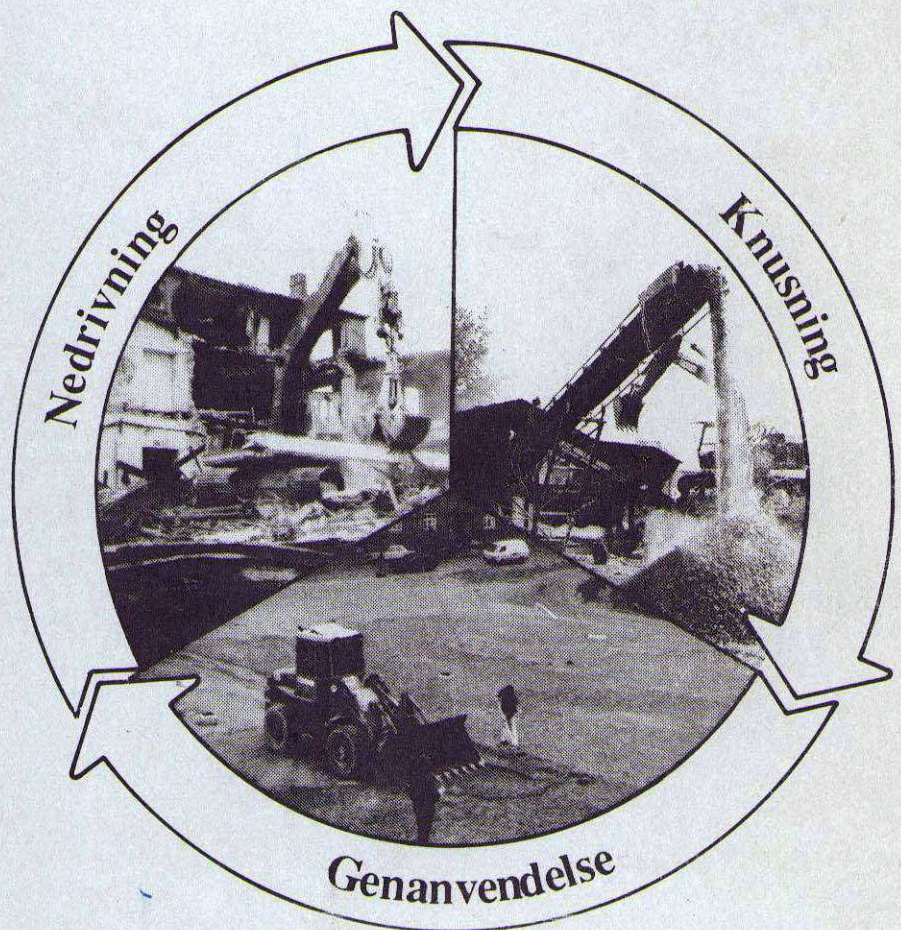


# Nedrivning af bygningskonstruktioner og genanvendelse af nedrivningsprodukter

---

## Hovedrapport



Oktober 1988

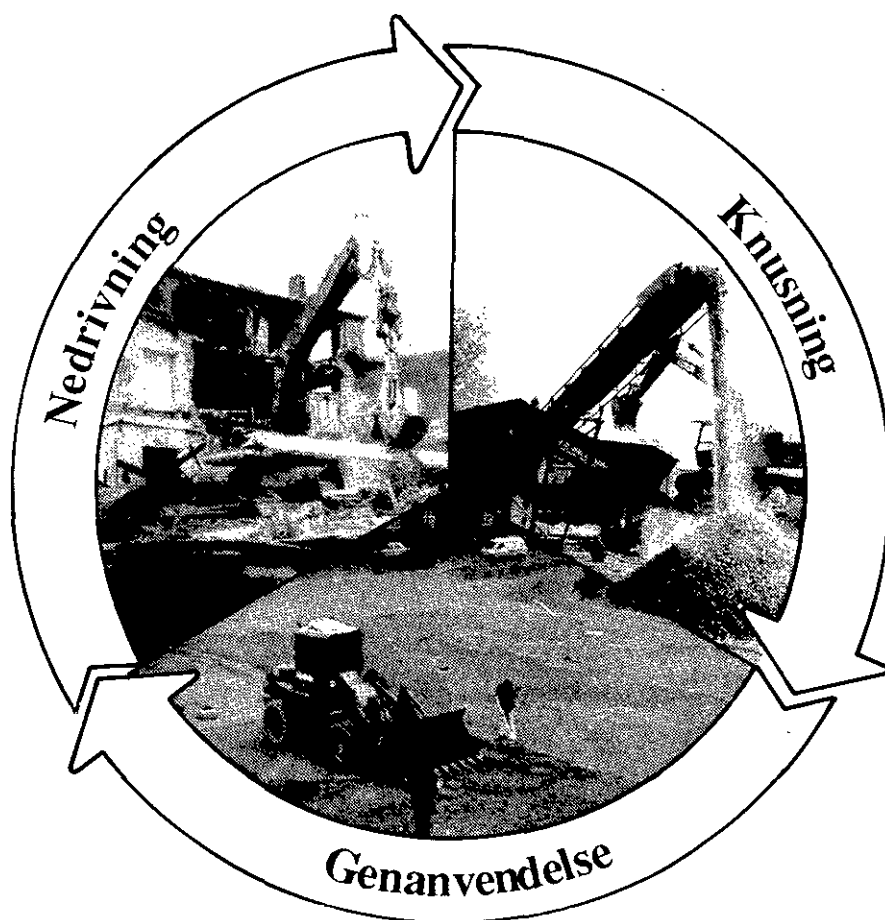
---



# Nedrivning af bygningskonstruktioner og genanvendelse af nedrivningsprodukter

---

## Hovedrapport



Oktober 1988

MILJØSTYRELSEN  
BIBLIOTEKET  
STRANDGADE 29  
1401 KØBENHAVN K

## INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1. INDLEDNING	1
1.1 Baggrund	1
1.2 Projektbeskrivelse	2
1.3 Projektets gennemførelse	4
2. RESULTATER OG KONKLUSIONER	7
2.1 Projektets mål og resultater	7
2.2 Projektets konklusioner og anbefalinger	9
3. DEMONSTRATIONSPROJEKTER	13
3.1 Indledning	13
3.2 Beskrivelse af demo-projekter	14
3.3 Gennemførelse af nedrivningsarbejder	18
3.4 Oparbejdning af rent bygningsaffald	22
3.5 Økonomi	25
3.6 Genanvendelse af nedrivningsprodukter	27
3.7 Konklusioner og anbefalinger	27
4. FORSØG MED OPARBEJDEDE MATERIALER	31
4.1 Indledning	31
4.2 Laborieforsøg	31
4.3 Opbygning af forsøgsbelægninger	34
4.4 Analyseresultater fra fuldska-	
forsøg	36
4.5 Det videre forsøgsarbejde	37
5. HÅNDBOG	39
5.1 Formål og baggrund	39
5.2 Introduktion og kommentarer	39
5.3 Anbefalinger	43
6. STYRINGSMULIGHEDER	45
6.1 Parterne i nedrivningsprocessen	45
6.2 Eksisterende barrierer for gen-	
anvendelse af byggeaffald	49
6.3 Styringsmuligheder	50
6.4 Sammenfattende vurdering af	
styringsmuligheder	56

7.	AFSÆTNING AF OPARBEJDEDE MATERIALER	59
7.1	Indledning	59
7.2	Afsætningsmuligheder for oparbejdede betonbrokker	60
7.3	Afsætningsmuligheder for oparbejdede teglbrokker	61
7.4	Anvendelse af naturfin fraktion	63
7.5	Anvendelse af sammensatte materialer	63
7.6	Materialekvalitet og anlægstype	64
7.7	Økonomi	64
7.8	Videre undersøgelser	66
8.	SYSTEMEKSPORT - ANALYSE AF MULIGHEDER	69
8.1	Indledning	69
8.2	Nedrivningssystemets bestanddele	69
8.3	Anvendelsesområder for nedriv- ningssystemet	70
8.4	Vurdering af eksportmuligheder	71

## 1. INDLEDNING

### 1.1 Baggrund

COWIconsult Rådgivende Ingeniører A/S og DEMEX Rådgivende Ingeniører A/S har i tiden fra oktober 1986 til september 1988 gennemført projekt vedr. nedrivning af bygningskonstruktioner og genanvendelse af nedrivningsprodukter med støtte fra Rådet vedrørende Genanvendelse og Mindre Forurenende Teknologi (Genanvendelsesrådet) og Teknologirådet.

Grundlaget for projektet ligger i et tidligere samarbejde mellem COWIconsult og DEMEX vedr. nedrivning af bygninger og genanvendelse af byggeaffald, og en gensidig konstatering af behovet for indhentning af information på dette område.

Samfundets voksende behov for tidssvarende bygninger og anlæg medfører bl.a. et øget behov for nedrivnings- og ombygningsarbejder.

En undersøgelse, som er udført for EF-kommissionen (E.R.L., 1980) forudser en stigning af betonaffaldsmængder fra 55 mio. tons i året 1980 til 302 mio. tons i år 2020 gældende for EF som helhed og f.eks. i Danmark en stigning fra 1 mio. tons/år til 5,4 mio. tons.

Hidtil har nedrivningsprojekter primært tilgodeset kortsigtede økonomiske interesser. Lovmæssige betingelser vedrørende arbejdsmiljø, nabohensyn samt affaldsbortskaffelse m.v. nødvendiggør, at nedrivningsprojekter fremover må planlægges og udføres under iagttagelse af mere vidtrækkende hensyn.

Tidens knaphed på affaldsdeponier og krav om en bedre udnyttelse af ressourcerne i affaldet betyder endvidere, at nedrivningsprodukterne skal søges genanvendt i så stor udstrækning som muligt.

I de seneste år har der på internationalt plan vist sig en begyndende erkendelse af ovenstående forhold, hvilket har givet anledning til forskning og udvikling inden for nedrivning af bygningskonstruktioner og genanvendelse af bygningsaffald. Resultaterne af disse tiltag, og her specielt tiltagene i Holland, Tyskland og USA, bør snarest søges udnyttet med henblik på at bringe Danmark på højde med den internationale udvikling og om muligt et skridt foran.

## 1.2 Projektbeskrivelse

Under henvisning til projektansøgning fremsendt til Genanvendelsesrådet og Teknologirådet september 1986 skal projektet kort beskrives som følger.

### 1.2.1 Projektets formål

Det er projektets formål at forbedre metoderne/-fremgangsmåden ved nedrivning af bygningsværker og betonkonstruktioner med henblik på

- at reducere arbejds- og nabomiljømæssige ulemper samt ulemper for miljøet i øvrigt.
- at forøge anvendelsen af ressourcerne i nedrivningsprodukterne.
- at bortskaffe ikke genanvendte produkter på den for samfundet mest hensigtsmæssige måde.

I forbindelse hermed er det endvidere formålet

- at opstille krav til metode for oparbejdning af brokker og beton med henblik på en forbedret specifikation af de oparbejdede produkter.
- at afprøve udvalgte anvendelser, herunder anvendelse af oparbejdede brokker til vejbygningsformål.

- at analysere afsætningsmulighederne for disse produkter samt styringsmulighederne for håndtering, oparbejdning og afsætning af brokke- og betonaffaldet fra nedrivninger.

samt på længere sigt at skabe grundlag for eksport af know-how (genopbygning efter f.eks. jordskælv, krigshandling m.v.).

#### 1.2.2 Projektets målgruppe

Projektet henvender sig til alle parter i byggeriet

- Bygherrer (private og offentlige)
- Rådgivende Ingeniører og Arkitekter
- Entreprenører
- Bygningshåndværkere
- Offentlige bygge- og miljømyndigheder

Alle der beskæftiger sig med nedrivnings- og renoveringsopgaver samt med nye bygge- og anlægsprojekter (især med vejbyggeri o.lign. samt konstruktioner hvori beton indgår) vil have interesse i projektets resultater.

Parallelt hermed vil

- grusgravejere
- producenter
- fabrikanter af præfab- byggematerialer
- affalds- og genanvendelsesteknikere

have gavn af projektet.

#### 1.2.3 Projektets indhold

Det er hensigten at gennemføre projektet som et kombineret forsøgs- og udredningsarbejde omfattende følgende aktiviteter:

Der foreslås gennemført et kombineret forsøgs- og udredningsarbejde som skal omfatte følgende:

- I Udførelse af to demonstrationsprojekter om genanvendelse af brokker og beton.

Projekt 1: Genanvendelse af oparbejdede brokke- og betonprodukter i tæt tilknytning til et konkret nedrivningsarbejde (lokal genanvendelse).

Projekt 2: Anvendelse af oparbejdede brokke- og betonprodukter i vejbygning, betontilslag o.lign. (regional genanvendelse).

II Udarbejdelse af en håndbog i planlægning, projektering og udførelse af nedrivningsarbejder.

III Analyse af styringsmuligheder.

IV Analyse af afsætningsmulighederne for oparbejdede brokker og beton fra nedrivningsarbejder.

V Analyse af systemeksportmuligheder.

### **1.3 Projektets gennemførelse**

#### 1.3.1 Demonstrationsprojekter

Projektet startede i oktober 1986 med en undersøgelse af mulighederne for at finde egnede demonstrationsprojekter i København og Jylland, hvilket var forbundet med betydelige komplikationer. Vanskeligheden bestod i at finde egnede nedrivningsprojekter, som kunne tilpasses de af DEMEX og COWIconsult ønskede vilkår for en indgående undersøgelse. På daværende tidspunkt viste det sig, at der kun var ganske få projekter, som havde en passende størrelse, og som kunne forventes udført inden for det ønskede tidsrum, d.v.s. i løbet af 1987. I foråret udpegedes nedrivning af Københavns Salatfabrik, Strandboulevarden 130, som eneste realistiske projekt. Det lykkedes at opnå samtlige parter accept med hensyn til udnyttelse af dette nedrivningsprojekt som demonstrationsprojekt, og projektet blev gennemført fra ultimo maj til medio juli;



Senere på efteråret og vinteren blev de nedknuste materialer udlagt på pladsen ved Gasværksteatret som forsøgsbelægninger. Samtidig blev der skabt grundlag for gennemførelse af demonstrationsprojekt i Århus. Dette projekt var nedrivning af Århus Dampvaskeri, som indledning på fornyelse af Frederiksbjerg kvarteret. Nedrivningsprojektet gennemførtes i perioden fra ult. april til primo juni 1988.

#### 1.3.2 Udarbejdelse af håndbog

Sideløbende med det øvrige projektarbejde påbegyndtes skrivning af håndbog. Dette arbejde intensiveredes i sommeren 1988 og afsluttedes ult. august 1988.

#### 1.3.3 Analyser

Grundet et større tidsforbrug end forventet til gennemførelse af demonstrationsprojekter var det nødvendigt at nedprioritere de nævnte analyser vedr. afsætning og systemeksport efter følgegruppens godkendelse. Analysearbejdet er afsluttet i forbindelse med udarbejdelse af sammenfattende rapport for projektet.

#### 1.3.4 Organisation

Projektet er gennemført med en relativ ligelig fordelt belastning på de to udførende parter.

DEMEX har haft ansvaret for planlægning og gennemførelse af de to demonstrationsprojekter. Af praktiske årsager har COWIconult, Århus, varetaget det løbende tilsyn og det praktiske arbejde vedr. gennemførelse af demonstrationsprojektet i Århus.

DEMEX har endvidere haft ansvaret for udarbejdelse af håndbog.

COWIconult har påtaget sig ansvar for projektstyring og gennemførelse af materialeforsøg og etablering af P-plads.

Endelig har COWIconsult haft ansvaret for analyser af styringsmuligheder, afsætning samt systemeksport.

Projektet er styret af en projektgruppe som følger:

- J. Bjørn Jakobsen, COWIconsult, projektadministrator og faglig ansvarlig for den affalds- og genanvendelsesmæssige del af projektet.
- E.K.Lauritzen, DEMEX, faglig ansvarlig for den nedrivningsmæssige del af projektet.
- Morten Elle, COWIconsult, sekretær og koordinator.
- Børge Rasmussen, DEMEX, tilsynsførende med nedrivningsentreprise og knuseprojekt, demonstrationsprojekt I, samt øvrig koordinering.

Der har ialt været afholdt 19 projektgruppemøder.

I projektet har endvidere medvirket følgende:

- Poul Thorn, COWIconsult, Århus, tilsynsførende med nedrivningsprojekt og knuseprojekt, demonstrationsprojekt II i Århus.
- Christian Busch, COWIconsult, belægningsafdelingen, projektleder ved etablering af forsøgsbelægninger ved Østre Gasværk Teater.

Til projektet har været knyttet en følgegruppe med følgende deltagelse:

- × - Lars Søborg, Miljøstyrelsen
- Jens Windeleff, Teknologistyrelsen
- Torben C. Hansen, Laboratoriet for bygningsmaterialer, DTH
- Jacob Hemmingsen, Byggestyrelsen
- Erik Petersen, Villy C.Petersen A/S

Der har været afholdt ialt 6 følgegruppemøder.

## 2. RESULTATER OG KONKLUSIONER

### 2.1 Projektets mål og resultater

#### 2.1.1 Demonstrationsprojekt 1.

Projektgruppen havde ingen væsentlig indflydelse på de betingelser, som nedrivningsentreprisen var underkastet, og tidsfristen til selve nedrivningen var meget kort. Demonstrationsprojektet blev derfor gennemført som et ganske normalt nedrivningsprojekt, hvilket naturligvis giver mangler med hensyn til resultat af undersøgelser. Til gengæld har projektgruppen opnået et meget realistisk indtryk af de reelle betingelser, som gælder for nedrivningsarbejder i tiden Danmark. Bortset fra at der i projektet ikke var mulighed for en detaljeret materialesortering og mængdeberegning, betragtes denne del af projektet som gennemført med tilfredsstillende resultat. Det efterfølgende knuseprojekt blev alene gennemført som demonstrationsprojekt uden tilknytning til byggeriet på den nedrevne grund. Denne del af demonstrationsprojektet blev af mange årsager betydeligt dyrere end forudset, men den gav samtidig et særdeles godt indblik i de praktiske forhold vedr. nedknusning af byggematerialer.

Demonstrationsprojektet afsluttedes med etablering af prøvestrækninger på parkeringsplads ved Gasværksteatret. I tilknytning hertil er der foretaget belastningsprøver, og en overvågning af de udlagte prøvestrækningers tilstand er planlagt fortsat som led i et nyt projekt.

Projektgruppen vurderer dermed at denne del af projektet er forløbet i overensstemmelse med formålet, og at de indhentede resultater er tilfredsstillende.

### 2.1.2 Demonstrationsprojekt 2.

Dette demonstrationsprojekt adskiller sig væsentligt fra nr. 1, idet projektgruppen her fik lejlighed til at indgå aktivt i nedrivningsprojektet og opnåede hermed en betydelig indflydelse på gennemførelse af nedrivningsentreprisen. Det tilknyttede knuseprojekt blev ligeledes gennemført i overensstemmelse med projektets hensigter. Projektgruppen kan derfor konstatere, at demonstrationsprojekt 2 blev gennemført under meget tilfredsstillende omstændigheder og med et tilfredsstillende resultat.

### 2.1.3 Håndbog

Håndbogen er udarbejdet i overensstemmelse med de oprindelige intentioner. Den forbrugte tid til denne del af projektet har overskredet den budgetterede tid i et betydeligt omfang.

### 2.1.4 Analyser

Som nævnt under punkt 1.3.3 er analyse arbejdet vedrørende styringsmuligheder, afsætningsmuligheder og systemeksport blevet noget nedprioriteret efter aftale med følgegruppen. Arbejdet har derfor ikke helt haft den udadvendte karakter, som det var den oprindelige intention, det skulle have. Projektgruppen vurderer dog, at der i nærværende rapport er afrapporteret en række værdifulde erfaringer og ideer.

### 2.1.5 Sammenfatning vedr. gennemførelse

Samfattende vil projektgruppen konkludere, at projektet overordnet set er blevet gennemført i overensstemmelse med de oprindelige intentioner. Der er dog sket forskydninger mellem vægtningen mellem de enkelte aktiviteter i projektperiodens løb, hvilket primært skyldes, at tidsforbruget til gennemførelse af demonstrationsprojekterne var langt større end forventet.

## 2.2 Projektets konklusioner og anbefalinger

I relation til projektets hovedfaser kan nedenstående konkluderes og anbefales.

### 2.2.1 Demonstrationsprojekter

Et nedrivningsprojekt med tilhørende nedknusning af brokker og genanvendelse af de oparbejdede materialer, involverer mange forskellige parter. Herunder involveres en række offentlige myndigheder, der ikke sædvanligvis samarbejder, primært byggemyndigheder og miljømyndigheder.

Projektgruppen anbefaler, at disse offentlige myndigheder indleder et snævert samarbejde med henblik på en harmonisering af godkendelsesproceduren og andre regler der måtte være i forbindelse med nedrivningsprojekter. Målet skulle her være at opnå en så smidig sagsbehandling som mulig.

Med hensyn til selve nedrivningen kan projektgruppen anbefale, at kommende bygherrer giver nedrivningsentreprenøren god til til planlægning og gennemførelse af nedrivningsarbejderne. Samtidig bør nedrivningsprojektet være baseret på detaljerede forundersøgelser af materiale-mængder, samt muligheder for affaldsbortskaffelse henholdsvis anvendelse af de nedrevne produkter.

Det er endvidere projektgruppens opfattelse at der er behov for bedre maskinelt udstyr og personaleuddannelse så en forbedret kildesortering/selektive nedrivning kan opnås. Endelig vurderer projektgruppen for hensigtsmæssigt at analysere behovet for mere tilpasset mobilt knuseudstyr til udførelse af knuseopgaver på nedrivningspladserne.

### 2.2.2 Håndbog

Der er et stort nationalt og internationalt behov for vejledning i gennemførelse af nedrivningsprojekter. Projektgruppen anbefaler derfor at det overvejes at udgive håndbogen. Samtidig anbefales det at overveje særlig efteruddannelse på området.



### 2.2.3 Forsøg med oparbejdede materialer

Nedknuste tegl- og betonmaterialer fra nedrivningen af Salatfabrikken viste sig at være fuldt ud anvendelige til opbygning af belægninger på parkeringspladsen for Østre Gasværk teater.

Laboratorieforsøg viste, at kornkurven for det nedknuste tegl var sammenlignelig med MSGI. Kornkurven for nedknust beton viste et for højt indhold af groft materiale. Teglens slidstyrke viste sig at være i underkanten af det ønskelige hvorimod slidstyrken af nedknust beton er nu god.

Forsøgene med belægningerne viste at både nedknust tegl og beton kan komprimeres til ønskede niveauer (95% standard proctor) når det skal anvendes som bundsikring. Som bærelag kunne teglen dog ikke komprimeres til det ønskede niveau (100% standard proctor). Samtidig var en større komprimeringsindsats nødvendig.

Projektgruppen kan anbefale, at der arbejdes videre med klarlæggelse af de nedknuste materialers langtidsholdbarhed set i relation til trafikbelastning og klimapåvirkninger.

### 2.2.4 Styringsmuligheder

En nedrivning involverer en lang række forskellige parter. Mulighederne for at styre nedrivningen afhænger af mulighederne for at påvirke og styre de enkelte parter.

Projektgruppen finder, at den ønskede styring bedst kan opnås ved, at der skabes tilstrækkeligt interessante afsætningsmuligheder for nedknuste tegl- og betonmaterialer. Samtidig vil en præcisering af bygherrens ansvar for bortskaffelsen af affaldsmaterialerne kunne medvirke til en øget interesse for en forsvarlig og hensigtsmæssig bortskaffelsesmåde.

Projektgruppen finder endvidere, at en mere differentieret takststruktur for modtagelse af rene byggeaffaldsmaterialer vil kunne anspore bygherre/-nedrivningsentreprenører til en mere selektiv nedrivning. Samtidig vil nye affaldsregulativer og bestemmelser i nedrivningstilladelser kunne støtte ovennævnte styringsmidler.

Projektgruppen kan derfor anbefale, at der arbejdes intenst videre på en bred front for at realisere de nævnte styringsmidler.

Projektgruppen vil desuden anbefale, at den informations- og videnformidlingsproces vedrørende nedrivning og genanvendelse af byggeaffald, der er iværksat af Industri- og Handelsstyrelsen og Miljøstyrelsen med nærværende projekt, samt informationskampagnen Miljøstyrelsen har iværksat, styrkes. Dette kan blandt andet ske ved, at håndbogen suppleres med de fornødne tillæg m.m. og udgives.

#### 2.2.5 Afsætning af oparbejdede materialer

Der er en lang række muligheder for anvendelse af nedknuste tegl- og betonbrokker. En øget anvendelse står imidlertid på den hindring, at man kender for lidt til de oparbejdede materialers egenskaber.

Projektgruppen kan derfor anbefale, at man intensiverer undersøgelserne af nedknuste brokker med henblik på opstilling af nødvendige specifikationer af disse materialers egenskaber. Samtidig forøges indsatsen på videnindhentning og videndistribution om området.

Projektgruppen vil endvidere opfordre til at offentlige bygherrer igangsætter vej, plads- og stiprojekter hvor nedknuste brokkematerialer skal anvendes.

### 2.2.6 Systemeksport

Projektgruppen ser gode muligheder for eksport af den viden der i Danmark findes især vedr. nedrivningsmetoder, styringsmidler samt erfaringer med genanvendelse. I tilknytning hertil ser projektgruppen også mulighed for eksport af viden omkring særlige demoleringstekniker samt knuse- og sorteringsmaskiner.

Projektgruppen kan anbefale at man koncentrerer ovennævnte eksportindsats indenfor lande hvor

- genopbygning efter jordskælv eller krigshandlinger skal foretages
- de naturgivne ressourcer (grus og sten) er en mangelvare
- det er vanskeligt eller dyrt at bortskaffe affald.

### **3. DEMONSTRATIONSPROJEKTER**

#### **3.1 Indledning**

##### 3.1.1 Baggrund

Projektet omfattede to demonstrationsprojekter, Demo-1 og Demo-2, hvor projektgruppen på grundlag af konkrete nedrivningsprojekter foretog detaljerede undersøgelser af arbejdsmetoder og processer vedr. såvel nedrivningsarbejdet som bortskaffelse af nedrivningsaffaldet.

##### 3.1.2 Formål

Demo-1 sigtede på lokal genanvendelse af tegl- og betonmaterialer. Heri lå ønsket om en lokal genanvendelse af materialerne umiddelbart efter nedrivning med en størst mulig begrænsning af omkostninger til transport og midlertidig oplægning. Demo-2 sigtede på ekstern genanvendelse af tegl- og betonmaterialer. Heri lå ønsket om en regional genanvendelse af materialerne i et vilkårligt bygge- og anlægsprojekt efter evt. oplægning i midlertidig depot.

##### 3.1.3 Særlige undersøgelser

I forbindelse med Demo-1 etableredes prøvestrækninger med nedknuste materialer. Denne del af projektet og de efterfølgende undersøgelser og analyser fremgår særskilt i kap. 3.

##### 3.1.4 Gennemførelse af demo-projekter

Projektet er i sin helhed gennemført i perioden oktober 1986 til september 1988. De to Demoprojekter er gennemført i tiden januar 1987 til juni 1988, jf. omstående figur.

De nærmere detaljer vedr. gennemførelse af demoprojekterne fremgår af bilag 2 og 3.





med henblik på udpegning af egnede projekter til demonstrationsformål. Det var nødvendigt, at projekterne omfattede et passende affaldsvolumen, og at projekterne kunne realiseres inden for den givne tidsramme for afvikling af projektet, d.v.s. fra primo 1987 til medio 1988.

Der blev endvidere opstillet følgende forudsætninger for udpegning af demo-projekterne:

- a. Demo-projektet skulle i princippet baseres på traditionelle nedrivningsmetoder med størst mulig sigte på genanvendelse af byggematerialer.
- b. Demo-projektets generelle sigte var i størst muligt omfang at forbedre nedrivningsøkonomien. Der blev i de enkelte projekter forudset omkostninger til merydelser af betydning for undersøgelserne.
- c. Demo-projektet skulle gennemføres indenfor en rimelig tidsfrist, og det måtte ikke medføre forsinkelse i den aftalte tidsfrist for entreprisen.
- d. Demo-projektet måtte ikke påvirke ansvarsforholdet mellem nedrivningsentreprenør og bygherre.
- e. Demo-projektet skulle udføres i fuld forståelse og i åbent samarbejde mellem bygherre, rådgiver, entreprenør og projektgruppe.
- f. Demo-projektet skulle planlægges og gennemføres i overensstemmelse med det specifikke formål med projektet, som anført under formål pkt. 2.1.2. enten med henblik på lokal genanvendelse eller regionalt genanvendelse.
- g. Demo-projekterne skulle være geografisk adskilt. Det ene skulle søges i hovedstadsområdet, medens det andet skulle søges i provinsen, eksempelvis i en af de større byer.

### 3.2.2 Udpegning af demo-projekter

Indledningsvis koncentrerede projektgruppen sig om aktuelle nedrivningsprojekter i Hovedstadsområdet, hvoraf følgende projekter blev overvejet:

- Nedrivning af Københavns Salatfabrik, østerbro
- Nedrivning af maskinfabrikken TITAN
- Diverse nedrivningsarbejder på Carlsberg
- Nedrivning af bebyggelse m.v. ved Toftegårds plads
- Nedrivning af gl. KTAS administrationsbygning, Sydhavnen
- Nedrivning af NKT-valseværk og Vølund maskinfabrik, Østamager
- Nedrivningsarbejder i forbindelse med sanering af Brøndby Strand Bebyggelsen med flere.

Efter en nøje granskning af projekterne og de individuelle muligheder for tilpasning til de nævnte forudsætninger udskilte nedrivningsprojektet vedr. Københavns Salatfabrik sig relativt hurtigt som det eneste realisable demoprojekt, der kunne tilgodese forudsætningerne og formål for Demo-1 projektet.

Efter en planmæssig gennemførelse af dette projekt koncentrerede projektgruppen herefter sig om udpeging af Demo-2 projektet i provinsen. Det viste sig på dette tidspunkt at, Århus kommune planlagde sanering af Frederiksbjerg Vest kvarteret, og at en del af dette område, omfattende nedrivning af Århus Dampvaskeri, opfyldte målsætning og forudsætninger.

### 3.2.3 Beskrivelse af de udpegede demo-projekter

Begge projekter omfatter nedrivning af mindre industrivirksomheder, som er grundlagt i sidste halvdel af 1800-tallet og siden udbygget i takt med udviklingen.

Københavns Salatfabrik skulle nedrives fuldstændigt, medens en del af Århus Dampvaskeri skulle bevares til andre formål. Mængder for de aktuelle nedrivninger fremgår af omstående figur.

	Københavns Salatfabrik	Århus Dampvaskeri
Bebygget areal	3.400 m <sup>2</sup>	1.880 m <sup>2</sup>
Etageareal	7.800 m <sup>2</sup>	1.880 m <sup>2</sup>
Estimeret: Bygnings- affald	11.000 t	2.100 t
Mængde pr. etagemeter	1,41 t/m <sup>2</sup>	1,12 t/m <sup>2</sup>

Figur 3.2 - Data vedrørende nedrivningsprojekter.

#### 3.2.4 Udbud og licitation

Projektgruppen opnåede hos begge bygherrer en stor interesse med hensyn til at gennemføre de planlagte nedrivningsprojekter som demo-projekter. Bygherren for nedrivning af Kbh. Salatfabrik indvilligede i at udbyde projektet med anmodning om tilbud på følgende alternative løsninger:

1. Nedrivning efter alm. kendte nedrivningsprincipper.
2. Alternativ nedrivning med afgivelse af ejendomsretten til nedrivningsmaterialerne
3. Alternativ nedrivning uden afgivelse af ejendomsret til nedrivningsmaterialer

De to sidstnævnte alternativer indebar selektiv nedrivning efter projektgruppens nærmere anvisninger med et direkte sigte på størst mulig genanvendelse af affaldsmaterialerne.

Ved licitation fremkom 11 tilbud med gennemsnitspris for traditionel nedrivning på 1,1 mio. kr. med laveste pris på 477.000 kr.

Tilbud på de to alternative løsninger lå gennemgående højere, hvorfor bygherren valgte den traditionelle nedrivning.

Da Århus kommune som bygherre så væsentlige fordele i projektet, var man indforstået med at udbyde nedrivningsprojektet som demo-projekt under de af projektgruppen foreslåede præmisser. Forinden udbud af projektet var der afholdt et orienterende møde med eventuelle tilbudsgivere, som udtrykte interesse for projektet. Fra de 5 inviterede tilbudsgivere blev der afgivet tilbud på gennemsnitlig kr. 337.000 med laveste tilbud på kr. 262.000. For begge projekter blev den aftalte tidsfrist for gennemførelse af nedrivningsprojektet sat til 4 uger. De bydende entreprenører var i begge tilfælde enige om, at denne tidsfrist var meget kort. Det viste sig senere, at tidsfristen for begge projekter blev forlænget med ca. 50%.

### **3.3 Gennemførelse af nedrivningsarbejder**

#### **3.3.1 Betingelser**

Nedrivning af Kbh. Salatfabrik gennemførtes som traditionel nedrivning. Projektgruppen opnåede en aftale med nedrivningsentreprenøren om levering af rene tegl- og betonbrokker oplagt på nabogrunden ved Gasværksteatret. Projektgruppen opnåede endvidere entreprenørens tilladelse til at følge nedrivningsprojektet og foretage registrering af affaldsmængder m.v. Det er imidlertid vigtigt at notere, at projektgruppen ingen direkte indflydelse havde på nedrivningsprojektet.

Nedrivning af Århus Dampvaskeri gennemførtes i overensstemmelse med projektgruppens ønsker med hensyn til opnåelse af det størst mulige udbytte af undersøgelserne. Der var således en afgørende forskel i grundlaget for de to projekter. I København foretoges nedrivning efter traditionelle principper uden specielle hensyn til genanvendelse af de nedrevne byggematerialer, medens nedrivningen i Århus skete som selektiv nedrivning efter projektgruppens anvisning. Fælles for de to projekter var, at tidsfristen var meget stram.

### 3.3.2 Indsatte ressourcer

Til gennemførelse af de to entrepriser har der været indsat ressourcer, som fremgår af nedenstående fig.

Ressourcer:	Københavns Salatfabrik	Århus Dampvaskeri
Effektive dage	30	32
Gravemaskiner	690 t	250 t
Hjullæssemaskine	54 t	95 t
Dozer	54 t	-
Arbejdsmænd	250 t	588 t
Formand	-	66 t

Figur 3.3 - Ressourceindsats ved de gennemførte nedrivninger.

I Århus-projektet er der endvidere registreret lastbil med 341 t, og dozer i 8 t til udjævningsarbejder ved mellemdæmoni.

Timeforbrug vedr. lastbiler er ikke registreret i Kbh., fordi denne ydelse blev udført af vognmandsforretninger til afregning pr. læs.

Den daglige styrke på nedrivningspladsen har i Kbh. varieret fra 1 til 4 maskiner med en ekstra mand til oprydning m.v. I Århus har styrken bestået af en formand på halvtid samt en 2 til 4 arbejdsmænd suppleret med højst 2 gravemaskiner.

Ved betragtning af den til rådighed værende tid og de estimerede affaldsmængder konstateres, at den københavnske entreprenør har været mest presset. Deraf følger, at de indsatte ressourcer i det københavnske projekt har haft tyngde på maskinsiden, medens der i Århus overvejende har været indsat arbejdsmandskab.



Det konstateres således, at selektiv nedrivning, som er gennemført i Århus i langt højere grad er mandskabskrævende end traditionel nedrivning.

### 3.3.3 Bortskaffelse af nedrivningsprodukter

I begge projekter søgtes udtaget de største mulige mængder af rene beton- og teglmaterialer til oplægning i mellemedeponi med henblik på nedknusning. Desuden søgte man i størst mulig udstrækning at udtage materialer til direkte genbrug, herunder stålprofiler, døre og vinduer m.v.

En del blandet bygningsaffald med indhold af bl.a. træ blev kørt på kontrolleret losseplads. De samlede affaldsmængder fra de to nedrivninger er opgjort som fremgår af nedenstående fig.:

Nedrivnings- produkt	Københavns Salatfabrik		Århus Dampvaskeri	
	t	%	t	%
Rene brokker til mellemedeponi	3.100 t	36%	2.700 t	73%
Rene brokker til fyldplads	2.000 t	23%	410 t	11%
Blandet affald til kontr. losseplads	3.000 t	35%	500 t	13%
Skrot og brugsjern	470 t	5%	80 t	2%
Træ	70 t	1%	30 t	1%
Realiserede mængder	8.640 t	100%	3.720 t	100%
	1,1 t/m <sup>2</sup>		1,9 t/m <sup>2</sup>	

Figur 3.4 - Realiserede materialemængder fra de to nedrivningsprojekter.

Bemærkninger:

1. I Kbh. er der foretaget kontrolvejning af 1 stk. 4-akslet lastvogn med blandet affald: 19,08 t. I Århus har man på grundlag af vægtregistrering af nedknustematerialer sammenholdt med antallet af tilførte læs, hovedsagelig 4-akslede vogne, beregnet en gennemsnitsvægt på 19 t pr. læs.
2. Det er karakteristisk, at mængden af blandet affald ved den traditionelle nedrivning udgør 35 % af den samlede affaldsmængde, og at blandet affald ved selektiv nedrivning kun udgør 13%. Man kan således fastslå, at et af målene for selektiv nedrivning er at begrænse det blandede bygningsaffald, som kræver deponering på kontrolleret losseplads, til et absolut minimum.
3. De realiserede mængder pr. etagemeter er væsentligt forskellige til trods for at de nedrevne bygninger var fra samme tidsalder og samme byggeskik. En væsentlig årsag hertil tilskrives det forhold, at dampvaskeriet kun var i en etage, og at der var et relativt stort udenomsareal med betonbelægninger m.v. Andelen af bygningsfundamenter og belægninger i forhold til det samlede antal etagemeter var således betydeligt større i dampvaskeriet end i salatfabrikken.
4. Asfalt, grus og brosten fra veje ved dampvaskeriet er ikke medtaget i den nævnte opgørelse.
5. Ved nedrivning af salatfabrikken er der ikke registreret bortkørsel af olieforurenede jord. Ved nedrivning af dampvaskeriet er der bortkørt ca. 600 t olieforurenede jord til kontrolleret losseplads.

### 3.4 Oparbejdning af rent bygningsaffald

#### 3.4.1 Indledning

Opfyldelse af formålet med demo-projekterne med hensyn til nedknusning og genanvendelse af bygningsmaterialerne blev tilgodeset på følgende vis:

Demo-1, lokal genanvendelse:

Midlertidig oplægning og nedknusning af materialer blev udført på nabogrunden, ca. 50 m fra nedrivningsplads. De nedknuste materialer blev anvendt til etablering af prøvestrækninger på parkeringsplads samme sted.

Demo-2, ekstern genanvendelse:

Midlertidig oplægning og nedknusning af materialer blev udført på havneareal, ca. 3 km fra nedrivningsplads. De nedknuste materialer blev afhændet til Park- og Kirkegårdsforvaltningen med henblik på en senere anvendelse som til grusbelægning i et kommende rekreativt område på det pågældende havneareal.

#### 3.4.2 Kontrahering af knuseanlæg

Til nedknusning af nedrivningsmaterialer anvendtes ved begge demo-projekter mobile knuseanlæg af typen COMBI-SCREEN, leveret af Vedbysønder Maskinfabrik. I demo-1 indgik projektgruppen aftale med Nedrivningsentreprenørernes Genbrugscentral (NGC) om leje af anlæg med betjeningsmandskab efter regning. Til føddning lejedes en gummihjulslæsser af nedrivningsentreprenøren.

I demo-2 indgik projektgruppen aftale med AJ-genbrug, Ry, om nedknusning af materialer til en fast pris pr. m<sup>3</sup>.

### 3.4.3 Miljøgodkendelse

Med henblik på en miljøgodkendelse af opstilling af knuseanlæg og nedknusning af materialer i forbindelse med demo-1 fremsendte projektgruppen til Københavns kommune en detaljeret beskrivelse af anlæggets indretning og drift samt forurening og forureningsbegrænsende foranstaltninger.

Under henvisning, til at Miljøstyrelsen ikke fandt, at en midlertidig opstilling af knuseanlægget var godkendelsespligtig på grund af opstilling i tilslutning til entreprenørarbejde, kunne Kbh. kommune acceptere at der ikke skulle ske særlig godkendelse efter Miljølovens §35 af knusningsanlægget.

Den midlertidige oplagring kunne ligeledes accepteres uden særlig godkendelse.

Vedrørende opstilling af anlægget i demo-2 fandt Århus amtskommune det nødvendigt med en særskilt miljøgodkendelse af knuseanlægget.

Projektgruppen mente ikke at anlægget var godkendelsespligtigt på det pågældende sted. Ved en anke til Miljøstyrelsen fik man medhold i, at godkendelse af knusningen ikke var nødvendig i dette tilfælde.

Dette var begrundet i, at knusningen delvis foregik på en godkendt fyldplads og dels var et led i et forsøgsprojekt hvor der kun var behov for en midlertidig opstilling af knuseanlægget.

### 3.4.4 Gennemførelse af knusning

Gennemførelse af knusning i demo-1 voldte adskillige problemer. Anlægget havde hidtil opereret på fast standplads, hvorfor opstilling og drift under de midlertidige omstændigheder voldte en del problemer. Dertil kom, at betjeningspersonalet ikke var fuldt ud fortrolig med anlægget. Den planlagte driftsperiode blev derfor overskredet, og der opnåedes kun i kortvarige perioder fuld effektivitet af anlægget.

Som følge af det tidspres, der hvilede på nedrivningsprojektet, var det ikke lykkedes at opnå en tilfredsstillende sortering af materialerne forinden oplæg i depot inden knusning. Det var derfor nødvendigt at foretage håndsortering på fødebånd. Desuden gav det relativt store indhold af fine partikler anledning til en del driftsproblemer. Gennemførelse af knusning i demo-2 blev gennemført rutinemæssigt inden for den aftalte tidsfrist og uden væsentlige problemer. Dette tilskrives, at det jyske anlæg og betjeningsmandskab var rutineret i flytning af anlægget og knusning af materialer af forskellig karakter.

De væsentligste data fra de to knuseprojekter fremgår af nedenstående fig.:

	Demo-1 København	Demo-2 Århus
Nedknuste mængder	3.500 t	2.700 t
Arbejdsperiode	19 dage	3 dage
Effektiv drift	70 timer	34 timer
Bruttokapacitet	23 t/time	65 t/time
Nettokapacitet	50 t/time	79 t/time
Kapacitet, jfr. tekn. specifikationer		120-180 t/time

Figur 3.5 - Data vedrørende nedknusning.

I Århus stillede knuseentreprenøren både knuseanlæg, læssemaskiner og personale til rådighed. Dette var ikke tilfældet i København, hvilket er en af grundene til den lavere kapacitet i København.

Projektgruppen vurderer, at højest praktiske effektivitet ligger på et niveau mellem 80 og 90 t/time, hvilket svarer til 75% af den af fabrikken oplyste specifikation.

### 3.4.5 Miljøforhold

Begge anlæg var udstyret med støvfilter og sprinkleranlæg, hvorfor der ikke opstod gener eller klager som følge af støv.

I demo-1, var knuseanlægget opstillet tæt ved beboelsesejendomme. Der blev derfor afholdt et beboermøde hvor naboer til knusningen blev forhåndsformet. Dette møde var måske en af årsagerne til at der ikke blev modtaget klager over støj og støv. Det viste sig imidlertid, at børns leg i grusbunkerne kunne give anledning til sammenstyrtningssulykker, hvorfor det var nødvendigt med en effektiv afspærring.

For begge anlæg kunne man konstatere, at miljøforholdene ikke gav anledning til problemer.

### **3.5 Økonomi**

En direkte sammenligning af økonomien i de to nedrivnings- og knuseprojekter er ikke realistisk på grund af de vidt forskellige betingelser for udførelsen, transportafstande etc.

I demo-1 blev knusning gennemført efter regning, og på grundlag af de samlede omkostninger, som var forbundet med dette arbejde kunne man konstatere, at bruttoprisen for nedknusning blev 92 kr. pr. tons.

I demo-2 blev knusning udført til en fast pris på 50 kr. pr. m<sup>3</sup> under forudsætning af 1 m<sup>3</sup> = 2 tons, d.v.s 25 kr. pr. tons. Det fremgik dog af forhandlingerne med knuseentreprenøren, at der var tale om et favorabelt tilbud. Af nedenstående oversigt fremgår forskellige priser vedrørende de to projekter:

	Demo-1 København <sup>1</sup>	Demo-2 Århus <sup>1</sup>
Deponeringsafgift kont. losseplads	40 kr./m <sup>3</sup>	100 kr./t
Mulighed for gratis deponering på fyld- plads (rene brokker)	ja	Nej, men billigt ≈ 25,-/tons
Nedknusning	92 kr./t	50 kr./m <sup>3</sup>
Salg af nedknuste materialer	30 kr./t	50 kr./m <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Bemærk, at priserne i tabellen ikke må bruges til beregning af nedrivnings- eller knuseøkonomi i andre projekter.

Figur 3.6 - Økonomiske data for nedknusning, afsætning af de oparbejdede materialer samt alternative bortskaffelsesmetoder.

Man kan således konstatere, at der er store prismæssige forskelle, og nogle af priserne er betinget af særlige forhold. Dette gælder eksempelvis deponeringsomkostninger og adgang til gratis fyldpladser. En detaljeret analyse af prismekanismerne i nedrivningsprojekter og affaldsbehandlingen er imidlertid betinget af mange andre forhold, hvoraf de aktuelle transport- og håndteringsomkostninger er væsentlige poster.

For demo-2 foreligger der detaljerede oplysninger vedr. afhændelse af forskellige produkter. De samlede indtægter er opgjort til ca. 70.000 kr., hvilket svarer til 27% af entreprisensummen. Såfremt nedrivningen ikke var gennemført som en selektiv nedrivning, ville dette beløb være betydeligt reduceret.

### 3.6 Genanvendelse af nedrivningsprodukter

I demo-1 oplyste nedrivningsentreprenøren, at der var udtaget ca. 100 t profiljern, hvoraf en del kunne afhændes til brug ved afstivningsarbejder, f.eks. i forbindelse med CTR-projektet.

I demo-2 projektet er der foretaget en mere detaljeret opgørelse over priser og afhændelsesmuligheder for øvrige produkter.

Hvad angår genanvendelse af de nedknuste materialer og vurdering af deres kvalitet henvises til kapitel 3.

### 3.7 Konklusioner og anbefalinger

#### 3.7.1 Generelt

Efter afslutning af de to demo-projekter konstaterer projektgruppen, at projekterne er fuldført i overensstemmelse med deres formål, og at der er indhentet detaljeret viden om de processer, der er knyttet til såvel traditionel nedrivning som selektiv nedrivning.

På grund af de forskellige betingelser for gennemførelse af de to nedrivningsentrepriser bør man dog være varsom med at foretage generalisering med hensyn til nedrivningsprocesser og nedrivningsøkonomi i almindelighed.

#### 3.7.2 Planlægning

Projektgruppen konstaterer, at en kildesortering af bygningsaffald kræver betydelig tid og forståelse hos de i nedrivningsentreprisen involverede parter.



Henset til affaldsmængderne i Kbh. Salatfabrik vurderes den tidsmæssige belastning at have været størst for denne entreprise. Ved nedrivning af Århus Dampvaskeri lykkedes det i rimeligt omfang at foretage selektiv nedrivning. Det anbefales, at man i størst mulig grad giver nedrivningsentreprenørerne mulighed for god tid til såvel planlægning som gennemførelse af entrepriser.

Projektgruppen konstaterer, at forkalkulation af ydelser og mængder er forbundet med betydelig usikkerhed. Det anbefales derfor, at man i højere grad søger at gennemføre detaljerede forundersøgelser af såvel de eksisterende bygningskonstruktioner som øvrige forhold vedr. nedrivningsprojektet, herunder affaldsbehandling og afsætning af nedrivningsprodukter.

Der skal peges på de særlige problemer, som er forbundet med opnåelse af de nødvendige godkendelser fra forskellige offentlige myndigheder. En tidsrøvende godkendelsesprocedure kan ofte være en afgørende hindring for entreprenørens rettidige dispositioner med hensyn til f.eks. nedknusning og midlertidig oplæg af nedrivningsprodukter.

### 3.7.3 Nedrivning

Forudsat at der fra bygherrens side er givet fornøden tidsfrist for selektiv nedrivning, bør nedrivningsentreprenøren sikre sig de bedste muligheder for sortering og oplægning af materialer på nedrivningspladsen. Det er nødvendigt at hans mandskab har forståelse for nødvendigheden af sortering, og at materialerne ikke sammenblandes.

Det anbefales, at man foretager en nærmere overvejelse af de tekniske muligheder for kildesortering, og at man sætter ind på såvel en teknisk udvikling som uddannelse på dette område.

#### 3.7.4 Knusning

Nedknusning af materialer i de to projekter blev gennemført med samme anlægstype, men med forskellig resultat, både hvad angår det nedknuste produkt og anlæggenes kapacitet. Det anbefales, at man foretager en nærmere vurdering af det maskinelle udstyr, dets tilpasning i nedrivningsprojekter samt mest hensigtsmæssig driftsform.

Også på dette område er det nødvendigt, at skabe uddannelsesmuligheder på alle niveauer.

#### 3.7.5 Bortskaffelse af nedrivningsprodukter

Uanset om der er tale om genanvendelige produkter eller deciderede affaldsprodukter er det nødvendigt, at der tages skridt til en harmonisering af regler, normer, afgifter m.v. De økonomiske sammenhænge i nedrivningsprojekter og mulighederne for genanvendelse af nedrivningsprodukter er betinget tilfredsstillende økonomiske vilkår, som bør være ensartet overalt i landet.



## **4. FORSØG MED OPARBEJDEDE MATERIALER**

### **4.1 Indledning**

Som nævnt i kapitel 2 blev der i forbindelse med demonstrationsprojekt 1, nedrivning af Københavns Salatfabrik, nedknust beton- og teglbrokker. Egen-skaberne ved disse materialer er afprøvet dels gennem laboratorieforsøg dels gennem opbygning af forsøgsbelægninger ved Østre Gasværk Teater (fuld-skalaforsøg). Resultaterne af disse forsøg er kortfattet beskrevet i det følgende. En mere detaljeret beskrivelse findes i bilag 2.

### **4.2 Laboratorieforsøg**

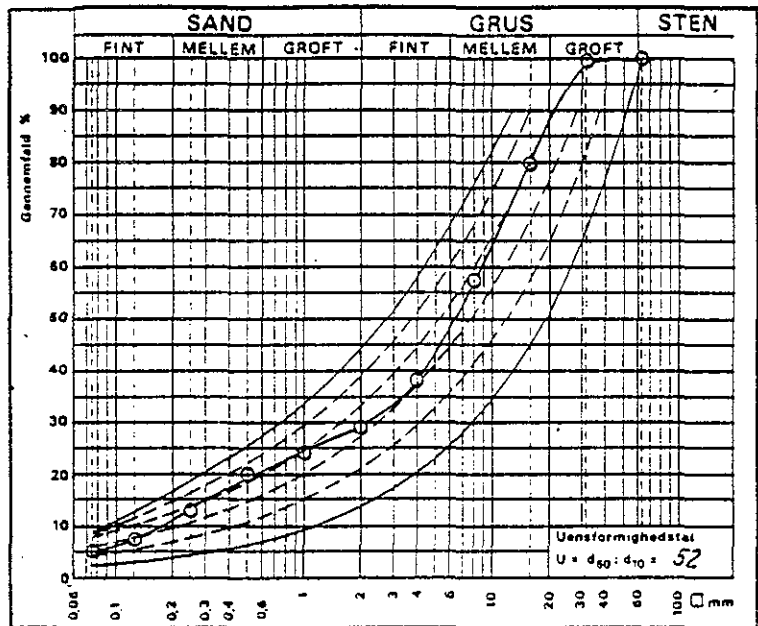
Laboratorieforsøgene udførtes af Statens Vejlaboratorium. Der blev udtaget 4 prøver af de nedknuste materialer, to prøver af det nedknuste tegl (prøve 1 og 2), én prøve af nedknust beton med tilslag og nedknust tegl (prøve 3) og endelig én prøve af det nedknuste, rene beton (prøve 4). Hver prøve bestod af en række delprøver, udtaget forskellige steder i de nedknuste materialer. De væsentligste resultater er vist i figur 4.1.

Parameter	Prøve no.	tegl		tegl/beton	beton
		1	2	3	4
Uensformighedstal		52	47	42	7,5
Frasigtet > 16 mm	(%)	20	18	21	34
Sandækvivalent	(%)	69	49	67	70
Kapillaritet	(cm)	35	50	30	20
ASTM Pd,max	(t/m <sup>3</sup> )	1,68	1,75	1,79	1,79
Vandindhold	(%)	19,0	17,0	15,7	11,2
Proctorforsøg (modificeret)					
- Maksimal tørdensitet	(t/m <sup>3</sup> )	1,68	1,69	1,74	1,79
- Optimalt vandindhold	(%)	17	13	14,5	13,5
0,075-4 mm					
- Tilsyneladende densitet	(t/m <sup>3</sup> )	2,57	2,59	2,58	2,57
- Absorption	(%)	8,3	8,3	9,5	6,8
4-32 mm					
- Tilsyneladende densitet	(t/m <sup>3</sup> )	2,45	2,59	2,58	2,57
- Absorption	(%)	13,5	13,0	8,9	4,4
Partikler lettere end 2,2 t/m <sup>3</sup>					
(kun 4-32 mm)	(%)	-	27,1	19,2	1,5
Partikler lettere end 1,0 t/m <sup>3</sup> (%)					
		-	0,3	0,0	0,0
Los Angeles test	(%)	40	41	37	29

Figur 4.1 - Resultater af laboratorieforsøg, udført af Statens Vejlaboratorium i forbindelse med NGB-projektet.

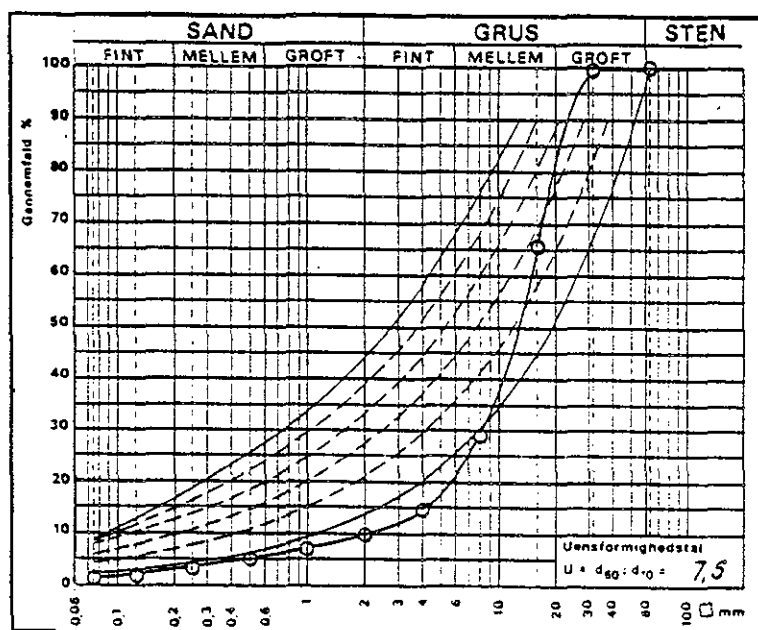
Bemærk, at de to prøver for tegl udviser forskellige resultater. Laboratorieforsøgene viser nogle af teglens mindre gode egenskaber i høj kapillaritet og knap så høj slidstyrke (høje værdier i Los Angeles-testen). Endvidere er det bemærkelsesværdigt, at alle prøver udviser et meget lille indhold af partikler, der har mindre vægtfylde end 1 ton/m<sup>3</sup>. Der er således ikke meget træ, plast m.v. i de nedknuste materialer.

Sigtekurven for den ene teglprøve var næsten perfekt:



Figur 4.2 - Sigteanalyse af nedknust tegl (prøve 1).

Sigtekurverne for den anden teglprøve (prøve 2) og det blandede beton/tegl (prøve 3) viste lige så gode resultater, dog var der en tendens til en overvægt af fint (sandagtigt) materiale for prøve 2's vedkommende. Derimod viser sigtekurven for nedknust beton (prøve 4) et for højt indhold af groft materiale.



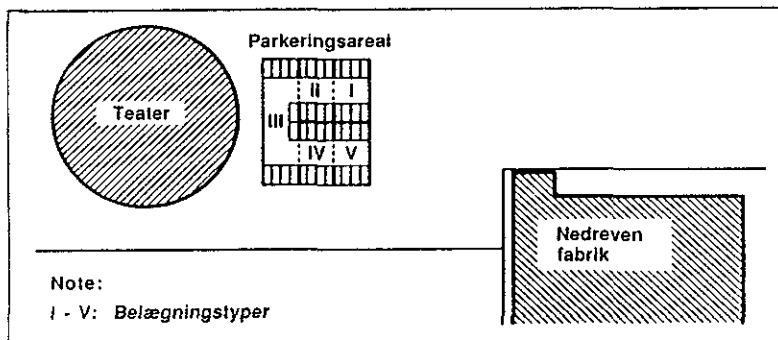
Figur 4.3 - Sigtanalyse af nedknust beton (prøve 4).

Sigtetekurven for nedknust ren beton er således principielt utilfredsstillende. Kurven er dog forventelig i relation itl anvendelsen af én slagknuser

Der var dog intet i laboratorieforsøgsresultaterne, der kunne afholde en fra at anvende de pågældende materialer til opbygning af forsøgsbelægninger.

#### 4.3 Opbygning af forsøgsbelægninger

De oparbejdede materialer er som før nævnt anvendt til opbygning af forsøgsbelægninger ved Østre Gasværk Teater, umiddelbart ved siden af den nedrevne Københavns Salatfabrik. På et ca. 1000 m<sup>2</sup> stort areal blev 42 parkeringspladser etableret.



Figur 4.4 - Opbygning af parkeringsplads med 5 typer forsøgsbelægninger (I-V).

Parkeringspladsen blev opbygget, så de forskellige forsøgsbelægninger ville blive udsat for lige stor trafikbelastning.

Det blev vurderet, at forsøgsbelægningerne ville give værdifulde resultater, selv om de ikke blev befæstet med asfalt. Følgende forsøgsbelægninger blev opbygget.

Belægning I:

bærelag: 20 cm nedknust tegl  
bundsikring: 30 cm nedknust beton/tegl

Belægning II.

bærelag: 20 cm nedknust beton  
bundsikring: 30 cm nedknust beton/tegl

Belægning III:

bærelag: 20 cm nedknust tegl  
bundsikring: 30 cm nedknust beton



## Belægning IV:

bærelag:	20 cm nedknust tegl
bundsikring	30 cm nedknust tegl

## Belægning V:

bærelag:	20 cm nedknust tegl
bundsikring:	30 cm nedknust tegl

Bærelagene i belægning III og IV var oprindelig planlagt som nedknust beton. Det viste sig imidlertid, at mængden af nedknust beton var vurderet for højt hvorfor bærelaget i stedet blev udført med tegl.

#### 4.4 Analyseresultater fra fuldskalaforsøg

Der er udført følgende forsøg i forbindelse med etableringen af forsøgsbelægningerne ved Østre Gasværk Teater:

## Bundsikring:

- a. Pladebelastningsforsøg på råjordsplanum.
- b. Komprimering med vibrationstromle (8 tromlepassager).
- c. Bestemmelse af komprimeringsgrad ved sandefterfyldning og isotopsondemålinger.

## Bærelag:

- d. Komprimering med vibrationstromle (12 tromlepassager).
- e. Bestemmelse af komprimeringsgrad ved sandefterfyldning og isotopsondemålinger.
- f. Bestemmelse af E-modulerne for bærelag og bundsikring ved fuldlodsforsøg.

Resultaterne af målingerne af komprimeringsgraden er vist på figur 4.5.

	Isotop- måling %	Sandefter- fyldning %
<b>Bundsikring</b>		
Beton	96,7	99,0
Beton/tegl	93,2	95,0
Tegl	94,2	94,3
<b>Bærelag</b>		
Beton	98,7	103,4
Tegl	92,5	91,8

Figur 4.5 - Gennemsnitligt opnåede densiteter på bundsikring og bærelag.

Det ønskede komprimeringsniveau for bærelagene var 100% standard proctor. Af figur 4.5 ses, at 12 tromlepassager ikke var nok for det nedknuste tegls vedkommende til at opnå denne proctorværdi.

Teglen blev derfor udsat for yderligere 12 tromlepassager hvorved der opnåedes en densitet på 95,6% standard proctor målt med isotopsonde, svarende til 97,7% målt ved sandefterfyldning. Dette resultat accepteredes, da det blev vurderet, at en yderligere tromlepassage ville kunne skabe en uheldig nedknusning af materialet.

Det skal tilføjes, at belægningerne blev udlagt i en periode med usædvanligt meget regn. Det høje vandindhold kan have været en medvirkende årsag til vanskelighederne med komprimeringen af teglen.

#### 4.5 Det videre forsøgsarbejde

COWIconult har søgt Rådet vedrørende Genanvendelse og Mindre Forurenende Teknologi om midler til en opfølgning af forsøgsprogrammet for forsøgsbelægningerne ved Østre Gasværk Teater. Forsøgsprogrammet tænkes udført i nært samarbejde med Statens Vejlaboratorium. Det er hensigten at gennemføre et forsøgsprogram, der:

- a) Klarlægger hvilke trafik- og klimapåvirkninger, belægningserne udsættes for igennem forsøgsperioden.
- b) Følger udviklingen af tilstanden for belægningserne ved Østre Gasværk, og belægningsernes evne til at tåle fortsatte trafikbelastninger.
- c) Beskriver forandringer i belægningsmaterialernes egenskaber, der sker som følge af trafik- og klimapåvirkninger.
- d) Vurderer de indgående materials anvendelighed til forskellige former for vejbygningsformål i lyset af de ovenfor angivne undersøgelser.

Forsøgsprogrammet vil i givet fald strække sig over 3 år. Efter den periode forventes der ikke at ske væsentlige ændringer med materialerne.

## 5. HÅNDBOG

### 5.1 Formål og baggrund

Under henvisning til projektansøgning pkt. 4.2.2. er der sideløbende med øvrige aktiviteter i projektet udarbejdet en håndbog i nedrivning af beton og bygningskonstruktioner. Formålet med håndbogen er at give en nærmere beskrivelse af alle væsentlige forhold vedr. gennemførelse af nedrivningsentrepriser og tilknyttede aktiviteter, specielt miljømæssige forhold og forhold vedr. genanvendelse af nedrivningsprodukter. Håndbogen henvender sig til alle, der har interesse i nedrivningsprojekter, og dens sigte er bl.a. at skabe grundlag for undervisning inden for de respektive områder.

Baggrunden for udarbejdelse af håndbogen ligger hovedsagelig i det væsentlige forhold, at der for tiden ikke rådes over en sammenfattende publikation, som dækker disse emneområder. I udlandet ses forskellige publikationer, men projektgruppen er ikke vidende om eksistensen af nogen egentlig international håndbog, der tilgodeser samtlige forhold vedr. nedrivning og genbrug af bygningsmaterialer. Det grundlæggende kildemateriale for håndbogen er indsamlet gennem de sidste 10 år, og er hovedsageligt fremskaffet gennem dansk repræsentation i RILEM Technical Committee 37 on demolition and reuse of concrete.

### 5.2 Introduktion og kommentarer

#### 5.2.1 Indledning

Håndbogen indgår som bilag 4 til nærværende rapport. Under henvisning til forordet må håndbogen foreløbig betragtes som et arbejdsudkast, idet der ikke er taget stilling til den endelige udformning eller udgivelse, hvilket ligger uden for rammerne af nærværende projekt.

Det skal i denne forbindelse bemærkes, at der i udstrakt grad er anvendt figurer og tekster, som er hentet fra anden litteratur, dog med kildehenvisning i hvert enkelt tilfælde.

Håndbogen i sin foreliggende form er derfor ikke beregnet på offentligt udgivelse.

### 5.2.2 Kommentarer.

#### **ad. kap. 1.**

Kapitlet sigter på at give en indledende orientering om generelle forhold samt en status for den tekniske udvikling såvel i Danmark som i udlandet.

#### **ad. kap. 2.**

Kapitlet henvender sig specielt til de projekterende parter og i særdeleshed til rådgivende ingeniører. Det er hensigten, at bogen her skal virke som en slags "huskebog", og at kapitlet senere suppleres med tillæg omhandlende paradigma for ansøgninger m.v.

#### **ad. kap. 3.**

Det indledende afsnit (som hovedsagelig citerer publikationen "Brudmekanik" af H.H.Bache, Ålborg Portland) sigter på at give en teknisk baggrund for valg af de rette demoleringsmetoder. Desværre foreligger der ikke megen forskning på området vedrørende tilsigtet brydning af beton, og det er ønskeligt at udbygge afsnittet efterhånden, som der skaffes mere viden på dette felt. Det skal eksempelvis nævnes, at man inden for råstofindustri og bjergværksdrift, råder over betydelig viden om hvordan man borer i og knuser bjergmaterialer. Et særligt problem ligger i behandling af armeret beton. Dette gælder såvel i forbindelse med reparation af betonkonstruktioner som ved nedknusning af armerede betonmaterialer.

Kapitlet indeholder et større afsnit med gennemgang af forskellige demoleringsmetoder. Sammenlignet med den gængse internationale litteratur, hvorfra de fleste oplysninger er hentet, er dette afsnit meget traditionelt opbygget som en lang opremsning af alle tænkelige metoder, hvoraf kun et fåtal er relevante i Danmark. Det er imidlertid hensigten, at rette læserens opmærksomhed på alternative metoder og det meget væsentlige forhold, at de enkelte metoders egnethed er meget varierende.

Afsnit 3.3 skal nærmest betragtes som et katalog, som senere ønskes udbygget med et tillæg, der systematisk giver alle detaljer og fabriksdata for udstyr m.v.

I afsnit 3.4 søges skabt et grundlag på hvilke, man kan foretage en systematisk vurdering af de optimale metoder. Også dette afsnit ønskes udbygget væsentligt og gjort mere pædagogisk (brugervenligt).

#### **ad. kap. 4**

Dette kapitel er i lighed med kap. 3 opbygget som et katalog over typiske nedrivningsopgaver, hvor de i kap. 3. nævnte teknikker indsættes. Kapitlet er hovedsageligt opbygget på grundlag af DEMEX erfaringer fra projekter inden for de seneste 10 år. Opmærksomheden henledes på afsnit 4.4. vedr. nedrivning af spændbetonkonstruktioner og afsnit 4.7 vedr. betonreparationer. Begge disse afsnit søges udbygget ved en senere lejlighed.

#### **ad. kap. 5.**

Kapitlet giver en bred orientering om de mange forskellige muligheder for genanvendelse af nedrivningsprodukter. Afsnit 5.4. giver kun en summarisk gennemgang af knuseanlæg. Efterhånden som der erhverves mere viden praktisk erfaring søges dette afsnit udbygget væsentligt.

**ad. kap. 6.**

Foruden en beskrivelse af de aktuelle og konkrete vilkår for bortskaffelse af nedrivningsaffald søges der i dette kapitel at skabes grundlag for ideer og visioner vedr. en hensigtsmæssig udnyttelse af bygningsaffald. Nedrivningsprodukter bør principielt betragtes som ressourcer og kun i absolut nødsfald som affald.

**ad. kap. 7.**

Håndbogen afsluttes med et væsentligt kapitel vedr. miljøforhold, idet disse forhold må forventes at øve en stedse stigende betydning for vore muligheder for at nedrive og genanvende beton og bygningsmaterialer.

Opmærksomheden henledes på det faktum, at ønsket om forbedrede miljøforhold under gennemførelse af nedrivningsprojekter lever i fuldstændig harmoni med ønsket om øget genanvendelse af nedrivningsprodukter.

**ad. tillæg**

Den rådige tid og afsatte ressourcer til udarbejdelse af håndbogen har ikke levnet mulighed for udarbejdelse af tillæg i det oprindelig planlagte omfang.

Det er således ønskeligt at udbygge håndbogen med følgende tillæg:

- En oversigt over definitioner m.v. omhandlende fagudtryk m.v. inden for nedrivning og genanvendelse af nedrivningsprodukter. (Den opmærksomme læser af nærværende rapport og håndbog vil hurtigt konstatere behov for ordforklaringer og konsistens i anvendelse af de enkelte udtryk.)
- En sammenfattende skematisk oversigt over de nævnte demoleringsmetoder med en kortfattet fremstilling af egnethed, fordele og ulemper m.v. (Sådanne skemaer ses udarbejdet i mange forskellige versioner i den udenlandske litteratur)

- Et katalog med detaljerede tekniske oplysninger over maskinelt udstyr m.v., herunder leverandør-oplysninger, tekniske specifikationer, arbejdsydelse, energiforbrug, priser etc.
- øvrige nyttige oplysninger vedr. priser og adresser m.v.

### **5.3 anbefalinger**

Projektgruppen anbefaler, at der foretages en nærmere vurdering af mulighederne for en evt. udgivelse af håndbogen med fornødent supplerende stof og tillæg, som nævnt under pkt. 4.2.

En evt. udgivelse forudsætter, at alle ikke originale figurer udskiftes, og at tabeller og udenlandske tekster oversættes til dansk.

Det anbefales endvidere, at man overvejer oversættelse af håndbogen til engelsk. Dette forudsætter en udlugning af teksten for såvidt angår specielle danske forhold. En engelsksproget håndbog vil eventuelt kunne tjene til støtte for systemeksport på området.

Endelig anbefales en revision af håndbogen ved afslutning af projekt vedr. kortlægning og prognose af byggeaffald (PROBA).





## 6. STYRINGSMULIGHEDER

### 6.1 Parterne i nedrivningsprocessen

#### 6.1.1 Indledning

En nedrivning involverer en række forskellige parter. Mulighederne for at styre nedrivningsprocessen afhænger af mulighederne for at påvirke og styre de enkelte parter. I det følgende vil de enkelte parter og deres interesser blive gennemgået.

#### 6.1.2 Bygherren

Bygherren i et nedrivningsprojekt er oftest ejeren af den grund eller ejendom, der er genstand for nedrivningsprojektet. Bygherren i nedrivningsprojektet er som regel også bygherre ved det eventuelt efterfølgende bygge- og anlægsprojekt. Bygherren er som regel interesseret i en hurtig nedrivning. Det er kostbart at have en uudnyttet grund liggende.

#### 6.1.3 Den rådgivende ingeniør

Den rådgivende ingeniør er som regel også rådgivende på det efterfølgende byggeprojekt. Nedrivningen er typisk en mindre del af det samlede projekt. Rådgiverne er stort set henvist til egne erfaringer og faglig støtte fra nedrivningsentreprenørens side, når det gælder projektering af nedrivningen. Undervisningsmateriale og tilsvarende litteratur om nedrivning har ikke tidligere været tilgængelig i nævneværdigt omfang. "Håndbog i planlægning, projektering og udførelse af nedrivningsarbejder" vil opfylde en del af behovet for dansk litteratur om gennemførelse af nedrivningsprojekter. Miljøstyrelsen har ydermere gennem en informationskampagne om genanvendelse af nedrivningsaffald forsøgt at informere de rådgivende ingeniører om det hensigtsmæssige i gennemførelse af selektive nedrivninger og den efterfølgende genanvendelse af byggeaffald.

#### 6.1.4 Nedrivningsentreprenøren

skrevet
 Nedrivningsentreprenøren vil typisk være en af den lille snes entreprenører, der er knyttet til Entreprenørforeningens Nedbrydersektion. Disse entreprenører er specialister i nedrivning og har en faglig tradition for genanvendelse af visse af materialerne (metal gavntre m.v.). Entreprenørens hovedinteresse er at gennemføre nedrivningen billigst muligt inden for den afsatte tidsramme. Ud over de egentlige nedrivningsentreprenører påtager også traditionelle entreprenørfirmaer af og til nedrivningsentrepriser. Endelig kan håndværkere og lokale vognmænd forestå mindre nedrivninger.

#### 6.1.5 Vognmanden

Vognmanden har betydelige økonomiske interesser i nedrivningsprojekter. Omkostningerne til transport og deponering udgør i dag typisk 50% af entreprisens summen i et nedrivningsprojekt.

#### 6.1.6 Jernhandleren m.fl.

Jernhandleren og aftagere af materialer til direkte genbrug (gulvbrætter, døre, vinduer, el-materiel m.v.) er interesserede i at nedrivningsprocessen forløber på en måde, der gør det muligt at tage så mange værdifulde materialer ud som muligt. Jernhandleren optræder typisk som underentreprenør og forestår som regel alt vedrørende jern, herunder skæring og borttransport.

#### 6.1.7 Lossepladsejeren, fyldpladsejeren m.v.

Hovedparten af byggeaffaldsmængderne må idag antages at ende på mere eller mindre kontrollerede fyldpladser, kontrollerede lossepladser, havneopfyldninger, grusgrave og lignende steder. Denne deponering kan i flere tilfælde være u hensigtsmæssig ud fra et miljømæssigt synspunkt. Den private lossepladsejer eller fyldpladsejer har en ikke ubetydelig økonomisk interesse i en stadig tilførsel af byggeaffald. Dels fordi det sikrer en omsætning og dels fordi flere private lossepladser går over til at sortere værdifulde materialer fra affaldet.

Ejerne af større, kontrollerede lossepladser, ofte offentlige myndigheder, er derimod interesserede i at begrænse tilførslen af byggeaffald til lossepladserne for på den måde af forlænge lossepladsernes levetid. Det er vanskeligt at finde egnede lokaliteter til nye, kontrollerede lossepladser.

#### 6.1.8 Knuseanlægsejeren

Der findes i dag kun få anlæg til oparbejdning af tegl- og betonbrokker fra nedrivningsarbejder. Knuseanlægsejeren er interesseret i en relativt stabil tilførsel af rene, sorterede brokker og en stabil afsætning.

#### 6.1.9 Forbrændingsanlægsejeren

Kun små mængder byggeaffald bliver idag forbrændt på forbrændingsanlæg. Forbrændingsanlægsejeren vil i fremtiden typisk råde over maskineri til neddeling af større, brændbare genstande. Forbrændingsanlægsejeren vil være interesseret i at modtage neddelbart, brændbart byggeaffald. Byggeaffaldet skal være frasorteret imprægneret træ, PVC-plast og lignende materialer, der vil kunne give anledning til dannelse af giftige røggasser.

#### 6.1.10 Aftageren af oparbejdede tegl- og betonbrokker

Aftageren af de oparbejdede materialer vil typisk være interesseret i velafprøvede materialer, der både i pris og kvalitet kan konkurrere med naturprodukter. Erfaringerne med afsætning af de oparbejdede materialer er i Danmark meget begrænsede.

#### 6.1.11 Den offentlige myndighed

En række offentlige myndigheder optræder som parter i et nedrivningsprojekt:

Lokalplanmyndigheden vil være involveret i alle større nedrivningsprojekter. I Planstyrelsens nyhedsbrev "Afgørelser og vejledende udtalelser" nr. 16, januar 1987 er det beskrevet, hvordan en nedrivning på 6.000 etagemeter er lokalplanpligtig, mens en nedrivning af en stærkt forfalden bygning på 2.500 etagemeter ikke var lokalplanpligtig p.g.a. bygningens tilstand. Lokalplanmyndigheden skal påse, at den påtænkte fremtidige arealanvendelse er i overensstemmelse med kommuneplanen, samt at der gennemføres en lokalplanlægning.

Byggemyndigheden udsteder nedrivningstilladelsen i det omfang, det kræves. Med den nuværende byggelovgivning kræves der typisk nedrivningstilladelse ved etageboligbyggeri og erhvervsbyggeri, men ikke ved sommerhuse, landbrugsbygninger o.l. I de tilfælde, hvor der er lokalplanpligt, kan nedrivningstilladelsen først udstedes, når lokalplanen er endeligt vedtaget (den behøver imidlertid ikke at være tinglyst). I nedrivningstilladelsen kan indføres bestemmelser om, hvordan nedrivningen skal foretages.

Den tilsynsførende miljømyndighed fører blandt anden tilsyn med fyldpladser, lossepladser m.v. Miljømyndigheden skal påse, at deponeringen sker på miljømæssig forsvarlig vis.

Den planlæggende kommunale miljømyndighed skal sørge for, at der er tilstrækkelig behandlingskapacitet for byggeaffald også i fremtiden. Det må forudses, at de kommunale miljømyndigheder i nær fremtid får hjemmel til at anvise bortskaffelsesmuligheder for byggeaffald.

Vejmyndighederne vil i fremtiden kunne spille en betydelig rolle som aftager af oparbejdede tegl- og betonbrokker.

Det er væsentligt at gøre sig klart, at de offentlige myndigheder udgøres af en række forskellige instanser, der ikke alle har et fasttømret tværsektorielt samarbejde.

## **6.2 Eksisterende barrierer for genanvendelse af byggeaffald**

Der eksisterer i dag en række barrierer, der umiddelbart forhindrer en øget genanvendelse. Som det er fremgået af det foregående er en nedrivning en kompliceret proces, der involverer mange parter med forskellige interesser. Nogle af de væsentligste barrierer for en øget genanvendelse er:

- Manglende interesse hos bygherren for genanvendelse.
- Manglende viden hos den rådgivende ingeniør om gennemførelse af selektive nedrivninger.
- For kort tid til nedrivningsprojektets gennemførelse som selektiv nedrivning.
- Lejlighedsvis gennemførelse af nedrivninger af ikke-specialiserede entreprenører, håndværkere etc.
- Muligheder for en meget billig, men miljømæssigt set u hensigtsmæssig deponering af blandet byggeaffald på ukontrollerede lossepladser, fyldpladser, havneopfyldninger etc.
- Billige konkurrerende råstoffer.
- Umiddelbart manglende afsætningsmuligheder for de oparbejdede materialer.

Styringsmulighederne bør tage udgangspunkt i de involverede parter interesser og de ovenfor skitserede barrierer.

### 6.3 Styringsmuligheder

#### 6.3.1 Indledning

Der er umiddelbart en række styringsmuligheder, det vil kunne være u hensigtsmæssigt at anvende til styring af byggeaffaldsstrømmene. Styringen kan sættes ind i alle faser af nedrivningsprocessen.

Styring af nedrivningens forløb kan ske gennem:

- information af rådgivere, videnformidling vedr. selektiv nedrivning.
- betingelser i udbudsmaterialer/Almindelige Betingelser for byggearbejder.
- betingelser i byggetilladelser.
- betingelser i nedrivningstilladelser.
- ændret lokalplanprocedure.
- autorisation af nedrivningsentreprenører.
- definering af bygherrens ansvar for bortskaffelsen.

Styring af transporten kan ske ved:

- autorisation af vognmand.

Styring af deponeringen kan ske gennem:

- begrænsninger af mulighederne for deponering af byggeaffald på ukontrollerede lossepladser, fyldpladser etc.
- øget miljøtilsyn på ukontrollerede lossepladser, fyldpladser m.v.
- differentieret takststruktur mellem og på de enkelte affaldsanlæg.
- ændringer i reglerne om statsafgift.

Styring af afsætningen af de oparbejdede materialer kan ske gennem:

- anvendelse af råstoflovens §6.
- ændringer i råstofafgiften.
- kvalitetskrav i normer for oparbejdede materialer.
- information til vejmyndigheder m.fl. om muligheder for anvendelse af oparbejdede materialer.
- offentlige myndigheders initiativ til anvendelse af oparbejdede materialer til vejbygningsformål.

Styring af de samlede affaldsstrømme kan ske gennem:

- kommunale regulativer for bortskaffelse af byggeaffald.

De enkelte styringsmuligheder vil blive gennemgået i det følgende.

#### 6.3.2 Styring af nedrivningens forløb

En af de væsentlige barrierer for genanvendelse af byggeaffald er det store tidspres, nedrivningerne typisk foregår under. Nedrivningen interesserer som regel hverken bygherren eller rådgiveren i nævneværdig grad.

Rådgiveren bør informeres om mulighederne for en selektiv nedrivning og der bør hos rådgiverne opbygges en øget viden om, hvordan en selektiv nedrivning gennemføres. Denne informations- og videnformidlingsproces er til dels blevet påbegyndt med den informationskampagne vedrørende genanvendelse af byggeaffald, Miljøstyrelsen har iværksat. Denne informationsindsats bør suppleres med egentlige efteruddannelseskurser og undervisning i nedrivning på DTH, DIA og landets teknika.

I relation til rådgiverens muligheder kan denne gennem udformning af projekt- og udbudsmaterialer styre de metoder for nedrivning som kan tages i anvendelse.



I samme forbindelse kan de Almindelige Betingelser for byggearbejder udvides med anvisninger m.m. om nedrivningsarbejder. En revision af AB72 er igang og påtænkes at udkomme ca. 1990 (AB90).

Nedrivningsprocessen kan søges styret gennem nedrivningstilladelser og byggetilladelser.

Byggeforvaltningen og miljøforvaltningen i de enkelte kommuner bør indlede et samarbejde vedrørende byggeaffald. Ved større nedrivninger bør kommunen udbede sig en plan for nedrivningens gennemførelse, samt oplysninger om mængde og sammensætning af nedrivningsaffaldet samt om metode for bortskaffelse af nedrivningsprodukterne, i forbindelse med ansøgning om nedrivningstilladelse. Med det gældende bygningsreglement er der kun hjemmel til at anføre, hvordan nedrivningen skal foregå af sikkerhedshensyn, risiko for skade på anden ejendom o.l. Det er dog nærliggende at man i næste bygningsreglement inddrager genanvendelsesaspektet. Der kunne således gives hjemmel til i nedrivningstilladelsen at anvise, hvordan de enkelte materialer skal bortskaffes. Vejesedler etc. skal tilsendes kommunen. Tilsvarende anvisninger af affaldsbortskaffelsen bør indføres i øvrige nedrivningstilladelser. Endelig kan man forestille sig, at der i forbindelse med enhver ansøgning om byggetilladelse for større byggerier skulle redegøres for mulighederne for en selektiv nedrivning m.v. af eksisterende bygninger på ejendommen. I planerne for nedrivningens gennemførelse skal det fremgå, at der er sikret tilstrækkelig tid til at foretage en selektiv nedrivning.

Tilstrækkelig tid til gennemførelsen af en selektiv nedrivning kan også tilvejebringes ved en ændret praksis ved gennemførelsen af lokalplanproceduren. Det skal betones, at en nedrivning, der er begrundet med mangler ved bygningens konstruktion, ikke er lokalplanpligtig. En ejendom, der i alle tilfælde skal rives ned, uanset områdets fremtidige anvendelse, kan der gives nedrivningstilladelse til, før der er gennemført en lokalplanprocedure. Når det ikke sker i højere grad allerede i dag, skyldes det

frygten for de "vilde" nedrivninger, der er set i tidligere tider. Der bør stilles helt klare krav til bygningens (mangelfulde) tilstand, før en bygning kan nedrives.

Gennem en autorisationsordning for nedrivningsentreprenører vil det kunne sikres, at nedrivninger kun foretages af specialister, der behersker metoder til gennemførelse af selektive nedrivninger.

Bygherrens interesse for nedrivningens gennemførelse, herunder bortskaffelse af byggeaffaldet, bør som nævnt skærpes. Dels kan det økonomiske incitament skærpes, blandt andet ved en ændring af afgifter m.m. Dels kan bygherrens ansvar for affaldets bortskaffelse på lovlige, miljømæssigt forsvarlig vis søges skærpet. Dette kan blandt andet ske ved et øget tilsyn med grusgrave, fyldpladser m.v. efterfulgt af en eftersporing af kilderne til de eventuelle ulovlige deponeringer. Ydermere kan man forestille sig, at der skal udformes en "affaldsdeklaration". Denne "affaldsdeklaration" skal følge affaldet fra det produceres til det er bortskaffet.

#### 6.3.3 Styring af transporten

Styring af transporten af byggeaffald er et mindre væsentligt element i styringen af byggeaffaldsstrømmene. En oplagt måde at styre transporten af byggeaffald på, vil være ved gennemførelse af en autorisationsordning for (bygge) affaldstransportende vognmænd. Vognmænd, der medvirker til ulovlige deponeringer, skulle kunne miste deres autorisation.

#### 6.3.4 Styring af deponeringen

Mulighederne for en meget billig, men miljømæssigt set uhensigtsmæssig, og ikke tilladelig deponering af blandet byggeaffald på kontrollerede lossepladser, fyldpladser, havneopfyldninger etc. er en af de største eksisterende barrierer for genanvendelse af byggeaffald.

Det er meget væsentligt at disse u hensigtsmæssige deponeringer begrænses mest muligt eller helt stoppes. Fra centralt hold bør der udstikkes retningslinier, der sikrer, at kommuner og amtskommuner ikke godkender andre byggeaffaldsmaterialer end rene tegl- og betonbrokker til deponering på fyldpladser, havneopfyldninger og lignende.

Gennem et øget miljøtilsyn med de ukontrollerede lossepladser, fyldpladser, havneopfyldninger, grusgrave etc. bør de kommunale og amtskommunale miljømyndigheder sikre sig, at der ikke er eller bliver foretaget ulovlige deponeringer af byggeaffald. Det er væsentligt, at der ikke er forurenende materialer mellem de "rene brokker", der deponeres på fyldpladser m.v. Et typisk eksempel på et sådant forurenende materiale er asfaltbrokker. Et andet eksempel kan være sodforurenede mursten fra nedrevne skorstene. Indsatsen mod ulovlige, billige deponeringer bliver endnu mere væsentlig i det øjeblik de legale muligheder for bortskaffelse af blandet byggeaffald bliver indskrænket og dyrere.

En differentieret takststruktur mellem og på de enkelte affaldsanlæg kan medvirke til en styring af affaldsstrømmene. Man kan forestille sig, at det i fremtiden vil blive væsentligt dyrere at aflevere blandet (usorteret) affald på alle typer affaldsanlæg. Herunder vil blandet byggeaffald være et emne til en affaldskategori, der skal betale en høj takst. Det vil være væsentligt med et økonomisk incitament til genanvendelse, selv om der samtidigt indføres regulativer etc.

En ændring af de nuværende regler omkring statsafgiften vil ligeledes være medvirkende som et økonomisk incitament til øget genanvendelse. Hvor den differentierede takststruktur er et styringsmiddel, der kan bruges decentralt af det enkelte (fælles)-kommunale affaldsselskab, eller det enkelte affaldsanlæg, er statsafgiften et kraftigt centralt styringsmiddel.

### 6.3.5 Styring af afsætningen

I Lov om råstoffer (Lov nr. 237 af 8. juni 1977) §6, stk. 2, er der åbnet muligheder for, at Miljøministeren kan fastsætte regler om, at der ved udførelsen af byggearbejder samt bestemte typer anlægsarbejder skal anvendes affalds- eller erstatningsprodukter eller ske genanvendelse. Loven kan anvendes som et særdeles kraftigt centralt styringsmiddel. Anvendelse af dette styringsmiddel kræver, at materialernes kvalitet er gennemprøvet i forhold til de arbejder, de skal anvendes i.

Råstofafgifterne er fastsat af miljøministeren. En forhøjelse af råstofafgifterne for grusprodukter vil øge det økonomiske incitament til at anvende genanvendelsesmaterialer. De billige konkurrerende råstoffer er som nævnt en af de væsentlige barrierer for en øget genanvendelse af byggeaffald. Da oparbejdede beton- og teglbrokker kun kan erstatte en mindre del af det forbrugte grus, må man være opmærksom på at der nok også skal andre argumenter til, før en forhøjelse af råstofafgifterne kan finde sted.

Kvalitetskrav i normer for oparbejdede materialer vil kunne øge afsætningsmulighederne for de oparbejdede materialer - et kendt produkt er lettere at afsætte. Kvalitetskravene vil også medvirke til at styre nedrivningsprocessen. Knuseanlægssejeren vil med stor sandsynlighed afvise læs, der vil give en for ringe kvalitet i de oparbejdede produkter. Nedriverne bliver dermed nødt til at gennemføre en egentlig selektiv nedrivning, hvis de skal kunne afsætte tegl- og betonbrokker til knuseanlæggene.

Vejemyndigheder og andre potentielle brugere af oparbejdede materialer bør informer om materialernes anvendelsesmuligheder og egenskaber. Denne informationsindsats er til dels blevet påbegyndt med den informationskampagne vedrørende genanvendelse af byggeaffald, Miljøstyrelsen har iværksat.

De offentligt myndigheders ansvar som initiativtagere til anvendelse af oparbejdede materialer til f.eks. vejbygningsmaterialer bør betones. I sidste instans kan materialernes anvendelighed kun afprøves gennem en anvendelse i praksis. Stat, amter og kommuner bør påtage sig ansvaret for disse fuldska-laforsøg. Når materialerne er gennemprøvede kan de statslige, amtskommunale og kommunale vejmyndighe-der m.fl. stille krav om anvendelse af nedknuste brokker i stedet for jomfruelige grusprodukter. På denne måde kan afsætningen af de oparbejdede pro-dukter sikres.

#### 6.3.6 Styring af de samlede affaldsstrømme

Gennem udarbejdelse af kommunale regulativer for bortskaffelse af byggeaffald kan de samlede strømme af byggeaffald søges styret. Kommunerne får herved en anvisningspligt for byggeaffaldet. Samtidigt får affaldsproducenterne - d.v.s. bygherrerne - benyt-telsespligt til de anviste anlæg. De kommunale regulativer for bortskaffelse af byggeaffald må anses for at være et slagkraftigt styringsmiddel, der imidlertid næppe kan stå alene.

#### **6.4 Sammenfattende vurdering af styringsmuligheder**

I det foregående er der præsenteret en lang række styringsmuligheder. Ingen af de nævnte styringsmu-ligheder kan i praksis stå alene. Alle de nævnte styringsmuligheder er væsentlige. Der er dog i det følgende forsøgt givet en prioritering af de sty-ringsmuligheder, projektgruppen finder væsentligst:

1A: Afsætningen af de oparbejdede brokker sikres.

1B: Bygherrens ansvar for, at bortskaffelsen af byggeaffaldet sker på en miljømæssig forsvarlig (og lovlige) måde, skal betones.

- 2: Differentiering af takststrukturen i det samlede affaldsbortskaffelsessystem, så det bliver økonomisk for bygherren/nedrivningsentreprenøren at foretage en selektiv nedrivning og herefter lade rene, frasorterede brokker føre til nedknusning. Herunder er en ændring af reglerne om statsafgiften et ikke uvæsentligt element.
- 3: Regulativer for bortskaffelse af bygge- og anlægsaffald. Disse regulativer bør koordineres med nedrivningstilladelseerne. I regulativerne henvises til udformningen af ansøgning om nedrivningstilladelse (herunder nedrivningsplan og affaldsdeklaration). I nedrivningstilladelsen henvises til regulativerne for bortskaffelse af bygge- og anlægsaffald.

Afsætningen kan sikres ved, at de offentlige myndigheder tager initiativ til de fuldskalaforsøg med anvendelse af oparbejdede tegl- og betonbrokker til vejbygningsformål. Sidenhen kan de offentlige myndigheder påtage sig ansvaret for afsætning af de oparbejdede brokker (se også kapitel 6 om afsætning). Afsætningen er som oftest et af de svageste led i ethvert nyt genanvendelsessystem.

Bygherrens ansvar for, at bortskaffelsen af byggeaffaldet sker på en miljømæssig forsvarlig (og lovlig) måde kan mest effektivt betones ved en øget kontrol af grusgrave, fyldpladser og lignende steder, hvor ulovlige deponeringer typisk foretages. I de tilfælde, ulovlige deponeringer konstateres, må bygherren (affaldsproducenten) drages til ansvar.

Kontrol med miljømæssigt u hensigtsmæssige og ulovlige deponeringer er også en ikke uvæsentlig forudsætning for en differentieret takststruktur og for indførelsen af regulativer for bortskaffelse af bygge- og anlægsaffald.

Informations- og videnformidling er et andet nøglebegreb, når man beskæftiger sig med styringsmuligheder. Gennem den informationskampagne vedrørende genanvendelse af byggeaffald, Miljøstyrelsen har iværksat, er informations- og videnformidlingsprocessen vedrørende afsætning af de oparbejdede brokker påbegyndt. En betoning af bygherrens ansvar kunne formidles gennem den samme kampagne. Kampagnen har bygherrens rådgivere, de rådgivende ingeniører, som en af målgrupperne.

## 7. AFSÆTNING AF OPARBEJDEDE MATERIALER

### 7.1 Indledning

I dette kapitel beskrives afsætningsmulighederne for de oparbejdede materialer, der fremkommer ved knusning og efterfølgende sigtning af tegl- og betonbrokker fra nedrivninger. Afsætningsmulighederne for hele brugsgenstande som kakkelovne, døre og gulvbrætter samt afsætningsmulighederne for træ og metal skal således ikke beskrives her.

Anvendelsesmulighederne for oparbejdet beton og murbrokker fremgår af figur 7.1.

Materiale/ anvendelse	Fyld generelt	Fyld ved drænprojekter	Vejbygnings- materiale	Beton- tillslag
Nedknust byggeaffald	Velegnet	Almindeligvis velegnet	Ikke almindeligvis velegnet	Ikke egnet
Nedknust, rent sorteret	Velegnet	Almindeligvis velegnet	Velegnet i visse tilfælde (kun til underbygning)	Velegnet i visse tilfælde
Nedknuste, rene sorterede tegl- brokker	Særdeles velegnet	Velegnet	Velegnet i visse tilfælde (kun til underbygning)	Velegnet afhængigt af brok- kens kva- litet
Nedknuste, rene sorterede beton- brokker	Særdeles velegnet	Særdeles velegnet	Velegnet	Almindeligvis velegnet

Figur 7.1 - Anvendelsesmuligheder for oparbejdede beton- og murbrokker.



Som det fremgår af tabellen er anvendelsesmulighederne - og dermed afsætningsmulighederne - stærkt afhængige af de oparbejdede brokkes kvalitet. Afsætningsmulighederne for henholdsvis oparbejdede betonbrokker og oparbejdede teglbrokker vil blive nøjere beskrevet i det følgende.

## **7.2 Afsætningsmuligheder for oparbejdede betonbrokker**

### 7.2.1 Indledning

Rene, sorterede betonbrokker er, som det også fremgår klart af figur 7.1, det materiale, der i nedknust og oparbejdet form, har de største og mest lødige anvendelsesmuligheder. Der er dog, som vi skal se i det følgende, forskelle i kvaliteten af det beton, der opstår ved forskellige typer nedrivningsarbejder. Endvidere skal man være opmærksom på, at udenlandske resultater vedrørende anvendelse af oparbejdede betonbrokker muligvis ikke altid kan overføres til danske forhold, da der blandt andet kan være forskel i tilslagsmaterialerne.

### 7.2.2 Forskelle i kvaliteter

Det er væsentligt at gøre sig klart, at der kan være store forskelle i betonbrokkernes kvalitet. I ældre ejendomme kan betonen af og til have knuste teglsten som tilslagsmateriale (murmesterbeton) i stedet for et naturmateriale (ren beton). Dette var blandt andet tilfældet ved nedrivningen af Københavns Salatfabrik. De nedknuste betonbrokker med tilslag af tegl havde en ringere kvalitet end nedknust ren beton, men bedre egenskaber end de rene teglbrokker.

### 7.2.3 Anvendelse i betonproduktion

Rene betonbrokker er i udlandet anvendt til produktion af ny beton. I Danmark har Dansk Betonforening nedsat en arbejdsgruppe, der er i færd med at udarbejde en anvisning for anvendelse af nedknust bygningsaffald i beton i passiv miljøklasse. Anvisningen påregnes færdiggjort primo 1989.

#### 7.2.4 Anvendelse til vejbygningsformål

Nedknuste betonbrokker (af ren beton) udviser ikke overraskende, gode egenskaber, som vejbygningsmateriale. COWIconsult har tidligere deltaget i renoveringen af en af landingsbanerne på Københavns Lufthavn, Kastrup. Ved denne renovering anvendtes nedknuste betonbrokker (fra den gamle landingsbane) som bærelag i den nye, med gode resultater og betydelige besparelser til følge. Ved etableringen af forsøgsbelæggningerne ved Østre Gasværk Teater blev der som nævnt i kapitel 3 anvendt nedknuste betonbrokker både som bundsikring og bærelag. De oparbejdede materialer kunne i begge tilfælde komprimeres til den fordrede densitet med den beregnede komprimeringsindsats.

Der er intet i de foretagne forsøg, der tyder på, at nedknuste, rene betonbrokker ikke er anvendelige til vejbygningsformål.

I Danmark anvendes ca. 1 mio. m<sup>3</sup>/år grusmaterialer til opbygning af bærelag. Da der skønmæssigt kun kan oparbejdes ca. 60.000 m<sup>3</sup> betonbrokker fra byggeaffald, vil det oparbejdede materiale kun kunne erstatte en lille del af det samlede grusforbrug. Der skulle på den anden side ikke, ud fra mængdemæssige betragtninger, være afsætningsproblemer for de oparbejdede materialer.

### **7.3 Afsætningsmuligheder for oparbejdede teglbrokker**

#### 7.3.1 Indledning

Rene, sorterede teglbrokker er, som det fremgår af figur 7.1, det materiale med knapt så gode egenskaber som rene, sorterede betonbrokker. I tabellen er også nævnt muligheden for anvendelse af nedknust tegl i betonproduktionen. Denne mulighed er dog næppe aktuell i Danmark foreløbig, da dansk betonindustri har en lang tradition for udelukkende at anvende råmaterialer af høj kvalitet.

### 7.3.2 Forskelle i kvaliteter

De laboratorieforsøg, der er foretaget med oparbejdede teglbrokker i forbindelser med etableringen af forsøgsbelægningerne ved Østre Gasværk Teater, viser, at der selv inden for samme nedrivning kan være relativt store forskelle i teglbrokkernes kvalitet. Der er væsentlige forskelle i indholdet af fint (sandagtigt) materiale fra den ene prøve til den anden. Det kan derfor være nødvendigt med en sortering af teglbrokker i forskellige kvaliteter under nedrivningen.

### 7.3.3 Anvendelse til vejbygningsformål

I figur 7.1 er det nævnt, at nedknuste teglbrokker er anvendelige til vejbygningsformål. Som nævnt i kapitel 3 viste laboratorieforsøgene, at teglmaterialerne fra nedrivningen af Københavns Salatfabrik havde en knap så god slidstyrke, d.v.s. var tilbøjelige til at blive yderligere nedknust under det videre arbejde.

De nedknuste teglbrokker var lette at håndtere og indbygge til en densitet, der tilfredsstillende de normale krav til bundsikringsmaterialer. Der kan skønsmæssigt produceres 250.000 m<sup>3</sup> nedknuste teglbrokker årligt. Dette kan sammenholdes med, at der årligt anvendes ca. 1,5 mio. m<sup>3</sup> grusmaterialer til bundsikringsmaterialer.

Teglbrokkerne var derimod vanskelige at komprimere til en densitet, der tilfredsstillende kravene til et bærelag. Selv med en fordobling af komprimeringsindsatsen nåede man ikke op på 100% standard proctor som krævedes af materialet ved denne anvendelse.

Den endelige vurdering af materialernes egnethed kan dog først foretages efter yderligere forsøg.

COWIconsult og Statens Vejlaboratorium har formuleret et forsøgsprojekt, der har til formål at følge forsøgsbelægningerne ved Østre Gasværk Teater i en treårs periode. Blandt andet vil materialernes påvirkning af trafikbelastninger og frost/tøprocesser blive undersøgt.

Ved demonstrationsprojektet i Århus er der sorteret ca. 60 m<sup>3</sup> "gode" teglbrokker fra, der bliver anvendt til laboratorieforsøg af Dansk Vejbeton og Statens Vejlaboratorium.

#### **7.4 Anvendelse af naturfin fraktion**

På de fleste knuseanlæg frasigtes den naturfine fraktion (0-10 mm) inden nedknusningen. Dette materiale, der typisk indeholder store mængder mørtelrester, jord o.l. vil som regel kunne anvendes som fyldmateriale. For naturfine fraktioner, der består af et ensartet materiale - f.eks. næsten rent beton"støv", kan man forestille sig andre anvendelsesmuligheder.

Eksempelvis kunne relativt rene, kalkholdige materialer anvendes som jordforbedringsmiddel. Endvidere kunne ikke for finkornet naturfin teglfraktion bruges som kattegrus.

#### **7.5 Anvendelse af sammensatte materialer**

I projektet er mulighederne for at iblande de oparbejdede brokker forskellige materialer - eksempelvis forbrændingsslagger og flyveaske - ikke undersøgt nøjere. Der er dog ingen tvivl om, at eksperimenter med forskellige, sammensatte materialer, hvori oparbejdede beton- og/eller teglbrokker er én komponent, vil kunne føre til frembringelse af materialer, der har bedre egenskaber end de rene brokker. I Holland anvendes blandt andet materialer, der er sammensat af naturmaterialer, oparbejdede brokker og smelteovns slagge.

## 7.6 Materialekvalitet og anlægstype

Ved de to demonstrationsprojekter, der er udført i forbindelse med NGB-projektet, er der anvendt relativt simple, semimobile knuseanlæg. Disse anlæg har ikke faciliteter for mekanisk frasortering af træ og lignende lette materialer, der kan "forurene" det færdige produkt. Der blev dette til trods kun konstateret meget små mængder træ i det oparbejdede materiale.

Større, stationære anlæg har som regel flere faciliteter end de semimobile anlæg. De større stationære anlæg rummer typisk muligheder for en mere nuanceret behandling af de tilførte brokker. Der er flere knusere, sigter o.s.v. Endelig er de fleste stationære anlæg forsynet med en aquamator, der kan rense brokkerne for træ og andre lette materialer.

Alt i alt er der ingen tvivl om, at større, stationære anlæg kan producere oparbejdede materialer af en højere kvalitet end mindre, mobile anlæg.

## 7.7 Økonomi

### 7.7.1 Priser på øvrige grusprodukter

Oparbejdede beton- og teglbrokker skal prismæssigt konkurrere med andre grusprodukter. Priserne på disse svinger fra sted til sted. I figur 7.2 er vist priserne på grusmaterialer i Nordsjælland.

kr/m <sup>3</sup>	Virksomhed					Min./ max.
	Farum sten & grus	Tune	Lind- holm	Ny- mølle	Darup	
MSG I						
0-32 mm	57	53	50	53	53	50-57
Betongrus						
0-8 mm	51	43	43	43	43	43-51
Sandfyld, grusfyld	21	-	-	33	24	21-33

(-) føres ikke herfra

Figur 7.2 - Gruspriser ab grav i kr./m<sup>3</sup> excl. moms, oktober 1987.

#### 7.7.2 Priser på deponering

Hvor de oparbejdede beton- og teglbrokker prismæssigt skal konkurrere med andre grusprodukter, skal modtagepriserne på knuseanlægget kunne konkurrere med de øvrige bortskaffelsesmuligheder, d.v.s. primært priser på deponering. Som nævnt i kapitlet om styringsmuligheder er der i dag muligheder for at bortskaffe byggeaffald billigt. Blandet byggeaffald kan kun bortskaffes miljømæssigt forsvarligt på kontrollerede lossepladser.

Prisen for deponering af byggeaffald på kontrolleret losseplads i Nordsjælland er opgivet til 190 kr./ton, inklusive 40 kr. statsafgift, eksklusive moms.

Til sammenligning kan nævnes, at visse grusgrave tager imod byggeaffald til 50 kr. pr. læs.

Knuseomkostningerne skal, hvis nedknusningen skal være privatøkonomisk rentabel, være væsentligt mindre end modtageprisen på losseplads plus salgsprisen for de grusprodukter, de oparbejdede produkter kan erstatte.

Da knuseomkostningerne kan skønnes til at være i størrelsesorden 40-90 kr./ton, alt afhængig af typen af det valgte knuseanlæg og størrelsen af produktionen, er nedknusning af sorterede, rene beton- og teglbrokker med overvejende sandsynlighed rentabelt, også set ud fra et privatøkonomisk synspunkt.

### **7.8 Videre undersøgelser**

For de oparbejdede betonbrokkers vedkommende er anvendelsesmulighederne relativt afklarede. Det arbejde, der i dag udføres i Dansk Betonforening/-DIF vedrørende anvendelse af oparbejdede betonbrokker til produktion af beton i passiv miljøklasse, bør videreføres.

For de oparbejdede teglbrokkers vedkommende er situationen vanskeligere at bedømme. Resultaterne af de forsøg, der udføres af Dansk Vejbeton og Statens Vejlaboratorium, samt resultaterne af de forsøg, der eventuelt vil blive udført af Statens Vejlaboratorium og COWIconsult, vil efter al sandsynlighed medvirke til en belysning af de oparbejdede teglbrokkers anvendelighed til vejbygningsformål.

Afsætningen af de oparbejdede brokker vil sandsynligvis først kunne komme rigtigt i gang, når der er udført flere fuldskalaforsøg med de konkrete anvendelser af brokkerne. De offentlige myndigheder bør tage initiativet til gennemførelse af sådanne forsøg.

Forsøgsresultaterne bør generelt formidles til et bredt forum. En sådan formidling kan eventuelt ske gennem Miljøstyrelsens nyhedsbrev vedrørende genanvendelse af byggeaffald, "Genbru'sen".

Endelig bør der iværksættes forsøg med forskellige sammensatte materialer, hvor nedknust byggeaffald indgår som en af komponenterne.





## **8. SYSTEMEKSPORT - ANALYSE AF MULIGHEDER**

### **8.1 Indledning**

Danske nedrivere har en lang tradition for nedrivning af mere eller mindre ukomplicerede bygningsværker, både hvad angår bolig- og industribygninger.

Ved nedrivningerne anvendes som oftest traditionelle metoder, som kugle, "stripning" o.lign. I enkelte tilfælde sprængning. Mere avancerede metoder anvendes i meget begrænset omfang.

Traditionelt har nedrivnings- eller opbrydningsopgaver ikke været baseret på detaljerede projektbeskrivelser. Nedriveren har som oftest selv "projekteret" nedrivningsarbejdet.

I de seneste år er enkelte nedrivninger/opbrydninger dog udført på basis af projektmateriale, hvor man på forhånd har givet anvisninger på nedrivnings/opbrydningsmetode til anvendelse ved arbejderne. Nedrivning af NKT på Frederiksberg og renoveringen af en startbane i Kastrup Lufthavn er eksempler på dette.

Gennem nærværende projekt er tidligere gjorte erfaringer indhentet og suppleret med de erfaringer, som er opnået i selve projektet. Herigennem er opnået et overblik over det begreb man kan kalde "nedrivningssystemet". D.v.s. alle de aktiviteter, der er forbundet med planlægning, projektering og udførelse af nedrivningsarbejder suppleret med anvendelse/bortskaffelse af de produkter, der opstår ved nedrivningen.

Muligheder for eksport af hele eller dele af dette system er belyst nedenfor.

### **8.2 Nedrivningssystemets bestanddele**

Nedrivningssystemet kan opdeles i to væsentlige forskellige systemelementer, nemlig:

- a. Software, der består af
  - nedrivningshåndbogen
  - erfaringer med genanvendelse og bortskaffelse
  - styringsmidler
- b. Hardware, der består af
  - nedrivningsmaskiner og særlige demolerings-tekniker
  - knuse- og sorteringsanlæg for brokker.

"Software"-delen retter sig primært mod

- rådgivere på nedrivningsprojekter
- rådgivere på arbejder, hvor nedknuste nedrivningsprodukter kan anvendes
- offentlige myndigheder, som ønsker at styre nedrivningerne og materialestrømmen herfra.

"Hardware"-delen retter sig primært mod

- entreprenører
- affaldsbehandlere.

Arten af hardware er i høj grad afhængig af de krav/ønsker, som stilles op i software-delen. Det drejer sig således om at have et varieret udbud af tekniker, som kan opfylde de ønsker/krav som måtte blive stillet i de konkrete nedrivnings/opbrydningsopgaver.

### **8.3 Anvendelsesområder for nedrivningssystemet**

Tre principielt forskellige anvendelsesområder for nedrivningssystemet kan opstilles. Disse omfatter:

- I. Steder hvor genopbygning efter jordskælv eller krigshandlinger skal foretages.
- II. Steder hvor de naturgivne ressourcer (grus og sten) er en mangelvare.
- III. Steder hvor det er vanskeligt eller dyrt at bortskaffe affaldsprodukterne.

Nedrivningssystemet kan naturligvis også anvendes på alle øvrige områder, hvor nedrivning kan komme på tale.

Hvilke dele af nedrivningssystemet, der måtte være behov for er afhængig af det konkrete anvendelsesområde. Det er endvidere afhængig af de teknologiske muligheder, der måtte være til stede på den pågældende geografiske lokalitet.

Lokalisering af potentielle geografiske områder for systemtransport kræver et detaljeret studie af hvor betingelserne I, II og III er opfyldte. Denne detaillokalisering udføres ikke i nærværende projekt.

Følgende oplagte eksempler kan dog nævnes:

Ad I: - Mexico  
- Iran, Iraq  
- Afghanistan  
- Libanon

Ad II: - De arabiske lande  
- Holland  
- Singapore  
- Hong Kong

Ad III: - Nordeuropa  
- USA  
- Singapore  
- Hong Kong.

#### **8.4 Vurdering af eksportmuligheder**

Vurderingen tager udgangspunkt i de tidligere beskrevne soft- og hardware systemelementer. Den tager endvidere udgangspunkt i de konkrete stadi for udvikling som forskellige lande befinder sig på.

Teknologi for knusning og sortering af brokker er velkendt og afprøvet i mange lande. Tyskland og Holland har her en førerposition, men mange andre lande kan fremstille og anvende knuseanlæg.

Med hensyn til nedrivningsmaskiner og demolerings-  
tekniker, må det konstateres, at der i Danmark  
haves kendskab til de foreliggende muligheder. I  
praksis er det dog kun få teknikere, der tages i  
anvendelse herhjemme.

Tilbage haves de rene software systemelementer,  
hvor Danmark med få supplerende initiativer kan  
bringe sig i en førerposition globalt. Dette bety-  
der ikke, at hardware elementerne ikke kan ekspor-  
teres. De bør dog primært indgå i samlede system-  
løsninger overfor modtagerlande.

I enkelte tilfælde, især i forbindelse med anven-  
delsesområde I (jordskælv o.lign.), kan eksport af  
hardware elementer være relevant. Den vurderes dog  
som oftest at skulle følges af elementer fra soft-  
ware-delen, især med hensyn til erfaringer med  
genanvendelse og bortskaffelse samt detailviden om  
demoleringstekniker.