces. Her skal til afslutning peges på to initiativer: For det første bør byggeriets virksomheder skabe sig et bedre overblik over logistikomkostningerne i hele byggeriets værdikæde og på denne baggrund udvikle nøgletal, der kan bruges som rettesnor for det fortsatte udviklingsarbejde på logistikfeltet. For det andet bør logistikudviklingen kobles sammen med den betydelige indsats der i øjeblikket investeres i procesudvikling og udvikling af nye samarbejdsformer i byggeprocessen. Herved kan skabes et grundlag for, at de nødvendige sammenhængende, fælles læreprocesser blandt byggeriets parter kan udvikle sig.

# Referencer

- [1] Bygge- og Boligstyrelsen (1993), Byggelogistik I – Materialestyring i byggeprocessen. Sophiehaven – 1. Etape. Boligministeriet.
- [2] Bygge- og Boligstyrelsen (1994), Byggelogistik II – Materialestyring i byggeprocessen. Sophiehaven – 2. Etape. Slutrapport, Boligministeriet.
- [3] Clausen, L; Listoft, M.; Nielsen, J. (1996). Introduktion til byggelogistik. SBI-anvisning 191, Statens Byggeforskningsinstitut.
- [4] Clausen, Lennie (1995). Logistik i byggeriet. SBI-rapport 256, Statens Byggeforskningsinstitut.
- [5] O'Brien, W. (1995). Construction supply-chains: Case study, integrated cost and performance analysis. 3<sup>rd</sup> workshop on lean construction, Albuquerque.
- [6] Rogers, E. M. (1995). Diffusion of innovations. Free Press, New York.
- [7] Nam, C. H.; Tatum, C. B. (1988). Major characteristics of constructed products and resulting limitations of construction technology. Construction Management and Economics, Vol. 6, s. 133-148.

# Summary

## *SBI report 316: Building logistics – experience from six demonstration projects*

This SBI report sums up the experience gained from six experimental building projects with a focus on building logistics carried out in the period 1991-1996. The six projects covered development and testing of a logistics system which is known today as the *Sophiehaven-model* named after the housing estate that was included in the first experimental building project.

In the first part of this report the six projects and the central development themes are presented followed by an assessment of the obtained results.

The experimental building projects have uncovered a significant potential for a productivity gain by means of introducing the logistics system. But the experiments have also shown that in order to obtain this gain, it is necessary to have positive backing from all implicated parties, from the top management of the companies to the skilled workers on the building sites. Thorough preparation is a prerequisite because the logistics system redistributes the work between the parties of the building sector and this requires some reorganization of otherwise well-established routines and procedures in relation to the planning and steering of the material deliveries. This applies to for example the procurement policy of the contractor, which traditionally is characterized by shortsighted ad hoc procurement behavior. The co-ordinator of building materials, the *materials co-ordinator*, is a central figure in the logistics system, and given the right conditions the right person in the job may strengthen the planning and co-ordination of building material deliveries to the building site. The evaluation of the six experimental building projects stresses the need for further analysis of the logistics costs throughout the entire building value chain.

The second part of the report focuses on the experimental building projects as development projects. The organization of the building projects is described, and the many participants are characterized according to their roles in the individual experimental projects and the development process as a whole. Moreover, it is described how the building-part of the projects tend to overshadow the development-part in different, pressed situations, just as the participants of the projects only with

difficulty unlearn their customary roles and routines in the building process.

The report finishes with a discussion of the prerequisite for diffusion of the logistics system to the rest of the building industry. Results from diffusion research seem to explain why the logistics system does not appear to have achieved a wider use than is the case in spite of the positive perspectives. Examples of possible explanations could be the incentive structure in the building sector, the logistics system's "systemic" nature and other specific characteristics. And not least the fragmented structure of the projects which demands that innovative companies constantly have to negotiate and to form alliances with the other parties in the building process in order to introduce innovative ideas in the building process.

Denne SBI-rapport sammenfatter erfaringerne fra seks forsøgsbyggerier med fokus på byggelogistik. I rapportens første del præsenteres de seks forsøg og de væsentligste logistikfaglige resultater opsummeres. Dernæst følger en gennemgang af de forhold, der har kendetegnet gennemførelsen af forsøgsbyggerierne som udviklingsprojekter. Rapporten rundes af med en diskussion af betingelserne for, at logistiktankegangen kan vinde større udbredelse i byggeproduktionen. Rapporten henvender sig til alle virksomheder og institutioner, der ønsker at skabe sig et hurtigt overblik over de seneste 10 års udvikling inden for logistikområdet og med generel interesse for forsøgsbyggeri som forandringsstrategi i byggesektoren.

