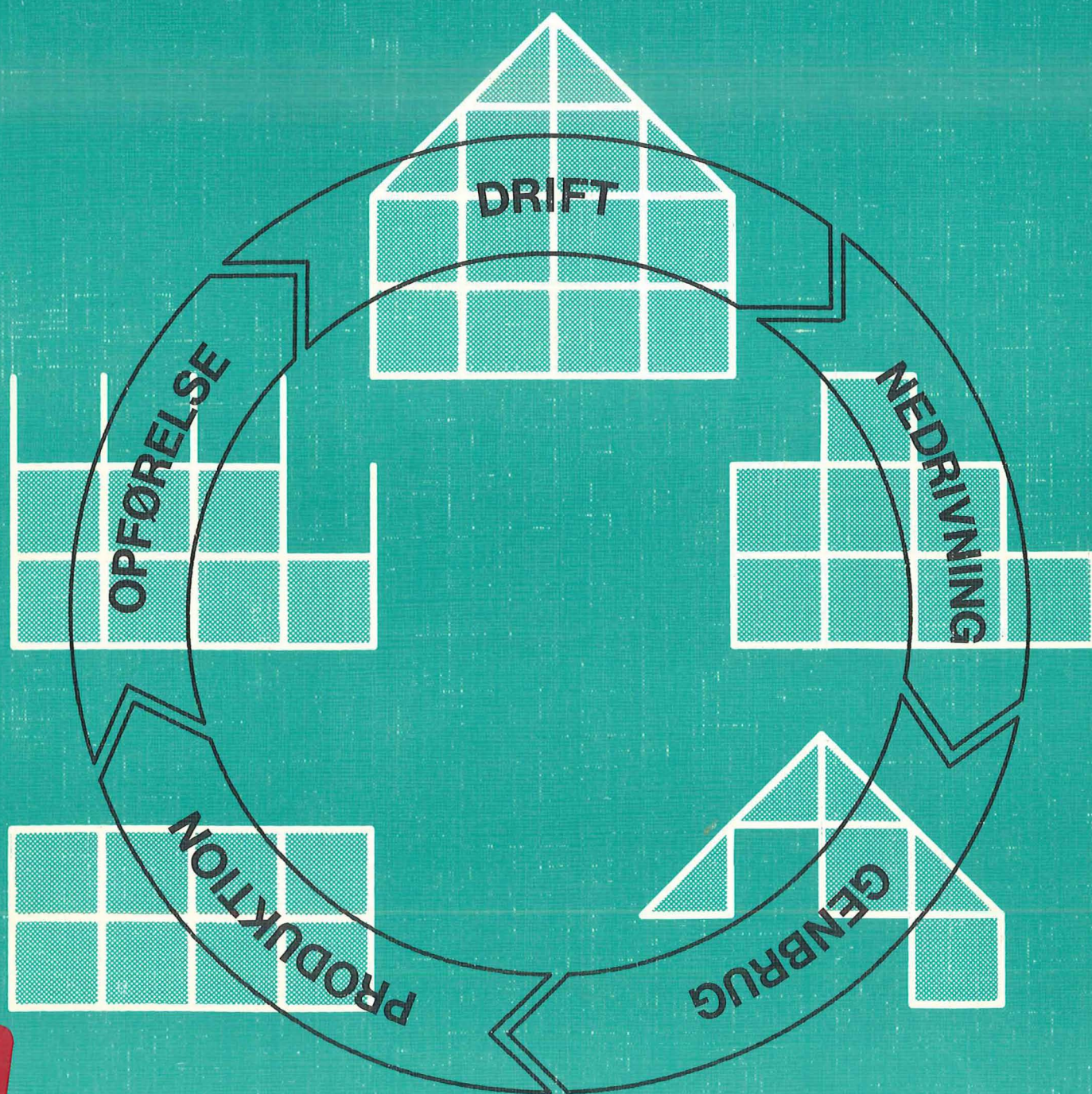


# Miljøpåvirkninger fra byggeri



Nordisk konference om bygningers totalenergiforbrug og miljøbelastning, København den 5. november 1991

SBI-MEDDELELSE 93 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1992



# Miljøpåvirkninger fra byggeri

Nordisk konference om bygningers totalenergiforbrug  
og miljøbelastning, København den 5. november 1991

REDAKTION:  
JENS ØSTERGAARD

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

EX. 2  
19 AUG. 1992

00121P



SBI-MEDDELELSE 93 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1992

SBI-meddelelser er foreløbige rapporteringer og beretninger om forundersøgelser, konferencer, symposier m.v.

SBI-publikationer udgives i følgende serier: Anvisninger, Rapporter, Meddelelser, Byplanlægning og Beton. Publikationerne fås gennem boghandelen eller ved at tegne et SBI-abonnement. Institutets 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 87-563-0811-6.  
ISSN 0107-4180.  
Pris: Kr. 110,00 inkl. 25 pct. moms.  
Oplag: 800.  
Tekstbehandling: Annette Hansen.  
Omslag: Henning Holmsted.  
Tryk: SBI, Hørsholm.

Statens Byggeforskningsinstitut:  
Postboks 119, 2970 Hørsholm.  
Telefon 42 86 55 33.

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen:  
SBI-meddelelse 93: Miljøpåvirkninger fra byggeri. 1992.

# Indhold

<b>Forord</b> .....	5
<b>Sammenfatning</b> .....	6
<b>DEL 1:</b>	
<b>Det nordiske samarbejde og SBI-projektområdet: Miljøpåvirkninger fra byggeri</b> .....	8
Jørn Dinesen, Statens Byggeforskningsinstitut/SBI, DK	
<b>Miljømærkningsordninger for bygninger</b> .....	15
Erik Christophersen, Statens Byggeforskningsinstitut/SBI, DK	
<b>EF's miljømærkning af byggeprodukter</b> .....	17
Resumé af foredrag ved Poul Wendel Jessen, Miljøstyrelsen, DK	
<b>Resumé af debat</b> .....	22
Indledt af Nils Skaarer, Stiftelsen Østfoldforskningen, N	
<b>DEL 2:</b>	
<b>Energiproduktion og miljøbelastning i byggeri</b> .....	25
Ivar Wangensteen, Energiforsyningens Forskningsinstitut A/S, N	
<b>Fjärrvärmeförsörjning och lokalmiljö</b> .....	32
Lena Olofsson, Göteborg Energi AB, S	
<b>Resumé af debat</b> .....	37
Indledt af Lennart Klingberg, Statens Institut för Byggnadsforskning/SIB, S	
<b>DEL 3:</b>	
<b>Energiforbrug til produktion af byggematerialer og til opførelse af bygninger</b> .....	39
Sigurd Østergaard-Andersen, i-68 Rådgivende ingeniørfirma K/S, DK	
<b>Ombygning og vedlikehold av bygningsdeler</b> .....	44
Tore Haugen, SINTEF, og Lars Myhre, Norges Tekniske Høgskole, N	
<b>Energi- og miljøforhold ved nedrivning og genanvendelse af bygninger</b> .....	53
Jens Bjørn Jakobsen, COWIconsult Rådgivende ingeniører A/S, DK	
<b>Resumé af debat</b> .....	63
Indledt af Helene Hjort-Knudsen, i-68 Rådgivende ingeniørfirma K/S, DK	
<b>Byggeriets energiforbrug og emission af SO<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub></b> .....	65
Dan Ove Pedersen, Statens Byggeforskningsinstitut/SBI, DK	
<b>Summary</b> .....	69
<b>Deltagerliste</b> .....	71
<b>Andre SBI-publikationer inden for emneområdet</b> .....	73

# Forord

Der satses - ikke mindst i de nordiske lande - på at reducere energiforbruget i byggeriet og den deraf følgende miljøbelastning. Dette forudsætter sammenhængende vurderinger af forbrugsfordelinger og miljøpåvirkninger.

For at orientere om byggesektorens aktuelle forsknings- og udviklingsarbejde samt for at diskutere erfaringer, synspunkter, forskningsbehov og koordineringsmuligheder, indbød deltagerne i det nordiske byggeforskningssamarbejde på energiområdet, NBS-Energi, til en konference i København den 5. november 1991.

Denne anden nordiske konference om "Bygningers totalenergiforbrug og miljøbelastning" blev støttet af Nordisk Ministerråd. Målet var at understøtte det nordiske samarbejde om etablering af planlægningsredskaber til miljøfremmende helhedsvurderinger af byggeri og således bidrage til at nedbringe byggeriets belastning af miljøet.

På konferencen blev de behandlede emner forsøgt sat i et bredere perspektiv med hensyn til projektering, opførelse, økologi og økonomi.

Konferencedeltagerne var forskere, producenter og andre interesserede i energi- og miljøspørgsmål vedrørende bygninger. Jørn Dinesen og Annelise Willendrup, Statens Byggeforskningsinstitut, har varetaget den faglige tilrettelægning og stået for det praktiske arrangement. I nærværende SBI-meddelelse gengives konferencens indlæg.

Statens Byggeforskningsinstitut  
Afdelingen for Energi og Indeklima, maj 1992.

*Erik Christophersen, forskningschef*

# Sammenfatning

De fleste former for energiproduktion belaster udemiljøet gennem emission af fx NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>.

På den første nordiske konference i september 1990 om byggeriets miljøbelastning behandlede følgende emner: *bygningers totalenergiforbrug og miljøbelastning, miljøpolitiske udfordringer til bygge- og energiforskningen, miljøbelastninger ved energiproduktion til bygningsopvarmning, modeller for bygningers energiforbrug og drift, bygningers energiindhold samt energiforbrug og miljøbelastning ved anvendelse af henholdsvis betonkonstruktioner, træmaterialer, tegl, glas og isoleringsmaterialer.*

Konferencen var arrangeret af en arbejdsgruppe under det nordiske byggeforsknings samarbejde, NBS-Energi, hvis formål er at koordinere forskningsaktiviteter, være katalysator, samordne, indsamle data og udvikle beregningsmodeller. Konferencen i 1990 gav et overblik og definerede en række af de problemer, der skulle tages fat på. I SBI-meddelelse 85: "Bygningers totalenergiforbrug og miljøbelastning" er indlæggene resumeret.

NBS-samarbejdsgruppen har også initieret denne anden konference for at få overblik over, hvordan det er gået, om arbejdet er kommet videre og for at give endnu mere inspiration til nordisk samarbejde og fremtidige samarbejds muligheder.

Konferencen i 1991 var opdelt i tre dele, som hver afsluttedes med en diskussion indledt af udvalgte opponenter.

**Den første del** indledtes af Jørn Dinesen, Statens Byggeforskningsinstitut: *Det nordiske samarbejde og SBI-projektområdet: Miljøpåvirkninger fra byggeri.* Han gennemgik resultaterne af det nordiske energi- og miljø samarbejde i NBS-Energi og fremlagde et dansk oplæg til analysemodel - "fra vugge til grav" - for bygningers miljøbelastning.

Erik Christophersen, Statens Byggeforskningsinstitut: *Miljømærkningsordninger for bygninger.* Udgangspunktet for indlægget var det igangværende arbejde i det europæiske byggeforskningsnetværk ENBRI. Efter en beskrivelse af den engelske "green label" ordning skitseredes mulighederne for at indføre tilsvarende ordning i dansk og nordisk byggeri.

Poul Wendel Jessen, Miljøstyrelsen: *EF's miljømærkning af byggeprodukter.* Gennemgang af EF's aktuelle arbejde og procedurer i forbindelse med etablering af ordninger for miljømærkning af produkter belyst gennem eksempler på eksisterende nationale ordninger.

Nils Skaarer, Stiftelsen Østfoldforskning, indledte debatten om konferencens tre første indlæg. Den handlede blandt andet om justeringsmuligheder i beregningsmodellerne, miljømærkning i byggeriet, "grøn indkøbsstrategi", økologisk byggeri og udfordringerne til forsknings- og udviklingsarbejdet.

**Den anden del** indledtes af Ivar Wangensteen, Energiforsynings Forskningsinstitut A/S: *Energiproduktion og miljøbelastning i byggeri.* Her sammenlignedes forskellige opvarmningsformers effektivitet, miljøbelastning, teknologi, udbredelsen af traditionelle energikilder og nogle alternativer blev beskrevet.

Lena Olofsson, Göteborg Energi AB: *Fjärrvarmeforsörjning och lokalmiljö.* Om energi- og miljøkonsekvenser ved henholdsvis central og decentral energiproduktion samt virkningsgrader og energiforbrug for henholdsvis traditionelle fjernvarmeværker, elværker og kraftvarmeværker.

Lennart Klingberg, Statens Institut för Byggnadsforskning, indledte debatten ved at kommentere de to foregående indlæg og perspektivere kollektive varme anlægs fordele og ulemper i forhold til en bedre udnyttelse af ressourcerne.

**Tredie del** indledtes af Sigurd Østergaard-Andersen, i-68 Rådgivende ingeniørfirma K/S: *Energiforbrug til produktion af byggematerialer og til opførelse af bygninger.* Sammenligning af energiforbrug til byggematerialer og byggeprocesser ud fra en belysning af udvalgte byggematerialers produktionsteknologi og deraf følgende miljøbelastning.

Tore Haugen, SINTEF, og Lars Myhre, Norges Tekniske Høgskole: *Ombygning og vedlikehold av bygningsdeler.* Om valg af byggematerialer i forhold til holdbarhed/levetid og følgerne for energiforbrug/miljøforhold.

Jens Bjørn Jakobsen, COWIconsult Rådgivende ingeniører A/S: *Energi- og miljøforhold ved nedrivning og genanvendelse af bygninger.* Energiforbrug og miljøbelastning ved henholdsvis traditionel og selektiv nedrivning samt muligheder for energibesparelser ved genbrug af byggematerialer.

Helene Hjort-Knudsen, i-68 Rådgivende ingeniørfirma K/S, indledte debatten i tredje del ved, at problematisere arbejds metoder og konsekvenser ved forskellige former for helhedsbetragtninger og livscyklusmodeller.

Dan Ove Pedersen, Statens Byggeforskningsinstitut: *Byggeriets energiforbrug og emission af SO<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub>.* Om datagrundlag og beregninger belyst gennem eksempler.

**Til slut** takkede Erik Christophersen foredragsholdere og de øvrige konferencedeltagere for de spændende oplæg, inspiration og kommentarer. Konferencen havde bragt samarbejdet og forskningen med at reducere byggeriets miljøbelastning et skridt videre. Han påpegede vigtigheden af en fælles systematik for indsamling af materialedata af hensyn til sammenligneligheden.

# Det nordiske samarbejde og SBI-projektområdet: Miljøpåvirkninger fra byggeri

Jørn Dinesen,  
Statens Byggeforskningsinstitut/SBI, DK

## Den nordiske samarbejdsgruppe

På NBS-Energi's nordiske konference i 1990 om bygningers totalenergiforbrug og energirelaterede miljøbelastning blev det besluttet at etablere en nordisk samarbejdsgruppe med følgende medlemmer:

- Tore Haugen, SINTEF, Norge
- Lennart Klingberg, SIB, Sverige
- Jørn Dinesen, SBI, Danmark
- Annelise Willendrup, Birch & Krogboe, Danmark (sekretær)

Gruppen har i det forløbne år afholdt fire møder, det seneste også med finsk deltagelse. Vi håber, at Finland fremover vil deltage i arbejdet, idet vi bl.a. er meget interesserede i information om den finske bygnings-edb-model, RATAS.

## Samarbejdsgruppens kommissorium

Gruppens emne vedrører en bygnings totale energiforbrug i hele bygningens livscyklus og den miljøbelastning, dette forbrug giver anledning til. Gruppen har ikke beskæftiget sig med energibesparende foranstaltninger. I det kommissorium gruppen startede med at opstille, beskrives følgende formål med arbejdet:

- at beskrive ønsker til et fælles datagrundlag til energiberegninger og beregninger af miljøbelastninger
- at udføre et forstudie vedrørende det hensigtsmæssige indhold og omfang af en eventuel database
- at forelægge problematikken på en konference.

Arbejdet skal desuden:

- gøre brug af det arbejde, der allerede er igangsat i de nordiske lande
- sikre den nordiske synsvinkel, så fremtidige dataprogrammer kan anvendes i alle de nordiske lande
- skabe en eventuel nordisk referencegruppe til brug for senere koordineret dataindsamling.

## Igangværende forskningsprojekter og tilgængelige data

Vi tog i gruppen først fat på at finde ud af, hvilke projekter der allerede er i gang i de nordiske lande. På daværende tidspunkt fandt vi kun det danske projekt, som beskrives senere. Dette projekt blev derfor anvendt som udgangspunkt for arbejdet.

Vi så dernæst på hvilke data, der er umiddelbart tilgængelige, og hvilke, det er muligt at indsamle. I både Norge, Sverige og Danmark findes der statistiske data og miljødatabaser (se litteraturfortegnelse side 13), men det er ikke muligt umiddelbart

at relatere dem til de enkelte byggeprodukter. Det er derfor nødvendigt at supplere med data indsamlet direkte hos producenter, entreprenører m.fl. Også her har vi påbegyndt et fælles arbejde blandt andet vedrørende nedrivningsmaterialer og deres genanvendelse til energiproduktion, direkte salg eller anden anvendelse. Lennart Klingberg har blandt andet indsamlet en del materiale i Göteborg.

Vi har desuden udvekslet kontakter til byggevarerproducenter fx vedrørende norsk aluminiumproduktion og svensk produktion af stål-beklædningsplader og er også begyndt at indsamle data hos producenterne. Hertil er udarbejdet et interviewskema, som er blevet kommenteret i gruppen.

## Fælles struktur og nationale forskelle

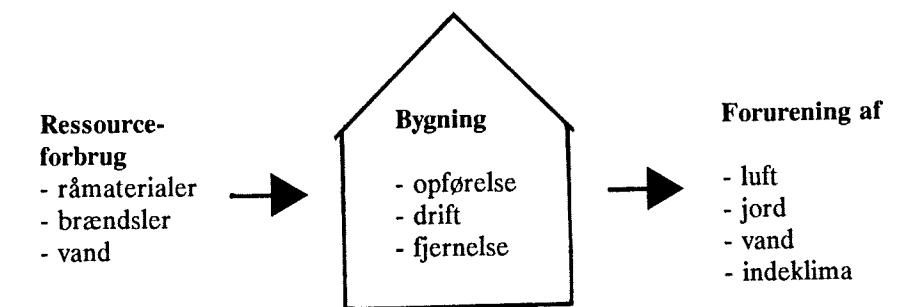
Da der er nationale forskelle, er vi ikke nået så langt, at vi har fået opstillet en fælles struktur for en nordisk database, men vi håber, at vi kan fortsætte arbejdet med dette.

For at understøtte indsatsen vil der nu også i Norge blive igangsat projekter inden for området, bl.a. et licentiatstudium ved SINTEF.

Gruppens seneste opgave er planlægningen af denne konference, som skal præsentere arbejdet i de nordiske lande. Vi håber, at den - og udgivelsen af en konferencerapport - vil bringe nye impulser til et udbygget nordisk samarbejde, vil kunne understøtte igangsætning af nordiske projekter og vil bidrage til gensidig information inden for de behandlede delområder. Som eksempel kan nævnes området genbrug af byggematerialer, hvor der i Danmark er flere udviklingsprojekter i gang.

## Bygninger "fra vugge til grav"

Vi har på SBI taget fat på det område, som generelt kan benævnes *Miljøpåvirkninger fra byggeri*. Her vil vi se på bygninger fra "vugge til grav", (dvs anlæg, drift og fjernelse af bygninger) og vi vil koncentrere os om den enkelte bygning.



Figur 1. Miljøpåvirkninger fra byggeri.

Ved *miljøpåvirkning* forstår vi i denne sammenhæng (figur 1):

- forbrug af *ressourcer* (som findes i begrænsede mængder og ikke fornyes (fossile brændsler, materialer, vand)
- *forurening* af det ydre miljø (naturen) med farlige (miljøfremmede) stoffer (i for store mængder). (Forurening af luft, jord, vand med CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, nitrat, kviksølv m.m).

Indeklima og arbejdsmiljøspørgsmål er ikke direkte med i arbejdet, da dette område varetages af andre på SBI.

Vi har påbegyndt arbejdet ved at tage fat på energiområdet, idet energiforbrug såvel ressource- som forureningsmæssigt udgør en meget væsentlig miljøbelastning.

#### Byggesektoren tegner sig for 50 % af det samlede energiforbrug

Energiforbruget baseres i hovedsagen på fossile brændsler, og afbrændingen af dem giver anledning til luftforurening i form af kuldioxid, svovldioxid, kvælstofilter m.v.

Byggesektoren tegner sig for en stor del af det samlede energiforbrug, nemlig op imod 50 %, når vi udover driftsforbruget også medregner forbruget i forbindelse med opførelse og fjernelse af bygninger.

Det må (i lyset af Brundtlandrapporten m.m.) ventes, at der på den ene eller anden måde vil blive stillet krav om, at denne miljøbelastning reduceres, fx ved at der etableres en form for miljømærkningsordning. Der er flere miljømærkningsordninger på vej for både byggeprodukter og hele bygninger.

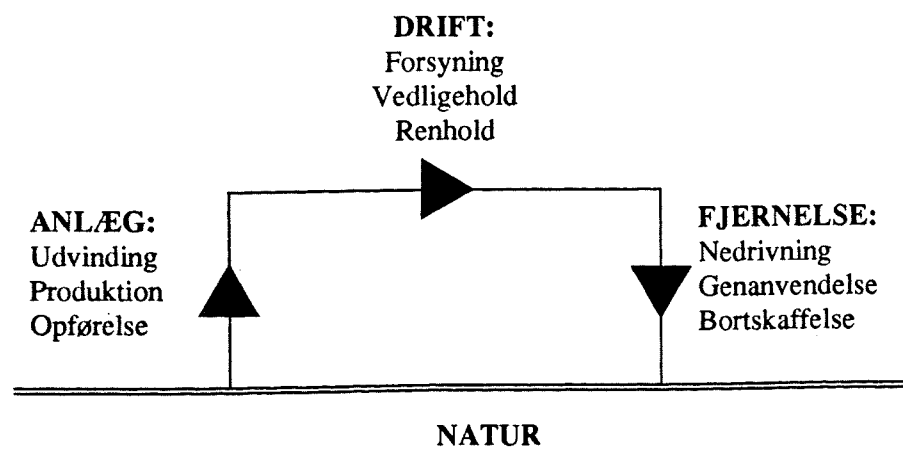
En forudsætning for at opstille krav eller retningslinier er, at der findes data og beregningsmetoder til analyse af bygningers totalenergiforbrug og den luftforurening, forbruget giver anledning til i hele bygningens levetid.

#### Edb-værktøj til begrænsning af energiforbrug og miljøbelastning

Det påbegyndte SBI-projekt har til formål at opstille beregningsmodeller for en bygnings totalenergiforbrug og energirelaterede luftforurening. Beregningsmodellerne skal på længere sigt resultere i et edb-program, der skal kunne anvendes som planlægningsværktøj i forbindelse med projektering af bygninger.

Det er idéen, at bygherrer og projekterende skal have mulighed for at vælge de byggetekniske løsninger, der har det mindste forbrug af energiressourcer, og som forårsager den mindste belastning af det ydre miljø hidrørende fra energiproduktionen.

Jeg skal kort beskrive hovedbestanddelene af det beregningsværktøj, der arbejdes på. Det baseres på en model, der beskriver en bygnings livsforløb.



Figur 2. En bygnings livscyklus.

Modellen omfatter for det første en opdeling af selve bygningen i bygningsdele og materialer. For det andet en faseopdeling, der illustrerer det kredsløb en bygning indgår i "fra vugge til grav" - eller som figur 2 viser fra "uberørt natur" og tilbage til "uberørt natur". Kredsløbet opdeles i processer, fx udvinding, vedligehold, nedrivning.

#### Bygning - energiforbrug - luftforurening

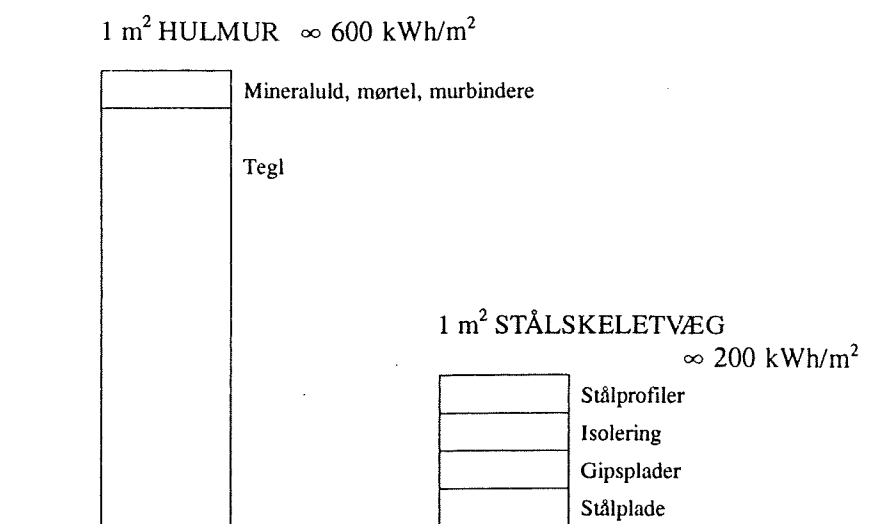
De to opdelinger repræsenterer tilsammen de materialer, der anvendes, og de aktiviteter der finder sted i løbet af en bygnings samlede levetid. Modellen skal gøre det muligt at beregne de samlede mængder og angive art og omfang af aktiviteterne for en given bygning på basis af et sæt oplysninger om bygningen. Det er meningen, at *bygningssmodellen* skal være så generel, at den kan anvendes til forskellige former for ressource- og miljøanalyser. Ud fra bygningssmodellen føres beregningerne videre i en *energiforbrugsmodel*. For hvert materiale kan fx beregnes forbruget

- til fremstilling af de forbrugte råvarer
- til selve produktionsprocessen
- til transport af råvarer og færdigvarer
- til fremstilling af produktionsapparatet.

Desuden beregnes forbruget til bl.a. opførelse af bygningen, opvarmning og nedrivning. Oplysningerne i energiforbrugsmodellen anvendes i en *luftforureningsmodel*, der beskæftiger sig med luftforureningen fra energiproduktionen. Det kræver bl.a. kendskab til, hvilken brændselstype og hvilket fyringsanlæg, der er anvendt.

#### Dataindsamling

Indsamling af data er en vigtig, men også meget vanskelig del af projektet. De data, der findes, er nemlig ikke umiddelbart sammenlignelige, og på nogle områder, fx nedrivning, findes der praktisk taget ingen data for energiforbrug. Det kan derfor blive nødvendigt i første omgang at anvende branchemæssige fordelingsstal for nogle af områderne.



Figur 3. Eksempel på energiforbrug til bygningsdele.

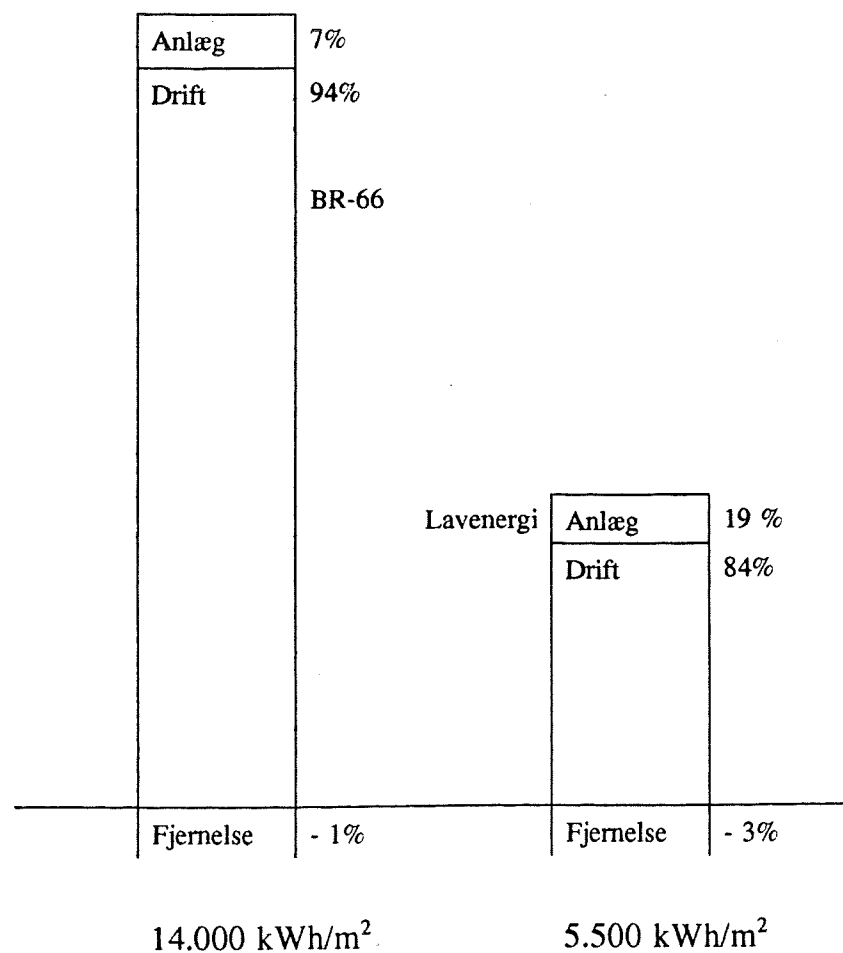
### Sammenligning på komponentniveau

Beregningsresultaterne skal kunne opgives på forskellige niveauer. Der kan beregnes på bygningsdels- eller komponentniveau. Figur 3 viser som eksempel, hvor stort energiforbruget er til fremstilling af en 1 m<sup>2</sup> tung og en 1 m<sup>2</sup> let ydervæg.

Den lette ydervæg er tilsyneladende meget mindre energiforbrugende end den tunge, men tallene kan ikke umiddelbart anvendes til sammenligning, bl.a. fordi den lette væg har kortere levetid og den kræver mere vedligehold. Det er nødvendigt at lægge oplysninger om disse forhold ind i beregningerne, når der skal laves egentlige sammenligninger.

### Sammenligning på bygningsniveau

Der kan også sammenlignes på bygningsniveau. En bolig opført efter BR-66 har et samlet livstids-energiforbrug på ca. 13-14000 kWh/m<sup>2</sup> over 50 år. En lavenergibygning vil til sammenligning have et energiforbrug omkring 5-6000 kWh/m<sup>2</sup>.



Figur 4. Eksempel på energiforbrug i en bygnings levetid (50 år).

Den væsentligste forskel på de to bygninger er isoleringstykkelsen. Det er driftsenergiforbruget, der er gået ned, medens forbruget til anlæg og fjernelse er næsten det samme.

Det ses, at opførelsesforbruget vil udgøre en større og større andel efterhånden som driftsforbruget bliver mindre, hvilket er

en god grund til at se på det totale forbrug fremfor som tidligere kun på driftsforbruget.

### Database og udkast til en praktisk anvendelig beregningsmodel

Projektet er nu så langt, at vi har fået udarbejdet den første (forholdsvis grove) beregningsmodel til praktisk brug.

Vi har den på skemaform, så den kan anvendes til manuel beregning, og vi er i gang med at programmere den til et edb-beregningsprogram.

Vi har desuden etableret en foreløbig database med alle de data (primært materialedata), vi har kunnet indsamle (Sigurd Østergaard-Andersen vil senere komme nærmere ind på beregningsmodel og database).

Resultaterne kunne som nævnt tidligere også anvendes i forbindelse med den miljømærkningsordning, som Erik Christophersen vil fortælle om.

### Litteratur om energi og miljø udvekslet i NBS-arbejdsgruppen

- Databaser och statistik i Sverige, 1991.02.14 (S)
- Återvinning av restprodukter från byggnadsindustrien og materialesvinn, (S)
- Forslag til struktur for nordisk database vedr. energi- og miljødata for bygninger, 15.2.1991 (DK)
- Eksempel på virksomhedsoplysninger til svensk industristatistik 1989 (S)
- Tabel for "Förbrukning af inköpt bränsle och elenergi år 1988, Kvantiteter" fra publikationen "Industri 1988" fra SCB (Statistiska Centralbyrån), Sverige 1990 (S)
- Eksempler på tabeller om "Avfallshandtering, (1987)" fra publikationen "Naturmiljön i siffror" fra SCB (Statistiska centralbyrån), Sverige (S)
- Norsk standard NS3451, "Bygningsdelstabell", Norge 1988 (N)
- "Status report on Eurocare Data and some proposals for the future development of the Eurocare Data", Eurocare, Eureka Projekt EU140, Norge (N)
- Møterefarat fra Norsk prosjektorganisering av EUREKA EU 454 EURO CARE DATA (NTNF), Prosjekt BA 26633, Norge 1990.11.14 (N)
- Program for seminar vedr. "Norge som pilotland for en bærekraftig utvikling" 27. februar - 2. marts 1991. Norge (N)
- SINTEF rapport vedr. "An integrated CAD-system for economic optimization in planning and design", Norge 1990 (N)
- Supplerende materiale vedr. "Struktur for bygningsmodel, beregningsmodel og datamodel" i SBI-projektet "Energi- og miljøanalyser ved projektering af byggeri", Danmark 1990 (DK)
- Information om den engelske miljømærkning "green label" (DK)
- Uddrag af rapport 137 fra Den Polytekniske Lærestalt, Danmarks Tekniske Højskole, 1979 vedr.: Det akkumulerede energiforbrug til fremstilling af boliger. (DK)



- Brancheenergiforbrug, eksempel 1986, Danmarks Statistik samt eksempler på detailberegninger for visse produkttyper. Danmark (DK)
- "Naturmiljön i siffror" fra SCB (Statistiska Centralbyrån), 3 udgave 1990, Sverige (S)
- Beskrivelse af SBI-projekt: "Energi- og miljøanalyser ved projektering af byggeri", Danmark, 17.04.1991 (DK)
- Interview-skemaer til SBI-projektet, Danmark (DK)
- Ansökan om projektmedel for 1992, fremsendt til Nordisk Ministerråd via Energistyrelsen, København - 18.3.1991 (DK)
- Forslag til projektafgrænsninger, 91-04-11 (DK)
- Emissioner ved fremstilling af basisplast (eksempel), (DK)
- Fordelingsnøgle for emissioner (DK)
- "Verksamhetsberättelse 1990" for VTT, Statens tekniska forskningscentral, Finland (SF)
- Information om VTT: "Laboratory of urban planning and building design, Technical research center of Finland" (SF)
- Ansøgning til NBS-Energi vedrørende "Expertgruppen för energi-uppföljningsfrågor", 19.3.1990, (SF)
- "Energiforskningsprogram 91, Program for udbygning af dansk energiforskning og -udvikling i perioden 1991-93", Energistyrelsen, København, april 1991. (DK)
- "Energistatistik 1990", Energistyrelsen, København, 1991. (DK)
- Oversigt over igangværende og kommende SBI-miljøprojekter. (DK)
- SBI-anvisning 171 "Nedrivning af bygninger og anlægskonstruktioner", 1991. (DK)

(S)=Sverige, (N)=Norge, (DK)=Danmark, (SF)=Finland

## Miljømærkningsordninger for bygninger

*Erik Christophersen,  
Statens Byggeforskningsinstitut/SBI, DK*

Byggeriet udgør en væsentlig miljøbelastende faktor såvel resource- som forureningsmæssigt, ikke mindst i relation til energiforbruget, som Brundtlandrapporten anbefaler reduceret med 50 % i de industrialiserede lande.

Gennem forsknings- og udviklingsarbejder er der opnået mange resultater, der kan bidrage til reduktion af disse belastninger, og flere resultater er på vej.

### Miljøvurderingsmetode

En måde til at fremme resultaternes anvendelse i praksis (uden at gribe til lovkrav) kunne være at introducere en miljømærkningsordning for bygninger. En sådan ordning omfatter en vurdering af bygningen i miljømæssig henseende samt - såfremt vurderingen falder positivt ud - udstedelse af et "miljøbevis", der viser hvordan bygningen er placeret i forhold til en række miljøkriterier, fx nøgletal for CO<sub>2</sub>-emission, energiforbrug og indeklimakvalitet.

Building Research Establishment (BRE) i England har udarbejdet en metode til miljøvurdering af bygninger. Den første anvendelse af metoden omfatter nye kontorbygninger, men det er planlagt at udvide med andre bygningskategorier. Der er tale om en frivillig, pragmatisk ordning, hvor man har taget de forhold med, der er tilstrækkeligt underbygget af almindelig accepteret viden. Vurderingen bliver gennemført på projektstadiet og skal motivere bygherrer, arkitekter og ingeniører til at bygge med "en grøn tankegang". Figur 5 viser ordningens miljøcertifikat, "Green label".

SBI har et tæt samarbejde med BRE og vil kunne drage nytte af de erfaringer, der er høstet i forbindelse med projektarbejdet. Inden for det europæiske byggeforsknings samarbejde (ENBRI), som SBI deltager i, er det besluttet at arbejde aktivt for et fælles grundlag til miljøvurdering af bygninger i lighed med den beskrevne engelske metode. Det er aftalt, at der vil blive søgt finansiel støtte fra EF til igangsætning af arbejdet.

I den senere tid har SBI påbegyndt projekter, som er direkte miljøorienterede, fx projektet "Energi- og miljøanalyser ved projektering af byggeri". Projektet behandler områder, som BRE har planer om at udvide den igangværende ordning med, men hvor der i dag ikke er tilstrækkelig viden fx om energiforbrug til materialeproduktion, transport af byggematerialer samt energiforbrug til opførelse, drift og bortskaffelse af bygninger. Det er tanken, at SBI's miljøprojekter efterhånden skal omfatte alle

ressource- og miljøaspekter i forbindelse med byggeri, bl.a. minimering af:

- forbruget af råmaterialer, brændsler og vand
- forurening af luft, vand og jordbund
- belastningen af arbejdsmiljø og indeklime.

Formålet er at etablere et grundlag for vurdering af bygningers totale miljøbelastning og herudfra overveje, hvordan og på hvilke områder en miljømærkningsordning efter det engelske koncept vil kunne etableres i Danmark.

SBI vil udarbejde et forslag til en sådan ordning med det formål at fremme en frivillig, tværgående miljø- og ressourcevurdering af alle forhold vedrørende byggeri. Arbejdet med forslaget bliver gennemført i samarbejde med BRE, forskningsinstitutter, læreanstalter, rådgivere og andre, som kan bidrage med viden om nøgletal for miljøvurderinger. Dette vil bl.a. omfatte:

- Studier af den engelske ordning samt andre etablerede eller planlagte miljømærkningsordninger for bygninger
- Vurdering af disse ordninger set i forhold til resultaterne af de danske energi- og miljøprojekter
- Udarbejdelse af forslag til en dansk energimæssig miljømærkningsordning baseret på resultaterne af de nævnte studier og vurderinger og under hensyntagen til danske forhold.

Environmental Assessment

BUILDING

---

GLOBAL EFFECTS

<p><b>GREENHOUSE GASES</b> Carbon dioxide emission in kg/m<sup>2</sup>/year of floor area, less than:</p> <p><input type="checkbox"/> 157 kg/m<sup>2</sup>/yr <input type="checkbox"/> 120 kg/m<sup>2</sup>/yr <input type="checkbox"/> 92 kg/m<sup>2</sup>/yr <input type="checkbox"/> 70 kg/m<sup>2</sup>/yr <input type="checkbox"/> 53 kg/m<sup>2</sup>/yr <input checked="" type="checkbox"/> 40 kg/m<sup>2</sup>/yr</p> <p><small>(Well designed air conditioned buildings range from 157-92, other buildings range from 120-40)</small></p>	<p><b>OZONE DEPLETION</b></p> <p><input type="checkbox"/> No air conditioning <input type="checkbox"/> CFC pump down consumers <input type="checkbox"/> Ozone depletion refrigerants 0.00 or less <input type="checkbox"/> No halons for fire-fighting <input type="checkbox"/> Ozone depletion refrigerants 0.03 or less <input type="checkbox"/> CFC leak detection <input checked="" type="checkbox"/> No CFCs or HCFCs in thermal insulants</p>	<p><b>WOOD PRODUCTS</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> All wood from sustainable sources</p> <p><b>RECYCLING OF MATERIALS</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Separate storage space for recyclable materials</p>
--	---	--

---

NEIGHBOURHOOD EFFECTS

<p><b>LEGIONNAIRES' DISEASE (Air conditioning)</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> No wet cooling tower or cooling tower designed to CIBSE TM 13</p>	<p><b>LOCAL WIND EFFECTS</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Building less than 20 metres high, or which has satisfied an environmental assessment</p>	<p><b>REUSE OF EXISTING SITE</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Site previously built on or reclaimed</p>
---	---	---

---

INDOOR EFFECTS

<p><b>LEGIONNAIRES' DISEASE (Hot and cold water supply)</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Domestic water system designed to CIBSE TM 13 or point of use water heating</p> <p><b>LIGHTING</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Fluorescent lighting with high frequency ballasts</p>	<p><b>HAZARDOUS MATERIALS</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> One formaldehyde spray 18, in accord with BS 5619, 5618 and 4208 or alternative material <input checked="" type="checkbox"/> No lead in paint <input checked="" type="checkbox"/> No asbestos</p>	<p><b>INDOOR AIR QUALITY</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ventilation rates to CIBSE or <input checked="" type="checkbox"/> Controllable natural ventilation/openable windows <input type="checkbox"/> Steam humidification where required <input checked="" type="checkbox"/> Separate smoking area</p>
--	--	--

DEVELOPER

ARCHITECT

BUILDING SERVICES

DESIGN ASSESSOR

DESIGN ASSESSOR

Assessment Method: BREEAM 1/90 - New Office Designs

Achieved    Not achieved    Not applicable

The descriptions above are abbreviated - see written assessment for details

Building Research Establishment

Figur 5. BRE-ordningens miljøcertifikat, "Green label".

## EF's miljømærkning af byggeprodukter

Resumé af foredrag ved Poul Wendel Jessen, Miljøstyrelsen, DK

Poul Wendel Jessen er ansat i Miljøstyrelsen i Danmark og dansk deltager i EF's arbejde med at etablere en europæisk positiv miljømærkningsordning. Han deltager endvidere i det nordiske samarbejde om den tilsvarende nordiske miljømærkningsordning.

### Myndighedsbaseret miljømærkning

Poul Wendel Jessen indledte sit foredrag med at påpege, at tankegangen i den positive miljømærkning retter sig mod private forbrugere, dvs. alle os som konstant hører om problemer med giftlossepladser, ozonhuller, rovdrift på hvaler og regnskove, iltsvind i Kattgat etc., men som ikke kan finde ud af, hvordan bekymring for disse udviklingstendenser omsættes i praksis.

De første eksempler på erhvervslivets og detailhandelens forsøg på at omsætte "miljømærkning af forbrugerprodukter" har allerede vist sig. Selv om Poul Wendel Jessen ikke ville debattere lødigheden af de forskellige initiativer, antydede han, at de fleste sikkert undrer sig, når man i det lokale supermarked præsenteres for at kunne redde et eller andet ved at købe en toiletrulle frem for en anden.

De fleste mennesker ved at sådanne aktiviteter er plat, men de ved også, at der findes en lang række mere eller mindre seriøse bud på miljømærkning.

Dette er baggrunden for de nordiske og europæiske initiativer til en myndighedsbaseret miljømærkning. I EF-regi er de første 5-6 sæt miljøkriterier nu blevet vedtaget, og produkterne er så småt ved dukke op i butikkerne.

### "Blauen Engel"

De såkaldte "grønne forbrugere" har i lang tid påpeget nødvendigheden af objektive vurderingskriterier, og der har også vist sig adskillige internationale initiativer på miljømærkningsområdet.

Den bedst kendte ordning er den tyske "Blauen Engel", som er udviklet i retning mod det, som nu kaldes et livscykluskoncept. I starten var ordningen udelukkende baseret på enkelte - nemt kritisable - kriterier.

Det medførte dog ikke tyske forslag om afskaffelse, men derimod ønsker om forbedringer. Ordningen er siden udviklet i retning mod det livscykluskoncept, som populært kaldes en "vugge til grav" vurdering, dvs. en miljøanalyse af hele produktets levetid fra råvare til produktion, brug og affald ud fra en lang række miljøkrav.

## Matrice

	Produkt-livsløb	Råstof-udvinding	Fremstilling	Forbrug	Bort-skaffelse	Trans-port
Miljøparameter						
Ressourcer						
Energiforbrug						
Udledning: - luft - vand - jord						
Affald (fast) - genanven-delighed - kompost - forbrændning - deponering						
Farlige stoffer						
Sikkerhed/ arbejds miljø						
Kvalitet						
Lugt						
Støj						
(Emballage)*						

Figur 6. Matricen angiver en række miljøparametre der skal vurderes for hvert trin i produktets livsløb, men det er ikke nødvendigvis alle miljøparametre der er relevante for alle produkter eller alle trin i kredsløbet. (\* Emballagen hører egentlig ikke med som en miljøparameter, idet den er en del af det samlede produkt).

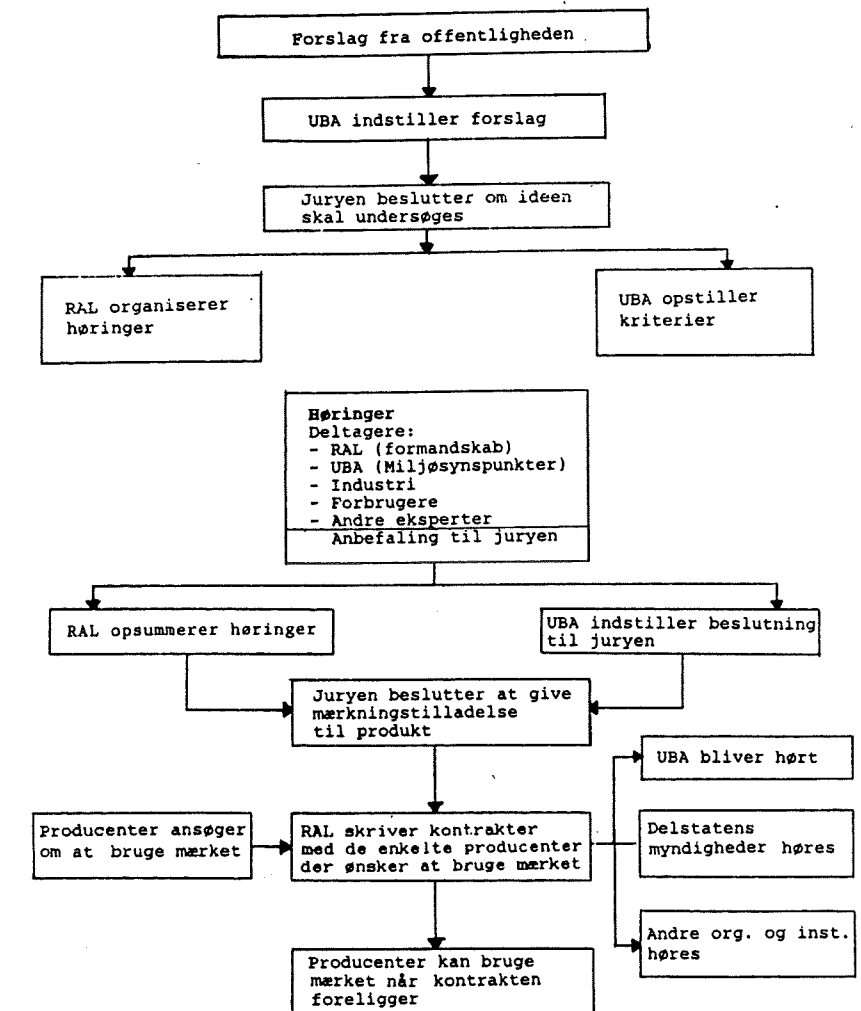
### Andre nationale miljømærkningsordninger

Der eksisterer eller planlægges nationale miljømærkningsordninger i Canada, Japan, Østrig, England, Frankrig, Holland, Sverige og Norge. De enkelte landes kriteriefastlæggelse (figur 6) og udvalgte produktgrupper gennemgås kort i en publikation fra Miljøstyrelsen: *Miljømærkning af produkter*. Miljøprojekt nr. 154, 1990.



"Beskytter jorden med vore egne hænder". Det japanske miljømærke.

Figur 7. Miljømærkesymboler fra Sverige, Canada og Japan.



Figur 8. Skematisk gennemgang af kriteriefastsættelse og godkendelse af det enkelte produkt ved "Blauen Engel".

### Proceduren i EF's miljømærkning

I december 1991 blev en fælles europæisk ordning vedtaget, og den forventes at træde i kraft i april 1992. De enkelte lande har herefter 3 måneder til at etablere de organer, der skal administrere ordningen. I begyndelsen af 1992 kan de første virksomheder søge om at få produkterne godkendt i den fælles europæiske miljømærkningsordning.

Proceduren begynder med at kommissionen i fællesskab nedsetter arbejdsgrupper for de produktgrupper som aktuelt ønskes fremmet. Der udpeges et leadcountry, dvs. det land der har formandskabet for arbejdsgruppen. Leadcountryet indbyder alle EF's medlemslande, alle relevante internationale interesseorganisationer for netop dette arbejde og de fornødne eksperter for en række produktgrupper, fx organisationer i byggesektoren.

Herefter udarbejdes et forslag til kommissionen, hvis kriterier skal vedtages og omsættes til virkelighed. Virksomhederne kan

frivilligt søge om mærket for at profilere sig selv over for forbrugerne ved at henvende sig til det kompetente organ i deres eget land (fx Miljøstyrelsen i Danmark), der vurderer produktet i forhold til de opstillede kriterier.

Kommissionen underrettes om beslutningen for ja eller nej og har 30 dage til at reagere, fx at lave indsigelse, hvis tingene ikke er i orden. Konkurrerende virksomheder kan også rekvirere dokumenter. Herved bidrages, gennem egenkontrol inden for hver enkelt branche eller produktgruppe, til sikring af ensartet administration.

I modsætning til det nordiske samarbejde, hvor der kræves enstemmighed, vedtages beslutninger i EF efter komitéprocedure, dvs. med kvalificeret flertal, hvilket medfører rimelig beslutningsdygtighed. Der er dog mulighed for "blokerende mindretal", men det spiller ikke længere så stor en rolle, i og med at danskerne nu træder kraftigt ind fra starten, påvirker processen og derved får utrolig stor indflydelse.

#### **Forbrugerprodukter**

Ordningen drejer sig først og fremmest om de forbrugsprodukter, som vi alle sammen køber i den private husholdning, herunder også bygningsmaterialer. Først lidt om ordningens koncept inden beskrivelsen af hvilke bygningsrelevante produkter, den kommer til at omfatte.

#### **Livscykluskonceptet**

Det grundlæggende koncept bag ordningen fremgår af skemaet (figur 6) til livscyklusanalyse. Alle produkter skal i princippet være omfattet af denne ordning bortset fra fødevarer og farmaceutiske artikler.

Emballagen har også en særlig status, idet den ikke er genstand for miljømærkning, da vi som forbrugere ikke køber emballage. Det er noget vi får med, når vi køber et produkt. Emballagen indgår til gengæld i den totale miljøvurdering af produktet.

Det er ofte svært at opstille kriterier for hvornår et produkt er mere eller mindre miljøbelastende og derfor ender det oftest med at folk kalder det miljøvenligt. Der er ingen illusioner om at produkter i sig selv gavner miljøet, men EF har udviklet en organisation, som opstiller kriterierne for de egentlige produkter.

#### **Offentlig indkøbspolitik**

Ordningen berører ikke kun privatforbrugere, men også de offentlige indkøb. Fx har vi i Danmark vedtaget en ny miljølov som i sin generelle formålsparagraf direkte nævner at offentlige virksomheder har en stadig forpligtigelse til at indkøbe varer, der giver mindst anledning til forurening og spild af ressourcer. Dette betyder selvfølgelig en hel del for miljømærkningsområdet fx om det nye byggeri.

Hele den offentlige indkøbspolitik er i øjeblikket under revision, og i Miljøministeriet arbejdes på at opstille en strategi for en offentlig indkøbspolitik, som også vil omfatte kommunerne.

Dette har selvfølgelig en hel del at gøre med byggeri og handler om ganske betydelige beløb. Der er også en række politiske

beslutninger på lokalniveau i amter og kommuner om, hvordan man skal indrette sin indkøbspolitik, så den er mindst mulig miljøbelastende.

En række danske kommuner har fx vedtaget at intet byggeri i kommunen må bruge pvc etc. Tendenserne i miljøbevidstheden peger i samme retning, og når de sættes i system fremstår en egentlig offentlig indkøbspolitik.

#### **Arbejdsmetode og udvælgelseskriterier**

Aktuelt er der fem arbejdsgrupper på området, og Danmark har formandskabet for en gruppe, der beskæftiger sig med papirprodukter. Selv om arbejdet er et pilotstudie for et specifikt område, skal arbejdsmetoden og kriterierne anvendes som generelt eksempel på livscyklusanalyse for samtlige andre produkter.

Arbejdet er netop afsluttet og rapporten fås i Miljøstyrelsen. Her gennemgås en række generelle diskussioner om de problemer, der opstår og hvordan de behandles, fx energiaspektet. Hvordan orienterer vi os fx i forhold til lokale og regionale påvirkninger? Hvordan skal kriterierne sættes op? Skal systemet bygge på forhindringer eller point? Hvordan afvejes de forskellige påvirkninger imod hinanden.

#### **Aktuelle arbejdsgrupper og indsatsområder i EF**

England har gennemført en analyse for vaskemaskiner, Tyskland for vaskepulver, Frankrig for maling og lak, mens Italien har udført en tværgående vurdering af emballage. De danske og engelske rapporter har været diskuteret med samtlige europæiske interesseorganisationer og her blev de så positivt modtaget, at Danmark fik til opgave at opstille helt præcise kriterier for papirprodukter og England for hårde hvidevarer.

Til sidst skal nævnes, at de arbejdsgrupper som indleder arbejdet i 1992 beskæftiger sig med rengøringsmidler til husholdningsbrug, batterier, kemiske bekæmpelsesmidler, alle former for lyskilder, vaskemaskiner, opvaskemaskiner, motorolie, tekstiler, kontorartikler, papirprodukter, vand- og energibesparende apparater og byggematerialer.

#### **Indsatsområder i byggesektoren**

De to sidstnævnte kategorier - vand- og energibesparende apparater og byggematerialer - skal Danmark komme med forslag til. Ordningen vil ikke omfatte et helt hus, men fx bygningsplader, isoleringsmaterialer, gulvmaterialer og alle de komponenter, som et hus består af.

Kriterierne skal være vedtaget inden udgangen af 1992, og Danmark bruger de ca. 25 nordiske arbejdsgrupper for miljømærkning som grundlag for EF-arbejdet, fx gruppen om bygningsplader (fx træfiber og gipsplader) som ledes af nordmændene.

# Resumé af debat

Indledt af Nils Skaarer,  
Stiftelsen Østfoldforskningen, N

Nils Skaarer indledte debatten om konferencens tre første indlæg med en vurdering af, at selv om 50 % reduktion af energiforbruget er et mål i tråd med Brundtlandkommissionens forslag, vil kravene givetvis på længere sigt blive yderligere skærpet. Han savnede blandt andet en mere omfattende behandling af fx transport- og affaldsforhold i bebyggelser. "Det hjælper ikke meget, at byggeriet er nok så energioekonomisk, hvis persontransport til og fra bebyggelsen forudsætter et håbløst energiforbrug."

Jørn Dinesen bemærkede hertil, at det danske forskningsprojekt kun omfatter transport af byggematerialer, men at der senere inddrages andre miljøbelastninger end energiforbrug. Der er desuden et andet SBI-projekt om byøkologi, som beskæftiger sig med persontransporten til og fra arbejdspladser.

## Generelt anvendelige modeller med lokale justeringsmuligheder

Nils Skaarer så en del problemer i at finde anvendelige tal at arbejde med i beregningsmodellerne. Han spurgte om energiforbruget til produktion af fx mineraluld og aluminium skulle generaliseres eller om de faktiske tal skulle anvendes. Udslippene af CO<sub>2</sub> er meget afhængige af, om energikilden er olie eller elektricitet og hvordan elektriciteten er produceret.

Hertil svarede Jørn Dinesen, at anvendelse af vandkraft ved aluminiumsproduktion naturligvis ikke belaster miljøet, men elektricitetsenergien kunne givetvis bruges bedre andre steder.

## Afvejning af miljøbelastninger

I Holland anvendes en såkaldt LCA-analyse til behandling af luft- og vandforurening, fx fra aluminiumsproduktion. Nils Skaarer nævnte, at LCA-analysen er en vanskelig, men højst aktuel metode til at afveje miljøbelastninger. CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og klorprodukter tildeles hver sin miljøbelastningsværdi og herved kan hver enkelt energiform, som anvendes i produktionen, afvejes i forhold til andre udslip. Det er vigtigt, at modelarbejdet omfatter en detaljeret behandling af alle disse forhold som grundlag for mere generelt anvendelige modeller, der desuden bør udformes således, at lokale data kan indarbejdes. Der er fx ganske forskellige forudsætninger i Danmark og Norge.

## Miljømærkning af byggeprodukter

Fornyelse og rehabilitering af den eksisterende bygningsmasse har et højt energiforbrug. Nils Skaarer forudså, at miljømærkningen på materialeområdet vil blive udvidet med tilsvarende

ordninger for "energiokonomiske byggeprojekter" og "økologisk rehabilitering", som det er tilfældet i Berlin.

Poul Wendel Jessen bemærkede, at den aktuelle miljømærkning ikke fokuserer på halvfabrikata, men på sammenlignelige, færdige produkter, fx væg- eller gulvbeklædning. Det skal være muligt at sætte konkurrerende produkter og materialer med samme funktion (fx aluminium, plastic og glas) op mod hinanden. Det er fx umuligt i miljømærkningssammenhæng at sammenligne en motorplæneklipper med en håndklipper, en le eller et får. Målet er, at oplyse om det mindst miljøbelastende produkt blandt det udvalg, som folk rent faktisk køber.

Nils Skaarer fandt, at selv om spørgsmålene i det engelske miljøskema kun drejede sig om nye kontorbygninger, virker det fornuftigt, da det både behandler globale, lokale og husspecifikke forhold. Han tilbød desuden at bidrage med data fra et forsøg i Norge, hvor et helt økologisk boligområde skulle vurderes. Han mente, at der skulle tilføres få parametre i miljømærkningsmodellen, for at det rakte ud over energiforbruget, og at Boverket i Sverige allerede havde defineret kriterier til energiforbrug, materialer, selvforsyning etc. for økologiske boligområder.

## En offentlig "grøn indkøbsstrategi"

Poul Wendel Jessen fortalte også, at Miljøstyrelsen og andre offentlige organer arbejder på at opstille en grøn indkøbsstrategi. Den er endnu ikke vedtaget, men der er taget principiel beslutning om, at vi skal have en sådan. Der er allerede en række tiltag og politiske markeringer. I Vejle kommune er fx besluttet, at alt kommunens byggeri skal foregå uden anvendelse af pvc. Tilsvarende har en række kommuner besluttet kun at anvende genbrugspapir. Ideen er, at alle sådanne nationale beslutninger vil påvirke producenterne virke.

## Økonomiske konsekvenser

Bent Petersen fra Energistyrelsen i Danmark påpegede, at det både kan blive dyrere for den enkelte og samfundet, hvis miljøformålene skal opfyldes. Han savnede regnestykker af, hvorvidt de enkelte initiativer ud fra totale betragtninger er en god ide for samfundet og efterlyste prisfastsættelser af de positive resultater ved en reduceret miljøbelastning fra byggeriet.

Jørn Dinesen fortalte, at SBI-projektet sigter på at udarbejde et beregningsværktøj for energiforbruget og den energirelaterede miljøbelastning. Selv om dette har sammenhæng med de økonomiske forhold, vil det aktuelle projekt ikke omfatte økonomiske konsekvensberegninger.

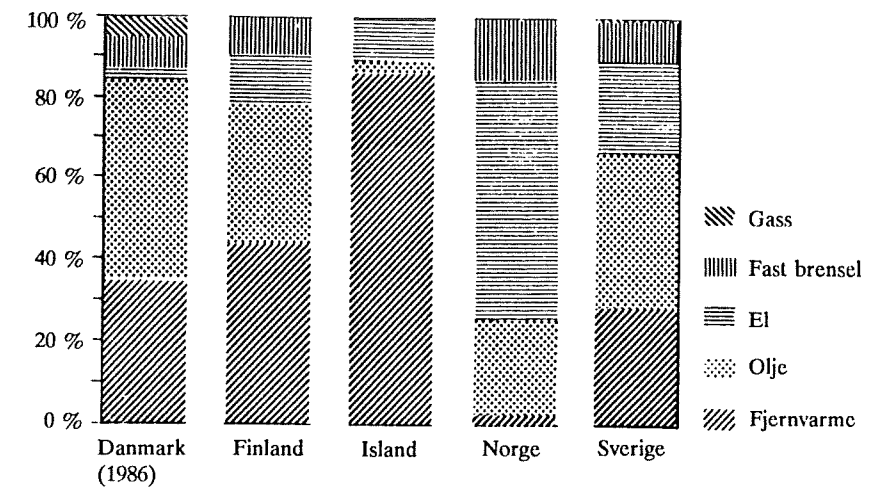
## Alternative produktudviklingsperspektiver

Nils Skaarer sluttede med at forudsige, at de nuværende undersøgelser af miljøvenlige produkter ville sætte yderligere focus på ikke-industrielt fremstillede produkter, brug af lokale materialer, jord, sand. Arbejdet kan meget vel resultere i et kraftigt brud med dagens løsninger og systemer. De nye perspektiver er muligvis decentraliseret produktion og lokalt orienterede systemer. Herved forudså han store og meget anderledes udfordringer til det fremtidige forsknings- og udviklingsarbejde.

# Energiproduksjon og miljøbelastning i byggeri

Ivar Wangensteen,  
Energiforsyningens Forskningsinstitutt A/S, N

Bygningers energitilførsel kan inndeles i:  
Ledningsbundet energi (Elektrisitet, Gass, Fjernvarme) og  
Ikke ledningsbundet energi (Olje, Fast brensel).



Figur 9. Fordeling af energitilførselen til romoppvarming og vannvarming i de nordiske land i 1987. Der er meget store forskjell landene imellom.

Tabell 2 viser virkningsgrader for elproduksjon med ny kommersiell teknologi, typisk for det som bygges idag. Ved å ta i bruk det aller nyeste og mest avanserte kan man komme noen få prosenter høyere. Dampkraftverk basert på olje og gass bygges normalt ikke i vestlige land i dag.

Kombinert el og varmeproduksjon gir noe mindre elektrisitet enn ren elproduksjon, men til gjengjeld får man varme som kan utnyttes. Totalvirkningsgraden er typisk 80 % fordelt på 30 % el og 50 % varme.

Dieselmotoren er et interessant unntak fra regelen om uttakende elproduksjon ved utnyttelse af spillvarme. Dieselmotorens spillvarme kan utnyttes uten at går ut over elproduksjonen. Et kjernekraftverk har relativt lav termodynamisk virkningsgrad sammenlignet med fossilfyrte anlegg (men det er egentlig ikke særlig interessant).

Når det gjelder virkningsgrader i forbindelse med oppvarming av bygninger er det stor variasjon og stor usikkerhet. Tabell 3 gir

Land	År								
	Gass			Fjernvarme			Elektrisitet		
	62	72	82	62	72	82	62	72	82
Canada	20	28	37	-	-	-	11	17	29
Danmark	2	2	2	13	18	23	6	7	15
Frankrike	8	12	23	1	2	3	5	8	6
Vest-Tyskland	5	10	25	1	3	3	5	11	17
Norge	-	-	-	-	-	-	36	52	70
Sverige	2	1	-	3	18	18	8	14	29
USA	43	50	49	-	-	-	9	18	26

Tabel 1. Utbredelse af gass, fjernvarme og el i noen vestlige land (boligsektor) i %. Tabellen viser en oversikt over utviklingen for ledningsbundet energi i land i og utenfor Norden. Tabellen viser også store forskjeller landene imellom, men det er en felles trend i retning av mere ledningsbundet energi.

	Damp	Gassturbin	Kombi	Diesel	El + varme
Kull	40	-	-	-	80
Olje	(40)	35	50	45	80
Gass	(40)	35	50	45	80

Tabel 2. Virkningsgrader for elproduksjon. Tabellen gir en oversikt over typiske virkningsgrader for noen konvensjonelle fossilbaserte elproduksjonsanlegg.

	Årsvirkningsgrad*)	"Sløsefaktor"	Effektiv virkningsgrad
Store anlegg (sentralvarme, fjernvarme)			
Kull	80-90	0,7-0,9	56-81
Olje	85-90	0,7-0,9	60-81
Gass	90-100	0,7-0,9	63-90
Elektrokjel	98	0,7-0,9	69-88
Varmepumpe	250-350	0,7-0,9	175-315
Små vannbårne anlegg.			
Olje	60-80	0,8-0,9	48-72
Gass	70-95	0,8-0,9	56-86
Elektrokjel	98	0,8-0,9	78-88
Varmepumpe	200-300	0,8-0,9	160-270
Direkte romoppvarming.			
Olje/parafin	60-80	0,75-0,85	45-68
Gasskamin	60-80	0,75-0,85	45-68
Elektr. (panelovn)	100	0,9-1,0	90-100
Vedovn	40-70	0,70-0,80	28-56
Varmepumpe (luft/luft)	150-200	0,75-0,85	112-170

Tabel 3. Virkningsgrader (%) for romoppvarming.\*) Det er ikke tatt hensyn til tap i eventuell fjernvarmedistribusjon. Det kan utgjøre 5-10 %.

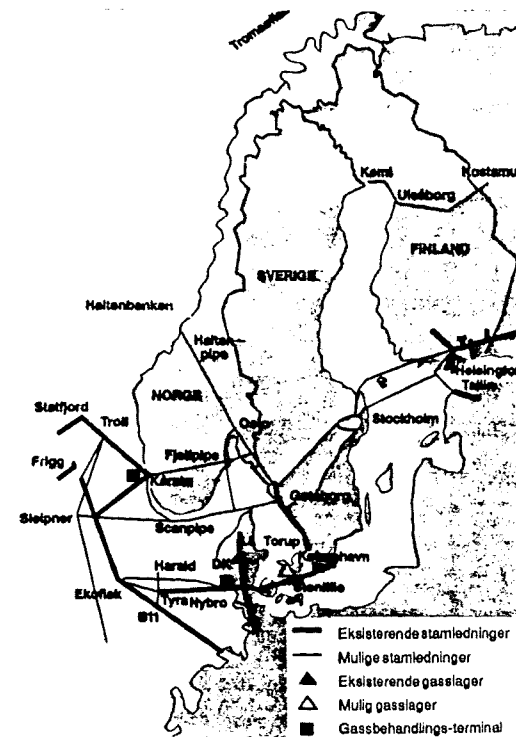
en oversikt, men det understrekes at tallene er usikre. I tabellen er det operert med en "sløsefaktor" som krever en kommentar. Den er basert på at enkelte typer varmetilførsel er vanskeligere å regulere enn andre. Man får ikke varmen inn på det sted og i det kvantum man egentlig har behov for. For å opprettholde et gitt komfort-nivå kreves det da noen større energitilførsel. "Sløsefaktoren" kan også ha sin bakgrunn i at det ikke betales individuelt for vannbåren energi bestandig. Uten individuell betaling går erfaringsmessig forbruket betydelig opp.

Tallene i tabell 3 er basert på visse undersøkelser som er gjort i Norden og andre land [1]. Men tallene er som sagt usikre og det ville være ønskelig om man kunne kartlegge forholdene bedre slik at man fikk sikrere holdepunkter.

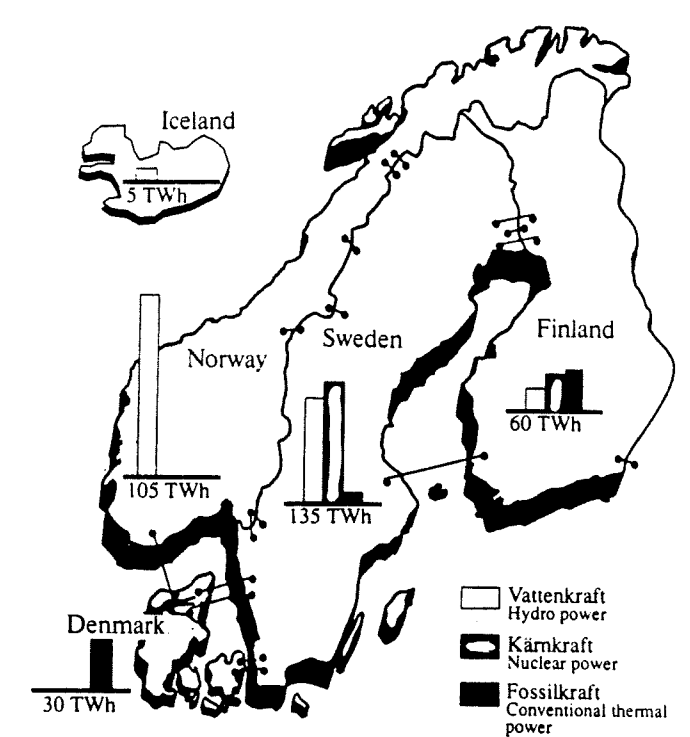
De miljømessige konsekvensene i form av utslipp til luft fra forskjellige typer anlegg er vist i tabell 4. Utslippene avhenger selvsagt av hvor langt man går når det gjelder rensing. Det er stor forskjell mellom utslippskvanta og hvilke type forurensning de forskjellige typer brensel gir. All forbrenning av karbonholdig brensel gir utslipp af CO<sub>2</sub>. Når det i tabeller er angitt null CO<sub>2</sub>-utslipp for biomasse er det basert på at kullsyren resirkuleres når ny biomasse dannes slik at det ikke blir noe netto-tilskudd.

Figur 10a gir et bilde av gassnettet i Norden. Det viser eksisterende og påtenkte ledninger. Finland, Danmark og Sverige har tatt i bruk naturgass i sin energiforsyning, mens Norge, som har de største gassressursene i Vest-Europa, ennå ikke har bestemt seg. Det kan se bemerkelsesverdi ut, men har selvsagt sammenheng med hele vår energisituasjon.

Figur 10b viser fordelingen av elproduksjon i de nordiske land. Forskjellen landene imellom er slående. Det er denne forskjellen som egentlig er årsaken til at samkjøring mellom de nordiske land er så interessant.



Figur 10a. Gassnettet i Norden.

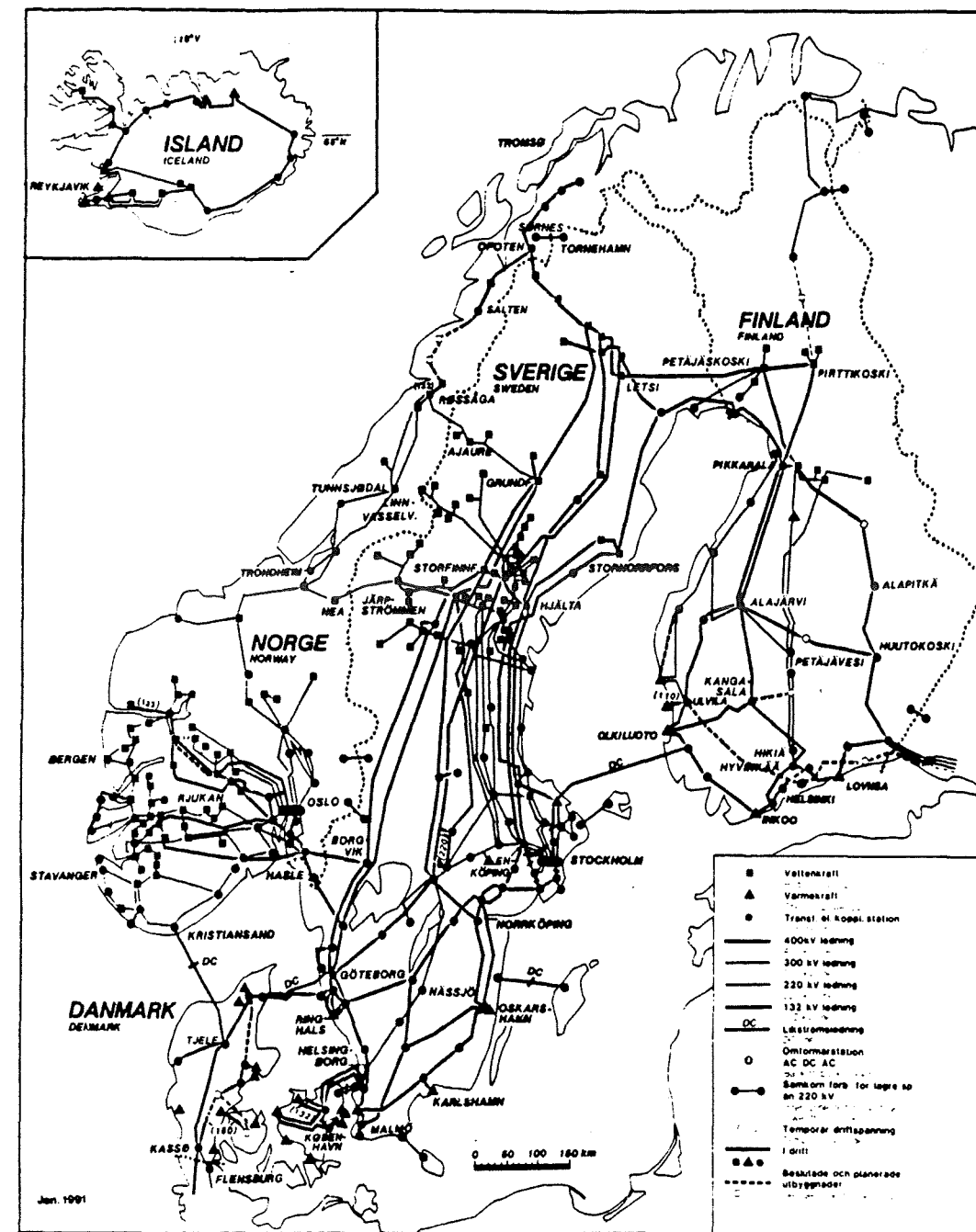


Figur 10b. Elproduksjon i Norden.

Det nordiske hovednettet er vist på figur 11. For å vise hvorfor denne nordiske samkjøringen er så interessant skal vi se på noen karakteristiske trekk ved et vannkraftsystem. Vannkraften har mange attraktive egenskaper, men også visse problemer. Ett av problemene er at produksjonsevnen varierer med nedbøren og nedbøren varierer som kjent fra år til år. For å studere dette problemet bygger vi simuleringsmodeller og simulerer driften av systemet under varierende nedbørs- eller tilsigsforhold. Det er vanlig å bruke tilsigsstatistikk for årene 1930-80.

	CO <sub>2</sub> g/ kWh	CO mg/ kWh	No <sub>x</sub> mg/ kWh	So <sub>2</sub> mg/ kWh	Støv mg/ kWh	HCl mg/ kWh	HF mg/ kWh	Pb lg/ kWh	Hg lg/ kWh	PAH lg/ kWh	dioxin ng/kWh
NG Oppvarming 10 kW	200	180	200	3,6	3,6	0	0	0,02	0,01	0,04	0
NG Minikraftverk 5 MW	200	180	360	3,6	3,6	0	0	0,02	0,01	0,36	0
NG Kraftverk, 500 MW	200	110	360	3,6	3,6	0	0	0,02	0,01	0,18	0
NG Kraftverk, SCR, 500MW	200	110	180	3,6	3,6	0	0	0,02	0,01	0,18	0
Propan, 5 MW	235	180	180	3,6	3,6	0	0	0,02	0,01	0,18	0
Parafinovn, 10 kW	270	540	215	36	25	0,18	0	8,6	0,32	36	0
Olje nr. 1 0,3%, 10 kW	270	540	215	500	25	0,18	0	8,6	0,32	36	0
Olje nr. 3 0,8%, 5 MW	270	200	250	1370	25	3,6	0	54	0,22	1,8	0
Olje nr. GLS, 0,9%, 5MW	270	200	430	1620	55	3,6	0	54	0,22	1,8	0
Kull, 0,7%, Kraftverk 500 MW u.rensing	400	360	610	1620	7200	110	0	43	11	5,4	0
Kull, 0,7%, Kraftverk 500 MW m. rensing u/våtvaskning m/elfilter	400	360	470	610	36	110	0	43	7,2	3,6	0
Torv, 0,3%, 25%- RF, 5 MW u. rensing	360	1800	720	860	7200	70	0	340	22	0,72	0
Torv, 0,3%, 25%- RF, 5 MW m. multisykton	360	1800	720	860	720	70	0	270	18	0,72	0
Vedovn, 5 kW	0	10800	250	70	1940	0	0	54	3,6	25200	0
Vedovn, 5 kW m/katalysator	0	9360	29	70	760	0	0	54	3,6	3600	0
Bark, flis 40%RF, 5 MW, u.rensing	0	1730	215	55	7200	0	0	27	3,6	190	0
Bark, flis 40%RF, 5 MW m/multisykton	0	1730	215	55	720	0	0	22	3,6	190	0
Avfall, 5 MW u/rensing	0	200	720	360	720	1800	18	5760	1800	180	36
Avfall, 5 MW elfilter	0	200	720	360	90	1330	11	3600	0	60	18
Avfall, 5 MW m/elfilter og våt- vasking	0	200	720	360	36	36	1,8	1,0	610	1,8	3,6

Tabel 4. Utslipp pr. kWh brensel.

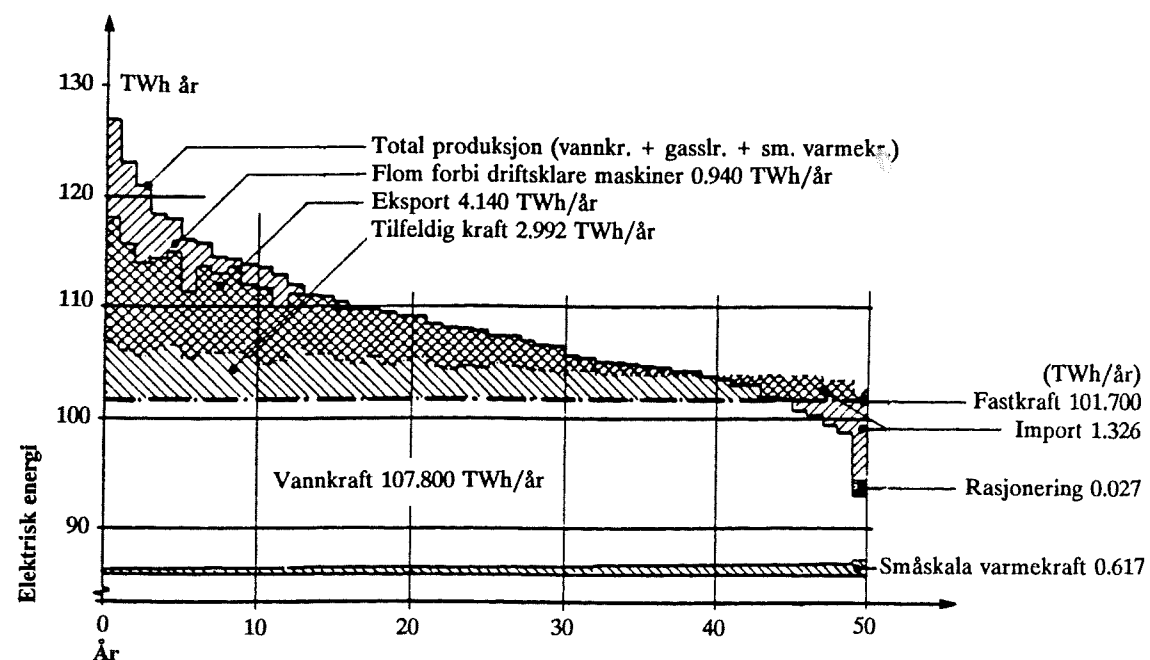


Figur 11. Det nordiske høyspenningsnettet pr. 31 desember 1990.

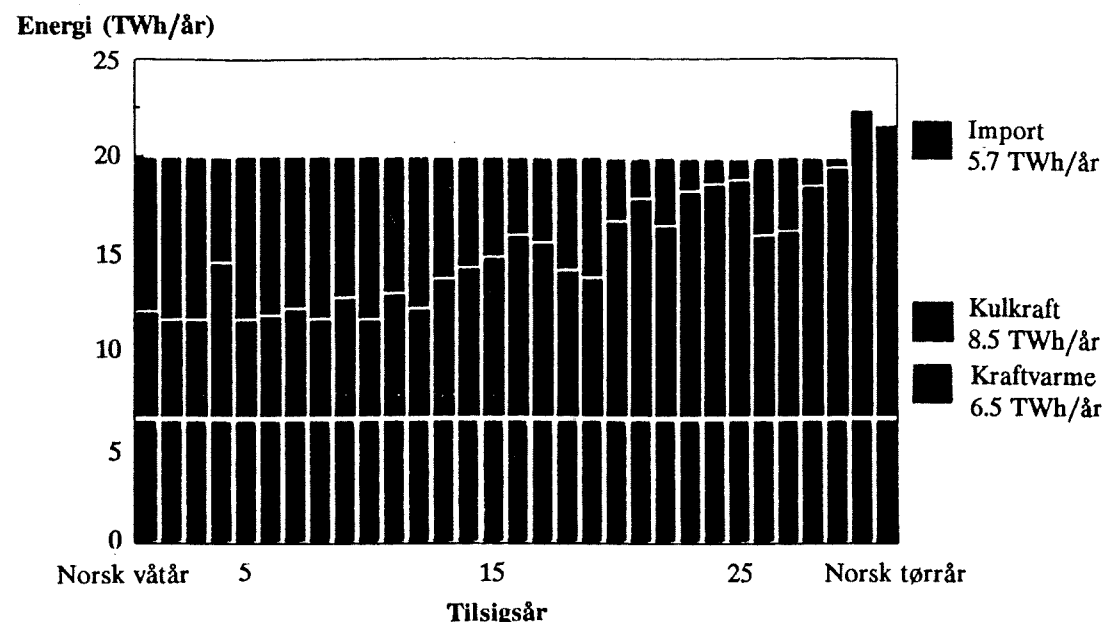
Figur 12 viser resultatet av slike simuleringer. Produksjonssystemet og markedet er holdt konstant, mens nedbørsforholdene varierer fra år til år. Resultatene er sortert slik at de våteste årene kommer til venstre og de tørreste til høyre. Vi ser at produksjonsevnen varierer fra under 100 til over 120 TWh. Forskjellen tilsvarer omtrent hele det danske elforbruket.

Det er også utveksling med Danmark og andre naboland vi bruker, sammen med et fleksibelt marked innenlands, til å kompensere for denne variasjon i produksjonsevnen. Vi ser også tydelig hvordan dette virker inn på disponeringen av kullkraftverkene i Danmark. Det er vist på figur 13. Årene er her sortert på samme måte som i figur 11, dvs. etter norske nedbørsforhold.





Figur 12. Simulering af elforbrug.



Figur 13. ELSAM (Jylland) i nordisk samkjøringsmodel. Situasjon pr.1990.

Det fremgår tydelig hvordan nedbørsrike år i Norge gjør det mulig å senke kullkraftproduksjonen i Danmark og importere norsk vannkraft i stedet (til en meget gunstig pris).

Det er ikke plass til noen inngående drøfting av de nye energikildene basert på sol, vind og bølger her. Danmark er jo et av de land som er aller lengst framme når det gjelder utnyttelse af

vindenergi. Men selv her utgjør ikke vindenergi mer enn ca. 2 % av elproduksjonen. Generelt lider disse nye energikildene av den samme svakhet som vannkraften, nemlig at produksjonsevnen er avhengig av naturens luner. Vindturbinene produserer ikke noe når det er vindstille og solcellene er avhengig av sol. Problemene er egentlig mye større enn for vannkraften fordi en vannkraftstasjon vanligvis har et energilager i form av et magasin som det kan tæres på om vinteren eller i nedbørsfattige perioder. Vindaggregat eller solceller er avhengig av reserve eller buffer i en eller annen form.

Til slutt noen kortfattede betraktninger omkring den globale energisituasjon. Det er jo egentlig et globalt problem vi står overfor. På kort sikt står vi ikke overfor noen global ressurskrise når det gjelder fossile brensler. Vi har nok olje til å fortsette dagens forbruk i 100 år. Naturgassen kan vare i 150 år og vi har kull nok til 2000-3000 års forbruk på dagens nivå. Problemet er dersom vi tar ut disse ressursene og forbruker dem i et stadig større tempo, vil vi kveles i avgassene.

Skal de nye energikildene forhindre en slik utvikling må de "utkonkurrere" de fossile brenslene, mens det fremdeles fins større mengder billige brenslersreserver tilgjengelig. Dette blir ikke lett innenfor et liberalt økonomisk system.

Etter mitt syn er det to veier å gå: For det første må kostnadseffektiviteten for de nye energikildene forbedres. Enkelte påstår at de allerede er så billige at de er konkurransedyktige, men så vidt jeg kan bedømme er det langt igjen ennå. For det andre må man introdusere konkurransemessige handikap når det gjelder de fossile brensler. Avgifter er det mest nærliggende.

Det kan med full rett hevdes at det kan pålegges betydelige avgifter for å bringe prisen på fossile brensler opp på et riktig nivå i forhold til hva uttak og bruk faktisk påfører oss av samfunnsøkonomiske kostnader.

Begge disse to typene virkemiddel må brukes dersom vi bevege oss i retning av en bærekraftig utvikling.

#### Litteratur

[1] Hjorthol, Fossum, Rismark "Reelle virkningsgrader for varmelegger i bygninger". Rapport STF15A91011 Sintef, EFI Trondheim februar 91.

[2] "Luftforurensninger ved forbrenning" Energifakta nr. 6/89, Norges Energiverkforbund, Oslo, august 89.

# Fjärrvärmeförsörjning och lokalmiljö

Lena Olofsson,  
Göteborg Energi AB, S

## Fjärrvärmeförsörjning och lokal miljö

Göteborg är med sina 430 000 invånare Sveriges näst största stad. Göteborgs geografiska position på västkusten och vid Göta kanals utlopp har gjort att staden är Skandinaviens största hamnstad och samtidigt ett centrum för industri (VOLVO, SKF).

Göteborg Energi AB (GE), som är ett av Göteborgs kommun helägt bolag, levererar fjärrvärme, el och gas till kunder i Göteborg. GE ger också råd och service för en effektiv energianvändning. Under ett normalår levererar GE:

El	4 000 GWh
Fjärrvärme	3 600 GWh
Gas	1 000 GWh

Fjärrvärme introducerades i staden i mitten av 50-talet, dels mitt i centrum, dels i ett nybyggnadsområde i öster. Den förste värmekunden anslöts på det centrala nätet 1955.

Värmen producerades i Rosenlundansläggningen för centrumnätet och i Sävenäsansläggningen för det östra nätet. Under senare hälften av 60-talet och första hälften av 70-talet skedde en omfattande nybyggnation av bostadshus i Göteborg. Samtidigt byggdes också för varje nytt bostadsområde ett fjärrvärmenät med värmecentral baserad på olja.

I slutet av 70-talet producerades och distribuerades värme i upp till åtta separata fjärrvärmenät.

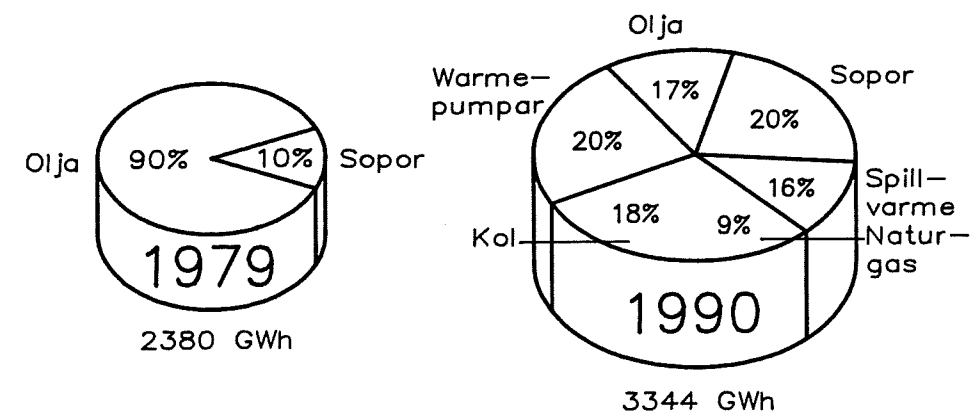
Från början försörjdes Rosenlunds- och Sävenäsnetet med kol. Denna kolepok gick i slutet av 50-talet över till en oljeepok, som varade ända fram till 80-talet då omfattande satsningar gjordes för att komma ut ur oljeberoendet.

70-talets oljekriser aktualiserade alltså behovet av alternativa uppvärmningskällor. Under senare delen av detta decennie arbetade man därför intensivt med att planera hur man i framtiden skulle värma Göteborg.

Oljeberoendet måste minska och miljön förbättras. En minskning av oljeförbrukningen från 90 % till 20 % sattes som mål. Övergripande beslut togs i början av 80-talet avseende Göteborgs fjärrvärmeförsörjning.

## Hur värms Göteborg idag?

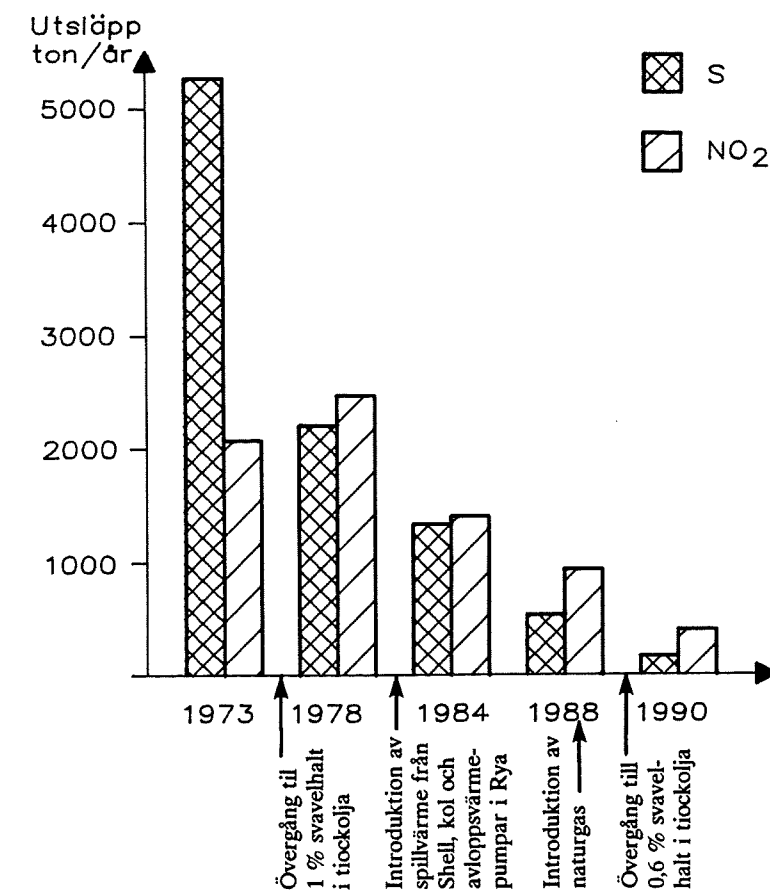
Energibehovet till fjärrvärmenätet var under 70-talet till 90 % beroende av olja och till 10 % av spillvärme från sopförbränning.



Figur 14. Energibehov i Göteborg i 1979 og 1990.

I dag är produktionen baserad på spillvärme från sopförbränning, från Shells raffinaderi och från varmepumpar. Sett över året svarar spillvärme för 60 % av värmeproduktionen. Resten produceras med naturgas, olja och kol.

Den totala värmeproduktionen under ett normalår är ca 3 TWh. Idag värms ca 80 % av all bebyggelse i Göteborg med fjärrvärme. Fjärrvärmenätet är idag ca 350 km långt med en total volym av 60 m<sup>3</sup>. Ett gott resultat har också uppnåtts på miljön genom den omfattande fjärrvärmesatsningen i Göteborg.



Figur 15. Utsläpp av svavel och kväveoxider från Göteborg Energi AB's anläggningar 1973-1990.

Om vi tittar på utsläppen av svaveldioxid och kväveoxider från våra anläggningar kan vi konstatera att från 1973 till 1990 har utsläppen av svavel minskat med 90 % och kväveoxid med 50 %. Luftkvaliteten har förbättrats i Göteborg under de senaste 20 åren och samtidigt har fjärrvärmens andel av uppvärmningsbehovet ökat. Av detta kan slutsatsen dras att fjärrvärmeutbyggnaden har förbättrat luftkvaliteten de senaste åren. Dock ska inte hela förbättringen gottskrivas fjärrvärmens utan sänkt svavelinnehåll i oljor, energibesparingar med mera har även det bidragit till en betydligt bättre luftkvalitet. I alla fall kan man konstatera, att fjärrvärmens har bidragit till invånarnas trivsamt och välbefinnande, då luftkvaliteten har förbättrats.

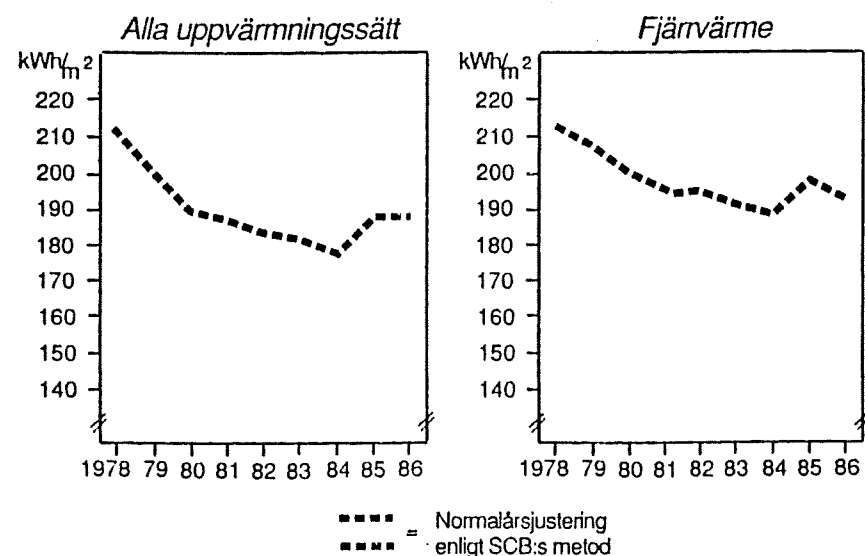
#### Fördelar med fjärrvärme

Ett stort antal små skorstenar med i många fall ofullständig förbränning har ersatts med ett fåtal stora enheter. Förbränningen i dessa sker under nogsam övervakning och med hög verkningsgrad. Modern reningsteknik utnyttjas för att minimera påverkan på miljön. Centraliserad uppvärmning har även andra miljöfördelar, som oftast inte kommer fram i debatten, t ex individuella oljeläckage till naturen minskar. Även alla de tunga oljetransporter som tidigare åkte runt i innerstan och fördelade oljan har försvunnit i och med fjärrvärmeutbyggnaden. Man räknar t ex med att mer än 5 000 lokala uppvärmningskällor har ersatts i Göteborg.

#### Specifik värmeförbrukning i bostaden

Fjärrvärme är det helt dominerande uppvärmningssättet för Göteborgs flerbostadshus. Mer än två tredjedelar av flerbostadshusens yta är fjärrvärmad, och detta gäller inom samtliga ägar-kategorier.

Material över specifika energianvändningen i bostäder finns idag endast för flerbostadshus. Kurvorna visar utvecklingen 1978 - 86 enligt den statistik som företagen lämnar till stadskansliet i Göteborg. Värden på bilden är korrigerade till normalår, dvs man räknar om den faktiska uppmätta användningen till det värde som skulle ha gällt om klimatförhållanden varit "normala".



Figur 16. Allmännyttiga bostadsföretags nettoenergianvändning.

#### Specifik energiförbrukning i flerbostadshus

Sammanfattande orsaker till förbrukningstrender under epokena 1978-84 resp 1985-90.

1978-84:

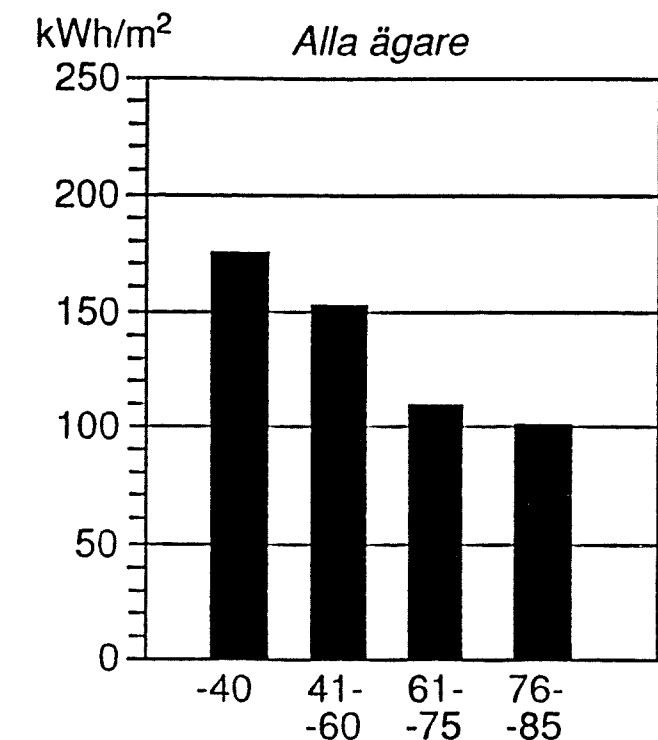
- \* Höga energipriser
- \* Tro på fortsatt höga energipriser
- \* Växande kunskaper
- \* Teknik utveckling
- \* Statliga stöd (lån och bidrag)
- \* Ökad kvalitet på rådgivning
- \* Förbättrad löpande drift
- \* Intresse för energi

1985-90:

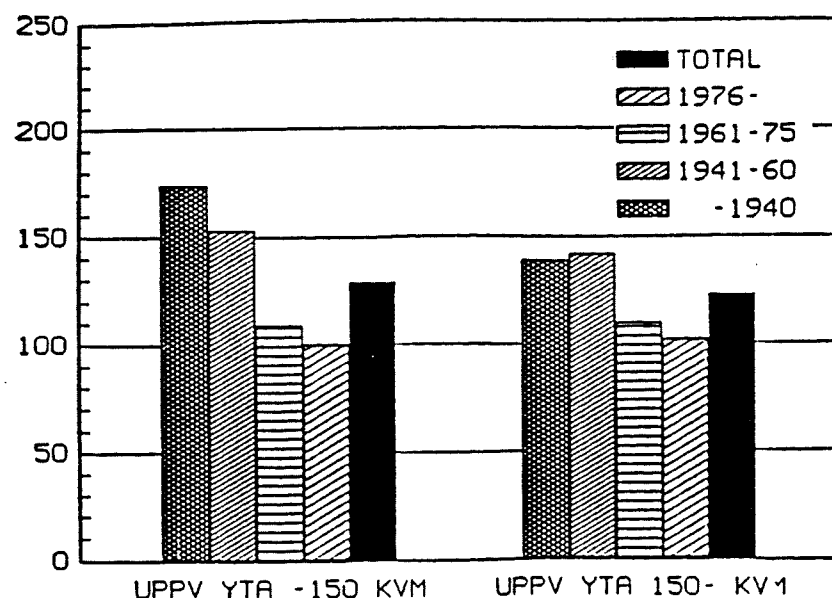
- \* Stagnerade och sjunkande e-priser
- \* Ingen oro för framtida e-priser
- \* Minskade statliga stöd
- \* Rådgivningens successiva upphörande
- \* Återgång till gamla vanor att vädra, bada, diska etc
- \* Stigande inomhustemp
- \* Sjunkande energiintresse.

#### Specifika värmeförbrukningen i småhus

Det genomsnittliga nettovärmebehovet för Göteborgs småhus har beräknats till 125 kWh/m² för 1986. Direktelhusen har lägsta nettovärmebehovet, 97 kWh/m², och även husen med enbart elpanna ligger på låg nivå, 114 kWh/m². Högsta nettovärmebehoven finns hos andra typer av egna pannor (pannor för enbart olja, enbart gas, övriga pannor) samt inom den heterogena gruppen "Övriga".



Figur 17. Värmeförbrukningens beroende av byggnadsåret på fastigheten.



Figur 18. Värmeförbrukningens beroende av husstorlek och byggnadsår.-  
Specifik nettovärmeförbrukning kWh/m<sup>2</sup> i hus mindre/större än 150 m<sup>2</sup>.

Siffrorna visar en viss tendens mot att de mindre husen har högre specifik förbrukning. I varje ålderskategori har de mindre husen högre eller lika stor förbrukning som de större husen. För alla åldersklasser sammantaget är förbrukningen 129 kWh/m<sup>2</sup> för mindre, och 123 kWh/m<sup>2</sup> för de större, alltså en skillnad på 5 %. Jämförelsen påverkas givetvis av en mängd andra faktorer än just husens storlek. En sådan faktor är uppvärmningssättet. Direktel är särskilt vanligt bland de mindre husen, och direktelhus har låg förbrukningsnivå. Dessa förhållanden tenderar alltså att motverka den rent teoretiska skillnaden mellan mindre och större husen.

	- 1940	1941-60	1961-75	1976-85	Alla år
Egen panna, enb olja	169	136	106	-	144
Egen panna, enb gas	202	153	-	-	182
Egen panna, enb el	95	134	106	136	114
Övriga egna pannor	150	149	132	104	141
Enbart direktelvärme	112	185	92	96	97
Fjärrvärme	-	144	116	95	103
Panncentral	-	-	131	-	131
Övriga uppvärmsätt	220	155	136	92	146
<b>SAMTLIGA</b>	<b>147</b>	<b>146</b>	<b>109</b>	<b>101</b>	<b>125</b>

Tabel 5. Specifika nettovärmeförbrukningar (kWh/m<sup>2</sup>) per uppvärmningssätt och åldersklass.

## Resumé af debat

Indledt af Lennart Klingberg,  
Statens Institut för Byggnadsforskning/SIB, S

Lennart Klingberg indledte debatten med at kommentere påstanden om at dieselmotorer har en virkningsgrad på 45 % ved varme- og elektricitetsproduktion, idet han mente, at det var muligt at opnå 80 % udnyttelse ved produktion af både elektricitet og fjernvarme i modtryksværker. Ivar Wangensteens klassificering af tørv som fossilt brændsel virkede også forkert, da den, med et CO<sub>2</sub>-udslip på 0, burde placeres under vedvarende energi.

### Problemer med dataindsamling

Lennart Klingberg påpegede, at industrivirksomhedernes eventuelle modstand mod at oplyse om de enkelte produkters miljøpåvirkninger til den nordiske database, kunne skyldes frygt for konsekvenserne. Han citerede professor Sven Londin, (Ingeniørvidenskabsakademiets tidsskrift IVA-nyt, februar 1990), som havde sagt, at hvis Sverige gik i spidsen med miljøafgifter, ville det ødelægge svensk industri og medføre, at den almindelige borgers disponible indkomst ville reduceres med 15 %. Senere var andre industrifolk dog kommet med mere positive udsagn.

### De kollektive varme anlægs fordele

Med stigende varmeudgifter i etageboligerne efterlyste Lennart Klingberg alternative muligheder for udformning af fremtidens varmesystemer og forsyningsledninger til de enkelte lejligheder, når den hidtidige varmemåling ikke har fungeret specielt godt.

Lena Olofssons foredrag havde vist, at spildvarmeressourcerne fra fx olieraffinerier i dag kun kan udnyttes i fjernvarmeanlæg, og Lennart Klingberg fandt det vigtigt, at alle former for overskudsvarme fra den producerende industri blev udnyttet, så spildet blev minimeret. Varmemængderne i affald og spildevand burde allerede i dag kunne recirkuleres og udnyttes fx i varmepumper i hver ejendom. Af hensyn til ressourceforbruget burde også sikres vedligeholdelse af fjernvarme-, vand- og afløbsledninger.

Fjernvarmen har klare fordele, fx forbedring af luftkvaliteten i boligområderne. De små anlæg har ikke forudsætninger for at investere i avanceret luftrensningsteknik og højt kvalificeret personale. Bagdelen ved de store kollektive anlæg er sårbarhed, fremmedgørelse og mangel på interesse og forståelse for besparelser fra den brede befolkning. De store energiforetagender har overtaget bekymringerne, og befolkningen har hverken fornemmelse eller forståelse for hvordan det hele fungerer og hvordan hver især kan bidrage til minimering af miljøpåvirkninger.

# Energiforbrug til produktion af byggematerialer og til opførelse af bygninger

Sigurd Østergaard-Andersen,  
i-68 Rådgivende ingeniørfirma K/S, DK

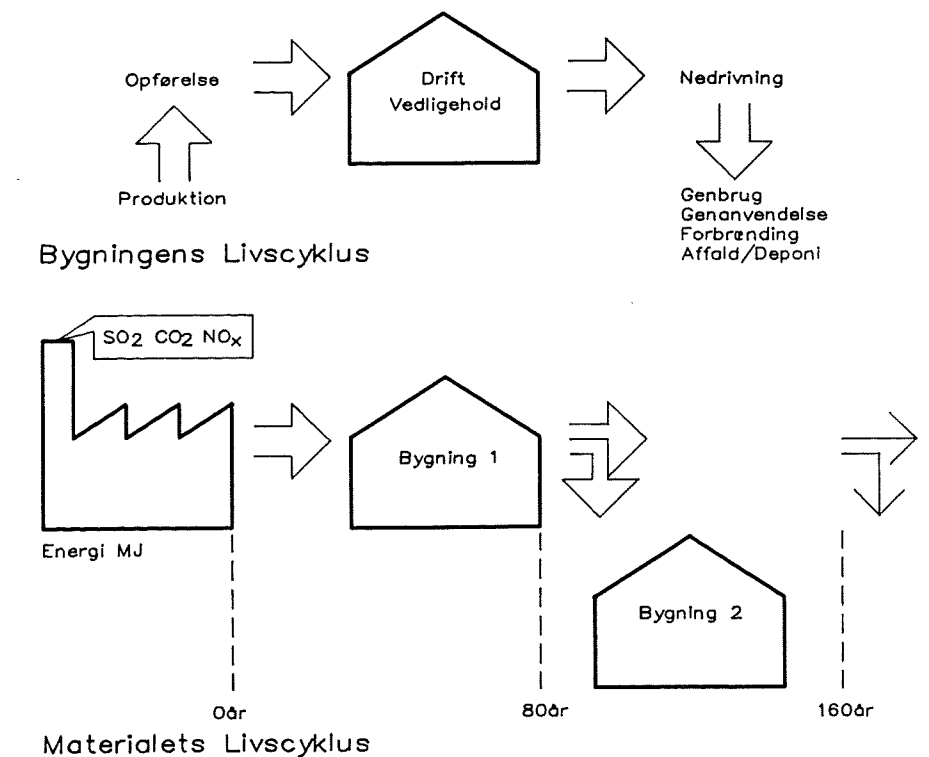
Siden sommeren 1990 har SBI, i-68 Rådgivende Ingeniørfirma K/S og Rockwool A/S som tidligere omtalt af Jørn Dinesen arbejdet på et forskningsprojekt: "Energi- og miljøanalyser ved projektering af byggeri". Vi er nu gået ind i afslutningsfasen.

Projektet har i høj grad drejet sig om at etablere det egnede sæt af spilleregler og begreber, som er nødvendigt og tilstrækkelige til gennemførelse af energianalyser for bygninger "fra vugge til grav".

I den anden ende af projektet, nemlig bestemmelsen af troværdige energi- og miljødata for hver af de indgående processer i bygningens levetid, har det været vanskeligere at opnå de forventede resultater.

## Byggematerialer

Et eksempel er energiforbrug til fremstilling af byggematerialer. Problematikken er endnu så ny, at industrien i Danmark først nu



Figur 19. Bygningens og materialets "livsforløb".

er ved at gå ind i detaljerede energiregistreringer og -beregninger for produktionsprocesserne. Samtidig har vort litteraturstudium endnu kun kunnet afsløre danske og udenlandske energidata fra før 1980. En beregning af energidata ved hjælp af input-outputtabeller, som f.eks. er gennemført ved Tammarfors Universitet, er foreløbigt strandet på manglende detaljering i varegrupperingerne i Danmarks Statistiks opgørelser.

En spørgeskemaregistrering er gennemført for 3 af de væsentligste byggematerialer: Cement, Stål og Mursten. Dette pilotprojekt har vist, at metoden er gennemførlig og giver meget detaljerede og præcise oplysninger til beregning af nøgletal for energi- og miljødata for byggematerialer. Det er i fortsættelsen af det igangværende projekt planlagt at etablere en registreringsform, som på samme tid giver et tilnærmelsesvist lige så præcist billede som i pilotprojektet for hovedparten af byggematerialerne og som jævnlige bliver opdateret.

I dette projekt håber vi at kunne færdiggøre en database, der indeholder alle de for os tilgængelige nøgletal for energiforbrug til fremstilling af byggematerialer med tilhørende litteratur- og kildedatabase.

#### Forenkede energianalyser

På grundlag af sådanne energidatabaser kan der foretages energianalyser for udsnit af bygningsdele, f.eks. 1 kvm ydervæg, 1 kvm gulvkonstruktion eller 1 radiator. Analysen indeholder da kun 3 "følsomme" parametre: Isoleringsevne/varmeafgivelse, levetid og materialevalg.

Et eksempel: 3 forskellige konstruktionstyper for 1 kvm ydervæg betragtes, alle med en isoleringsevne svarende til en U-værdi på  $0.23 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ .

A: Hulmur af 2 x 1/2 stens murværk og puds på indvendig side. Hulrum isoleret med 150 mm mineraluld. Levetid 80 år.

B: Stålskeletvæg, ind- og udvendigt beklædt med gipsplader og udvendig regnskærm af ståltrapezplader. Isolering 200 mm mineraluld. Levetid 40 år.

C: Stålskeletvæg, ind- og udvendigt beklædt med gipsplader og med udvendig regnskærm af aluminiumtrapezplader. Isolering 200 mm mineraluld. Levetid 40 år.

Betragtes en periode på 80 år, svarende til en bygnings samlede levetid, fås flg. værdier:

	A	B	C
Energiforbrug til fremstilling	2052 MJ/m <sup>2</sup>	652 MJ/m <sup>2</sup>	952 MJ/m <sup>2</sup>
Udskiftning af regnskærm		203 MJ/m <sup>2</sup>	505 MJ/m <sup>2</sup>
Energiforbrug til dækning af varmetab, inkl. skorstenstab	3848 MJ/m <sup>2</sup>	3848 MJ/m <sup>2</sup>	3848 MJ/m <sup>2</sup>
Energiforbrug i bygningens levetid	5900 MJ/m <sup>2</sup>	4703 MJ/m <sup>2</sup>	5305 MJ/m <sup>2</sup>

Figur 20: Eksempel på energiforbrug i en periode på 80 år.

I dette eksempel er bortskaffelses- og evt. genbrugsaspekter ikke taget i regning. De forudsatte levetider for konstruktionerne og deres bestanddele kan også diskuteres; men regneeksemplet giver alligevel en fornemmelse af, at energiforbruget til fremstilling af en byggematerialer er en væsentlig faktor i energianalysen.

#### Bygninger

Betragtes hele bygninger bliver energianalysen lang mere kompleks, idet et utal af faktorer spiller ind på det samlede resultat. Et stort antal af disse faktorer, som i en detaljeret beregning skal medtages, har kun meget lille indvirkning på det endelige resultat.

I vort projekt er der udarbejdet en grov livscyklusmodel, hvorudfra der kan foretages en "vugge til grav" beregning for mindre bygninger. I denne model er kun de væsentligste faktorer taget i regning, og problematikken vedrørende levetider er løst ved at tillægge bygninger som helhed en levetid på:

Produktions- og lagerbygninger	40 år
Boliger og kontorbygninger	80 år
Museer og andre prestigebygninger	160 år

Vedligeholdelse af bygningerne er indregnet ved at se bort fra den løbende vedligeholdelse og kun medregne den generelle udskiftning af bygningsdele som f.eks. vinduer, tagbeklædning, varmeanlæg eller inventar. Udskiftningen af disse dele medregnes ved at tillægge de forskellige bygningsdele inden for hver SfB-gruppering en standardlevetid.

Bygningsbasis og råhus	levetid som bygning
Komplettering og overflader	1/2 bygningslevetid
Installationer	3/8 bygningslevetid
Inventar og apparater	1/8 bygningslevetid

Energiforbrug i driftfasen og til nedrivning/genbrugsgevinst er beregnet jf. SBI-rapporter for disse emner. Denne grove model er udmærket til beregning af standardbygninger, hvor man derefter kan foretage ændringer i materialevalg, opvarmningsmetode, fyringsbrændsel eller isoleringsniveau, for derigennem at få en ide om indflydelsen på det samlede energiforbrug.

Som det ses af følgende beregningseksempel er elforbruget i husholdningen et meget væsentligt bidrag. Dette skal ses i sammenhæng med, at det aktuelle hus er forsynet med en solfanger, der nedsætter opvarmningsforbruget væsentligt, og at en stor del af elforbruget resulterer i et indirekte varmetilskud.

En eventuel besparelse i elforbruget får derfor ikke samme virkning som en tilsvarende besparelse i de andre processer. Energiforbruget pr. kvm etageareal er 36700 MJ/m<sup>2</sup>.

I det igangværende projekt vil der på grundlag af denne model blive udført beregninger, der viser effekten af forskellige materialevalg, effekten af energibesparelsetiltag og af ændrede energiforsyningsforudsætninger.

Fase	Proces	Energiforbrug MJ	%-andel
Anlæg	Materialeproduktion	832.534	13,8
	Opførelse	91.435	1,5
Drift	Udskiftning	357.343	5,9
	Opvarmning/ varmtvand	1.656.000	27,4
	Husholdnings- elforbrug	3.022.400	49,9
Fjernelse	Genanvendelse	- 29.031	- 0,5
	Forbrænding	0	0
	Deponering	120.422*	2,0
I alt		6.051.103 MJ	100,00

Figur 21. Et af Handelsministeriets Lavenergihus i Hjortekær fra 1979, HS-Lavenergihuset (Hus F), anvendt som eksempel til gennemregning af beregningsmodellen. Resultatet fremgår af ovenstående tabel.  
(\* Dette tal indeholder den i materialerne bundne brændværdi.)

Som et eksempel kan nævnes, at såfremt betonelementfacaderne i det aktuelle hus blev substitueret med skalmurede betonelementer ville man i anlægsfasen få en forøgelse på 7,1 % af det samlede forbrug. Dette merforbrug kan på den anden side spares i fjernelsesfasen, hvis man vælger at genbruge murstenene og metallerne samt forbrænder alle brændbare materialer i stedet for at deponere dem.

En maksimal besparelse på husholdningsforbruget på 40 % vil i det samlede billede kun give en besparelse på 15 %, idet varmetilskuddet fra elapparaterne reduceres.

#### Miljøpåvirkning

Miljøpåvirkningen fra afbrænding af fossile brændsler og materialer, der indeholder fossile brændsler eller træmasse er vanskelig at beskrive korrekt. De væsentligste emissionsfaktorer er afgivelsen af CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub>-forbindelser. Derudover kan emissioner af sod og giftgasser som f.eks. dioxin være interessante, samt de i forbindelse med affaldsforbrænding resulterende røggassers indhold af CFC- eller chlorgasser.

En korrekt behandling af dette emne kræver for hver enkelt proces kendskab til både brændselsart og forbrændingstype. I det foreløbige arbejde støtter vi os til forsknings- og registreringsarbejde udført af Forskningscentret Risø og Danmarks Statistik. Disse har i fællesskab udarbejdet nøgletal for emissioner af CO<sub>2</sub> og SO<sub>2</sub> for industriens brancher samt for de væsentligste kombinationer af brændsel og forbrændingstyper til opvarmning af bygninger. Benyttes samme eksempel som ovenfor fås flg. resultater, idet huset er opvarmet med en mindre naturgasfyret kedel og el forudsættes leveret af et kraftvarmeværk.

Fase	Proces	Emission af			
		CO <sub>2</sub> (t)	%	SO <sub>2</sub> (kg)	%
Anlæg	Materialeproduktion	95,3	19,9	372,3	18,9
	Opførelse	6,7	1,4	12,9	0,7
Drift	Udskiftning	indeholdt ovenfor			
	Opvarmning/ varmtvand	94,0	18,7	0,8	0
	Husholdningselforbrug	308,0	61,3	2147,0	85,1
Fjernelse	Genanvendelse	- 2,3	- 0,5	- 9,4	- 0,4
	Forbrænding	0		0	
	Deponering	1,7	0,3	1,7	0,1
I alt		503,4	100%	2525,3	100,0%

Figur 22. Eksempel på emissioner fra lavenergihus.

Det ses, at husholdningsforbruget dominerer billedet endnu mere end i det rene energiregnskab, hvilket naturligvis skyldes, at kraftvarmeværkerne i Danmark næsten udelukkende fyrer med kul. Såfremt huset havde ligget i Norge eller Sverige ville miljøpåvirkningen formodentlig være størst fra produktionen af byggematerialer, idet elproduktionen dér i stort omfang er baseret på vandkraft.

# Ombygging og vedlikehold av bygningsdeler

Tore Haugen,  
SINTEF Arkitektur og byggteknikk, N.  
Lars Myhre, Institutt for husbyggingsteknikk,  
Norges Tekniske Høgskole, N.

## Energi og miljøforhold

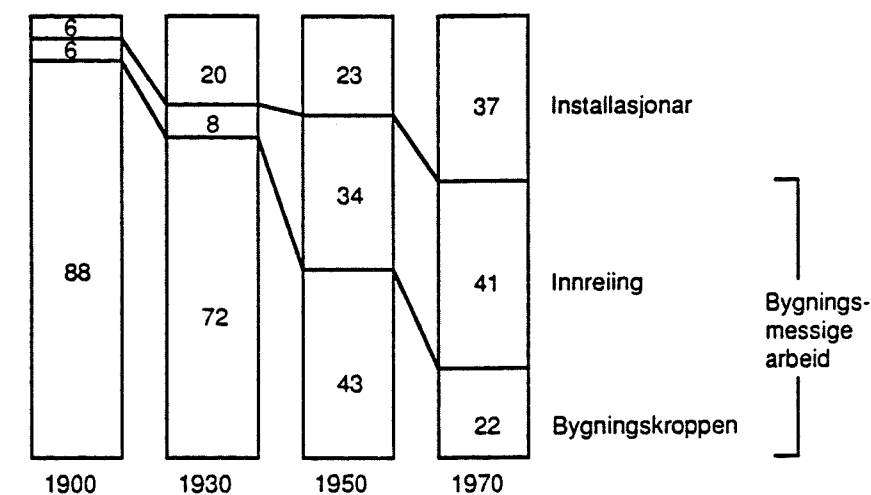
Diskusjonen om bygningers totalenergiforbruk og miljøbelastning er som ved konferansen i København i 1990, i hovedsak knyttet til nybygging og spesielt oppføring av lavenergibygninger. For denne typen bygninger utgjør materialframstilling, transport, bygging, vedlikehold og ombygging en stadig større andel av det totale energiforbruket. Dette har sammenheng med at andelen til oppvarming blir stadig mindre, men også at ombygging og vedlikehold blir stadig viktigere. Det siste henger sammen med, noe vi skal komme grundigere inn på i foredraget, at konstruksjonsmåte, byggets sammensetning og bygningsdelenes levetider har blitt sterkt endret i dette århundret. Vi vil gi eksempler på hvordan valg av byggematerialer og bygningsdeler i relasjon til holdbarhet og vedlikehold kan påvirke energiforbruk og miljøforhold. Vi vil også gi eksempler på hvordan utbedring og ombygging kan sammenlignes med alternativ riving og nybygging.

Men, i vår fokusering på bygningers totalenergiforbruk og miljøbelastning må vi ikke glemme at for å kunne realisere målsettingene i Brundtlandrapporten, så må vi se på den eksisterende bygningsmassen. Gjennomføring av "riktige" tiltak for den eksisterende bygningsmassen er det eneste som kan gi de ønskede reduksjonene i energiforbruk og miljøbelastning. "Riktige" løsninger er løsninger som tar hensyn til helhetsperspektivet.

## Bygningsmaterialer og levetider

En moderne bygning består av en rekke materialer som inngår i komponenter og sammensatte bygningsdeler. I et energi- og miljøregnskap er de viktigste: sement og betong, tegl- og mørtelmaterialer, tre- og trebaserte produkter, plaster, glass, mineralull, maling- og lakkbaserte produkter. Bruken av mange av disse materialene er i forhold til vår bygningshistorie forholdsvis ny. Både plast og mineralull kom for eksempel først i bruk rundt 1950.

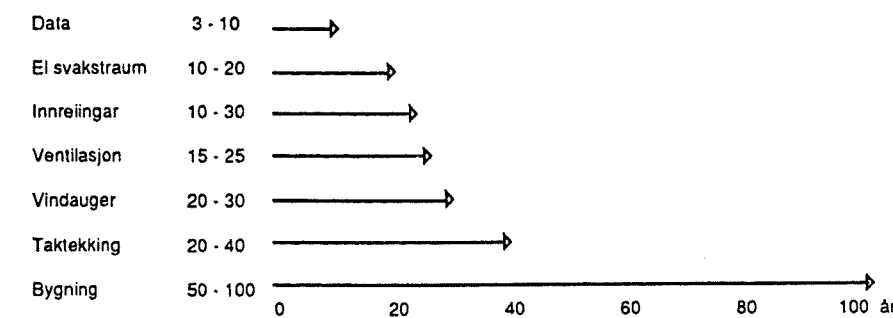
Utviklingen har også gått i retning av stadig større bruk av sammensatte bygningsdeler og konstruksjoner. Dette skyldes både den teknologiske utviklingen og våre krav til bedre komfort, standard og servicenivå i bygninger. Figur 23 viser hvordan fordelingen av byggekostnader har utviklet seg i tidsperioden 1900-1970. Rundt århundreskiftet utgjorde bygningskroppen, dvs. yttervegger, dekker, tak mm. opp mot 90 prosent av byggekostnadene. Et hus dengang besto egentlig bare av et enkelt skall med piper og ildsteder. Det var liten eller ingen fast innred-



Figur 23. Fordeling og utvikling av byggekostnader 1900-1970. [Wärn 1989].

ning, lite isolasjon, ikke elektriske anlegg og utstyr. Huset bestod i hovedsak av det vi i dag kaller råbygg. Frem til i dag er fordelingen av byggekostnadene helt forandret slik at tekniske installasjoner; VVS, EL, tele mm. utgjør bortimot 40 prosent av kostnadene. Dessuten går bortimot 40 prosent av kostnadene til innredning i råbygget.

Når vi kombinerer informasjonen i figur 23 med informasjon om, at innredning og tekniske installasjoner har mye kortere levetider enn selve bygningskroppen, ser vi at vedlikehold og ombygging blir viktig både mhp. kostnader og i et energi- og miljøregnskap. I en moderne kontorbygning kan vi som illustrert i figur 24 gå ut fra at bygningen vil stå i 50-100 år, at sanitærinstallasjonene må skiftes etter 30-40 år, ventilasjons- og varmeanlegg må skiftes etter 10-25 år og levetiden for tele- og datainstallasjonene kan være bare 3-5 år.



Figur 24. "Normale" fysiske levetider for bygningsdeler og -komponenter.

## Levetider for bygninger og bygningsdeler er ikke entydig

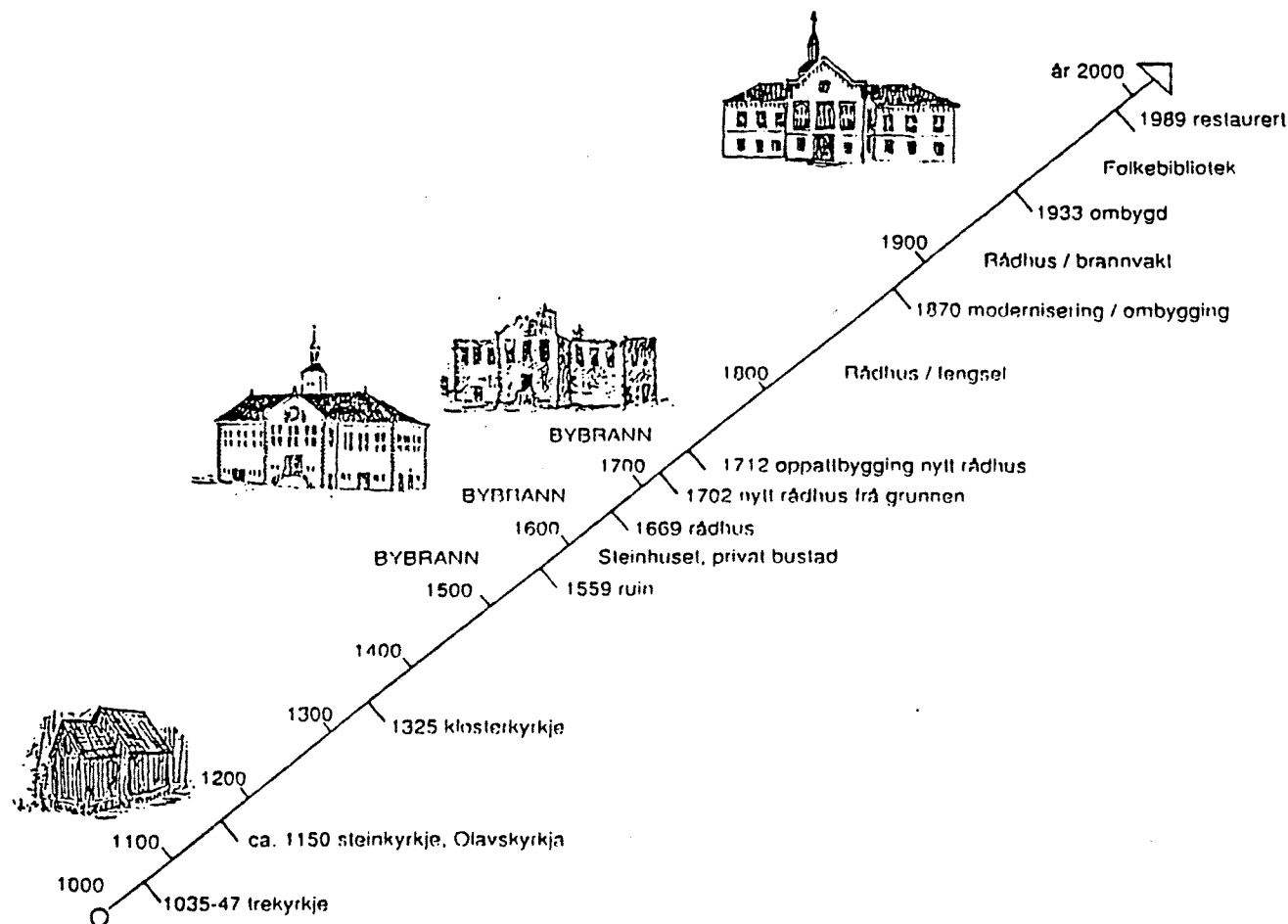
I økonomiske vurderinger står begrepet økonomisk levetid sentralt. Det er definert som det tidsrommet som gir størst positiv differanse mellom nåverdi mellom forventet inntjening (husleie minus drift- og vedlikeholdskostnader) og opprinnelig investerte



ringskostnad. I et energi- og miljøregnskap så vel som bruks- og funksjonsmessig vurdert, kan da bygningen fremdeles ha en betydelig verdi. I et slikt regnskap vil en ikke diskontere til nåverdi, slik vi vet at vi gjør i en årskostnadsvurdering. I en årskostnadsvurdering vil framtidige drift- og vedlikeholdskostnader utover de nærmeste 20 årene, bare utgjøre mindre beløp.

I motsetning til økonomisk levetid er fysisk levetid definert som tidsrommet før en bygning eller en del av bygningen ikke kan brukes av tekniske grunner. Riving markerer slutten av den fysiske levetiden. I praksis er det vanskelig å bruke definisjonene av fysisk levetid, fordi en bygning er sammensatt av bygningsdeler og -komponenter som vil skiftes etter behov.

Figur 25 illustrerer dette. Gjennom en historie på bortimot 1000 år har det på tomten Kongens gt. 2, Trondheim stått fire ulike bygninger, men restene av den gamle bygningen har vært brukt ved oppføring av ny bygning. Bruken har skiftet fra kirke til bolig, rådhus, fengsel, brannstasjon og folkebibliotek ved ombygginger og moderniseringer. Ombygging har skjedd med intervall fra 60 til flere hundre år.



Figur 25. Levetider i historisk perspektiv. Funkjoner, ombygninger og moderniseringer Kongens gate 2, Trondheim.

Det finnes fremdeles lite data om levetider for materialer, komponenter og bygningsdeler. Det vil heller aldri være mulig å finne eksakte levetider fordi disse vil variere ut fra kvalitet og utførelse, belastning, indre- og ytre klima, reparasjonsmuligheter mm. Vi har i de følgende eksemplene sett på det akkumulerte energiforbruket i relasjon til levetider og vedlikeholdsintervaller.

### Sammenligning av energiforbruket til å produsere alternative utvendige kledninger - et eksempel

Utgangspunkt: Bindingsverksvegg av tre som skal kles utvendig med alternativene:

1. Trepanel (tømmermannspanel)
2. Profilerte metallplater
3. Teglforblanding.

Energiforbruket til primærkonstruksjonen ud fra verdier fra Norsk Treteknisk Institutt (referanse /3/):

Materiale	kWh/m <sup>2</sup>
Innvendige gipsplater (13 mm)	10
Vind- og dampsperre	3
150 mm isolasjon, klasse 0,036	29
48 x 148 mm justert skurlast (2,8 m/m <sup>2</sup> )	5
<b>SUM:</b>	<b>47</b>

### Justert kledning, utlektet tømmermannspanel

Overligger: 22 x 148 mm, underligger: 19 x 98 mm, utlekting 36 x 48 mm c/c = 0,6 m. Sum: 0,029 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.

Energiforbruk:	/1/	/2/	/3/	/5/	/9/
kWh/m <sup>2</sup>	32	8	7	12	3

### Profilerte metallplater

Antar tykkelse t = 0,7 mm og tar ikke hensyn til at profileringen gir større areal platekledning pr. m<sup>2</sup> veggareal. (I tillegg kommer utlektingen, med trelekter 0,5 - 1,0 kWh/m<sup>2</sup>).

Energiforbruk:	/1/	/2/	/3/ og /4/	/8/	/9/
kWh/m <sup>2</sup>	49	72	47	50	57

**Teglforblending, 1/2-steins tykkelse (108 mm),  $\rho = 1600 \text{ kg/m}^3$**   
80 volum-% tegl, 20 volum-% murmørtel (M100/400).

Energiforbruk:	/1/	/7/
kWh/m <sup>2</sup>	172	101

Utregningene og en oversikt over akkumulert energiforbruk i materialer er vist i vedlegget.

#### Oppsummering, energiforbruket til å produsere materialene

1. Utvendig trepanel, justert kledning:  
 $7 \text{ kWh/m}^2 / 3 / (U\text{-verdi} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K})$
2. Profilerte metallplater:  
 $47 \text{ kWh/m}^2 / 3 / (U\text{-verdi} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K})$
3. Teglforblending, 1/2-steins tykkelse:  
 $101 \text{ kWh/m}^2 / 7 / (U\text{-verdi} = 0,27 \text{ W/m}^2\text{K})$

#### Levetider og vedlikehold

Energiverdiene er så langt uten hensyn til levetid og vedlikehold for konstruksjonene. Levetider for konstruksjonene (byggets levetid settes lik 100 år):

1. Utvendig trepanel: 35 - 50 år
2. Profilerte metallplater: ~ 30 år
3. Teglforblending: byggets levetid

#### Akkumulert energiforbruk over hele konstruksjonens levetid

1. Utvendig trepanel: Oljemaling har i følge /3/ et akkumulert energiforbruk på 4500 kWh/tonn. Densiteten settes til  $\rho = 1,2 \text{ tonn/m}^3$ , og et malingsforbruk på 0,14 liter/m<sup>2</sup> (1 liter dekker 7 m<sup>2</sup>). Energiforbruk pr strøk maling:  $4500 \cdot 1,2 \cdot 0,14 / 1000 = 0,8 \text{ kWh/m}^2$ . Nytt treverk males med 2 strøk, pluss ett strøk hvert 4. - 8. år. Levetiden for trepanel avhenger mye av vedlikeholds nivået, i løpet av byggets levetid blir akkumulert energiforbruk:

Maling hvert 4. år, levetid 50 år:  $E' = 37 \text{ kWh/m}^2$

Maling hvert 8. år, levetid 35 år:  $E' = 36 \text{ kWh/m}^2$ .

2. Profilerte metallplater: Disse platene er ferdigbehandlet fra produsent og krever ikke vedlikehold. Levetiden er imidlertid kort, erfaring viser at de utskiftes raskere enn det den fysiske levetiden skulle tilsi. Levetiden settes til ca 30 år:

$E' = 47 \cdot 100 / 30 = 155 \text{ kWh/m}^2$ .

3. Teglforblendingen vaskes bare hvert 30. år, pluss litt reparasjon av mørtelfugene. Energiforbruket til dette arbeidet ses det bort fra, og det akkumulerte energiforbruket blir lik energiforbruket til å produsere materialet:  $E' = 100 \text{ kWh/m}^2$ . Trepanel og profilerte metallplater som utvendig kledning gir den samme U-verdien for konstruksjonen, og driftsenergiforbruket blir dermed også det samme. Teglforblending gir derimot litt bedre U-verdi, 0,02 W/m<sup>2</sup>K lavere enn for de to andre løsningene. Over en 100 års periode vil dette utgjøre 280 kWh/m<sup>2</sup>, og dermed bety mye mer enn differansen i energiforbruket til produksjon og vedlikehold. Men tas det som utgangspunkt at disse konstruksjonene har den samme U-verdien, så vil trekledningen være den klart

gunstigste løsningen mhp akkumulert energiforbruk over byggets levetid.

#### Beholde eksisterende murbygning kontra bygge nytt betongbygg - et eksempel

Eksisterende bygg er en murbygning fra rett etter århundreskiftet. 4 etasjer + kjeller + loft:

Grunnflate 12,0 m · 25,0 m = 300 m<sup>2</sup>, etasjehøyde 3,0 meter og takvinkel 35°. 4 vinduer pr. etasje pr. langvegg, vindusstørrelse 1,5 m · 1,5 m = 2,25 m<sup>2</sup>.

Det nye plaststøpte betongbygget har de samme dimensjonene. Energiforbruket til oppvarming (driftsenergiforbruket) settes lik for den etterisolerte murbygningen og det nye betongbygget.

#### Mest mulig behold av eksisterende bygg

Må gjøres: Nytt undertak (takstein og sperrer brukes om igjen)  
Innvendig etterisolering av ytterveggene  
Isolering av etasjeskiller over kjeller

\* Nytt undertak:

Energiforbruk trelast /3/:  $236 \text{ kWh/m}^3 \cdot 8,8 \text{ m}^3 = 2.077 \text{ kWh}$   
Energiforbruk papp (4 kg/m<sup>2</sup>) /1/: = 4.144 kWh  
Totalt energiforbruk til nytt undertak: 6.200 kWh

\* Etterisolering: (100 mm innvendig isolasjon, bindingsverk av tre, dampspærre og gipsplater)

Etterisolering vegg:  $34 \text{ kWh/m}^2 \cdot 816 \text{ m}^2 = 27.744 \text{ kWh}$

\* Etasjeskiller første etasje/kjeller (100 mm isolasjon + gipsplater i himlingen):

$300 \text{ m}^2 \cdot (20 \text{ kWh/m}^2 + 10 \text{ kWh/m}^2) = 9.000 \text{ kWh}$

Sum akkumulert energiforbruk for utbedringsarbeider:

43.000 kWh

#### Nytt bygg

Bygget er en skive-dekke konstruksjon i betong, der gavlveggene og to innvendige tverrvegger i betong er bærende. Langveggene består av utfyllende bindingsverk i tre med 150 mm isolasjon, og utvendig forblendet med 1/2-steins tegl.

Bygningsdel	kWh
Betonkonstruksjoner	208 296
Isolering av betongen	14 352
Utfyllende bindingsverk	24 816
Teglforblending av langveggene	53 328
Gipsplater i kjellerhimling	3 000
Takkonstruksjonen	7 734
Totalt energiforbruk for primærkonstruksjonene	312 000

Etasjeareal uten loft og kjeller er 1.200 m<sup>2</sup>. Akkumulert energiforbruk: 260 kWh pr m<sup>2</sup> etasjeareal.

I tillegg kommer for nybygget:

- innvendige vegger
- alle innvendige overflater (belegg, tapet, maling, puss etc.)
- vinduer, dører, trapper, heis etc.

### Utbedring av eksisterende bygg kontra nytt betongbygg

#### - oppsummering av energiforbruk

Denne enkle sammenligningen viser at energiforbruket til å produsere materialene i et nytt bygg er langt større enn energiforbruket som går med når et eksisterende bygg utbedres. For utbedring av det eksisterende bygget er energiforbruket beregnet til 43 000 kWh, mens det for nybygget er over 300 000 kWh. For nybygget kommer også alle tilleggsarbeidene/komponentene som vil gi et enda høyere akkumulert energiforbruk.

Nå vil et nytt bygg ha brukskvaliteter som et eldre bygg mangler. En moderne planløsning, nye materialer og bedre lydforhold gjør at et nytt bygg nok vil bli foretrukket av flertallet. Men økt forståelse for energisituasjonen i verden og større oppmerksomhet om bygningenes totale energiforbruk vil forhåpentligvis være med til å endre holdningene til folk flest!

#### Vedlegg: Utrekninger

Eksempel: Sammenligning av energiforbruket til å produsere alternative utv. kledninger.

1. Justert kledning, utlektet tømmermannspanel. (5,1 m over- og underliggere pr m<sup>2</sup>)

$$\text{Overligger: } 0,022 \cdot 0,148 \cdot 5,1 = 0,017 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$\text{Underligger: } 0,019 \cdot 0,098 \cdot 5,1 = 0,009 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$\text{Sum: } 0,029 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$\text{Utlektning: } 0,036 \cdot 0,048/0,6 = 0,003 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Maling hvert 4. år, levetid 50 år:

$$E' = 2 \cdot 7 \text{ kWh/m}^2 + (2 \cdot 100/50 + 100/4) \cdot 0,8 \text{ kWh/m}^2 = 37 \text{ kWh/m}^2$$

Maling hvert 8. år, levetid 35 år:

$$E' = 3 \cdot 7 \text{ kWh/m}^2 + (2 \cdot 100/35 + 100/8) \cdot 0,8 \text{ kWh/m}^2 = 36 \text{ kWh/m}^2$$

2. Profilerte metallplater: tykkelse t = 0,7 gir volum =

$$0,0007 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

3. Teglforglending, 1/2-steins tykkelse (108 mm) =

$$1600 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{Volum} = 0,108 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Eksempel: Beholde eksisterende murbygning kontra bygge nytt betongbygg.

Eksisterende bygg:

Nytt undertak: 18 mm rupanel, underlagspapp,

lekter 30 x 36 mm, c/c 0,25 m, sløyfer 23 x 36 mm, c/c 0,6 m.

$$\text{Arealet av taket: } 12 \text{ m} \cdot 25 \text{ m}/\cos 35^\circ = 370 \text{ m}^2$$

$$\text{Trelast: Rupanel: } 0,018 \cdot 370 = 6,7 \text{ m}^3$$

$$\text{Lekter: } 0,030 \cdot 0,036/0,25 = 1,6 \text{ m}^3$$

$$\text{Totalt: } 8,8 \text{ m}^3$$

$$\text{Sløyfer: } 0,023 \cdot 0,036/0,6 = 0,5 \text{ m}^3 \quad 2,077 \text{ kWh}$$

Underlagspapp:

$$(\sim 4 \text{ kg/m}^2) / 1/ : 2,8 \text{ kWh/kg} \cdot 4 \text{ kg/m}^2 \cdot 370 \text{ m}^2 = 4.144 \text{ kWh}$$

Etterisolering: (100 mm innv. isolasjon, bindingsverk av tre, dampspærre og gipsplater)

$$100 \text{ mm isolasjon, } /3/: 20 \text{ kWh/m}^2$$

$$\text{Bindingsverksvegg: } 0,036 \cdot 0,098 \cdot 2,8 \cdot 236 /3/: 2 \text{ kWh/m}^2$$

$$\text{Totalt: } 34 \text{ kWh/m}^2$$

$$\text{Dampspærre og ett lag gips } /3/: 2 + 10 \text{ kWh} = 12 \text{ kWh/m}^2$$

$$\text{Areal langvegger (-vinduer): } (4 \cdot 3 \cdot 25 - 4 \cdot 4 \cdot 2,25) \cdot 2 = 528 \text{ m}^2$$

$$\text{Areal kortvegger: } 4 \cdot 3 \cdot 12 \cdot 2 = 288 \text{ m}^2$$

$$\text{Totalt: } 816 \text{ m}^2$$

Nytt bygg:

$$\text{Betongareal: - gavlvegger: } 2 \cdot (5 \cdot 3 + 4,2/2) \cdot 12 =$$

$$410 \text{ m}^2 \text{ (200 mm)}$$

$$\text{- innv. tverrvegger: } 5 \cdot 3 \cdot 12 \cdot 2 = 360 \text{ m}^2 \text{ (150 mm)}$$

$$\text{- dekker: } 6 \cdot 12 \cdot 25 = 1 \text{ m}^2 \text{ (200 mm)}$$

$$\text{- langvegger i kjeller: } 2 \cdot 3 \cdot 25 = 150 \text{ m}^2 \text{ (200 mm)}$$

$$\text{Betongvolum: } 0,2 \cdot (410 + 1.800 + 150) + 0,15 \cdot 360 = 526 \text{ m}^3$$

$$\text{Energiforbruk betongkonstruksjoner } /4/:$$

$$396 \text{ kWh/m}^3 \cdot 526 \text{ m}^3 = 208 \text{ 296 kWh}$$

Isolering av betongkonstruksjonene:

$$\text{- gavlvegger: } 2 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 12 = 288 \text{ m}^2 \text{ (150 mm isolasjon)}$$

$$\text{- mot kjeller: } 12 \cdot 25 = 300 \text{ m}^2 \text{ (100 mm isolasjon)}$$

Energiforbruk /3/:

$$29 \text{ kWh/m}^2 \cdot 288 \text{ m}^2 + 20 \text{ kWh/m}^2 \cdot 300 \text{ m}^2 = 14.352 \text{ kWh}$$

Utfyllende bindingsverk:

$$\text{Arealer av to langvegger (minus vinduer) = } 528 \text{ m}^2$$

$$\text{Energiforbruk = } 47 \text{ kWh/m}^2 \cdot 528 \text{ m}^2 = 24.816 \text{ kWh}$$

Utvendig forblending med tegl (bare langveggene):

$$\text{Energiforbruk forblending } /7/:$$

$$101 \text{ kWh/m}^2 \cdot 528 \text{ m}^2 = 53.328 \text{ kWh}$$

Gipsplater i himling i kjeller /3/:

$$10 \text{ kWh/m}^2 \cdot 300 \text{ m}^2 = 3.000 \text{ kWh}$$

Taksperrer: 48x223 mm og c/c = 0,6 m gir:

$$0,048 \cdot 0,223 \cdot 25 \cdot 12/(\cos 35^\circ \cdot 0,6) = 6,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Energiforbruk sperrer } /3/: 236 \text{ kWh/m}^3 \cdot 6,5 \text{ m}^3 = 1.534 \text{ kWh}$$

Undertak + lekter + sløyfer:

$$\text{(Gammel takstein brukes om igjen på det nye bygget!) } 6.200 \text{ kWh}$$

MATERIALE:	ENHET	REFERANSER (SE NEDERST PÅ SIDEN)								
		/1/	/2/	/3/	/4/	/5/	/6/	/7/	/8/	/9/
Mineralull, $\rho = 20 - 30 \text{ kg/m}^3$	kWh/m <sup>3</sup>	107-160	150	190	150-190					120-180
Justert trelast, $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$	kWh/m <sup>3</sup>	1100	260	236 <sup>1)</sup>		405				100
Tegl (rød), $\rho = 1600 \text{ kg/m}^3$	kWh/m <sup>3</sup>	1880			1600			1111		1920
Murmørtel klasse A, M100/400	kWh/m <sup>3</sup>	423						225		
Murverk (tegl), 20 volum% mørtel	kWh/m <sup>3</sup>	1589						933		
Sement, $\rho = 2000 \text{ kg/m}^3$	kWh/m <sup>3</sup>					2600				
Betong, 450 kg sement/m <sup>3</sup> , $\rho = 2400$	kWh/m <sup>3</sup>	1142	460		396					460
Stål, valset, $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$	kWh/m <sup>3</sup>	69966	103000	67000	67080				7150 0	81900
Glass, $\rho = 2600 \text{ kg/m}^3$	kWh/m <sup>3</sup>	15600			15600		5000 <sup>2)</sup>			
Dampspærre, 0,15 mm PE-folie	kWh/m <sup>2</sup>			Begge						15000
Vindspærre	kWh/m <sup>2</sup>			3						
Gipsplate, 13 mm, $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$	kWh/m <sup>2</sup>	28		10						10

1)  $\rho = 470 \text{ kg/m}^3$     2) Float-prosessen

Tabel 6. Sammenstilling av data om energiforbruget til å produsere enkelte bygningsmaterialer.

#### REFERANSER

- /1/ Østergaard-Andersen, Sigurd: "Det akkumulerte energiforbruk til...", Rapport 134, DTH, Lyngby, Danmark 1979.
- /2/ Haugen, Tore: "Energiforbruk i bygningsproduksjonen...", STF A80009, Sintef, Norge 1980.
- /3/ Norsk Treteknisk Institutt: "Energianalyse for landbruksbygninger...", NTI, Oslo, Norge 1991.
- /4/ Norges byggforskningsinstitutt: "Miljø og energiregnskap for bygg - Forprosjektrapport", NBI, Oslo, Norge 1991.
- /5/ Salokangas, Raimo: "Bygningers energiindhold", (i SBI-meddelelse 85), Statens Byggeforskningsinstitutt, Danmark 1991.
- /6/ Ahlenroth, Lennart: "Glasfremstillingens energiforbruk og miljøbelastning", (i SBI-meddelelse 85), Statens Byggeforskningsinstitutt, Danmark 1991.
- /7/ Hansen, Helge: "Teglfremstillingens energiforbruk og miljøbelastning", (i SBI-meddelelse 85), Statens Byggeforskningsinstitutt, Danmark 1991.
- /8/ Kerr Eckbo, Jan: "Energiproduktivitet og norske forretn...", Auckner, Neuman, Eckbo og Co a.s, Oslo, Norge 1990.
- /9/ Byggforskningsrådet: "Energi - Byggandets energiprofil", T7:1978, Stockholm, Sverige 1978.

## Energi- og miljøforhold ved nedrivning og genanvendelse af bygninger

Jens Bjørn Jakobsen,  
COWIconsult Rådgivende ingeniører A/S, DK

Nedrivning af bygningskonstruktioner er det sidste led i en bygnings livsforløb. For visse komponenters vedkommende kan det dog også være det første led i et nyt livsforløb.

I gammel tid var det en tradition (eller en nødvendighed), at materialer fra nedrevne bygninger i stort omfang blev anvendt til nye bygninger. Efter 2. verdenskrig er denne tradition stort set ophørt, og helt frem til nu foregår der kun genanvendelse af brugte byggematerialer i begrænset omfang.

For få år siden blev der imidlertid indledt en proces i retning af øget genanvendelse af gamle byggematerialer.

Energiforbruget i forbindelse med fremskaffelse af råmaterialer til nybyggeri henholdsvis oparbejdning af sekundære råmaterialer, samt energiforbruget ved gennemførelse af traditionelle henholdsvis moderne, selektive nedrivninger har ikke været genstand for sammenlignende analyser.

I det følgende foretages en analyse af to konkrete nedrivningseksempler med det formål at illustrere de energi- og miljømæssige konsekvenser af forskellige nedrivningsmetoder. Dernæst analyseres et udvalgt eksempel på oparbejdning af sekundære råstoffer i form af knusning af tegl- og betonbrokker, som sammenlignes med udvindingen af primære råstoffer (grus).

#### Systemafgrænsning

I forbindelse med en vurdering af bygningers totalenergiforbrug og miljøbelastning er det nødvendigt at definere en entydig terminologi og fastlægge en konsistent systemafgrænsning. En analyse af en bygnings livsforløb vil omfatte følgende faser:

- udvinding og oparbejdning af råvarer og halvfabrikata
- fabrikation af byggevarer
- opførelse af bygning
- drift og vedligehold af bygning
- nedrivning af bygning og bortskaffelse af de nedrevne materialer.

I hver af disse faser indgår: transport til proceslokaliteten, selve processen, og endelig bortskaffelsen af processens affaldsprodukter. I det følgende vil vi se nærmere på den sidstnævnte fase og lidt på den del af førstnævnte fase, som vedrører genbrug af byggekomponenter og oparbejdning af materialer fra nedrevne bygninger. Hermed er samtidig antydning af den systemafgrænsning, som forudsættes anvendt i det følgende. En bygnings samlede levetid antages at forløbe frem til og med dens

- nedrivning

- grovsortering i komponenter til genbrug, i materialer til genvinding og i et residual til deponering
- bortkørsel til relevante oparbejdningsanlæg (men ikke processerne på disse anlæg), eller
- bortkørsel til og håndtering på deponi.

Anvendes denne systemafgrænsning bemærkes det, at energiforbrug til og miljømæssige konsekvenser ved genbrug af bygningskomponenter og oparbejdning af materialer fra nedrevne bygninger ikke tilskrives den nedrevne bygning, men den nye bygning eller anden konstruktion, hvori de måtte blive anvendt. Sekundære råvarer betragtes derfor som værende historieløse og tillægges efter nedrivningsfasen et energiforbrug og en miljøbelastning på nul. En fuldstændig konsekvensanalyse af alternative nedrivnings- og genanvendelsesmetoder vil kræve inddragelse af en lang række parametre, som ikke alle er behandlet i dette indlæg. Bl.a. er det valgt at udelade arbejdsmiljø; der henvises i denne forbindelse til SBI-anvisning 171: Nedrivning af bygninger og anlægskonstruktioner.

#### Systemeksempler

Med det formål at illustrere konsekvenserne af forskellige nedrivnings- og genanvendelsesmetoder defineres to systemeksempler.

Eksempel A (traditionel nedrivning):

Bygninger opført omkring år 1900. Bygningerne nedrives efter traditionelle principper, dvs. metaller og større stykker tømmer sorteres fra til genanvendelse, mens resten køres til deponi.

Eksempel B (selektiv nedrivning):

Bygninger opført omkring år 1900. Bygningerne nedrives mhp. maksimal genanvendelse. Tagplader (ej asbestholdige) og intakt isolering nedtages. Vinduesrammer og døre udtages. Andet tømmer udtages i muligt omfang. Metaller udtages og sorteres. Tegl og betonbrokker sorteres og bortkøres til knuseanlæg. Resten køres til deponi.

Det er valgt at fremdrage eksempler på den type bygninger, der p.t. udgør det største nedrevne volumen. Herigennem afspejles de energi- og miljømæssige konsekvenser ved de kommende 10-20 års nedrivningsprojekter. Erfaringer fra disse nedrivninger kan herefter, i et vist omfang, bruges til teoretisk at vurdere energi- og miljøaspekterne ved nedrivning af nyere bygninger.

#### Nedrivning af gamle bygninger, mængde og sammensætning

I dette kapitel sammenlignes de to eksempler A og B. Den forudsatte mængde og -sammensætning af bygningerne i eksempel A og B fremgår af tabel 7.

Som eksempel på eksempel A er valgt nedrivningen af bygningerne på Københavns Salatfabrik udført i 1987.

Som eksempel på eksempel B er valgt nedrivningen af bygningerne på Århus Dampvaskeri udført i 1988.

Materiale	Eksempel A	Eksempel B
Antal etage-m <sup>2</sup>	7800	1880
Tons materiale	8640	3722
Ton/etage-m <sup>2</sup>	1,11	1,98
Brokker o.lign.	92%	84%
Træ o.a. brændbart	4%	1%
Metal	4%	2%
Andet ej brændbart	0%	13%

Tabel 7. Materiale mængde og -sammensætning i eksempelbygningerne (Kilde: Nedrivning af bygningskonstruktioner og genanvendelse af nedrivningsprodukter. Miljøstyrelsen og Teknologistyrelsen, 1988).

Sammenlignet med ovennævnte typiske ældre bygninger til småindustri vil ældre etageboliger have en højere andel af brokker og træ, og kun en lille andel af metaller og andre ikke-brandbare materialer.

#### Nedrivningsteknik

Med henblik på at opgøre de energi- og miljømæssige konsekvenser beskrives først de enkelte aktiviteter i forbindelse med nedrivningen af en ældre bygning. Aktiviteterne falder i to faser:

- afklædning
- nedrivning.

Afklædningen sker næsten udelukkende med anvendelse af elektrisk og hydraulisk håndværktøj. Den efterfølgende nedrivning udføres med store entreprenørmaskiner, som ved selektiv nedrivning er suppleret med specialværktøj.

#### Eksempel A

Afklædning:

- Asbestsanering og andre regelbetingede foranstaltninger
- Nedtagning af vinduer, døre og karme til direkte genbrug
- Nedtagning af diverse tekniske installationer til direkte genbrug: el-installationer (ekskl. kabler), radiatorer, kedler, armaturer, sanitære installationer, evt. elevator.

Nedrivning:

- Nedbrydning af bygningskonstruktionerne tag, facader, dæk, bjælker, søjler og fundamenter
- Udtagning af tilgængeligt metal til direkte genbrug eller skrotning
- Udtagning af tømmer til direkte genbrug.

#### Eksempel B

Afklædning:

- Asbestsanering og andre regelbetingede foranstaltninger
- Nedtagning af vinduer, døre og karme samt evt. anvendeligt køkkeninventar og skabe i træ til direkte genbrug. Andre komponenter i træ så som paneler nedtages

- Nedtagning af diverse tekniske installationer til direkte genbrug: el-installationer (ekskl. kabler), radiatorer, kedler, armaturer, sanitære installationer, evt. elevator
- Nedtagning af øvrige tekniske installationer m.v. til skrotning: øvrige vand- og varmeinstallationer incl. vand- og varmerør nedskæres og afisoleres - opdeles efter metaltype, faldstammer nedtages - evt. samlemuffer af bly adskilles fra rør
- Kakler og fliser fjernes
- Nedtagning af loftsbeklædning og lette skillevægge, optagning af gulvbrædder samt indskudsler og -brædder, - ler, rør og puds adskilles fra brædder
- Nedtagning af tagbeklædning, inddækninger og tagrender - adskillelse i materialetyper, nedtagning af tag-/loftsisolering samt tagkonstruktion
- Nedtagning af trapper og reposer.

#### Nedrivning:

- Nedbrydning af bygningskonstruktionerne facader, dæk, bjælker, søjler og fundamenter
- Udtagning af tilgængeligt metal til direkte genbrug eller skrotning
- Udtagning af tømmer til direkte genbrug
- Frasortering af evt. urenheder fra tegl- og betonbrokker.

#### Energiforbrug

Det samlede direkte energiforbrug ved bygningernes nedrivning og materialernes bortskaffelse er opgjort for hver aktivitet, jfr. tabel 8 og 9.

Aktivitet Eksempel A	Maskinel	Energi- form	Energifor- brug kWh/ etage-m <sup>2</sup>	Energifor- brug kWh/ton
Asbestsanering m.v.	Håndværktøj	El	0,0	0,0
Udtagning af inventar og installationer til genbrug	Håndværktøj	El	0,0	0,0
Nedbrydning af konstruktioner	Hydraulisk gravemaskine	Diesel	18,7	16,9
Udtagning af metal og tømmer fra brokker til oparbejdning	Manuelt suppl. med gravemaskine	Diesel	0,5	0,5
Læsning af materialer	Gummihjulslæsser, lastbil med kran	Diesel	1,4	1,3
Transport til produkt-/skrot-handler	Lastbil	Diesel	2,5	2,2
Transport til deponi	Lastbil	Diesel	29,1	26,3
Deponering, afdækning	Kompaktor, dozer	Diesel	3,2	2,9
Samlet energiforbrug		El	0,0	0,0
		Diesel	55,4	50,0

Tabel 8. Energiforbrug ved nedrivning, eksempel A.

Det samlede direkte energiforbrug for eksempel A kan beregnes til 432.000 kWh. Elforbruget er her indregnet som primærenergi med en korrektion for produktionsnyttsevirkning på 70 %.

Det samlede direkte energiforbrug for eksempel B kan beregnes til 144.000 kWh. Elforbruget er her indregnet som primærenergi med en korrektion for produktionsnyttsevirkning på 70 %.

Aktivitet Eksempel B	Maskinel	Energi- form	Energifor- brug kWh/ etage-m <sup>2</sup>	Energifor- brug kWh/ton
Asbestsanering m.v.	Håndværktøj	El	0,0	0,0
Udtagning af inventar og installationer til genbrug	Håndværktøj	El	0,1	0,0
Udtagning af tekniske installationer og bygningsdele til oparbejdning	Håndværktøj, gummihjulslæsser	El, diesel	0,1 2,1	0,0 1,1
Nedbrydning af konstruktioner	Hydraulisk gravemaskine	Diesel	24,7	12,5
Udtagning af metal og tømmer fra brokker til oparbejdning	Manuelt, hydraulisk gravemaskine	Diesel	2,1	1,1
Læsning af materialer	Gummihjulslæsser, lastbil med kran	Diesel	8,0	4,1
Transport til produkt-/skrot-handler	Lastbil	Diesel	2,3	1,2
Transport til knuseanlæg	Lastbil	Diesel	28,6	14,5
Transport til deponi	Lastbil	Diesel	7,5	3,8
Deponering, afdækning	Kompaktor, dozer	Diesel	0,8	0,8
Samlet energiforbrug		El	0,2	0,1
		Diesel	76,1	38,5

Tabel 9. Energiforbrug ved nedrivning, eksempel B.

#### Miljømæssige konsekvenser

De fleste kender til de synlige miljømæssige konsekvenser ved nedrivning: støj, vibrationer, støv og anden luftforurening. Imidlertid bliver man mere og mere opmærksom på de indirekte påvirkninger, som skyldes de miljøkritiske materialer, der tilgår affaldshåndteringssystemerne. Selvom det sjældent drejer sig om de helt store mængder fra nedrivninger af almindelige bygningskonstruktioner, så vil man fremover skulle indkalkulere øget tidsforbrug og omkostninger i forbindelse med materialesortering for at kunne overholde de aktuelle retningslinier for affaldshåndteringen. I tabel 10 er anført anvendelsesområderne for en række miljøkritiske materialer inden for byggeriet.

Materiale	Anvendelse
Asbest	Rørisolering, ventilationskanaler, loftsbe- klædning, tagdækning
Asfalt	Tagdækning, belægninger, isolering
Bly	Inddækning, afløbsrør, maling, el-kabler
Kadmium	PVC, maling
Chrom	Maling
CFC	Køle- og fryserumsvægge, fugeskum
Kviksølv	Varmeinstallationer
Malet træ	Indendørs og udendørs træarbejder
Maling i øvrigt	Beskyttelse og udsmykning af overflader
PCB	Isoleringsvæsker
PVC	Vandrør, afløbsrør, el-installationer, gulv- og vægbeklædning, hånd- og fodlister, døre, vinduer, tagrender, tagdækning
Trykimprægneret træ	Bærende trækonstruktioner, udendørs træ- arbejder
Zink	Tagrender, taginddækning

Tabel 10. Miljøkritiske materialer anvendelse inden for byggeriet. (Kilde: Miljøprojekt 150, Miljøstyrelsen, 1990).

De miljømæssige konsekvenser ved bygningernes nedrivning og materialernes bortskaffelse i de to eksempler er opgjort for hver aktivitet, jfr. tabel 11 og 12. Da der ikke findes systematiske, kontrollerede målinger fra de nævnte aktiviteter, er det valgt alene at anføre de kvalitative påvirkninger man kan komme ud for ved en nedrivning.

Aktivitet Eksempel A	Forurenings- komponent	Påvirkede part	Skønnet kon- sekvens
Asbestsanering m.v.	Asbest-fibre	Naboer til nedrivning og special- deponi	Ringe, hvis korrekt hånd- teret
Udtagning af inventar og installationer til genbrug	Støj, støv	Naboer	Ringe
Nedbrydning af konstruk- tioner	Støj, støv og anden luftforu- rening, vibra- tioner	Naboer	Væsentlige gener fra støj, støv og vibra- tioner
Udtagning af metal og tømmer fra brokker til oparbejdning	Støj, støv	Naboer	Ringe
Læsning af materialer	Støj, støv og anden luftforu- rening	Naboer	Væsentlige gener fra støj og støv
Transport til produkt- /skrothandler	Støj, støv og anden luftforu- rening	Naboer langs vej og ved anlæg	Nogen gener fra støj og støv
Transport til deponi	Støj, støv og anden luftforu- rening	Naboer langs vej og ved anlæg	Nogen gener fra støj og støv
Deponering, afdækning	Støj, støv og anden luftforu- rening, perko- lat	Naboer til deponi	Nogen gener fra støj og støv, rensning af perkolat

Tabel 11. Miljømæssige konsekvenser ved nedrivning, eksempel A.

Aktivitet Eksempel B	Forureningskomponent	Påvirkede part	Skønnet konsekvens
Asbestsanering m.v.	Asbest-fibre	Naboer til nedrivning og specialdeponi	Ringe, hvis korrekt håndteret
Udtagning af inventar og installationer til genbrug	Støj, støv	Naboer	Ringe
Udtagning af tekniske installationer og bygningsdele til oparbejdning	Støj, støv	Naboer	Nogen
Nedbrydning af konstruktioner	Støj, støv og anden luftforurening, vibrationer	Naboer	Væsentlige gener fra støj, støv og vibrationer
Udtagning af metal og tømmer fra brokker til oparbejdning	Støj, støv	Naboer	Ringe
Læsning af materialer	Støj, støv og anden luftforurening	Naboer	Væsentlige gener fra støj og støv
Transport til produkt/skrothandler	Støj, støv og anden luftforurening	Naboer langs vej og ved anlæg	Nogen gener fra støj og støv
Transport til knuseanlæg	Støj, støv og anden luftforurening	Naboer langs vej og ved anlæg	Nogen gener fra støj og støv
Transport til deponi	Støj, støv og anden luftforurening	Naboer langs vej og ved anlæg	Nogen gener fra støj og støv
Deponering, afdækning	Støj, støv og anden luftforurening, perkolat	Naboer til deponi	Nogen gener fra støj og støv, rensning af perkolat

Tabel 12. Miljømæssige konsekvenser ved nedrivning, eksempel B.

**Oparbejdning af byggematerialer ud fra sekundære råmaterialer**  
I dette kapitel beskrives hvilke materialer fra nedrivning af bygninger - de såkaldte sekundære råmaterialer - der kan genanvendes, hvilken oparbejdning der i givet fald skal bringes i anvendelse, og hvilke produkter der kan komme ud af denne oparbejdning. Til sidst beskrives de væsentligste energi- og miljømæssige konsekvenser ved et eksempel på oparbejdning.

Der er tre principielle former for genanvendelse:

- genbrug, f.eks. vinduer, døre, karme, radiatorer
- genvinding, f.eks. brokker til knusning og iblanding i beton til nye bygninger, metal til omsmelting
- videreudnyttelse, f.eks. brokker til knusning og indbygning i trafik anlæg, forbrænding (med varmeudnyttelse) af træ og andet brændbart affald.

Energiforbruget og de miljømæssige konsekvenser ved genbrug er stærkt begrænsede sammenholdt med konsekvenserne ved fremstillingen af de samme produkter ud fra primære råmaterialer. Der vil derfor i langt de fleste tilfælde være en energi- og miljømæssig gevinst ved genbrug.

Resultatet ved genvinding og videreudnyttelse er derimod ikke så forudsigeligt. I det følgende er derfor gennemgået et eksempel, hvor tegl- og betonbrokker knuses med henblik på iblanding i beton til nye bygninger eller anvendelse ved vejbygning som alternativ til anvendelse af primære råmaterialer.

For at kunne helt eller delvist erstatte de primære råmaterialer som tilslag ved fremstilling af beton er der en række krav, som de nedknuste tegl- og betonbrokker skal overholde. De væsentligste krav er:

- rensset for jord, træ og metaller
- kornkurver i overensstemmelse med normkravene.

#### Energiforbrug ved knusning af brokker

Ved beregning af energiforbruget ved knusning af nedrevne tegl- og betonbrokker er der taget udgangspunkt i erfaringerne fra Sanderødgård Genbrugscenter, SGC, refereret i rapporten Registrering og analyse af produktstrømme til SGC Genbrugs Center, Demex Rådgivende Ingeniører, dec. 1990.

SGC producerer to produkter ud fra brokker fra nedrevne bygninger:

- Genbrugsstabilgrus I (fra betonbrokker)
- Genbrugsstabilgrus II (fra tegl- og betonbrokker, puds, harpegrus og natursten).

Knuseanlæggets forskellige dele drives af et dieselgeneratoranlæg med en maks. driftseffekt på 325 kW. Afhængig af det affaldsprodukt, der behandles, er gennemsnitskapaciteten 100-150 ton/time. Det antages, at 75 % af dieselgeneratoranlæggets max. kapacitet udnyttes under almindelig drift, svarende til et timeforbrug på 245 kWh/time, eller omkring 2 kWh/ton behandlet affaldsprodukt. Antages en brændselvirkningsgrad på 30 % forbruger generatoranlægget ca. 6,5 kWh dieselolie per ton svarende til 0,64 liter dieselolie per ton behandlet affaldsprodukt.

Såfremt anlægget havde været tilsluttet den offentlige elforsyning med en produktionsnyttevirkning på omkring 75 %, ville forbruget af primærenergi kun have været 2,6 kWh dieselolie per ton.

Udover selve knuseanlægget anvendes tillige en gummihjulslæsser, som antages at have et timeforbrug på ca. 20 liter dieselolie, svarende til et enhedsforbrug på 0,16 liter per ton eller 1,6 kWh dieselolie per ton behandlet affaldsprodukt.

Det samlede direkte energiforbrug ved oparbejdningen til genbrugsstabilgrus kan dermed opgøres til 8,1 kWh per ton behandlet affaldsprodukt ved anvendelse af dieselgeneratoranlæg og 4,2 kWh/ton hvis anlægget er tilsluttet offentlig elforsyning.

For at kunne anvende det producerede materiale som tilslag til fremstilling af beton (til sammenligning med det efterfølgende eksempel), vil det kræve en frasortering af den fine fraktion (0-4 mm, kan være op til 25 %) og evt. en vaskning. Energiforbruget til denne ekstra sortering er minimal, men antages det, at det



samlede direkte energiforbrug alene skal belaste slutproduktet, vil der blive tale om et samlet forbrug på 5,6-10,8 kWh per ton tilslagsmateriale.

#### **Energiforbrug for primære råmaterialer**

Fremstillingen af tilslagsmaterialer til beton ud fra primære råmaterialer kræver energi ligesom ovennævnte eksempel med nedknusning af betonbrokker. Tidligere undersøgelser (S. Østergaard-Andersen, 1979) anfører et direkte energiforbrug til produktion ud fra naturmaterialer på 6,6 kWh per ton tilslagsmateriale.

#### **Miljømæssige konsekvenser**

Oparbejdning af sekundære råmaterialer - her knusning af brokker - indebærer kraftige støv- og støjpåvirkninger af omgivelserne, hvis ikke særlige foranstaltninger iværksættes.

Målinger på et mobilt knuseanlæg med dieselgenerator har givet et støjniveau på op til 117 dB(A) ved knuseren.

Ved knusning af tegl og især beton opstår store mængder støv. Dette støv indeholder kvartspartikler, som kan give anledning til sygdommen stenlunge. Der er derfor behov for en effektiv rensning for støv ved knusning af beton- og teglbrokker.

Ved udvinding af grus i grusgrave vil der også fremkomme støv og støj. Støv- og især støjpåvirkningerne herfra forventes at være af mindre omfang end fra oparbejdningen af de sekundære råmaterialer.

#### **Konklusion**

Selektiv nedrivning indebærer - sammenlignet med traditionel nedrivning - en række fordele af miljø- og ressourcemæssig art. De miljømæssige fordele ligger især i forbindelse med bortskaffelsen af nedrivningsmaterialerne, herunder sparet lossepladsvolumen, samt en lidt mere blid nedrivning, der dels giver færre gener for naboerne, dels giver nogle nedbrydningsprodukter, som er lettere at sortere og dermed genanvende.

De arbejdsmiljømæssige forhold (ikke nærmere omtalt i dette indlæg) kan imidlertid være til ugunst for en selektiv nedrivning, såfremt der ikke anvendes effektive afhjælpningsforanstaltninger.

De materiale-/ressourcemæssige fordele ved den selektive nedrivning ligger klart i en mulig besparelse af primære råstoffer, det vil især sige grus, men også træ og ler.

På energisiden viser de to nedrivningseksempler, at forbruget i selve nedrivningsprocessen ikke er væsentligt forskellig. Der sker en omlægning af energiforbruget fra selve nedbrydningsprocessen til mere sorteringsprægede operationer, herunder mere manuelle operationer med håndværktøj som kun kræver et lille energiforbrug.

Derimod er der sket en væsentlig reduktion i energiforbruget til transport og deponering. Dette skyldes især den mindre transportafstand, der normalt er til oparbejdningsanlæg i forhold til lossepladser.

## Resumé af debat

*Indledt af Helene Hjort-Knudsen,  
i-68 Rådgivende ingeniørfirma K/S, DK*

*Helene Hjort-Knudsen*, arkitekt i i-68 Rådgivende ingeniørfirma, behandlede i sit indlæg vigtigheden af, hvilke overordnede betragtninger bygningen tillægges, dvs. hvor lægges systemgrænserne, hvad er vigtigst ved afgrænsningen og hvad kan undlades ved vurdering af energiforbrug, ressourcer eller miljøbelastning.

Med udgangspunkt i de tre forrige foredrag gav hun konkrete eksempler på forskellige systemgrænsers betydning for praksis. Hun påpegede, at vore omgivelser traditionelt opdeles og afgrænses mest muligt i adskilte sektorer, niveauer og områder. Inden for sektorplanlægningens og sektorforskningens rammer har forsøg på problemløsning indenfor et snævert afgrænset område ofte skabt endnu større problemer andre steder i systemet.

Hun foreslog i stedet, at man fremlagde helhedsbetragtninger og klarlagde sammenhænge af betydning for bestemte valg inden for bestemte områder.

#### **Helhedsbetragtninger og -analyser**

I en helhedsbetragtning vil man opleve, at en handling inden for et hvilket som helst område hænger sammen med noget, der enten er sket eller vil ske inden for et af de andre områder.

Hun mente, at den livscyklusanalyse som *Sigurd Østergaard-Andersen* fremlagde var et skridt på vejen mod en sådan helhedsbetragtning på bygningen. I den traditionelle, snævre betragtning afgrænses de enkelte livsfaser derimod fra hinanden.

Både *Sigurd Østergaard-Andersen* og *Lars Myhre* viste først beregninger ud fra snævre betragtninger af energiforbruget til produktion af tre forskellige konstruktioner. Senere viste de, at der tegner sig et helt andet billede, når materialevalgets betydning for drift og vedligeholdelse tilføjes.

#### **Om udtjente bygninger og genanvendelse af materialer**

Med henvisning til *Lars Myhres* indlæg påpegede hun tydeligheden i, at der var et stort potentiale i de materialer, der er tilbage i en bygning, når den rives ned.

"Bygningen rives jo sjældent ned, fordi alle materialerne er udtjente, men oftest fordi bygningen ikke lever op til nye behov og krav til anvendelse eller komfort. En helhedsbetragtning af energi- og miljøforhold ved genanvendelse vil ikke snævert handle om, hvad der sker når bygningen er revet ned. Ved helhedsbetragtninger må genanvendelse inddrages tidligst muligt i bygningens livscyklus - og i alle faser af den."

Hun mente også, at de fleste af bygningerne, som i dag stod for nedrivning, var opført, så de kunne skilles ad med en stor andel af intakt bevarede materialer.

"Men hvis man fx vil genanvende teglsten herfra, kan nedrivningen ikke foregå på traditionel entrepenørvis. Der er ikke mange sten, som kan "overleve" et fald fra 4. sal. De skal pilles ned lag for lag og bygningens adskillelse må være lige så omhyggelig som opførelsen."

#### **Skrotmaterialernes livscyklus**

Den systemafgrænsning, som *Jens Bjørn Jakobsen* byggede sine beregninger på, trak en linie efter nedrivningen i bygningens livscyklus.

Hun fandt, at det betyder, at alt hvad der er sket hidtil er ligemeget. Skrotmaterialet har forladt bygningens livscyklus og er derfor historieløst, og at dette klart illustrerede den tidligere nævnte traditionelle systemafgrænsning, hvor materialets energiforbrug efter bygningens nedrivning er sat lig med 0.

En helhedsbetragtning på skrotmaterialet indebærer at et byggemateriale har sin egen livscyklus, som kan gennemgå flere bygningers livscyklus i sin egen levetid.

#### **Materialers fysiske levetid, brugerbehov og fleksible bygninger**

*Helene Hjort-Knudsen* påpegede, at livscyklusmodellen tegnede et mere helt billede af de forskellige parametres betydning for energiforbrug og miljøbelastning end vi kunne før, og at der vil være mange betragtninger, som heller ikke rummes i livscyklusmodellen.

Ser man på levetider og deres betydning for energiforbruget til materialer, viser det sig i højere grad at være brugerne og deres behov, end materialernes fysiske levetid, der afgør om en bygning er brugt op. Bygningens fleksibilitet over for ændringer i anvendelsen kan derfor vise sig at have væsentlig betydning. En helhedsbetragtning skal kunne rumme sammenhænge på alle de planer og niveauer, der vil få indflydelse på undersøgelsesemnet. Her er det energi- og miljøbelastningen, hvor livscyklusbetragtningen er et vigtigt redskab ved helhedsvurderingen.

Hvis vi springer et niveau op og ser på bebyggelsen i stedet for bygningen fremkommer nye områder og parametre, som tegner nye billeder af hvordan tingene hænger sammen.

*Helene Hjort-Knudsen* afsluttede sit indlæg med at spørge forsamlingen om begrebet "historieløs" overhovedet kunne forekomme ved afklaring af begreber, der knytter sig til miljøfremmende helhedsvurderinger af byggeri. Hun fandt omfattende forskningsopgaver i udformningen af udvidede livscyklusmodeller, der rummer flere af de sammenhænge, der har betydning for helheden.

## **Byggeriets energiforbrug og emission af SO<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub>**

*Dan Ove Pedersen,  
Statens Byggeforskningsinstitut/SBI, DK*

I et byggeri anvendes relativt mange materialer og råvarer. Byggeriet påvirker derfor direkte og indirekte aktiviteter i mange dele af økonomien. Derved påvirkes også direkte og indirekte energiforbruget, som er den væsentligste kilde til emission af SO<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub>.

Ud fra en opdeling af et byggeri i omkostningsandele er beregnet det samlede krav til energi. Og med data for de leverende branchers anvendelse af forskellige brændsler, er beregnet emissionen af SO<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub>, som er forårsaget heraf.

Opførelsen af en bygning kræver energi, men det gør opvarmningen af bygningen også. Energiforbruget for begge dele er faldet betydeligt i perioden 1966-1987.

Tallene gælder for Danmark, og er beregnet på grundlag af data fra undersøgelser i Statens Byggeforskningsinstitut og fra det danske nationalregnskab. Arbejdet er et led i energiforskningsprojektet: Energi- og miljøanalyser ved projektering af byggeri, som udføres i Statens Byggeforskningsinstitut.

Emissionen af kuldioxid CO<sub>2</sub> og svovldioxid SO<sub>2</sub> ved opførelsen af bygninger er afhængig af det samlede energiforbrug og fordelingen af de benyttede brændsler.

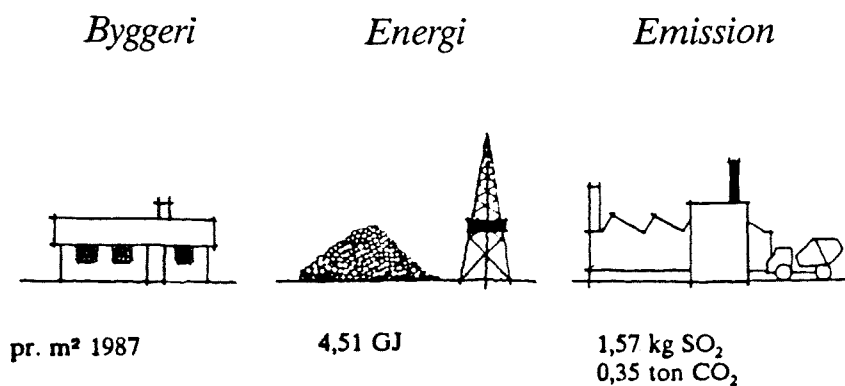
De viste resultater gælder for en bygning, som kostede 1 mio. kr. i 1987 priser. Dette beløb svarende til ca. 150 m<sup>2</sup> statsstøttet boligbyggeri i 1987 ekskl. byggegrund.

Bygningen er opdelt i omkostningsandele efter leverende branche efter nationalregnskabets brancheopdeling (SNT). De enkelte leverancers andel af de samlede byggeomkostninger kan varieres. Forskellige typer af bygninger kan således beregnes for energiforbruget og emissioner af SO<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub> ved opførelsen. For kvælstof, NO<sub>x</sub>, findes ingen enhedsdata på grund af for stor usikkerhed på nuværende tidspunkt.

Fremgangsmåden sikrer, at alt direkte og indirekte energiforbrug her i landet til byggeri kan opgøres. Også emissionen af SO<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub>, som følge af dette energiforbrug, kan beregnes.

#### **Datagrundlag og beregninger**

Som grundlag for beregningerne er anvendt data fra Danmarks Statistiks nationalregnskab, og de statistiske oplysninger som regnskabet er baseret på, jf. bl.a. Input-output tabeller og analyser 1987. Nøjagtigheden er stor på et tilpas aggregeret niveau, fx omfattende alt nybyggeri, fordi de fleste data kan kontrolleres med flere forskellige databaser. Bl.a. er tallene afstemt med det samlede forbrug af forskellige brændsler i hele landet.



Figur 26. En bygnings energiforbrug og udslip af SO<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub> pr. m<sup>2</sup>.

Usikkerheden bliver større med detaljeringsgraden. Eksempelvis kan man med rimelighed finde frem til data for en typisk bygning, men man kan ikke præcist vurdere en bestemt bygning eller et bestemt projekt. I sådanne tilfælde vil det være nødvendigt at vide mere end offentlig statistik viser, bl.a. fra hvilken firma byggematerialerne er leveret, hvorledes dette firma transporterer og producerer eller har fået leveret den pågældende vare, samt hvilke brændsler, firmaet anvender.

Derfor er de viste beregninger baseret på en "typisk bygning" og ikke den enkelte bygning eller det enkelte byggeprojekt. Resultaterne bør anvendes med dette nødvendige forbehold.

Emissionen af SO<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub> pr. GJ energiforbrug i de leverende brancher er beregnet ud fra kendskab til de enkelte branchers forbrug af forskellige brændsler, fx fuelolie, kul, el, naturgas, mv. For hvert brændsel har Danmarks Statistik i samarbejde med Risø beregnet brændværdier og emission af SO<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub> ved forbrænding. Emissionstallene fremgår af Nyt fra Danmarks Statistik nr. 174, 21.6.91. Byggevarernes emission af SO<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub>, som er vist i tabel 13, er således afhængig af såvel energieffektiviteten i de enkelte brancher, som af sammensætningen af brændsler i virksomhederne.

#### Omkostningsandele

En typisk bygnings omkostningsandele i 1987 er vist i tabellen. Som det ses er løn- og restindkomst, dvs. den del der tilfalder entreprenørerne, den største omkostningsandel. Forretningsservice er den næststørste leverance til en bygning. For gruppen "andre danske varer", som indeholder mange forskellige byggevarer er anvendt data for sektor 50.000 bygge- og anlægsvirksomhed.

#### GJ, SO<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub> i 1987

I tabellen er vist det direkte og indirekte energiforbrug målt i GJ pr. mio. 1987-kr. produktionsværdi for et typisk byggeri. Tabellen viser også den heraf afledte emission af SO<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub>.

Bygningers omkostningsandele efter leverende branche (SNA)	Pct. andele	GJ 150 m <sup>2</sup>	SO <sub>2</sub> /kg 150 m <sup>2</sup>	CO <sub>2</sub> /ton 150 m <sup>2</sup>
33100 Træforarbejdning excl. møbler	3,75	51,38	9,46	4,78
35210 Farve- og lakfabrikker	0,28	1,37	0,47	0,11
35400 Asfalt- og tagpapfabrikker m.v.	0,60	11,46	3,86	0,86
36500 Fremstilling af plastvarer	0,32	2,56	1,04	0,22
36200 Glasværker og glasbearbejdning	0,36	6,34	0,22	0,38
36910 Teglværker mv.	0,70	44,24	17,34	3,51
36920 Cementfab.kalk- og mørtelværker	0,95	100,42	64,96	9,79
36993 Betonvarefab.stenhuggerier	6,11	127,09	49,19	10,22
36998 Isoleringsmaterialer mv.	1,41	47,94	21,41	4,04
37101 Jern- og stålværker	0,18	6,39	1,39	0,45
38138 Byggematerialer af metal	2,07	12,01	3,89	0,98
38198 Værktøj og køkkenredskaber mv.	0,80	6,24	1,91	0,51
38298 Køleanlæg, komponenter mv.	0,71	3,91	1,45	0,32
38398 El-motorer, kabler o.lign.	0,93	4,28	1,74	0,35
61000 Engroshandel	2,90	15,95	3,00	1,22
62000 Detailhandel	0,54	3,78	1,26	0,32
71138 Turist-, taxi- og fragtvogn mv.	2,63	45,50	6,03	3,36
71509 Tjenester i forb. med transport	0,80	5,12	1,12	0,40
72000 Post og telekommunikation	0,62	3,78	0,97	0,30
83509 Forretningsservice	18,23	71,10	26,08	6,01
95130 Autoreparation	0,74	2,66	0,89	0,22
Andre danske varer	5,61	39,27	6,57	2,93
Importerede varer direkte til byggeri	6,82	63,43	10,62	1,78
Løn og restindkomst	41,94			
I alt pr. mio. kr. i 1987 (150 m <sup>2</sup> )	100	676,19	234,87	53,06
I alt pr. m <sup>2</sup>	100	4,51	1,57	0,35

Tabel 13. Et boligbyggeris krav til energi og bidrag til emission 1987.

Til sammenligning er vist tal for en typisk bygning fra 1966 opført med energiforbrug som i 1966 og en typisk bygning fra 1987 opført med energiforbrug som i 1987. Reduktionen i energiforbruget for et typisk byggeri fra 1966 og fra 1987 er beregnet til 21,4 pct.

Vægten mellem energiforbruget til opførelse og til opvarmning af bygninger er vist med tal fra 1966 til 1987. Som det ses er forbruget af energi til boligopvarmning fra 1966 til 1987 faldet med 24,6 pct.

Til et boligbyggeri pr. m<sup>2</sup> anvendes ca. 10 gange det årlige energiforbrug til opvarmning af en bolig pr. m<sup>2</sup>.

	Byggeri	Opvarmning
Pr. m <sup>2</sup> 1966	5,74 GJ/m <sup>2</sup>	0,57 GJ/m <sup>2</sup>
Pr. m <sup>2</sup> 1987	4,51 GJ/m <sup>2</sup>	0,43 GJ/m <sup>2</sup>
Besparelse i %	21,4 %	24,6 %

Tabel 14. Energibesparelse ved byggeri og opvarmning af boliger 1966-1987.

### Substitution mellem brændsler

I disse år sker der væsentlige omlægninger af brændselsforbruget i Danmark. Beregninger er udført for virkningerne af en 10 pct. forøgelse af naturgas i hver leverende branche og reduktion af andre brændsler, således at det samlede energiforbrug er uændret. Emissionen af SO<sub>2</sub> pr. m<sup>2</sup> for en typisk bygning i 1987 falder herved til 1,44 kg fra 1,57 kg, eller -8,47 pct. For CO<sub>2</sub> pr. m<sup>2</sup> falder emissionen fra 0,35 ton til 0,34 ton svarende til - 3,38 pct.

### Sammenligning

For den samlede bygge- og anlægsvirksomhed i hele landet var det direkte og indirekte danske energiforbrug i 1987 610 GJ/mio. (1987) kr. Den typiske bygning i 1987, som bruger ca. 676 GJ, er således lidt mere energiforbrugende end gennemsnittet for den samlede bygge- og anlægsvirksomhed, hvilket måtte forventes.

For emissionen af SO<sub>2</sub> er tallet for byggeri og anlæg i alt 209 kg pr. mio. (1987)-kr. som skal sammenlignes med tabellens 235 kg pr. mio. (1987)-kr. For emissionen af CO<sub>2</sub> er tallet for byggeri og anlæg i alt 51 ton pr. mio. (1987)-kr, som skal sammenlignes med tabellens tal på 53 ton pr. mio. kr (1987).

Overensstemmelsen mellem gennemsnitstal for hele den danske bygge- og anlægsaktivitet og de beregnede tal for en typisk bygning i 1987 må - alt taget i betragtning - betegnes som god ved denne fremgangsmåde.

## Summary

*SBI-bulletin 93: Environmental impact of buildings. Nordic conference on the total energy consumption and environmental impact of buildings. Copenhagen, 5 November 1991.*

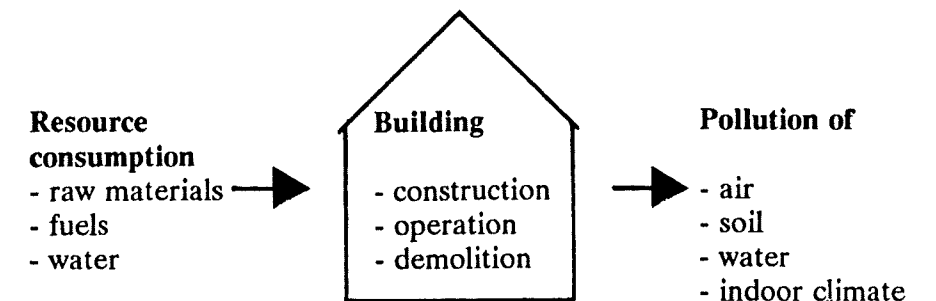
Most forms of energy consumption impact the outdoor environment through emission of, for example, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub>.

At the first Nordic conference on the environmental impact of buildings, held in September 1990, the following topics were discussed: the total energy consumption and environmental impact of buildings, environment policy challenges for building and energy research, environmental impact of energy production for heating buildings, models for buildings' energy consumption and operation, buildings' energy content, and energy consumption and environmental impact of concrete structures, wooden materials, brick, glass, and insulating materials, respectively.

The conference was organized by a working group under the Nordic building research collaboration, NBS-Energi, which has been set up to coordinate research activities, act as a catalyst and coordinator, collect data, and develop simulation models. The 1990 conference mapped and defined some of the problems to be addressed. The contributions to the conference are summarized in SBI-bulletin 85: "Total energy consumption and environmental impact of buildings".

The NBS collaboration group also organized this second conference to find out how things were going and whether progress had been made and to provide even more inspiration for Nordic and international collaboration.

The following contributions were presented at the conference in 1991, which was divided into three sections, each of which ended with a debate introduced by selected opponents.



The first section was introduced by Jørn Dinesen, SBI (Danish Building Research Institute), Denmark: *Nordic collaboration and the SBI project sphere: Environmental impact of the building industry.* He reviewed the results of the Nordic energy and

environment collaboration in "NBS-Energi" and presented a Danish proposal for a "cradle-to-grave" model for the environmental impact of buildings.

Erik Christophersen, SBI (Danish Building Research Institute), Denmark, followed with a contribution on *Green labelling schemes for buildings*. The basis for the contribution was the work going on in the European building research network ENBRI. Following a description of the British "green label" scheme, the possibilities for introducing a similar scheme in the Danish and Nordic building industry was outlined.

Poul Wendel Jessen, Miljøstyrelsen, (Environmental Protection Agency), Denmark: *EC's green labelling of building products*. A review of current work and procedures in the EC in connection with the establishment of schemes for environmental labelling of products, illustrated by examples of existing national schemes.

Niels Skaarer, Stiftelsen Østfoldforskning (Østfold Research Foundation), Norway, introduced the debate on the conference's first three contributions. Among other things, he discussed possibilities for adjusting the models, environmental labelling in the building industry, "green buying strategy", ecological building, and the challenges facing researchers.

**The second section** was introduced by Ivar Wangensteen, Energiforsyningens Forskningsinstitut A/S (Energy Supply Research Institute), Norway: *Energy production and environmental impact of the building industry*. He compared the efficiency, environmental impact and technology of different forms of heating, and the distribution of traditional energy sources, and described some alternatives.

Lena Olofsson, Göteborg Energi AB, Sweden: *District heat supply and local environment*. On the energy and environmental consequences of central and decentralized energy production, the relative efficiencies and energy consumption of traditional district heating stations, power stations and combined heat and power plants.

Lennart Klingberg, SIB (Swedish Building Research Institute), introduced the debate by commenting on the previous two contributions and discussing the advantages and disadvantages of collective heat generation plants in relation to a better utilization of resources.

**The third section** was introduced by Sigurd Østergaard-Andersen, i-68 Rådgivende ingeniørfirma K/S (consulting engineers), Denmark: *Energy consumption for production of building materials and construction of buildings*. Comparison of the energy consumption for building materials and building processes on the basis of selected materials' production technology and consequent environmental impact.

Tore Haugen and Lars Myhre, Technical University of Norway: *Alteration and maintenance of building components*. On selecting building materials on the basis of their durability and lifetime and the consequences for energy consumption and environment.

Jens Bjørn Jakobsen, COWIconsult Rådgivende ingeniører A/S (consulting engineers), Denmark: *Energy and environmental*

*considerations in connection with the demolition/reuse/recycling of building materials*. Energy consumption and environmental impact of traditional and selective demolition and the possibilities for energy savings through reuse/recycling of building materials.

Helene Hjort-Knudsen, i-68 Rådgivende ingeniørfirma K/S (consulting engineers), Denmark, introduced the debate in the third section by highlighting the problems involved in the working methods and consequences of different forms of holistic considerations and life-cycle models.

Dan Ove Pedersen, SBI (Danish Building Research Institute), Denmark: *The building industry's energy consumption and emission of SO<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>*. Illustrating different data bases and analyses by examples.

**To conclude**, Erik Christophersen, SBI (Danish Building Research Institute), summed up the contributions and comments, which had brought the research collaboration aimed at reducing the environmental impact of the building industry a step further. He pointed out that it was important, for the purpose of comparability, to establish a common system for collection of data.

## Deltagerliste

### *Erik Brandt*

Statens Byggeforskningsinstitut (SBI), Postboks 119,  
DK-2970 Hørsholm.

### *Erik Christophersen*

Statens Byggeforskningsinstitut (SBI), Postboks 119,  
DK-2970 Hørsholm.

### *Jørn Dinesen*

Statens Byggeforskningsinstitut (SBI), Postboks 119,  
DK-2970 Hørsholm.

### *Sverre Fossdal*

Norges Byggeforsknings Institut (NBI), Postboks 123, Blindern,  
N-0314 Oslo 3.

### *Marianne Fox*

Dansk Teknologisk Institut (DTI), Postboks 141,  
DK-2630 Taastrup.

### *Tarja Hakkinen*

VTT, Laboratoriet för byggnadsmaterial, Postboks 26,  
SF-02151 Esbo.

### *Klaus Hansen*

Statens Byggeforskningsinstitut (SBI).

### *Tore Haugen*

SINTEF Arkitektur og byggteknikk,  
N-7034 Trondheim.

### *Bo Göran Hellers*

Sveriges Lantbruksuniversitet, Ultuna, Box 7032,  
S-750 07 Uppsala.

### *Jens Bjørn Jakobsen*

COWiconsult, Parallelvej 15,  
DK-2800 Lyngby.

### *Ole Michael Jensen*

Statens Byggeforskningsinstitut (SBI).

### *Alf Jerling*

Chalmers Tekniska Högskola,  
S-412 96 Göteborg.

### *Poul Wendel Jessen*

Miljøstyrelsen, Strandgade 29,  
DK-1401 København K.

### *Lennart Klingberg*

Statens Institut för Byggnadsforskning (SIB), Landalagatan 36,  
S-411 30 Göteborg.

### *Helene Hjort-Knudsen*

i-68 Rådgivende Ingeniørfirma K/S, Ordrupvej 74 A,  
DK-2920 Charlottenlund.

### *Bengt Larsson*

Chalmers Tekniska Högskola,  
S-412 96 Göteborg.

### *Lars Erik Larsson*

Chalmers Tekniska Högskola,  
S-412 96 Göteborg.

### *Terje Maagerø*

Statens Byggteknisk Etat, Møllergate 16,  
N-0179 Oslo 1.

### *Lars Myhre*

SINTEF Institutt for husbyggingsteknikk,  
N-7034 Trondheim.

### *Anne Mette Nielsen*

Dansk Teknologisk Institut (DTI), Postboks 141,  
DK-2630 Taastrup.

### *J.S.R. Nielsen*

Birch & Krogboe, Teknikerbyen 34,  
DK-2830 Virum.

### *Lars Henrik Nielsen*

Forskningscenter RISØ, Postboks 49,  
DK-4000 Roskilde.

### *Lena Olofsson*

Göteborg Energi AB, Box 53,  
S-401 20 Göteborg.

### *Tore Opdal*

Norsk Treteknisk Institutt, Postboks 113, Blindern,  
N-0314 Oslo 3.

### *Bent Pedersen*

Energistyrelsen, Landemærket 11,  
DK-1119 København K.

### *Dan Ove Pedersen*

Statens Byggeforskningsinstitut (SBI).

### *Nils Skaarer*

Stiftelsen Østfoldforskningen,  
N-1892 Degernes.

### *Fred Solvik*

Glava AS, Postboks 5017, Majorstua,  
N-0301 Oslo 1.

### *Anne-Marie Tillmann*

Chalmers Tekniska Högskola, Miljøplanering, VA-teknik,  
S-41296 Göteborg.

### *Steen Traberg Borup*

Statens Byggeforskningsinstitut (SBI).

### *Ivar Wangensteen*

Elektricitetsforsyningens forskningsinstitut A/S (EFI),  
N-7034 Trondheim.

### *Annelise Willendrup*

Statens Byggeforskningsinstitut (SBI).

### *Sigurd Østergaard-Andersen*

i-68 Rådgivende ingeniørfirma K/S, Ordrupvej 74 A,  
DK-2920 Charlottenlund.

### *Jens Østergaard*

Statens Byggeforskningsinstitut (SBI).

## Andre SBI-publikationer inden for emneområdet

**Nedrivning af bygninger og anlægskonstruktioner. Teknik. Miljø. Genanvendelse. Erik K. Lauritzen og Jens Bjørn Jakobsen. SBI-anvisning 171. 1991. 268 sider. A5. Kr. 348,00.**

Denne publikation er udarbejdet i samarbejde med Miljøstyrelsen, DEMEX A/S og COWIconsult A/S. For første gang præsenteres en samlet og udførlig orientering om de vigtigste temaer i typiske nedrivningsprojekter. Den giver med sine informative data et godt grundlag for mere rationelt arbejdsforløb, bedre miljø og øgede genanvendelsesmuligheder. Anvisningen henvender sig primært til bygherrer, rådgivere, planlæggere og administrativt personale i den private og offentlige byggesektor.

**Bygningers totalenergiforbrug og miljøbelastning. Konference i København den 11. september 1990. Redaktion: Jens Østergaard. SBI-meddelelse 85. 1991. 34 sider. A4. Kr. 73,50.**

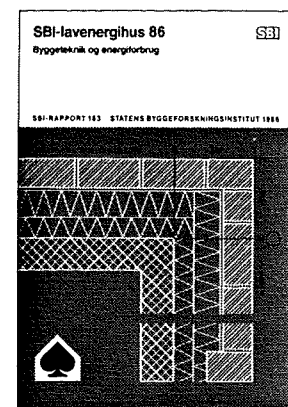
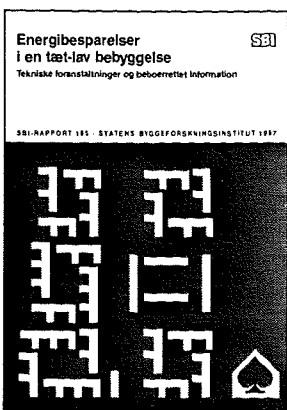
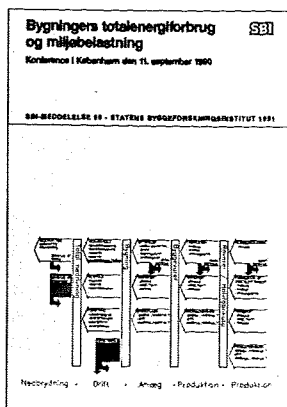
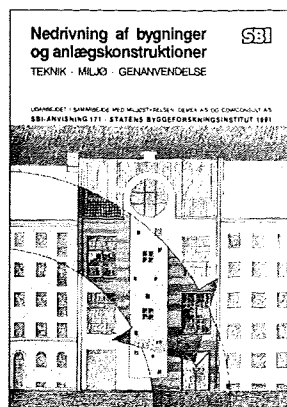
Meddelelsen behandler bygningers og bygningsdeles energiforbrug og deraf følgende udslip af CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub> til omgivelserne. Ud over en gennemgang af generelle miljøpolitiske udfordringer til bygge- og energiforskningen bringes specifikke beskrivelser af energiforbrug og miljøbelastning ved fremstilling, drift og bortskaffelse af betonkonstruktioner, træ-, tegl-, glas- og isoleringsmaterialer i forhold til levetid. Som oplæg til øget nordisk forskning og samarbejde gives et indblik i den aktuelle udvikling af redskaber til brug for vurderinger i forbindelse med projektering af bygninger.

**Energi- og boligforbrug i forskellige husstande. Jørgen Budde. SBI-rapport 195. 1988. 68 sider. A4. Kr. 90,00.**

Rapporten beskriver hvor stor en andel energiudgiften udgør af det samlede forbrug for forskellige husstandstyper. Energiudgiften og det fysiske energiforbrug er desuden sammenholdt med variable som indkomst, forbrug og boligforhold.

**Energibesparelser i en tæt-lav bebyggelse. Tekniske foranstaltninger og beboerrettet information. Steen Brorsen og Keld B. Petersen. SBI-rapport 185. 1987. 40 sider. A4. Kr. 99,75.**

Rapporten beskriver en undersøgelse af energibesparelser opnået dels ved beboerrettet information, dels ved energimæssige forbedringer af installationerne. Der blev ikke konstateret klare forskelle i resultaterne af de to former for indsats.



**SBI-lavenergihus 86. Byggeteknik og energiforbrug. Klaus Blach og Børge Kjær. SBI-rapport 183. 1986. 16 sider. A4. Kr. 69,25.**

Rapporten beskriver et forsøgsbyggeri med højisolerede småhuse med to, tre eller fire boliger af varierende størrelser og i forskellige sammenbygninger. Der bringes en række detailtegninger af ydervæggene og af fremføringen af naturgas til overetager, og der redegøres desuden for to års målinger af energiforbruget i husene.

**Energiforbrug til opvarmning af bygninger. Enhedsforbrug til varmeplanlægning. Jørgen Budde og Dan Ove Pedersen. SBI-rapport 174. 1986. 72 sider. A4. Kr. 99,75.**

Rapporten giver oplysninger om enhedsforbrug til varme og varmt brugsvand i forskellige typer af bygninger baseret på analyse af et omfattende datamateriale. Formålet med undersøgelsen har været at ajourføre denne del af grundlaget for både landsdækkende og lokal varmeplanlægning i Danmark.

**tsbi3 - termisk simulering af bygninger og installationer. tsbi3 er et nyt brugervenligt og fleksibelt edb-program til beregning af indeklima- og energiforhold samt til dimensionering af varme-, køle- og ventilationsforhold. Programmet er videreudviklet på baggrund af SBI's energisimuleringsprogram fra 1985 (tsbi, version 2.1). Leveres til IBM-kompatible pc'er af AT-typen på 3½" eller 5¼" disketter sammen med vejrdata for det danske referenceår TRY og andre nødvendige hjælpeprogrammer for kr. 30.500,00.**

Programmet er et værktøj for projekterende arkitekter og ingeniører, forskningsinstitutioner og andre, der har behov for at simulere og beregne termisk arbejdsmiljø, energiforbrug, reguleringsfunktioner, energibesparende udformning af bygninger og udnyttelse af passiv solvarme.

Der satses – ikke mindst i de nordiske lande – på at reducere energiforbruget i byggeriet og den deraf følgende miljøbelastning. Dette forudsætter sammenhængende vurderinger af forbrugsfordelinger og miljøpåvirkninger. Denne 2. nordiske konference supplerer SBI-meddelelse 85, »Bygningers totalenergiforbrug og miljøbelastning«, og giver et aktuelt billede af arbejdet med udvikling af beregningsredskaber til livscyklusmodeller for bygninger, etablering af en nordisk miljødatabase for byggeri og miljømærkning af byggeprodukter samt energi- og miljøforhold ved produktion, opførelse, opvarmning, drift, vedligehold, ombygning, nedrivning og genanvendelse af bygninger. Publikationen henvender sig til producenter af byggematerialer og komponenter samt projekterende arkitekter og ingeniører.