

# Produktområdeprojekt vedrørende betonprodukter – handlingsplan

Mette Glavind, Jørn Bødker, Dorthe Mathiesen og  
Kirsten Pommer  
Teknologisk Institut

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

# Indhold

<b>FORORD</b>	<b>5</b>
<b>SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER</b>	<b>7</b>
INTERESSENTANALYSE	7
PROBLEMANALYSE	7
PRIORITERING	8
<b>SUMMARY AND CONCLUSIONS</b>	<b>9</b>
ANALYSIS OF THE INTERESTED PARTIES	9
TROUBLE SHOOTING	9
PRIORITIZATION OF THE PROPOSALS	10
<b>1 FORMÅL</b>	<b>13</b>
<b>2 FREMGANGSMÅDE</b>	<b>15</b>
2.1 INTERESSENTANALYSE	15
2.2 PROBLEMANALYSE	15
2.3 MÅLANALYSE	16
2.4 ANALYSE AF ALTERNATIVE STRATEGIER	16
2.5 FORSLAG TIL HANDLINGSPLAN	16
<b>3 PRIORITERING AF INDSATSOMRÅDER</b>	<b>17</b>
3.1 RÅSTOFFER	17
3.2 ENERGI/DRIVHUSEFFEKT	17
3.3 MILJØEFFEKT	18
3.4 SUNDHEDSEFFEKT	19
<b>4 FORSLAG TIL AKTIVITETER</b>	<b>21</b>
4.1 OVERSIGT OVER PROJEKTFORSLAG	21
4.2 PRIORITERING AF PROJEKTER	21
4.3 BESKRIVELSE AF DE ENKELTE PROJEKTFORSLAG	23
4.3.1 <i>Kulbrinter – hvor kommer det fra, og hvordan løses problemet?</i>	23
4.3.2 <i>Energiforbrug til udtørring</i>	26
4.3.3 <i>Anvendelse af nedknust beton i bærende konstruktioner</i>	28
4.3.4 <i>Beton og indeklima / energi til opvarmning/ nedkøling</i>	29
4.3.5 <i>Udvaskning af nedknust beton med flyveaske og andre restprodukter</i>	31
4.3.6 <i>Miljø og betonbrochure</i>	32
<b>5 INPUT FRA INTERESSENTGRUPPEN</b>	<b>34</b>
5.1 RESUME AF WORKSHOP	34
<b>6 REFERENCER</b>	<b>35</b>
 Bilag A: Branchebeskrivelse	
Bilag B: Miljøanalyse	
Bilag C: Sammenlignende opgørelse af miljøeffekter og ressourceforbrug	
Bilag D: Referat fra Workshop	



# Forord

Nærværende handlingsplan udgør første fase af projektet ”Produktområdeprojekt vedrørende betonprodukter”.

Det overordnede formål med produktområdeprojektet er at bidrage til at nedsætte miljøbelastningen fra byggeriet ved løsning af nogle af de væsentligste miljømæssige problemer for beton, gennem øget udnyttelse af betons miljøgavnige egenskaber samt ved at fremme gode miljøegenskaber af betonprodukter i forbindelse med produktion, opførelse og anvendelse, herunder håndtering af det affald der opstår i hele betonproduktets livscyklus.

Handlingsplanen er udarbejdet af Teknologisk Institut i samarbejde med Betonindustriens Fællesråd og Aalborg Portland A/S. Desuden har en lang række interessenter bidraget til handlingsplanen gennem en workshop og ved skriftlig/elektronisk kommentering.

Projektets følgegruppe består af følgende:

Teknologisk Institut (projektleder)	Mette Glavind
Betonindustriens Fællesråd	
- Betonelement-Foreningen	Poul Erik Hjorth
- Dansk Byggeri	Jacob Hougaard Hansen
- 4K-Beton A/S	K. Bernth Eriksen
Dansk Byggeri	Kjeld Almer Nielsen
Aalborg Portland A/S	Jesper Sand Damtoft
Betonproducenter	
- H+H Fiboment A/S	Erik Fredborg,
- Leo Nielsen A/S	Gunnar Hansen
Sekretariat <sup>1</sup> , Erik K. Jørgensen A/S	Ninkie Bendtsen
Miljøstyrelsen	Inge Werther

Handlingsplanen er udarbejdet i perioden 1. januar 2003 - 30. september 2003.

Næste fase i produktområdeprojektet handler om at gennemføre handlingsplanen. Udvælgelsen af projekter i handlingsplanen vil blive foretaget af projektets følgegruppe i samarbejde med interessentgruppen og efter godkendelse af Miljøstyrelsen og dets rådgivende bedømmelsesudvalg.

---

<sup>1</sup> Miljøstyrelsens sekretær til koordinering af projekter igangsat på basis af det tidligere byggepanels handlingsplan



# Sammenfatning og konklusioner

Betonprodukter er udpeget som et særligt indsatsområde fra Miljøstyrelsens side. Miljøstyrelsen ønsker at fokusere på mulighederne for at nedsætte miljøbelastningen fra byggeriet ved løsning af nogle af de væsentligste miljømæssige problemer for beton.

Nærværende rapport er første fase i projektet "Produktområdeprojekt vedrørende betonprodukter" og er et forslag til handlingsplan for projektets videre forløb.

Handlingsplanen er udarbejdet af Teknologisk Institut i samarbejde med Betonindustriens Fællesråd og Aalborg Portland A/S i perioden januar-september 2003.

Udarbejdelsen af handlingsplanen har fulgt principperne i LFA (Logical Framework Approach) og har givet følgende resultater:

## Interessentanalyse

Alle interessenter i et betonprodukts livsforløb er blevet identificeret og inddraget aktivt i udarbejdelsen af handlingsplanen. De involverede parter er vist i nedenstående oversigt.

Fremstilling af råvarer	Fremstilling af beton	Opførelse	D&V og reparation	Nedrivning og bortskaffelse
Aalborg Portland E-mineral Fosroc Foreningen af Sten- og Grusindustrier Foreningen af Danske Ral- og Sandsugere Skov- og Naturstyrelsen Optiroc	Fabriksbetonforeningen – Teknisk udvalg Betonelementforeningen – Teknisk udvalg Fabriksbetonforeningen Teknisk Udvalg	Dansk Byggeri Foreningen af rådgivende ingeniører F.R.I. Entreprenører (NCC)	Vejdirektoratet Bygherreforeningen	RGS 90 Concrete Plant Technology Dansk Byggers Nedbrydersektion Dansk Byggeri - Miljøsektionen

## Problemanalyse

Alle faser i et betonprodukts livscyklus er blevet gennemgået og vurderet. De væsentligste miljøpåvirkninger kommer fra:

- Anvendelse af legeret stål til armering
- Betydeligt energiforbrug til fremstilling af klinker og armeringsjern samt nedbrydning og genanvendelse af materialer
- Betydeligt energiforbrug til udtørring og opvarmning i byggefasen
- Udvaskning af kulbrinter fra beton og betonslam og tungmetaller stammende fra restprodukter
- Indeklima og arbejdsmiljømæssige forhold ved anvendelse og nedbrydning

- Sundheds- og miljømæssige forhold ved overfladebehandlingsprodukter

## Prioritering

De opstillede forslag er dels blevet bearbejdet i projektets arbejdsgruppe, dels blevet diskuteret på en workshop, hvor interessentgruppe og følgegruppe var tilstede.

Blandt de udpegede områder i problemanalysen er det valgt at se bort fra:

- Forhold omkring armering, da legeret stål anvendes i begrænset udstrækning, og da reduktion af miljøpåvirkninger ved produktion af armering ligger uden for dette projekts regi
- Forhold omkring cementproduktion, da dette ligger uden for dette projekts regi
- Arbejdsmiljømæssige forhold ved nedknusning, da der her fokuseres på miljømæssige forhold.

Generelt er det valgt at lægge vægt på formidling af produktområdeprojektets resultater til en bred kreds indenfor branchen.

Et område der har været højt prioriteret er projektet vedrørende kulbrinter i betonslam. Der er allerede igangsat en første fase vedrørende dette emne, der har til formål at identificere, hvor kulbrinterne stammer fra, og hvordan mængden af kulbrinter reduceres.

De højest prioriterede projekter er:

- Kulbrinteprojekt (fase 2), hvis mål er at klarlægge udvaskning og foreslå grænseværdier. Projektet har et budget på 440 tkr. og kan gennemføres over 9 måneder.
- Nedknust beton som tilslag, hvis mål er at spare stenmaterialer og give producenterne mulighed for at anvende eget affald. Projektet har et budget på 600 tkr. og kan gennemføres over 10 måneder.
- Beton og indeklimate, hvis mål er at afklare både de negative og positive indeklimatepåvirkninger fra beton i byggeri. Projektet har et budget på 600 tkr. og kan gennemføres over 12 måneder.
- Brochure, hvis formål er at formidle facts om beton og miljø. Projektets budget er på 200 tkr. og kan gennemføres over 3 måneder.:
- Udtørring af beton, hvis mål er at opnå en 50% besparelse på energi anvendt til udtørring i byggefasen. Projektet har et budget på ca. 1 mio kr. og kan gennemføres i løbet af 1½ år.
- Udvasning af tungmetaller, hvis formål er at afklare omfanget og belastningen af udvasning af tungmetaller fra flyveaske og andre restprodukter, der kan anvendes i beton. Projektet har et budget på 500 tkr. og kan gennemføres på 10 måneder.

På længere sigt er der et ønske i branchen om at gennemføre en indsats omkring anvendelsen af sundhedsmæssigt belastende stoffer i materialer, der anvendes til overfladebehandling af beton. Der blev fremsat ønske dels om værktøjer til at vælge de mindst belastende produkter i forbindelse med brug og bortskaffelse, dels tiltag der kan fremme design, hvor overfladebehandling minimeres.



# Summary and conclusions

The Danish Environmental Protection Agency has appointed concrete products to be a focus area. The Danish EPA wishes to focus on the possibilities of reducing the environmental impact from the construction industry by solving some of the main environmental problems when using concrete.

The present report presents phase 1 of the project "Project on the focus area concrete products" and is a proposal for a plan of action concerning the continuation of the project.

The plan of action was prepared by the Danish Technological Institute together with Betonindustriens Fællesråd and Aalborg Portland A/S during January-September 2003.

The preparation of the plan of action was based on the principles of LFA (Logical Framework Approach), and the following results were achieved:

## Analysis of the interested parties

All parties interested in the life cycle of a concrete product were identified and asked to participate actively in the preparation of the plan of action. The parties in question are listed in the table below.

Production of raw materials	Production of concrete	Construction	Service and maintenance	Demolition and disposal
Aalborg Portland	Fabriksbetonforeningen – Teknisk udvalg	Dansk Byggeri	Vejdirektoratet	RGS 90
E-mineral	Betonelementforeningen – Teknisk udvalg	Foreningen af rådgivende ingeniører F.R.I.	Bygherreforeningerne	Concrete Plant Technology
Fosroc	Betonindustriens Fællesråd	Entreprenører (NCC)		Dansk Byggeris Nedbrydersektion
Foreningen af Sten- og Grusindustrier				Dansk Byggeri – Miljøsektionen
Foreningen af Danske Ral- og Sandsugere				
Skov- og Naturstyrelsen				
Optiroc				

## Trouble shooting

All the phases of the life cycle of a concrete product were reviewed and assessed. The main environmental impacts from concrete products are caused by:

- the use of alloy steel for reinforcement

- substantial energy consumption for clinkers and reinforcement, and demolition and recycling of construction materials
- substantial energy consumption for drying-out and heating in the construction phase
- leaching of hydrocarbons from concrete and concrete slurry as well as heavy metals from residual products
- indoor climate and matters concerning the working environment when using and demolishing buildings
- matters concerning health and environment when using surface treated products

#### Prioritisation of the proposals

The working group of the project worked out the proposals, which were then discussed in a workshop where the interested parties and the steering committee participated.

Among the focus areas identified in the trouble shooting it was decided to leave out the following areas:

- matters concerning reinforcement – as alloy steel is only used in a small scale, and as the reduction of the environmental impact caused during the manufacturing of reinforcement is not within the scope of the project
- matters concerning the manufacture of concrete – which is not within the scope of the project
- matters concerning occupational health during demolition, as the main issues addressed in the present project concerns environmental matters.

In general, much attention was given to the importance of presenting the results of the project to a large number of people within the construction industry.

The project on hydrocarbons in concrete slurry is an area that is highly prioritised. Phase 1 concerning this issue has already been initiated. The purpose of the phase is to identify what causes the hydrocarbons in concrete slurry, and how the amount of hydrocarbons can be reduced.

The projects with top priority are:

- A project on hydrocarbons (phase 2). The purpose of the project is to identify the leaching of hydrocarbons and suggest limit values. The budget of the project is 440,000 DKK, and it can be finished within nine months.
- A project on using demolished concrete as aggregate. The purpose of the project is to reduce the use of coarse aggregate and give the manufacturers a possibility to use their own waste. The budget of the project is 600,000 DKK, and it can be finished within 10 months.
- A project on concrete and indoor climate. The purpose of the project is to clarify the negative as well as the positive effects of concrete on the indoor climate in buildings. The budget of the project is 600,000 DKK, and it can be finished within 12 months.
- A leaflet with the purpose of presenting specific information on concrete and the environment. The budget of the project is 200,000 DKK, and it can be finished within three months.
- Drying-out of concrete. The purpose of the project is to obtain a 50 percent reduction of the energy used for drying-out in the construction

phase. The budget of the project is 1,000,000 DKK, and it can be finished within 18 months.

- Leaching of heavy metals. The purpose of the project is to clarify the extent and the impact of the leaching of heavy metals from fly ashes and other residues that are used in concrete. The budget of the project is 500,000 DKK, and it can be finished within 10 months.

In the long run the construction industry wishes to contribute to the reduction in the use of hazardous substances in materials used for surface treatment of concrete. At the workshop the participants expressed their interest in developing tools to help the industry to choose the products with less impact on the environment and later on when disposing of the waste. Furthermore, there was an interest in encouraging design diminishing surface treatment.



# 1 Formål

Det overordnede formål med Produktområdeprojekt for betonprodukter er at bidrage til at nedsætte miljøbelastningen fra byggeriet. Dette kan opnås ved at løse nogle væsentlige miljøproblemer i forbindelse med anvendelse af beton, gennem øget udnyttelse af betons miljøgavnige egenskaber samt ved at fremme gode miljøegenskaber af betonprodukter. Der tages højde for alle miljøpåvirkningerne i forbindelse med udvikling, produktion, opførelse og anvendelse, herunder håndtering af det affald, der opstår i hele betonproduktets livscyklus. Der fokuseres på at opnå resultater, der fremmer miljøaspekterne ved anvendelse af beton.

Dette kræver:

1. Gennemførelse af en analyse af miljømæssige muligheder og udfordringer. Analysen har til formål at udpege, hvor betons egenskaber med størst fordel kan anvendes til at forbedre det samlede byggeris miljøforhold, samt gennemgå betonproduktionens hovedområder set ud fra en livscyklustankegang under hensyntagen til interessenter og marked gennem en systematisk tilgang ved hjælp af LFA (Logical Framework Approach) som værktøj.

Ud fra analysen opstilles en handlingsplan. Handlingsplanen skal være et oplæg til, hvordan man fremmer løsningen af nogle af de væsentligste miljøproblemer og udnytter betonens egenskaber til fordel for miljøet. Handlingsplanen skal desuden indeholde en prioriteret liste over forslag til den kommende indsats. Handlingsplanen opstilles ud fra forslag til aktiviteter, forbrug af ressourcer, forventede mål og resultater samt overvejelser om forudsætninger for planens gennemførelse.

2. Gennemførelse af handlingsplanen eller dele af handlingsplanen. Udvalgelsen af projekter i handlingsplanen vil blive foretaget af projektets følgegruppe i samarbejde med interessentgruppen og efter godkendelse af Miljøstyrelsen og dets rådgivende bedømmelsesudvalg.

Nærværende rapport vedrører alene ovennævnte punkt 1.



## 2 Fremgangsmåde

Udarbejdelse af handlingsplanen har været opdelt i 5 faser:

- Interessentanalyse
- Problemanalyse
- Målanalyse
- Analyse af alternative strategier
- Design af projekter – færdiggørelse af handlingsplan.

### 2.1 Interessentanalyse

Der søges identificeret interessenter, der repræsenterer alle led i betonprodukternes livscyklus. Resultatet af interessentanalysen ses i bilag A , afsnit A.7.

### 2.2 Problemanalyse

Der gennemføres en livscyklusscreening efter principperne beskrevet i Miljøstyrelsens notat ”Generel orientering” samt forventet indhold af et produktområdeprojekt, jf. udbudsmaterialet. Livscyklusscreeningen gennemføres alene ud fra en kortlægning af allerede gennemførte aktiviteter. Livscyklusscreeningen dækker kun én konstruktionsdel af beton og må betragtes som et eksempel.

Dette eksempel på en livscyklusscreening er suppleret med en repræsentativ dækkende miljøanalyse.

Livscyklusforløbet for betonprodukter beskrives ikke – som anbefalet i ovennævnte notat med 4 faser – men med 5 faser, som det er sædvane for betonprodukter. De 5 faser er:

1. Fremstilling af råvarer
2. Fremstilling af betonprodukter
3. Opførelse
4. Drift og vedligehold og reparation
5. Nedrivning og bortskaffelse

Livsforløbet beskrives af et flowdiagram, hvor der lægges vægt på overblikket. Resultaterne præsenteres, så de giver overblik over og et grundlag for at udpege de stoffer, materialer og processer, der giver anledning til væsentligste miljøpåvirkninger.

Resultatet af livscyklusscreeningen og miljøanalysen ses i bilag B og C.

### 2.3 Målanalyse

Ud fra problemanalysen omformuleres problemerne og mulighederne til kvantitative mål, der kan opfyldes gennem projektet. Disse mål er en række forslag til minimering af miljøbelastningen og udnyttelse af beton til fremme for miljøet med fokus på resultater for betonproducenterne. Specielt vil der blive fokuseret på udviklingsbehov i betonbranchen, det vil sige øget produktion med mindre miljøbelastning, også set i et livscyklusperspektiv.

De nødvendige aktiviteter, der skal gennemføres for at opnå de ønskede resultater, skitseres, og de nødvendige ressourcer i form af mandtimer, udlæg mv. fastlægges. Forudsætningerne, der opstilles for at nå de ønskede mål, afklares og vurderes. Dette omfatter en vurdering af, hvilke forudsætninger

- arbejdsgruppen er herre over
- der kan påvirkes samt
- hvilke forudsætninger, der ikke kan påvirkes.

Resultatet af målanalysen kan ses i kapitel 3 Prioritering af indsatsområder.

### 2.4 Analyse af al ternative strategier

Analysen og de opstillede forslag er diskuteret på en workshop, hvor interessentgruppen deltog. Resultatet af workshoppen er bearbejdet af arbejdsgruppen og er anvendt til færdiggørelse af handlingsplanen.

Resume af workshoppen fremgår af kapitel 5.1 og referatet fra workshoppen er gengivet i bilag D.

### 2.5 Forslag til handlingsplan

Handlingsplanen justeres ud fra input fra interessent- og følgegruppe og gøres færdig. Der opstilles en prioriteret liste over forslag til kommende indsats.

Den endelige handlingsplan ses i kapitel 4 Forslag til aktiviteter.



# 3 Prioritering af indsatsområder

I forbindelse med problemanalysen er der identificeret en række problemstillinger, der kan forbedres. I dette kapitel er gennemgået problemstillingerne:

- Råstoffer
- Energi/drivhuseffekt
- Miljøeffekt
- Sundhed

Inden for hver af disse problemfelter er det vurderet, hvilke tiltag der vil have størst miljømæssig effekt, under de tidligere nævnte forudsætninger om at tiltagene skal komme betonproducenterne tilgode.

## 3.1 Råstoffer

Råstofforbruget i forbindelse med anvendelsen af beton er bortset fra energiforbruget ikke særlig belastende set i LCA-sammenhæng. Det skyldes især, at så godt som alle råstofferne findes i rigelige mængder og på ingen måde er udsat for at slippe op i en overskuelig fremtid.

Sagen stiller sig helt anderledes, hvis der anvendes rustfrit stål eller syrefast stål som armeringsjern, som vil medføre træk på knappe ressourcer af chrom, nikkel og molybdæn.

Det vurderes, at anvendelsen af rustfrit stål og syrefast stål er meget begrænset, og at der derfor ikke er basis for at iværksætte yderligere undersøgelser inden for dette felt.

I en traditionel livscyklusvurdering vil råstoffer til betonfremstilling ikke vægte, fordi disse findes i rigelige mængder på jorden. Hensynet til forringelse af naturen ved intensiv råstofudvinding, transport af råvarer, problemer med deponering af nedbrudte betonkonstruktioner og betonproducenteres ønske om "zero-waste" produktion tilsiger alligevel, at der fokuseres på mulighederne for at substituere nye råvarer fx tilslag med nedknust beton

## 3.2 Energi/drivhuseffekt

Drivhuseffekten, som stammer fra energiforbruget, er relativt stor. Hertil kommer CO<sub>2</sub>-udslippet som konsekvens af calcineringen. Dette udslip udgør 50% af de samlede CO<sub>2</sub>-emissioner ved cementproduktion og 15% af det samlede drivhuseffektbidrag (Beregnet i et eksempel med en kantbjælke til en bro, se bilag C).

Energiforbruget i forbindelse med fremstilling af betonkonstruktioner relaterer sig i prioriteret rækkefølge til:

- Fremstilling af klinker

- Fremstilling af armeringsjern
- Nedbrydning og genbrug af materialerne

I forbindelse med bygninger er der endvidere et energiforbrug til transport, opførelse, udtørring og opvarmning i byggefasen.

Drivhuseffekten kan blandt andet reduceres ved at reducere mængden af klinkerbaseret cement, og erstatte dette med en række forskellige industrielle affaldsprodukter som fx flyveaske.

Det vurderes, at det er udenfor dette projekts rammer at arbejde med det energiforbrug, der medgår til fremstilling af klinker og til fremstilling af armeringsjern. Reduktion af energiforbruget og dermed drivhuseffekten i forbindelse med substitution af cement med industrielle restprodukter er belyst i andre projekter som fx projekt "Grøn beton".

Fokus i dette projekt i relation til energi/drivhuseffekt vil derfor være:

- Energiforbrug i forbindelse med opførelse af bygninger og betonkonstruktioner. Dette omfatter også energi til udtørring og til opvarmning i byggeperioden.
- Energiforbrug i forbindelse med nedknusning af beton til genbrug.

### 3.3 Miljøeffekt

Miljøeffekterne af anvendelse af betonen er, udover drivhuseffekten, relativt dårligt beskrevet, og det er muligt, at disse problemer er relativt begrænsede set fx i forhold til drivhuseffekten. Tilsyneladende relaterer miljøeffekterne fra anvendelsen af beton sig især til følgende problemstillinger angivet i uprioriteret rækkefølge:

- Udvaskning af kulbrinter fra beton og betonslam
- Udvaskning af tungmetaller fra beton med højt indhold af industrielle retsprodukter
- Udvaskning af miljøfremmede stoffer fra nedbrydningsmaterialer. Disse stoffer blandes sandsynligvis i beton under brug og/eller under selve nedbrydningen

Nedrivning af byggeri og de dermed forbundne miljøproblemer undersøges i andre projekter, som er aktive netop nu, hvorfor fokus i dette projekt må være:

- Udvaskning af kulbrinter fra beton og betonslam
- Udvaskning af tungmetaller fra beton med højt indhold af industrielle retsprodukter

Udvaskning af kulbrinter fra betonslam vurderes af betonbranchen at være et så påtrængende problem, at iværksættelsen af en undersøgelse heraf ikke skal afvente en samlet prioriteringsplan. Projekt om kulbrinter i slam har været undersøgt af Branchens "Kulbrintegruppe", og arbejdet fortsættes, idet Miljøstyrelsen den 8. juli 2003 har accepteret, at der anvendes midler hertil.

### 3.4 Sundhedseffekt

Sundhedseffekterne ved anvendelse af beton knytter sig især til betonens konsekvenser for indeklimaet. Beton har et dårligt renommé som kilde til et dårligt indeklima. Dette er sandsynligvis fejlagtigt, idet meget taler for, at beton tværtimod har gode indeklimateforbedrende egenskaber. Disse fordele bør afklares og dokumenteres.

I forbindelse med nedrivning af betonkonstruktioner kan der opstå støvproblemer, og der kan fx dannes kvartsholdigt støv, som kan være sundhedsfarligt at indånde, men dette sundhedsproblem vurderes at være af mindre omfang og nedprioriteres derfor i denne sammenhæng.



## 4 Forslag til aktiviteter

På baggrund af de overvejelser, der er gjort i forbindelse med udarbejdelse af handlingsplanen foreslås igangsat følgende projekter:

1. Kulbrinter – hvor kommer de fra, og hvordan løses problemet?
2. Reduktion af energiforbrug til udtørring
3. Anvendelse af nedknust beton i bærende konstruktioner
4. Beton og indeklima/energi til opvarmning/nedkøling
5. Udvaskning af nedknust beton med flyveaske og andre restprodukter
6. Miljø- og betonbrochure

Først gives en oversigt over disse forslag i skematisk form og efterfølgende beskrives de i detaljer.

### 4.1 Oversigt over projektforslag

Oversigten er vist i Tabel 4.1.

### 4.2 Prioritering af projekter

Følgegruppen er enige om, at alle de foreslåede projekter er relevante.

Der blev på interessentworkshoppen efterlyst en afklaring og evt. et projekt om anvendelsen af sundhedsfarlige stoffer i forbindelse med overfladebehandling af beton samt mulighederne for at designe betonkonstruktioner, således at sundhedsfarlige overfladebelægnings kan minimeres. Et sådant projekt er ikke beskrevet og vil heller ikke pt. blive prioriteret højt. Senere, hvis der skulle åbne sig muligheder for en ekstrabevilling, vil dette emne blive indraget i prioriteringen.

Kulbrinteprojektet er allerede igangsat. Projekterne om "Anvendelse af nedknust beton i bærende konstruktioner" og "Beton og indeklima /energi til opvarmning/nedkøling" igangsættes så snart der gives accept fra Miljøstyrelsen.

Udarbejdelse af brochure forventes udarbejdet sidst i projektet. Der vil dog løbende blive opsamlet data, der skal indgå i brochuren.

Projekterne "Energiforbrug til udtørring" og "Udvaskning af nedknust beton med flyveaske og andre restprodukter" vil ikke blive igangsat før en evt. ekstrabevilling er afklaret.

Table 4.1 Oversigt over projektforslag

	Kulbrinte 1. del	Kulbrinte 2. del	Udtørring	Nedknuet beton	Indeklima	Udvaskning	Brochure
<b>Formål</b>	1. Betonbranchens muligheder for reduktion af udslip	Klarlægge udvaskning og foreslå grænseværdier	Mindske energiforbrug til udtørring.	Dokumentation for anvendelse i bærende konstruktioner.	Afklaring af positive og negative indeklima-påvirkninger	Afklaring af omfanget af udvaskning af tungmetaller og af om det udgør et miljøproblem	Formidle facts om beton og miljø
<b>Resultat for miljøet</b>	Reduceret kulbrintebelastning.	Forslag til grænseværdier	50 % energibesparelse anslået til 0.4 TWH.	Besparelser på 0.7 mio. tons rene stenmaterialer om året.	Indeklimarigtigt valg af byggematerialer og muligheder for energibesparelser	Reduktion af tungmetaller, af energi og af drivhuseffekt.	Reduktion af miljøpåvirkninger gennem udnyttelse af muligheder for at producere og anvende beton miljørigtigt.
<b>Resultat for branchen</b>	Muligheder for begrænsning af problemer med deponering og genanvendelse.	Klare regler	Tidsbesparelser og økonomiske besparelser/bedre service med skræddersyede betoner.	Muligheder for "zero-waste" produktion og besparelser til transport og deponering	Dokumentation	Økonomiske besparelser og fleksibilitet i valg af delmaterialer.	Bedre image/ Miljørigtig produktion og anvendelse af beton.
<b>Aktiviteter</b>	Analyse af slam og arbejdsgange	Udvaskningsforsøg. Fastlæggelse af grænseværdi.	Erfaropsamling. Materialeudvikling. Metode- og konstruktionsudvikling. Vejledning og beregningsværktøj.	Karakterisering og analyse Forsøg Ajourføring af anvisning. Normtillæg	Litteratur vedr. afdampning Måling af afdampning Litteratur vedr. termisk indvirkning Modellering og måling	Litteratur Forsøgsplanlægning Forsøg Evaluering og vejledninger	Råtekst Sprog + lay-out Trykning
<b>Aktører</b>	TI Producenter Nedrivningsbranchen	TI DHI Producenter Myndigheder	TI Producenter Entrepenører	TI Producenter	TI Producenter Bygherrer DTU	TI Producenter DHI	TI Kommunikationsfirma
<b>Budget, kr. (EF)</b>	490.875	407.500	500.000	505.000	400.000	400.000	200.000 kr.
<b>Egenfinansiering</b>	ca.60.000	ca.30.000	ca. 500.000	ca.100.000	ca. 200.000	ca.100.000	
<b>Tidsplan</b>	9 måneder igangsat	7 måneder	18 måneder	10 måneder	12 måneder	10 måneder	3 måneder

## Beskrivelse af de enkelte projektforslag

### 4.2.1 Kulbrinter – hvor kommer det fra, og hvordan løses problemet?

#### 4.2.1.1 *Formål*

Formålet er todelt:

- At afklare i hvor høj grad betonbranchen kan bidrage til at reducere forureningen med kulbrinter i forbindelse med fremstilling og anvendelse af beton. I denne forbindelse undersøges, hvor kulbrinterne stammer fra, hvorledes forskellige kemikalier påvirker analysen for kulbrinte, og hvilke muligheder branchen har for at reducere kulbrinteindholdet i affaldet.
- At afklare, hvor stor kulbrintebelastning af miljøet, der kan komme fra deponeret beton og betonslam. Det skal afklares, hvorledes beton og betonslam mest hensigtsmæssigt testes for udvaskningsrisiko, hvorefter man på baggrund af udvaskningsforsøg kan foreslå grænseværdier for kulbrinte i materialerne anvendt til forskellige formål.

#### 4.2.1.2 *Resultat*

Den miljømæssige gevinst ved projektet vil være et reduceret udslip af kulbrinte til miljøet.

#### 4.2.1.3 *Baggrund*

Man finder kulbrinte såvel i:

- Betonslam fra rengøring af maskiner
- Betonrester fra fabrikation af beton m.m.
- Nedknust beton fra nedrivning

Miljøproblemerne, der er forbundet med dette olieindhold, relaterer sig til risikoen for udvaskning og nedsivning af kulbrinter til grundvandet. Der hersker imidlertid stor usikkerhed om, hvor kulbrinterne stammer fra og om de overhovedet udvaskes fra deponeret materiale.

Der findes en lang række test til at bestemme udvaskningen af forurenende stoffer fra deponeret affald og lignende. Ingen af disse test er velegnede til at dokumentere udvaskningen af mineralolie fra betonslam eller betonaffald.

I betonindustrien anvendes formslipmidler i en størrelsesorden af ca. 180 ml pr. m<sup>3</sup> fremstillet beton. Med et forbrug af beton på ca. 1.500 kg pr. indbygger pr. år i Danmark, betyder det et samlet forbrug af olie på godt 500 m<sup>3</sup> pr. år, som spredes i miljøet.

#### 4.2.1.4 *Indhold*

Projektet inddeles i faser, der er designet til at besvare en række udestående spørgsmål.

##### 1. Hvor stammer kulbrinterne fra?

Stammer kulbrinterne fra kemikalier, der bruges i betonindustrien?

I denne fase undersøges, hvilke kemikalier der anvendes i betonindustrien, og som senere kan genfindes som kulbrinter i og på beton. Der lægges i denne forbindelse særlig vægt på formolier, smøreolie og rengøringsmidler (især koldaffedtningsmidler).

Nogle typisk større betonfabrikanter vil blive besøgt, og der vil blive udarbejdet lister over de anvendte kemikalier, som derefter vil blive undersøgt og beskrevet nøjere. På dette grundlag vurderes det, om forbruget af kemikalierne kan bidrage til de koncentrationer af kulbrinter, som man finder i beton og betonslam.

Kulbrinte i beton skyldes muligvis tidligere tiders omfattende brug af formlipmidler på mineraloliebasis. Der skal derfor indsamles og analyseres prøver af relativ nyudstøbt beton for på den måde at sikre, at ikke også de nye produktionsmetoder producerer beton med kulbrinter, som senere kommer til at udgøre et miljøproblem.

#### 2. Hvorledes påvirker de kemiske hjælpestoffer kulbrinteanalysen?

I betonindustrien bruges der en række kemiske forbindelser som fx luftindblandingsmidler og vegetabiliske formlipmidler. Det er usikkert, hvorledes disse stoffer vil blive analyseret, og om de måske fejlagtigt vil give anledning til "fejlagtige" høje kulbrinteværdier. Dette forhold skal afklares.

#### 3. Hvad er årsagen til, at kulbrintekoncentrationen svinger så voldsomt både på den enkelte virksomhed og virksomhederne imellem?

I forbindelse med det allerede gennemførte "kulbrinteprojekt", som betonbranchen har stået for, har man set meget svingende måleresultater for kulbrinteindhold i betonslam. Disse svingninger kan enten skyldes produktionsmæssige forhold eller prøvetagnings- og analyse-mæssige forhold. Denne problemstilling skal afklares, og den eventuelle lære heraf udtrages.

#### 4. Kan slammet renses?

Hvis det ikke er muligt at reducere tilførslen af kulbrinte og lignende kemikalier til slammet, er det måske muligt, at slammet kan renses for indhold af kulbrinte. Der findes allerede en række forslag til rensning (bakterier/iltning eller indstøbning og nedknusning). Disse metoder skal beskrives og evalueres.

#### 5. Hvorledes begrænser man udslippet af kulbrinte til miljøet?

Hvad kan betonindustrien gøre for at begrænse udslippet af kulbrinter? På grundlag af ovenstående undersøgelser opstilles en række anbefalinger til, hvorledes betonindustrien kan forhindre, at kulbrinterne forurener betonen, og hvorledes man reducerer udslippet af kulbrinter til naturen. De nye formlipmidler vurderes, og der udarbejdes anbefalinger i brug af slipmidler. Tilsvarende udarbejdes der anbefalinger til brug af rengøringsmidler, smøre- og hydraulikolier m.m.

#### 6. Udvaskes kulbrinterne fra beton og betonslam, og hvilke miljøkonsekvenser har det?

Hvorledes foregår det i vore nabolande?

Kulbrinterne, som findes i beton og betonslam, der deponeres, kan muligvis udvaskes og ende i grundvandet. Der findes ingen officielle regler for krav til renhed af deponeret beton, men myndighederne henholder sig ofte til reglerne for deponering af forurenede jord, som de fx er beskrevet i "Vejledning i håndtering af forurenede jord på Sjælland" fra juli 2001, som er udgivet af Amterne på Sjælland og Lolland/Falster samt Frederiksberg og Københavns Kommune".

Problemstillingen med udvaskning fra beton er også aktuel i andre lande. I Norge er i 2002 udgivet Byggforsk rapport om emnet ("Miljøpåvirkning ved bruk av resirkulert tilslag"), og problemstillingen diskuteres endvidere i det



europæiske ECO\_SERVE netværk, som Teknologisk Institut er medlem af. Der er derfor et stærk behov for at samle de udenlandske erfaringer om dette problemfelt, inden behovet for yderligere kemiske undersøgelser og eventuelt udvaskningsforsøg vurderes.

#### 7. Hvorledes skal udvaskningsforsøg tilrettelægges og tolkes?

Det er uklart, hvorledes kulbrinter udvaskes fra deponeret beton og betonslam. Før der iværksættes en praktisk forsøgsserie for at afklare dette problem, skal det afklares, hvorledes resultaterne skal tolkes. Hvor stor udvaskning er acceptabel, og hvilke koncentrationer af kulbrinte kan man acceptere i perkloratet set i forhold til, hvad der udvaskes fra forurenede jord eller fra veje fremstillet af nye materialer?

#### 8. Forsøg - Hvor meget udvaskes?

Der skal gennemføres en række udvaskningsforsøg med betonslam, hvor der foruden kulbrinter (herunder PAH-forbindelser) også analyseres for en lang række andre kemiske parametre (fx PCB, blødgørere og tungmetaller).

Det er tanken at inddrage Dansk Hydraulisk Institut i forbindelse med udvaskningsforsøgene.

#### 9. Hvad er en rimelig grænseværdi?

På grundlag af resultaterne fra udvaskningsforsøg foreslås et sæt grænseværdier.

##### 4.2.1.5 Aktører

- Teknologisk Institut, Beton
- Dansk Hydraulisk Institut
- Betonbranchen
- Nedrivningsbranchen

##### 4.2.1.6 Ressourcer

Det samlede budget er kr. 898.000 ekskl. moms. Heraf går ca. halvdelen til at undersøge, hvorledes betonslam fra produktionen af beton bliver forurenede, og hvad der kan gøres for at begrænse denne forurening. Den anden halvdel af budgettet bruges til at undersøge udvaskningen fra beton og betonslam for at finde relevante grænseværdier for kulbrinte i materialer til forskellige formål.

Udover de her nævnte ressourcer forventes branchen at deltage i en række følgegruppemøder og være behjælpelig med prøveudtagning m.m. Dette arbejde, som er ud over den tidligere nævnte budgetsum, vurderes at udgøre ca. 10% af budgettet.

##### 4.2.1.7 Tidsplan og milepæle

Projektet kan gennemføres på 9 måneder under forudsætning af, at sidste halvdel af projektet igangsættes senest 3 måneder efter projektstart.

M1: Det er afklaret, hvor kulbrinterne stammer fra, og hvad branchen kan gøre efter 6. måned

M2: Der er gennemført udvaskningsforsøg og opstillet forslag til grænseværdier efter måned 9.

De første faser af projekterne er allerede igangsat efter aftale med Miljøstyrelsen og branchen.

## 4.2.2 Energiforbrug til udtørring

### 4.2.2.1 Formål

Formålet er at mindske energiforbruget til udtørring af bygninger. Det er anslået, at mellem 40-70% af det samlede energiforbrug til opførelse og renovering af bygninger bliver brugt på udtørring. Der er derfor et stort miljømæssigt, men også økonomisk, potentiale i fx at udvikle betontyper, der indeholder mindre vand, og som tørrer hurtigere ud ved et lavere energiforbrug. Målet er at tilvejebringe data, som skal anvendes som grundlag for at kunne realisere et besparelspotentiale, der er vurderet til at svare til 50% af energiforbruget.

### 4.2.2.2 Resultat

På grundlag af projektet vil det være muligt at reducere energiforbruget og den dermed forbundne drivhuseffekt. Den potentielle besparelse vil ved en 50% reduktion af energiforbruget svare til i størrelsesorden 0,4 TWH.

### 4.2.2.3 Baggrund

En stor del af energiforbruget til udtørring i nybyggeri er relateret til udtørring af beton. Energiforbruget kan reduceres ved optimering af nogle af de væsentligste parametre, der influerer på udtørringen, herunder materialesammensætning, konstruktionsudformning og udtørringsprincip.

I konstruktioner, hvor der indgår beton, er det nødvendigt, at beton er udtørret til et vist fugtniveau, før der fx udlægges gulv, påføres vægbeklædning m.m. Det ses ofte, at gulvbelægninger eller overfladebehandlinger ikke har den fornødne holdbarhed, fordi efterbehandlingen af betonoverfladen er foretaget, før betonen er udtørret til det rette fugtindhold. Foruden det store energiforbrug, der kan relateres til udtørring, er mangelfuld fugtdimensionering en af de hyppigste årsager til overskridelser af budgetter og tidsplaner. Endvidere ses ofte kvalitetsmæssige svigt i byggeriet på grund af manglende fugtdimensionering (skimmel, afskalning af maling, buler i PVC belægning osv.) Ofte skyldes det, at tidsplanen er skredet og for at undgå at betale dagbøder ved overskridelse, reduceres der på udtørringstiden.

Der er derfor behov for at kunne gennemføre korrekt dimensionering af de fugtmæssige forhold.

Materialesammensætningen i beton har stor indflydelse på den mængde fugt, der skal tørres ud. Hvis der anvendes en beton med lavere vandindhold, er der dermed mindre vand som udgangspunkt. Til gengæld er sådanne betontyper ofte dyrere og belaster isoleret set miljøet mere. Der skal arbejdes med at udvikle miljørigtige betoner, der har de optimale egenskaber i forhold til udtørring.

I et for nylig afsluttet svensk projekt gennemført af LOCUM /Kilde: Svensk betonforenings tidsskrift: Betong; maj 2003/ er der arbejdet med at udvikle et kanalsystem, der indstøbes i betonen, således at betonen ventileres og også udtørres indefra. Det har i dette projekt vist sig muligt at reducere udtørringstiden med op til 70 % på en normal husbygningbeton i styrkeklasse K30. Dette er blot ét eksempel på, hvorledes de konstruktionsmæssige udformninger kan influere på udtørringen.

Endelig findes der et utal af forskellige udtørningsprincipper (varme, ventilation, forskelligt maskinel til udtørring og fugtmåling, osv.). Problemet er, at udtørningsforløbet ikke er planlagt og dimensioneret til de givne forhold.

#### 4.2.2.4 *Indhold*

Projektet deles op i tre hovedområder, inden for hvilke det er muligt at udvikle nye tiltag for at imødekomme målet.

##### 1. Erfaringsopsamling

De tre hovedområder detailplanlægges efter en forudgående erfaringsopsamling. Der gennemføres et kort litteraturstudium og erfaringsudveksling med de involverede industriparter.

##### Hovedområde 1: Materialeudvikling

Det vides i nogen grad, hvilke betontyper der har størst potentiale i forhold til hurtig udtørring. Dette er blandt andet afhængigt af vandindhold og betonens porøsitet. Med udgangspunkt i denne viden foretages en systematisk undersøgelse af, hvor meget betonsammensætningen betyder for udtørringen, og der arbejdes med at designe betoner, der er optimale i forhold til at minimere indholdet af vand og til en hurtig udtørring. Målet er at kunne karakterisere betontyperne i forhold til deres evne til at lade sig udtørre under givne forhold, således at det bliver muligt at indregne betontyperne i den totale fugtdimensionering.

##### 2. Metodeudvikling

Der findes allerede i dag mange forskellige udtørningsmetoder, hver med deres ulemper og fordele. Der udvikles metoder til planlægning, optimering og styring af udtørningsprocesserne, således at det bliver muligt at gennemføre en systematisk fugtdimensionering af planlagte byggerier. Metoderne afprøves i fuldskala.

##### 3. Konstruktionsudvikling

Der findes flere forskellige konstruktionsmæssige løsninger, som bidrager til hurtigere udtørring, som fx det beskrevne svenske projekt. Der arbejdes med nye konstruktionsmæssige design til at fremme udtørring ved lavt energiforbrug. Metoderne afprøves i fuldskala.

##### 4. Vejledning / beregningsværktøj

Der udarbejdes en vejledning/beregningsværktøj, der angiver en metode til at foretage en samlet konsekvensberegning/vurdering af de tiltag, der skal til for at sikre et tørt byggeri uden problemer med fugtskader, skimmelsvampe og dårligt indeklima.

#### 4.2.2.5 *Aktører*

Entreprenører  
Betonproducenter  
Teknologisk Institut, Beton

#### 4.2.2.6 *Ressourcer*

Det samlede budget er ca. kr. 1.000.000 ekskl. moms. Heraf finansierer entreprenører og betonproducenter deres egen indsats, som forventes at udgøre halvdelen af budgettet.

Miljøstyrelsen forventes således at finansiere ca. 50% af det samlede budget.

#### 4.2.2.7 Tidsplan og milepæle

Projektet gennemføres på 18 måneder, og der er følgende milepæle:

M1: Der er fundet samarbejdspartnere og gennemført erfaringsopsamling ved måned 4.

M2: Materialetyper, metoder og konstruktionsmæssige design afprøves i fuldskala ved måned 18.

M3: Vejledning udarbejdes og afleveres ved måned 22.

#### 4.2.3 Anvendelse af nedknust beton i bærende konstruktioner

##### 4.2.3.1 Formål

Formålet er at få tilvejebragt den nødvendige dokumentation for egenskaberne af beton med nedknust beton som tilslag, således at sådanne betontyper også tillades anvendt til bærende konstruktioner. Dokumentationen skal fremlægges normudvalget S411, og målet er at få ændret teksten i DS 411.

Fordelen ved at gøre det lovligt at anvende nedknust beton er, at transporten reduceres, idet producenterne kan anvende eget affald, samtidig med at forbruget af naturlige ressourcer reduceres. Endelig er det et skridt i den rigtige retning i forhold til "zero-waste" princippet, det vil sige, at producenter genbruger eget affald.

##### 4.2.3.2 Resultat

Såfremt det lykkedes at anvende nedknust beton i stor udstrækning som erstatning for sten i beton i passiv miljøklasse, vil der kunne spares i størrelsesorden 0,7 mill. tons rene stenmaterialer pr. år.

##### 4.2.3.3 Baggrund

Den gældende danske betonstandard DS 481 samt den kommende europæiske betonstandard EN 206-1 tillader anvendelse af nedknuste materialer, mens den danske betonnorm DS 411 ikke tillader anvendelse af nedknuste materialer i bærende konstruktioner.

Dansk Betonforening udarbejdede i 1989 en anvisning for genanvendelsesmaterialer i beton til passiv miljøklasse med et tillæg i 1995. Denne anvisning bør opdateres, så den svarer til nutidens betontyper og underbygges med den nødvendige dokumentation for at anvende genanvendelsesmaterialer til bærende konstruktioner.

##### 4.2.3.4 Indhold

Der gennemføres følgende faser:

###### 1. Karakterisering og analyse af genanvendelsesmaterialer

Der udvælges en række genanvendelsesmaterialer, der analyseres, karakteriseres og klassificeres.

###### 2. Afprøvning af beton med nedknust beton

På baggrund af fase 1 opstilles et prøvningsprogram for "worst case" betoner med forskellige kvaliteter af genanvendelsesmaterialer. Prøvningsprogrammet skal fokuseres på afprøvning af mekaniske egenskaber, herunder trykstyrkeudvikling, spaltetrækstyrke, udvikling i E-modul, arbejdscurver, svind, krybning mv. Resultaterne samles i en rapport.

###### 3. Ajourføring af Dansk Betonforenings anvisning

Med udgangspunkt i litteraturstudium og resultaterne fra fase 1 og 2 foretages en ajourføring af DBF's anvisning for genanvendelsesmaterialer til beton. Anvisningen skal, foruden vejledninger i anvendelse af nedknust beton som tilslag, indeholde dokumentationen for disse betontypers egenskaber.

#### 4. Normtillæg

Der udarbejdes et dokument til normudvalget S411, der indeholder forslag til, hvorledes det i en revision af DS 411 skal blive muligt at anvende nedknust beton som tilslag til bærende konstruktioner.

##### 4.2.3.5 Aktører

Betonproducenter  
Teknologisk Institut, Beton

##### 4.2.3.6 Ressourcer

Tabel 4.2

Fase 1. Karakterisering og analyse af genanvendelsesmaterialer	100.000
Fase 2. Afprøvning af beton med nedknust beton	325.000
Fase 3. Ajourføring af DBF anvisning	40.000
Fase 4. Normtillæg	40.000
I alt	505.000

Bemærk: Budgettet indeholder ikke prisen på beton og omkostningerne for den producent, der skal medvirke i projektet.

##### 4.2.3.7 Tidsplan og milepæle

Projektet gennemføres på 10 måneder.

Milepælene er:

- M1. Litteraturstudium måned 1.
- M2. Karakterisering og opstilling af prøvningsprogram ved måned 3.
- M3. Afprøvning gennemført ved måned 7.
- M4. Ny anvisning ved måned 9.
- M5. Implementeringsdokument ved måned 10.

#### 4.2.4 Beton og indeklima / energi til opvarmning/nedkøling

##### 4.2.4.1 Formål

Formålet med projektet er at klarlægge både de negative og de positive indeklimapåvirkninger fra beton i byggeri samt afdække, hvorledes de negative påvirkninger kan reduceres og de positive påvirkninger udnyttes yderligere i betonbyggeriet.

##### 4.2.4.2 Resultat

Resultatet af projektet er en dokumentation af indeklimaforholdene omkring anvendelse af beton, således at beton ikke fejlagtigt fravælges.

#### 4.2.4.3 Baggrund

Betonbyggeri anses af mange mennesker for at give en dårligt indeklima. Dette er formodentlig en myte, og meget tyder på, at betonbyggeri i forhold til mange andre former for byggeri i virkeligheden giver et godt indeklima.

På den ene side kan man ikke afvise, at der sker afgang af sundhedsfarlige stoffer fra beton, og på den anden side må man forvente, at betonbyggeri, på grund af betonens store vægt og varmekapacitet, påvirker det termiske indeklima i en bygning positivt. Det forventes, at afgang af sundhedsfarlige stoffer fra beton er meget begrænset og sandsynligvis meget lavere end for de fleste andre byggematerialer.

#### 4.2.4.4 Indhold

I klimakammer, som normalt anvendes til at teste afdampning af sundhedsfarlige stoffer fra byggematerialer, gennemføres en række forsøg med beton for at klarlægge, hvor stor afdampning man kan forvente. I denne forbindelse fokuseres på både kulbrinter fra især formløstmidler og uorganiske dampe fra nogle af de mineralske tilsætningsstoffer.

For at få en tidsmæssig vurdering af afdampningen foretages målingerne både på relativ ny beton og på betonprøver udtaget en vis periode efter indbygning.

På grundlag af disse afdampningsforsøg beregnes de koncentrationsniveauer, der kan opstå i indeklimaet ved indbygning af den givne beton.

Det antages, at det termiske og akustiske klima i fx kontorbygninger påvirkes i gunstig retning af anvendelsen af beton. For at demonstrere dette, gennemføres en række modelberegninger af bygningernes klimatiske forhold som funktion af betonanvendelsen. Disse beregninger følges op af målinger af indeklimaet, hvor såvel temperatur som fugtighed måles i et moderne kontorhus over en periode for på den måde at verificere de beregnede data.

#### 4.2.4.5 Aktører

Teknologisk Institut, Beton og Træ  
Bygherrer  
Betonproducenter  
DTU

#### 4.2.4.6 Ressourcer

Det samlede budget for gennemførelse af projektet er kr. 600.000.

Heraf forventes branchen at deltage med en indsats svarende til kr. 200.000, således at det samlede beløb, som finansieres af Miljøstyrelsen er kr. 400.000.

#### 4.2.4.7 Tidsplan og milepæle

Projektet gennemføres på 12 måneder.

Projektets to faser, som omhandler afdampning af miljøfremmede stoffer fra beton og betonens termiske indvirkning på indeklimaet, løber parallelt.

Milepælene er:

- M1. Litteraturstudium omkring afdampning måned 1.
- M2. Måling af afdampning i klimakammer afsluttet ved måned 10.
- M3. Litteraturstudium omkring termisk indvirkning afsluttet efter måned 1.
- M4. Modellering og målinger afsluttet efter måned 10.

## M5. Slutrapport efter måned 12.

### 4.2.5 Udvaskning af nedknust beton med flyveaske og andre restprodukter

#### 4.2.5.1 Formål

Det er formålet med projektet at afklare omfanget af udvaskning af tungmetaller fra beton og afgøre, om denne udvaskning udgør et miljøproblem.

#### 4.2.5.2 Resultat

Dokumentere udvaskningsforholdene omkring anvendelse af beton indeholdende industrielle restprodukter for på denne måde at øge genanvendelsen af disse produkter. Anvendelse af restprodukter reducerer mængden af cement og den dermed forbundne emission af drivhusgas. Det vurderes, at ved en maksimal udnyttelse af industrielle restprodukter kan emissionen af drivhusgasser reduceres med i størrelsesorden 30% i forbindelse med opførelse af betonkonstruktioner

#### 4.2.5.3 Baggrund

I forbindelse med fremstilling cement og beton nyttiggøres en række af samfundets restprodukter. Der anvendes alternative brændsler ved cementfremstillingen, og der anvendes fx flyveaske ved betonfremstillingen . Disse restprodukter vil/er problematiske at håndtere og anvendelsen i forbindelse med fremstilling af cement og beton er derfor nyttigt miljø- og samfundsmæssigt. De industrielle restprodukter tilfører imidlertid i visse situationer ekstra tungmetaller og andre miljøfremmede stoffer til betonen, og man kan derfor frygte, at stofferne kan udvaskes fra beton og betonaffald og dermed give anledning til et miljøproblem.

I modsætning til problematikken omkring udvaskning af mineralolie og PAH-forbindelser fra beton, findes der i dag en lang række metoder til at undersøge udvaskningen af tungmetaller og lignende, ligesom der findes en lang række grænseværdier for udvaskningsresultater at henholde sig til. Der er derfor ikke behov for at udvikle metoder og fastlægge grænseværdier, men udelukkende om at teste forskellige betontyper, herunder "grøn beton" for at afgøre, om nye betontyper udgør et potentielt miljøproblem i forbindelse med udvaskning af tungmetaller til grundvandet.

#### 4.2.5.4 Indhold

Der udtages en række betonprøver fra forskellige typer beton:

- Beton uden industrielle restprodukter
- Beton med flyveaske/mikrosilica
- Beton med slamaske
- Beton med andre typer industrielle restprodukter

Disse betonprøver analyseres for at bestemme grundstofsammensætningen og indholdet af miljøfremmede stoffer. Derefter gennemføres forskellige typer udvaskningstest, hvor betonen dels nedknuses og dels testes i hele stykker. Formålet med de to test er at vurdere, hvor meget der udvaskes dels fra knust beton og dels fra hele betonkonstruktioner.

#### 4.2.5.5 Aktører

Betonproducenter  
Dansk Hydraulisk Institut

Teknologisk Institut, Beton

#### 4.2.5.6 *Ressourcer*

Det samlede budget for projektet er kr. 500.000 ekskl. moms. Heraf forventes branchen at deltage med en indsats svarende til kr. 100.000 ekskl. moms, således at det samlede beløb, som finansieres af Miljøstyrelsen, er kr. 400.000 ekskl. moms.

#### 4.2.5.7 *Tidsplan og milepæle*

Projektet gennemføres på 10 måneder.

Milepælene er:

- M1. Samling af data fra de øvrige projekter i såvel Danmark, Norge og ECO-SERVE netværket efter måned 1.
- M2. Indsamling af prøver af forskellige betontyper efter måned 2.
- M3. Gennemførelse af udvaskningsforsøg og analyser efter måned 8.
- M4. Afrapportering efter måned 10.

#### 4.2.6 Miljø og betonbrochure

##### 4.2.6.1 *Formål*

Formålet er at udarbejde en miljøbrochure til betonbranchen. Brochuren skal indeholde facts og nyeste viden om beton og miljø, samt hvilke muligheder der er for producenter, entreprenører, bygherrer mv. at blive endnu mere miljøbevidste.

Målet er, at branchen får øjnene op for, at der faktisk er meget, man kan gøre, for at blive mere miljørigtig, uden at det koster mere, og samtidig er det vigtigt, at beton i byggebranchen får image som det miljøvenlige materiale, som beton rent faktisk er.

##### 4.2.6.2 *Resultat*

En brochure, der skal fremme anvendelsen af beton og især nye betontyper, hvor det er miljømæssigt fordelagtigt. Brochuren skal medvirke til, at mulighederne for bl.a. en reduktion af emissionen af CO<sub>2</sub> på op til 30% i forbindelse med fremstilling af betonkonstruktioner udnyttes fuldt ud.

##### 4.2.6.3 *Baggrund*

Betons image er dårligt og kan henledes til 60'ernes og 70'ernes byggerier, hvor betonbyggeri blev masseproduceret uden at tænke så meget på æstetik og kvalitet. Der er derfor mange, der tror, at betonbyggeri kun kan være grimt og være årsagen til dårligt indeklima mv. Betonbranchen ved, at der er mange muligheder med beton, og at kvalitetsbevidst betonbyggeri både kan være smukt og give meget god komfort.

Beton er et miljøvenligt materiale. Sammenlignet med andre byggematerialer er beton hverken bedre eller ringere stillet. Træ har fx et meget miljøvenligt image. Folk tror, at det er sundere at bo i træhuse frem for i betonhuse, selv om der ikke findes dokumentation for, at dette er korrekt.

Da der bruges enorme mængder beton, er det derfor vigtigt fortsat at forsøge at gøre beton endnu mere miljøvenligt.

På grund af betons dårlige image eksisterer der også mange fordomme om beton og miljø. Der er ikke ret mange, der tænker over, at beton faktisk er



fremstillet udelukkende af naturligt forekommende råvarer. Der er derfor behov for saglig videnoverførsel for at få aflivet fordommene fra fortiden. Samtidig er der foregået meget forskning og udvikling inden for beton og miljø de seneste 10 år, men der mangler overblik og formidling af resultaterne til branchen.

#### 4.2.6.4 *Indhold*

Der udarbejdes en brochure med facts om beton og miljøet, herunder hvordan beton kan anvendes for at forbedre miljøet. Brochuren skal anvendes af betonproducenter og andre interessentgrupper til uddeling til kunder m.fl.

#### 4.2.6.5 *Aktører*

Teknologisk Institut, Beton er pennefører i sparring med brancheorganisationerne, herunder også de europæiske.

Brochuren udarbejdes med professionel assistance til sproglig og designmæssig redigering.

#### 4.2.6.6 *Ressourcer*

Tabel 4.3

Udarbejdelse	150.000
Redigering og trykning	50.000
I alt	200.000

Budgettet er ekskl. moms.

#### 4.2.6.7 *Tidsplan og milepæle*

Den samlede projekttid er 3 måneder.

- Udarbejdelse gennemføres på 2 måneder.
- Trykning og redigering gennemføres på 1 måned.
- Brochuren udarbejdes som det sidste i dette produktområdeprojekt for at få lejlighed til at indarbejde resultaterne fra de øvrige projekter.

# 5 Input fra interessentgruppen

## 5.1 Resume af workshop

Der blev afholdt workshop for interessentgruppen og følgegruppen til projektet mandag d. 18. august 2003, hvor første udkast af handlingsplanen blev fremlagt og diskuteret. Interessentgruppen er bredt sammensat, således at den repræsenterer samtlige aktører i den danske betonbranche. Der var 23 deltagere til workshoppen.

I korte træk fremhæves i det følgende de væsentligste input fra interessentgruppen:

- Det har været vanskeligt at få bygherrer repræsenteret i interessentgruppen. Der blev opfordret til at materialet sendes til udvalgte bygherrer med en opfordring til at kigge det igennem og komme med input og kommentarer. Materialet er efterfølgende sendt til Bygherreforeningens formand, med en opfordring til at kommentere på materialet.
- Der var et forslag om at kigge på produkter til overfladebehandling af beton og vurdere de miljømæssige aspekter forbundet med disse produkter.
- Der var en opfordring til at inkludere et afsnit i handlingsplanen, der giver en oversigt over, hvordan beton til forskellige anvendelsesområder er fordelt på i mængder.
- Der er i handlingsplanen beskrevet, hvorledes opvarmning af bygninger kræver et stort energiforbrug. Der var en opfordring til at tilføje, at køling af bygninger ligeledes kræver store energiforbrug.
- Forskellige miljøeffekter er flere steder i handlingsplanen beskrevet under betegnelsen med videre (mv.). Der var en opfordring til at være mere præcis og skrive hvilke miljøeffekter der er tale om.
- Beton og indeklima blev fremhævet som en vigtig aktivitet.
- Projektet vedrørende udtørring af bygninger blev vurderet mindre vigtigt, idet der allerede findes en stor mængde viden herom.
- Arbejdsmiljø er prioriteret højt på den politiske dagsorden, og er et vigtigt aspekt. Det vurderes, at der foregår meget indenfor området i andre projektsammenhænge, hvorfor det er valgt ikke at tage det med i dette projekt.
- Der mangler viden om anvendelsen af sundhedsfarlige stoffer i forbindelse med overfladebehandling af beton.

Referatet fra workshoppen fremgår af bilag D.

## 6 Referencer

Afløbskomponenter af PVC, PP, HDPE og beton. Miljømæssig screening, (Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 3, 1998) gennemført for Miljøstyrelsen af Teknologisk Institut, Miljø og Beton og SBH-consult, 1997-1998. I projektet blev gennemført en sammenlignende livscyklusscreening af afløbskomponenter af PVC, PP, HDPE og beton.

Anvisning i grøn beton (2002) Marianne Tange Hasholt *et al.*; Teknologisk Institut

Brancheanalyse Beton, Renere Teknologi ved betonfremstilling, gennemført for Miljøstyrelsen af Teknologisk Institut, Beton og Carl Bro, 1993-1995. I projektet blev i samarbejde med enkelte producenter udviklet en livscyklusvurderingsmetode og gennemført en livscyklusvurdering på udvalgte betonprodukter og derudfra udpeget, hvor i livscyklus, de væsentlige miljøpåvirkninger forekommer.

Center for Ressourcebesparende betonkonstruktioner (Grøn Beton) blev færdiggjort ved udgangen af 2002. Projektet blev gennemført for Erhvervsfremmestyrelsen / Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling af Teknologisk Institut, Beton og alle aktører i betonprodukters livscyklus: Cementproducenten Aalborg Portland, betonproducenten Unicon, rådgiveren COWI, entreprenøren MT Højgaard, bygherren Vejdirektoratet, grusproducenten Sydsten samt de to tekniske universiteter, 1998-2002. I centret blev der udviklet miljørigtige betoner ud fra opsatte miljømål og der blev gennemført undersøgelser og dokumentation for disse egenskaber. Blandt andet er opført en demonstrationsbro, hvorpå der er gennemført en livscyklusscreening.

Concave report 01/54)

Concrete for the environment – a Nordic network, et nordisk netværk delvist finansieret af Nordisk Industrifond med alle nordiske cementproducenter som deltagere samt førende institutter og universiteter. Teknologisk Institut, Beton er projektleder. Netværket løber 2000-2003. I netværket oprettes en database med aktiviteter og projekter i Norden relateret til miljørigtige betonkonstruktioner. Derudover er formuleret en definition på miljørigtige betonkonstruktioner, og der afholdes seminarer og udgives nyhedsbreve.

ECO-SERVE, et stort europæisk netværk vedrørende miljørigtig cement, grus og beton. Netværket finansieres delvist af EU-kommissionen og har op imod 75 partnere fra hele EU. Projektkoordinator er NCC. Teknologisk Institut, Beton sidder med i styregruppen. Netværket starter november 2002 og skal løbe i 4 år. Der skal blandt andet udarbejdes status for og vejledning i miljørigtig beton, ligesom der skal udvikles bench-marking systemer.

EPA (2003) Direct emission from the cement sector, Draft for comment through August 2003.

Forbedret ressourceudnyttelse, projekt gennemført for Skov- og Naturstyrelsen af Teknologisk Institut, Beton, 2001-2002. Projektet omfatter kortlægning,

vurdering og udarbejdelse af handlingsplan og gennemførelse af pilotforsøg.

Fælles europæisk livscyklusanalyse for 10 funktionelle enheder af beton. Projektet er iværksat af de 6 europæiske brancheforeninger, som dækker betonområdet: Cembureau (cement), ERMCO ( fabriksbeton), BIBM (betonelementer og betonvarer), EFCA (tilsætningsstoffer), UEPG (tilslag) og EISA ( armeringsstål), 2001-2002. Det er gennemført af INTRON i Holland med peer review af IPK i Tyskland. Til projektet hører PC-beregningsprogrammet Ecoconcrete til beregning af LCAer for de indgående funktionelle enheder med egne data.

Håndbog i miljørigtig projektering (1998) BPS-Centret, DTI-Byggeri, Teknologisk Institut

Jørgensen J.S. og Rasmussen R.A. (2000)  
Energibesparelspotentialer på byggepladsen; Afgangprojekt fra DTU

Miljøkrav i produktstandarder, projekt for Miljøstyrelsen, hvor Teknologisk Institut, Beton er underleverandør til Rambøll hvad angår miljøkrav i betonstandarder, 2001-2003.

Miljøledelse i Østeuropa, Byggematerialer i Estland, et projekt udført i samarbejde med NIRAS, Teknologisk Institut, Miljø, Ledelse og Beton samt Maves (estisk rådgivende ingeniørfirma), 2001-2002. Projektet er betalt af Erhvervsfremmestyrelsen (Erhvervs- og Boligstyrelsen). I projektet er der arbejdet med indførelse af miljøledelse iht. ISO 14001 i en række estiske virksomheder inden for byggematerialeindustrien, herunder 2 porebetonfabrikker og en fabriksbetonfabrik.

Miljøprojekt for letklinkerbeton – blok- og elementfraktionen, et samarbejdsprojekt mellem Teknologisk Institut, Beton og Blok- og Elementfraktionen under Dansk Betonindustriforening, 1998-1999. I projektet er indsamlet miljødata i hele livscyklus for forskellige typer produkter af letklinkerbeton, og der er udarbejdet en vejledning med tilhørende edb-værktøj.

Miljørigtig Projektering, BPS-publikation 121, gennemført for Miljøstyrelsen af By og Byg, Teknologisk Institut, Byggeri m.fl., 1995-1997. I projektet bidrog betonbranchen og Betoncentret, Teknologisk Institut med miljødata for betonprodukter.

Miljøstyring i Bygge- og Anlægssektoren, gennemført for Erhvervsfremmestyrelsen og Miljøstyrelsen af Teknologisk Institut, Byggeri, flere brancheforeninger og enkelt virksomheder, 1997-1998. I projektet blev blandt andet udarbejdet vejledninger for miljøstyring i betonbranchen

Miljøvaredeklarering af byggevarer fase 1. gennemført for Miljøstyrelsen af By og Byg, Teknologisk Institut, Byggeri og en række byggevarer producenter, heri blandt betonproducenter, 1999 –2000. I projektet blev der opstillet forslag til indhold i en miljøvaredeklaration for byggevarer samt forslag til principper for organisering af en 3. parts overvågning.

Miljøvaredeklarering af byggevarer fase 2 , bevilliget af det tidligere Boligministerium gennemføres af By og Byg, Teknologisk Institut, Byggeri og en række byggevarerproducenter, heriblandt betonproducenter, 2002 - 2003. I projektet afprøves forslag fra fase 1 projektet, og resultatet bliver vejledning til udførelse af deklarerer, afprøvede miljøvaredeklarationer, forslag til

retningslinier for 3. parts overvågning og forslag til organisering af en 3. partsovervågning.

Pommer K, Bech P, Wenzel H, Caspersen N, Olsen SI (2001) Håndbog i miljøvurdering af produkter - en enkel metode. Miljønyt nr. 58, 2001, Miljøstyrelsen.

Renere teknologi i betonprodukters livscyklus gennemført for EU-kommissionen af Betoncentret, Teknologisk Institut, Betonelement-Foreningen og Aalborg Portland i samarbejde med firmaer og institutter i Holland, Italien og Grækenland, 1997-2001. I projektet blev gennemført livscyklusvurderinger i programmet SimaPro og ud fra disse og politiske scenarier for miljøprioriteringer udvalgt forskellige renere teknologiløsninger til udvikling og afprøvning.

Wenzel H, Hauschild M, Rasmussen E. (1996) Miljøvurdering af produkter, ISBN 87-7810-542-0, Institut for Produktudvikling; Danmarks Tekniske Universitet. Institut for Teknologi og Samfund; Dansk Industri, Genanvendelsesrådet.

Herudover kan nævnes nedenstående relevante projekter, som kan være relevante for forståelse af problemstillingen:

- Häkkinen, Tarja & Mäkelä, Kari, Environmental adaption of concrete, Environmental impact of concrete and asphalt pavements, (VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo, 1996).
- Jönsson, Åsa, Tillmand, Anne-Marie; LCA of building frame structures, environmental impact over the life cycle of concrete and steel frames; Technical environmental planning, Chalmers University of Technology, report no. 1996:8, Göteborg, Sverige, ISSN 1400-9560
- Tillman, Anne-Marie; LCA of building frame structures, environmental impact over the life cycle of wooden and concrete frames” Technical environmental planning, Chalmers University of Technology, report no. 1997:2, Göteborg, Sverige.
- Lünser, Heiko; Comparison of the Ecological Properties of Concrete, Steel and Timber; Proceedings fib-Symposium, Concrete and Environment, Berlin October 2001, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein, E.V. Berlin 2001.
- The Optimal Concrete Building, Ph.D. afhandling af Mats Öberg, Cementa, Sverige.
- Petersen, Ebbe Holleris; Livscyklusvurdering af bygningsdele, Anvendelse af LCA i byggebranchen, herunder håndtering af usikkerhed (SBI-rapport 272, Statens Byggeforskningsinstitut 1997)
- Petersen, Ebbe Holleris; Krogh, Hanne; Jørn Dinesen; Miljødata for udvalgte Bygningsdele. (SBI-rapport 296, Statens Byggeforskningsinstitut 1998).



# A Branchebeskrivelse

## A.1 Om beton

Beton er en kunstig sten, hovedsagelig bestående af sand og småsten limet sammen med en pasta af cement og vand. Cement fremstilles af almindeligt forekommende råmaterialer som kridt og sand samt restprodukter som flyveaske og kisaske. For at forbedre pastaens egenskaber tilsættes ofte mindre mængder restprodukter som flyveaske og mikrosilica, samt kemiske tilsætningsstoffer i mindre mængder, fx lignosulfonater, polycarboxylat-baserede, polymere mv.

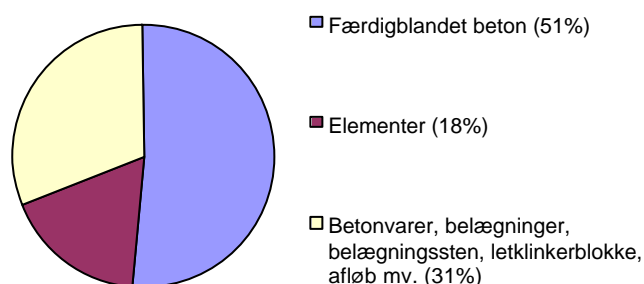
Sand og sten – også kaldet tilslagsmaterialer – skal tilsættes cement og vand og eventuelt restprodukter og kemiske tilsætningsstoffer for efter blanding at danne den friske beton, der er en grå, grødagtig masse, som kan udstøbes i en form. Beton hærdner og opnår styrke ved, at cementen hydratiserer, det vil sige, reagerer kemisk med vand og under varmeudvikling danner et bindemiddel, der limer sand og sten sammen. Denne proces begynder et par timer efter blanding og er stort set afsluttet efter ca. 1 måned.

Beton er et meget stærkt og holdbart materiale. Trækstyrken er dog ikke god, så derfor ilægges der armeringsstål i betonkonstruktioner, der skal kunne optage træk.

Beton er det mest anvendte byggemateriale, og det anvendes til næsten alle slags bygge- og anlægsprojekter, ofte i kombination med andre byggematerialer. Der produceres i dag ca. 8 mio. tons beton om året i Danmark, svarende til 1,5 tons pr. indbygger.

## A.2 Betonstatistik

På Figur A.1 er det vist, hvorledes de producerede betonmængder fordeler sig på forskellige anvendelsesområder. Tallene er fra 2002 og dækker over indberetninger fra de producenter, der er medlem af brancheforeningerne Dansk Fabriksbetonforening, Betonelement-Foreningen og Dansk Betonindustri Forening samlet under Betonindustriens Fællesråd.



Figur A.1 Fordeling af beton på forskellige anvendelsesområder. Under elementer er medregnet produktion af letbetonelementer.

### A.3 Betonproducenter

Projektets primære målgruppe er betonproducenter. Betonproducenter kan opdels i:

- Fabriksbetonproducenter, der producerer og leverer frisk beton til in-situ støbning på byggepladser
- Betonelementproducenter, der producerer og leverer betonelementer (vægge, dæk m.m.) til montage på byggepladser
- Betonvareproducenter, der producerer og leverer fliser, rør og andre produkter til levering på byggepladser og i byggehandler
- Letbetonproducenter, der producerer elementer (vægge og dæk) og blokke til levering på byggepladser og i byggehandler. Letbeton har en densitet på 600-2000 kg/m<sup>3</sup> i modsætning til "normal" beton, der har en densitet på ca. 2300 kg/m<sup>3</sup>.

Fabriksbetonbranchen er sammensat af to store producenter, 4K-Beton A/S og Unicon A/S samt af 2 mellemstore producenter, GH-Beton A/S og DK-Beton A/S. Derudover består branchen af ca. 30 mindre producenter.

Elementbranchen består af Betonelement A/S og Spæncom A/S. Derudover findes godt 20 mindre elementproducenter.

Betonvarebranchen er præget af én stor aktør, IBF, der efter store opkøb nu har knap halvdelen af markedet. Den anden halvdel er fordelt på godt 50 små producenter.

I letbetonbranchen har H+H Fiboment A/S godt halvdelen af markedet, mens resten er fordelt på ca. 10 mindre producenter, der ofte også producerer tunge betonelementer. Til letbetonbranchen hører også porebetonproducenter, men efter at H+H Celcon har lukket deres to danske fabrikker, produceres dette ikke mere i Danmark, men importeres i stedet fra primært Tyskland og Sverige.

Betonproducenterne er organiseret i de tre brancheorganisationer:

- Dansk Fabriksbetonforening
- Betonelement Foreningen
- Dansk Betonindustriforening

Disse tre foreninger er samlet i paraplyorganisationen Betonindustriens Fællesråd. Brancheforeningerne dækker skønsmæssigt ca. 90 % af betonbranchen.

### A.4 Delmaterialeproducenter og -leverandører

Delmaterialeproducenter og -leverandører til beton er, som følger:

Cement:

Aalborg Portland A/S er den eneste danske producent, der leverer ca. 90 % af cementen til det danske marked. Resten leveres af importører af cement.



Flyveaske:

Flyveaske er et restprodukt fra kulfyrede kraftværker. Det leveres alene af Eminent, der drives og ejes af Energi E2 og Elsam.

Mikrosilica:

Mikrosilica er et restprodukt fra siliciumproduktion. Det leveres gennem tre importører, der alle får deres mikrosilica fra smelteværker i Norge og Sverige. To af importørerne (Unicon A/S og Aalborg Portland A/S) er i forvejen involveret i branchen.

Grusbranchen:

Grus opdeles i sømaterialer, der udvindes i havet, i bakkematerialer, der udgraves i grusgrave og i knuste klippematerialer. I Danmark produceres kun sømaterialer og bakkematerialer. Grusbranchen er organiseret i Foreningen af Sten- og Grusindustrier og i Foreningen af Danske Ral- og Sandsugere.

Armeringsleverandører:

Armeringsjern blev tidligere fremstillet på Stålvalseværket i Frederiksværk. Denne produktion er imidlertid standset, og armeringsjern importeres nu til Danmark.

En stor leverandør er den finske virksomhed FUNDIA, som har produktion i Finland og Sverige. En anden stor leverandør og producent i Danmark er Ferronet A/S.

Flere større danske betonfabrikker importerer selv armeringsjern fra en række europæiske leverandører.

Kemiske tilsætningsstoffer:

Leverandører af kemiske tilsætningsstoffer domineres af tre store firmaer: Fosroc A/S, NBK og Sika.

## A.5 Aktører senere i livscyklus

De andre aktører i betonproduktens livscyklus er, som følger.

- Entreprenører er de udførende, der opfører byggeri og anlæg. Entreprenørerne er organiseret i Dansk Byggeri.
- Bygherrer, der tager sig af drift og vedligehold. En række større bygherrer er organiseret i Bygherreforeningen i Danmark.
- Når konstruktionen har udtjent sin levetid, foretages bortskaffelsen typisk af nedrivningsentreprenører, der er organiseret i Dansk Byggeris Nedbrydersektion og genanvendelsesfirmaer, der er organiseret i Dansk Byggeri, Miljøsektionen.

## A.6 Andre aktører

Endelig er transportsektoren aktør i forbindelse med transport af delmaterialer til betonproduktion og transport af beton og betonprodukter til byggepladsen samt transport af nedrevet beton efter endt levetid.

## A.7 Interessentgruppen

Med baggrund i de i afsnit 3.2-3.5 beskrevne aktører i forbindelse med betonprodukters livscyklus er følgende interessentgruppe identificeret.

Tabel A.1 Aktører i betonbranche

Fremstilling af råvarer	Fremstilling af beton	Opførelse	D&V og reparation	Nedrivning og bortskaffelse
Aalborg Portland E-mineral Fosroc Foreningen af Sten- og Gru-sindustrier Foreningen af Danske Ral- og Sandsugere Skov- og Naturstyrelsen Optiroc	Fabriksbetonforeningen – Teknisk udvalg Betonelementforeningen – Teknisk udvalg Betonindustriens Fællesråd	Dansk Byggeri Foreningen af rådgivende ingeniører F.R.I. Entreprenører (NCC)	Vejdirektoratet Bygherreforeningen	RGS 90 Concrete Plant Technology Dansk Byggeris Nedbrydersektion Dansk Byggeri - Miljøsektionen

## B Miljøanalyse

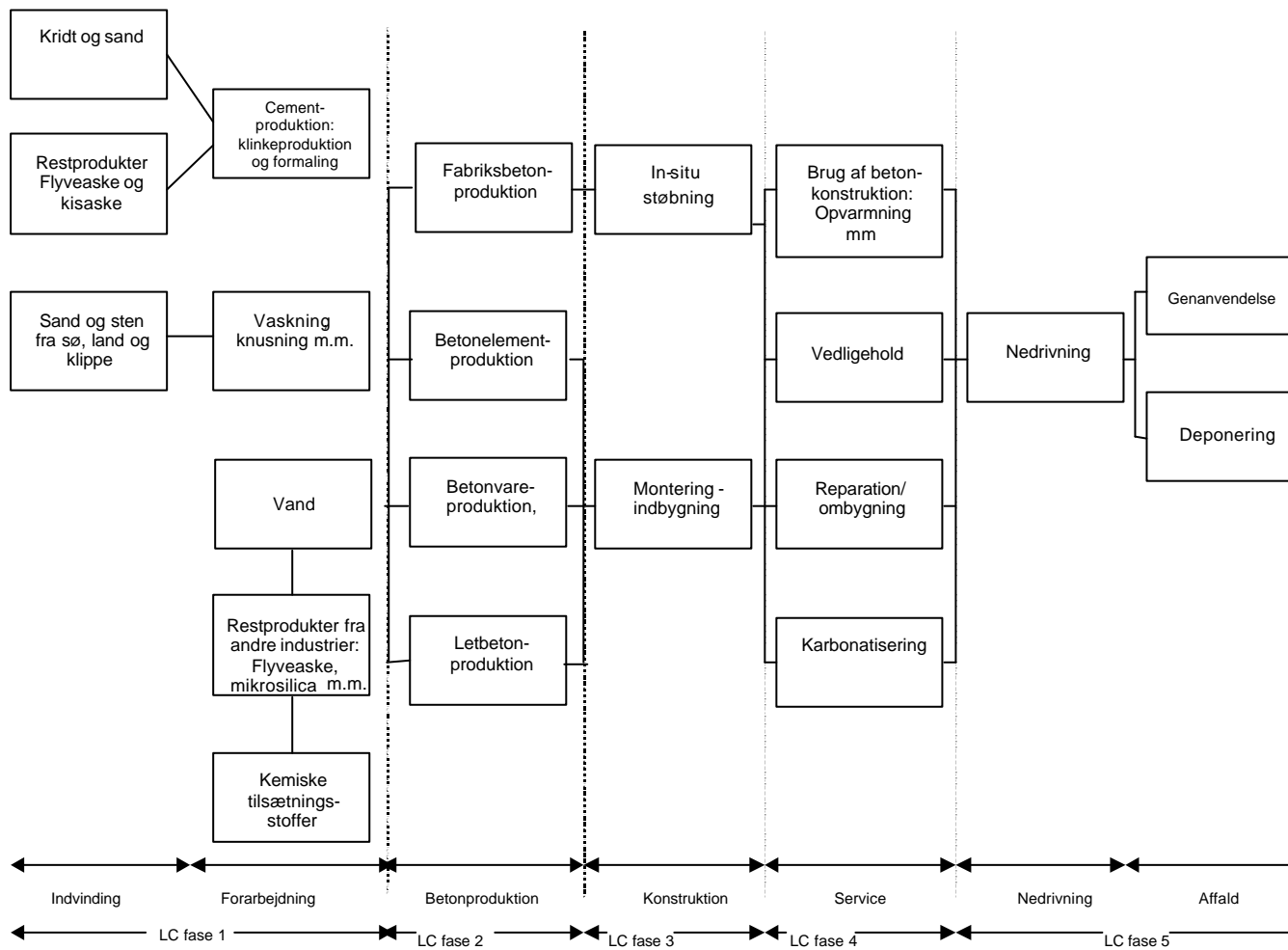
### B.1 Introduktion

Betonbranchen har beskæftiget sig seriøst med miljøforhold de sidste ca. 10 år. Dette er primært sket i regi af udviklingsprojekter i samarbejde mellem branchen og Betoncentret på Teknologisk Institut og som tiltag hos den enkelte producent. I kapitel 6 er vist en oversigt over væsentlige udviklingsprojekter og aktiviteter. Miljøanalysen er udarbejdet ud fra disse aktiviteter og resultater.

Branchens indsats består i de enkelte virksomheders arbejde med renere teknologi, miljøstyring og miljøcertificering. Flere virksomheder har arbejdet med anvendelse af genindvundne materialer i produktionen, besparelser i vandforbruget, genanvendelse af vand i produktionen mv.

### B.2 Betonprodukters livsforløb

Hovedtrækkene i et betonprodukts livscyklus er skitseret på Tabel B.1 Livscyklus af en betonkonstruktion.



Tabel B.1 Livscyklus af en betonkonstruktion

## B.2.1 Udvinding og forarbejdning af delmaterialer

### B.2.1.1 Cement

Det vigtigste råmateriale, cement, fremstilles på følgende måde jf. Cement & Beton, November 2000, udgivet af Aalborg Portland. En opslemning af fint-formalet sand blandes med ca. 4 gange så meget kridt i slemmetromler. Herefter finformales sand/kridt slammen i rørmøller. Fra rørmøllerne føres slammen som færdig ovnslam til ovnslambassiner, hvorfra den pumpes til ovnanlægget. I ovnanlægget indgår en roterovn, som er et langt stålrør forsynet med en ildfast foring. Ovnen har en hældning på nogle få grader. Hos Aalborg Portland A/S anvendes 2 typer ovnanlæg, dels vådanlæg, dels semi-tør anlæg.

Ved vådanlægget pumpes slammen til den øverste ende af roterovnen, mens brændslet blæses ind i den nederste ende. For nogle cementtypers vedkommende indblæses der også flyveaske her. Først udtørres slammen, så vandindholdet på 35-40 % fjernes. Derefter opvarmes materialet yderligere, hvorved kridtet afgiver sin kuldioxid. Ved den fortsatte opvarmning under bevægelsen nedad når materialet op på temperaturer på 1400-1500° C, hvor den egentlige brænding til cementklinker sker.

Ved brændingen, der er en delvis smeltning (sintring), dannes der såkaldte klinkerminerale, hvoraf de væsentligste er calciumsilikater. Efter brændingen afkøles materialet, der nu er blevet til klinker i særlige klinkekølere. Klinkerne er normalt på størrelse med småsten.

Ved det semi-tørre anlæg blæses slammen ind i en såkaldt tørreknuser, hvor det tørres helt ud og bliver til en pulverformet råblanding. Denne blandes med flyveaske til et homogent, tørt råmateriale, som opvarmes ved passage gennem to cykloner. Det opvarmede materiale går derefter ud i en kalcinator, hvor kalcineringen foregår. Det kalcinerede materiale går derefter ind i en kort roterovn, hvor den endelige klinkerbrænding finder sted ved 1400-1500°C.

Det danske semi-tørre anlæg har en kapacitet, så det alene dækker hele det danske forbrug af de almindelige grå cementer. Energimæssigt har de nye produktionsmetoder en række fordele, idet der er tale om en bedre udnyttelse af varmeenergien og et mindre varmeforbrug til fordampning af slammens vand, idet den tørre flyveaske udgør en større andel end tidligere.

Cementklinkerne formales i cementmøller til cement under tilsætning af nogle få procent gips (calciumsulfat) samt eventuelt andre materialer, som ikke har skadelig indflydelse på cementens kvalitet. Den finhed, der tilstræbes ved formaling, reguleres under hensyntagen til de egenskaber, man ønsker hos cementen.

### B.2.1.2 Tilslag

Tilslag til beton er sand og sten udvundet fra hav (sømaterialer), fra land (bakkematerialer) eller fra klippe (granitmaterialer). I Danmark produceres kun sø- og bakkematerialer. Granitter importeres fra blandt andet Sverige.

Sømaterialer indvindes normalt ved sugning på havbunden, men kan også graves eller suges på strandkanten, efterfulgt af en forsortering på skibet.

Materialerne føres i land, eventuelt gennem et knuseanlæg og fraktioneres på et sigteanlæg. Der foretages normalt en vaskning af materialerne for at fjerne chlorider stammende fra havvandet, og der kan være indbygget en densitets-sortering (jigging). Sømateriale er overvejende naturligt afrundede som følge af det store slid i havet.

Bakkematerialer indvindes fra land. Før selve rågruset indvindes, sker der en afrømning af overjorden. Derefter indvindes, oparbejdes (sorteres, knuses) og lagres rågruset. Gravearealet efterbehandles efter endt indvinding typisk ved, at overjorden placeres i graveområdet igen. Producenten er forpligtet til i sin indvindingsansøgning at udarbejde en reetableringsplan for området, der skal godkendes af myndighederne.

Granit indvindes ved sprængning af klippestykker ud af fjeldet. Materialerne føres herefter gennem et knuseanlæg og fraktioneres på et sigteanlæg. Der kan eventuelt ske vaskning af materialerne i forbindelse med sigtningen.

Letklinker fremstilles ved brænding af ler, som under brændingen ekspanderes til korn der typisk er større end 2 mm. De producerede letklinker benyttes dels til fremstilling af finblokke og akustiklag (sortering 2-4 mm), dels til letklinkerblokke (sortering 4-10 mm) og som isoleringsmateriale i terrændæk (sortering 10-20 mm).

#### *B.2.1.3 Vand*

I betonindustrien anvendes primært drikkevand. Enkelte betonfabrikker er dog begyndt på at genanvende procesvand fra produktionen inklusiv regnvand fra produktionsstedet.

#### *B.2.1.4 Flyveaske og mikrosilica*

Flyveaske opstår som forbrændingsrest ved fyring med fint formalet kul i kraftværker ved energiproduktion. Ved hjælp af elektrostatiske filtre kan asken udskilles og opsamles fra forbrændingsluften. Flyveaske består hovedsagelig af kuglerunde glaspartikler af omtrent samme størrelse som cementkorn (1-100 mikrometer).

Mikrosilica er et biprodukt fra fremstillingen af metallisk silicium og legeringsmetallet ferrosilicium. Det består af ekstremt fine, amorfe partikler med en kornstørrelse på omkring 1/100 af cementens. Produktionen af ferrosilicium og silicium sker i elektriske smelteovne, hvor ren silicium fremstilles ved smeltning af kvarts og kulstof ved temperaturer omkring 2000°C. Ved tilførsel af jern til råblandingen produceres ferrosilicium. Mikrosilica dannes ved at SiO afgives fra ovnen. I luften reagerer SiO med ilt og danner SiO<sub>2</sub>.

Indtil for nylig har mikrosilica være betragtet som et affaldsprodukt, som i store mængder blot blev "smidt væk".

#### *B.2.1.5 Kemiske tilsætningsstoffer*

Luftindblandingsmiddel anvendes i betonindustrien til at danne et veldefineret luftporesystem i betonen, primært som forebyggelse mod skader som følge af frysning af betonen i vandmættet tilstand.

Luftindblandingsmidler fremstilles på basis af forskellige tensider og syntetiske harpikser.

Plastificeringsmidler anvendes i betonindustrien for at øge den friske betons bearbejdelighed eller som middel til reduktion af betonens vandbehov. Plastificeringsmidler fremstilles på basis af især lignosulfonat.

Superplastificeringsmidler anvendes i betonindustrien for at give den friske beton flydeegenskaber. Virkningen er kraftigere end for plastificeringsmidler, men virkningen er af kortere varighed. Superplastificeringsmidler er typisk syntetisk fremstillede polyelektrolytter fx af typen polyether ester eller lignende.

I de senere år er der kommet et nyt superplastificeringsmiddel på markedet – et såkaldt ny generations superplastificeringsmiddel, der er en polymer specielt udviklet til selvkompakterende beton, der udstøbes uden brug af mekanisk vibration.

#### *B.2.1.6 Stål*

Stål anvendes i betonindustrien primært som armeringsjern, der skal optage trækkræfter i en betonkonstruktion. Der anvendes almindeligt konstruktionsstål, der er ulegeret og indeholder 0,05-0,4 % kulstof samt små mængder legeringselementer fra stålfremstillingen. For at opnå en større flydespænding tilsættes små mængder af et eller flere legeringselementer som nitrogen og aluminium, niob, titan og vanadin. Disse legeringselementer giver et finkornet materiale, og stålet betegnes mikrolegeret. Til nogle konstruktioner, fx i særligt aggressive miljøer, anvendes rustfrit stål, som indeholder chrom og nikkel (18 % Cr og 8 % Ni). Legeres stålet yderligere med molybdæn (2 % Mo), fås et syrefast stål. Armeringsstål er i de fleste tilfælde fremstillet ved smeltning af skrot og en lille mængde råjern. Til fremstilling af råjern benyttes jernmalm, koks og kalk.

#### B.2.2 Betonproduktion

De mest betydende processer miljømæssigt set i forbindelse med betonproduktion er:

- Aflæsning og lagring af delmaterialer. Her det vigtigt at vedligeholde filtre på siloer til opbevaring af materialer samt at sikre, at opblæsning af pulver (cement, flyveaske m.m.) foregår korrekt
- Dosering og transport ved hjælp af rørsystemer, bånd eller hejsebande til blanderen
- Blanding
- Rengøring og administration

For betonelementers vedkommende kommer yderligere et par processer til:

- Form- og armeringsarbejde
- Udstøbning i forme
- Hærdning med varme
- Efterbehandling i form af afsyring og spuling

For betonvarer kan der for nogle produkter være behov for efterbearbejdning i form af savning, boring, skæring og raspning.

Nogle fabrikker har etableret genindvindingsanlæg til genbrug af vand og tilslag. Enkelte fabrikker nedknuser også betonaffald og genbruger det som tilslag i ny beton.

Ved rengøring af blander og lastbiler fremkommer der et restprodukt kaldet betonslam, som er vand med opslemmet rester af cement, flyveaske, kemiske tilsætningsstoffer m.m.

### B.2.3 Opførelse

Indbygning/montage af betonprodukter og in-situ støbning af fabriksbeton omfatter de processer, der begynder, når betonproduktet/betonen forlader produktionsstedet og slutter, når det indbyggede/pladsstøbt produkt er klar til brug. Omfanget af processerne er både bestemt af betonproduktet og af bygværket, hvori det indbygges.

In-situ støbning involverer energiforbrugende materiel som kran og stavvibrator, materialer som beton og armeringsstål samt hjælpematerialer som fx forskalling og formolie. Af andre væsentlige miljøpåvirkninger kan nævnes ikke-brændbart affald, som stammer fra spildet ved støbningen af betonen. Fabriksbeton transporteres i gennemsnit 20 km til byggeplads med lastbil.

Montage af betonelementer involverer energiforbrugende materiel som byggepladskran, materialer som selve betonelementet, understopning- og fugemørtel og fugearmering samt hjælpematerialer som fugeforskalling. Betonelementer transporteres i gennemsnit 50 km til byggeplads med lastbil.

Betonvarer omfatter et meget bredt spektrum af forskelligartede produkter, som behandles meget forskelligt i forbindelse med opførelse. Eksempelvis kan det nævnes, at der ved lægning af kloakrør bruges indbygningsgrus (Selv om der anvendes mindre indbygningsgrus i forbindelse med betonrør set i forhold til PVC-rør).

Udtørring af bygninger i forbindelse med opførelse kræver relativt store energimængder. Dette skyldes bl.a. den stadigt reducerede byggetid, som øger behovet for kunstig udtørring (gælder alle byggematerialer). Det skønnes, at der anvendes et samlet årligt energiforbrug i Danmark til opførelse og renowring af bygninger på ca 1,2 TWH og i et eksamensprojekt fra DTU udført af J. S. Jørgensen og R. A. Rasmussen anslås, at ca. 70 % af den samlede energimængde, der anvendes i forbindelse med opføringsfasen, anvendes til udtørring og opvarmning af bygningen.

Ud over det CO<sub>2</sub>-udslip som følger af energiforbruget, vil en mangelfuld udtørring efterfølgende skabe både tekniske og miljømæssige problemer. Miljøproblemerne vil især være relateret til svampeskader og deraf følgende forringet indeklima.



## B.2.4 Drift og vedligehold og reparation

### B.2.4.1 Drift

Drift omfatter dels processer i forbindelse med brug af en bygning, dels såkaldt passiv brug. Ved brug af en bygning er de mest betydende processer opvarmning og belysning.

Passiv brug dækker over betonens karbonatisering, det vil sige reaktionen mellem kuldioxid i atmosfæren og calciumhydroxid i betonens porevæske. Reaktionen danner calciumcarbonat og vand. Hvis det antages, at der efter nedknusning kan opnås total karbonatisering, viser en overslagsberegning, at en ikke uvæsentlig del af CO<sub>2</sub>-emissionen, der er forbundet med cementproduktion, vil blive forbrugt ved karbonatiseringen. Det vides ikke, på hvilken måde dette kan tages i regning i CO<sub>2</sub>-opgørelser.

### B.2.4.2 Vedligehold

Vedligehold af betonkonstruktioner vedrører hovedsageligt overflader, fx ved højtryksspuling.

### B.2.4.3 Reparation

Reparation af betonkonstruktioner omfatter borthugning af beskadiget beton, overfladebehandling af det sted, hvor der skal støbes nyt beton/mørtel og støbning med reparationsmørtel eller -beton. Der kan også være behov for at konstruere midlertidig afstivning af en konstruktion under reparation, hvis det er de bærende dele af konstruktionen, der skal repareres.

## B.2.5 Nedrivning og bortskaffelse

Nedrivning kan ske som almindelig eller som selektiv nedrivning, hvor de enkelte bygningsdele fjernes hver for sig.

Nedrevet og knust beton kan genanvendes som tilslag i nyt beton jf. den danske betonstandard DS 481. Denne bliver ved udgangen af 2003 afløst af den fælles europæiske betonstandard EN 206-1, der suppleres med et nationalt annek DS-EN 206-1. Det er også i den kommende europæiske betonstandard tilladt at anvende nedknust beton som tilslag. Der er imidlertid en forhindring i normsystemet for anvendelse af nedknust beton som tilslag, idet den danske konstruktionsnorm DS 411 foreskriver, at sådan beton ikke må anvendes til bærende konstruktioner.

Det meste beton genanvendes i dag i ubundne materialer til vejbygning.

## B.3 Livscyklusbetragtninger for beton

Det er vigtigt at se miljøpåvirkningerne fra en betonkonstruktion i hele dens livscyklus. Holdbarheden af betonen og dermed levetiden er væsentlig set i forhold til miljøpåvirkninger målt pr. leveår af en betonkonstruktion. I det nordiske netværk "Concrete for the environment – a Nordic network" er der udarbejdet en definition på miljørigtige betonkonstruktioner. Denne danner udgangspunkt for arbejdet i dette projekt. Definitionen er, som følger:

”En miljørigtig betonkonstruktion er en betonkonstruktion, der opfylder kriterier for bæredygtig udvikling ved at være designet, opført, renoveret, anvendt og genbrugt på en ressourceeffektiv måde set ud fra en livscyklusbetragtning. Dette skal opnås ved at udnytte de af betonens egenskaber, der er til gavn for miljøet, fx den høje styrke, den gode holdbarhed og den høje termiske kapacitet. Betonkonstruktionen skal være designet og produceret på en måde, så den er skræddersyet til anvendelsen, det vil sige til den specificerede levetid, lastpåvirkning, påvirkning fra vejr og vind, vedligeholdelsesstrategi, opvarmningsbehov osv. ”Den rigtige beton til den rigtige anvendelse”.

For at være miljørigtig skal en betonkonstruktions miljøpåvirkninger set i hele livscyklus være reduceret til et minimum. Kravene til betonen og dens delmaterialer er, som følger:

- Sand og sten skal være udvundet på en miljørigtig måde.
- Cementen skal være produceret med moderne produktionsudstyr ved brug af genvundne materialer og med alternative energiressourcer.
- Betonen skal være produceret på betonfabrikker, hvor miljøpåvirkningerne minimeres, fx ved at genanvende egne restprodukter som betonslam og stenmel.
- Betonen skal have et optimalt klinkerindhold set i forhold til specificeret styrke og holdbarhed.
- Der må ikke introduceres miljøproblemer som fx udvaskning af tungmetaller m.m.

Alt afhængig af anvendelsen og tilgængeligheden af materialer kan andre måder at fremme miljørigtigheden for en betonkonstruktion være at:

- Anvende restprodukter som fx mikrosilica, flyveaske, slagge m.m.
- Udnytte den gode holdbarhed til at øge levetiden.
- Udnytte styrken til at minimere total mængde beton.
- Udnytte den termiske kapacitet til at reducere det nødvendige energiforbrug til opvarmning eller køling og til at sikre et godt indeklima.

#### B.4 Miljøpåvirkninger i betonproduktens livscyklus

Ud fra kendt viden kan følgende væsentlige miljøpåvirkninger i betonproduktens livscyklus identificeres, jf. Tabel B.2

Tabel B.2 Livscyklusfaser for betonprodukter

Livscyklusfase	Aktivitet	Forbrug/udledning	Miljøpåvirkning
1. Udvinning og forarbejdning af delmaterialer	Forbrug af sand og sten	Forbrug af landmaterialer	Ressourcer, arealforbrug
	Cementproduktion	Energi, CO <sub>2</sub> fra kalcinering	Drivhuseffekt 2)
	Armeringsproduktion, specielt rustfri armering	Forbrug af jern samt legeringsmetallerne chrom og nikkel	Drivhuseffekt og en række andre miljøeffekter som fx farligt affald. Forbrug af begrænsede ressourcer.
	Letklinkerproduktion Additivproduktion	Energi En række forskellige råstoffer samt energi	Drivhuseffekt 2) Toksicitet og økotoxicitet samt en række andre miljøpåvirkninger, herunder farligt affald
	Restprodukter som flyveaske, mikrosilica m.fl.	Genanvendelse af restprodukter	Minimerer affaldsproduktionen, mindre behov for deponering af restprodukter.
2. Betonproduktion	Blanding og udstøbning af beton.	Materialer som cement, tilslag, armeringsjern og slipmidler Forbrug af energi Affald i form af betonslam og hærdnet, kasseret beton indeholdende kulbrinter Spildevand, alkalisk, kan indeholde kulbrinter og tungmetaller	1)  Drivhuseffekt 2) Bidrag til økotoxicitet og andre miljøeffekter. Deponeringsbehov  Bidrag til økotoxicitet og persistent toksicitet.
3. Design og opførelse	Opførelse	Materialer Forbrug af energi	1) Drivhuseffekt 2)
	Udtørring	Forbrug af energi	Drivhuseffekt 2)
4. Drift og vedligehold	Opvarmning af boliger	Forbrug af energi	Drivhuseffekt 2)
	Belysning	Forbrug af energi	Drivhuseffekt 2)
	Reparationer	Forbrug af materialer	Toxicitet og økotoxicitet samt en række andre miljøpåvirkninger, herunder farligt affald
	Vedligehold	Forbrug af energi og materialer	Drivhuseffekt 2)
	Karbonatisering	Optagelse af CO <sub>2</sub>	Minimering af drivhuseffekt
5. Nedrivning og afhændelse	Nedrevet beton	Evt. udvaskning af tungmetaller, affald, kulbrinter	Økotoxicitet og persistent toksicitet
	Karbonatisering	Optagelse af CO <sub>2</sub>	Minimering af drivhuseffekt

1) Miljøeffekter ved forbruget af materialerne er angivet under fase 1, udvinning og forarbejdning af materialer.

2) Energiforbrug bidrager primært til drivhuseffekten, men medfører også bidrag til andre miljøeffekter som forurening, næringssaltbelastning, økotoxicitet og persistent toksicitet.

I afsnit B.4.1-B.4.6 gennemgås hvert af de identificerede miljøpåvirkninger med henblik på at vurdere, om det er relevant, at de indgår i handlingsplanen.

#### B.4.1 Udvinning og forarbejdning af delmaterialer

Miljøpåvirkninger i forbindelse med udvinning og forarbejdning af delmaterialer har væsentlig indflydelse på betonprodukters livscyklus. Det gælder fx ressourceforbruget i forbindelse med udvinning af sand og sten, og det gælder energiforbrug og CO<sub>2</sub>-emissioner i forbindelse med produktion af cement, letklinker og armering.

Betonproducenter kan via deres handlinger ikke direkte påvirke miljøpåvirkninger forbundet med udvinning og forarbejdning af delmaterialer, og forbedringer af disse har omvendt ikke direkte betydning for betonproducenter. Betonproducenter har indflydelse på miljøpåvirkninger fra udvinning og forarbejdning af delmaterialer via deres valg af producenter og leverandører af delmaterialer, ved at stille krav til disse og via sammensætningen af betonen. Sidstnævnte behandles under livscyklusfase 2 vedrørende betonproduktion, jf. B.2.2.

Ofte foregår aktiviteter med reduktioner af miljøpåvirkninger alene hos den enkelte producent og sjældent i samarbejde med betonproducenter. Derfor er det valgt, at sådanne aktiviteter ikke er relevante i nærværende handlingsplan. Nedenfor gennemgås aktiviteterne for hvert enkelt delmateriale.

##### *B.4.1.1 Forbrug af sand og sten*

Forbrug af sand og sten er forbundet med ressourceforbrug og arealanvendelse.

I Danmark anvendes primært bakkematerialer indvundet fra land til betonfremstilling suppleret med sømaterialer samt importeret høj kvalitetstilslag fra Norge og Sverige.

Problemet i Danmark er, at landmaterialerne er begrænsede ressourcer samtidig med, at der ofte opstår arealkonflikter ved indvinding på land. Eksempelvis er bakkesand en begrænset ressource, hvorimod der til søs findes nærmest uudtømmelige sandressourcer. Problemet er bare, at disse sømaterialer er væsentligt mere finkornede end de landbaserede sandforekomster.

Finkornet søsand er traditionelt ikke attraktivt til anvendelse i beton, idet det skaber et større vandbehov i betonen og dermed et større behov for cement, der bidrager væsentligt til den miljømæssige belastning. Der er imidlertid ny teknologi, som kunne gøre det attraktivt at anvende finkornet søsand, nemlig anvendelsen af de såkaldte selvkompakterende betoner.

Selvkompakterende beton er en ny type beton, der ikke skal vibreres for at fylde en form. Disse betontyper kræver et højere finstofindhold for at opnå de rette flydeegenskaber, og det er her, de finkornede sømaterialer bliver attraktive.

Et andet aspekt omkring sand- og stenressourcer til beton er, at der ofte anvendes "for gode" materialer. Årsagerne til dette er mange. Eksempelvis er det den begrænsede silokapacitet på betonfabrikkerne og produktionsmæssige

forhold, der er afgørende for valget af tilslag. Endvidere er prisforskellen på gode og dårlige materialer relativ lille i forhold til de øvrige delmaterialer.

Skov- og Naturstyrelsen arbejder i øjeblikket med en handlingsplan, der skal sikre en "Forbedret udnyttelse af danske råstoffer". I dette arbejde håndteres de ovenfor beskrevne problemstillinger.

Fem tilslagsproducenter er miljøcertificeret efter ISO 14001.

#### *B.4.1.2 Cementproduktion*

Cementproduktionen er forbundet med energiforbrug, emission af drivhusgasser og med arealforbrug. Cement er det delmateriale, der giver anledning til de fleste miljøpåvirkninger. Cementproducenten Aalborg Portland A/S har, som led i sin miljøpolitik, et mål om at fremme en bæredygtig udvikling og renere teknologi under hensyn til det økonomisk forsvarlige. Endvidere ønsker virksomheden at sikre, at virksomhedens produkter bidrager til, at kunderne, herunder betonproducenterne, kan nå deres miljømål blandt andet ved at gennemføre og medvirke til udvikling af miljørigtige cement- og betonprodukter, som forbedrer betons livscyklus. Aalborg Portland A/S har de senere år målrettet arbejdet med at reducere forbruget af ikke-fornybare energiråstoffer gennem at øge anvendelsen af brændsler, baseret på brændbart affald og biomasse. Samtidig er der udviklet nye cementtyper og gennemført en række energibesparende tiltag i produktionen.

Udover at flere i branchen arbejder med miljøledelse på forskellige planer, er nogle miljøcertificerede. Aalborg Portland A/S har således opbygget et energi- og miljøledelsessystem, der er certificeret efter ISO 14001, verificeret efter Energistyrelsens kravspecifikation for energiledelse (DS 2403) samt registreret efter EMAS-forordningen. Arbejdsmiljøet er certificeret efter OHSAS 18001 og AT Bekendtgørelse nr. 923.

#### *B.4.1.3 Armeringsproduktion*

Tidligere blev armeringsstål produceret på Det Danske Stålvalseværk, hvor råvaren først og fremmest var skrot. Virksomheden var derfor en af Danmarks største genbrugsvirksomheder.

I dag importeres al armeringsstål fra forskellige udenlandske leverandører, og det er ikke muligt at fastslå, hvor stor en genbrugsprocent disse producenter opererer med.

Langt den hyppigste ståltype til betonarmering er ulegeret stål. Til altaner kan der dog bruges rustfrit stål, og til fx svømmehaller kan der bruges rustfrit, syrefast stål.

Brug af rustfri armering er forbundet med forbrug af knappe ressourcer, krom, nikkel og molybdæn.

Den væsentligste miljøbelastning i forbindelse med armeringsstål finder man i forbindelse med selve fremstillingen af råjern og stål, idet der ved fremstillingen af stålet genereres betydelige mængder farligt affald. Derudover bruges relativt meget energi. Energiforbruget medfører en relativ stor emission af især CO<sub>2</sub> til atmosfæren og dermed bidrag til drivhuseffekten. Der er også

bidrag til såvel parametrene økotoxicitet og persistent økotoxicitet fra fremstilling af stål.

#### *B.4.1.4 Letklinkerproduktion*

Forbedringer af miljøpåvirkningerne ved produktion af letklinker foregår hos de to producenter Optiroc og Dansk Leca.

Også i forbindelse med produktion af letklinker er energiforbruget og den dermed forbundne emission til atmosfæren den væsentligste miljøbelastning. I forbindelse med produktionen af letklinker anvendes relativt store mængder kul.

#### *B.4.1.5 Additivproduktion*

I det europæiske projekt, TESCO, blev der udarbejdet en systematik for at vurdere additiver ud fra eksternt miljø og arbejdsmiljø. Der tages her især hensyn til anvendelsen af stofferne. Den enkelte producent kan anvende denne systematik til at prioritere indkøb af additiver ud fra en miljøsynsvinkel.

En leverandør af tilsætningsstoffer er miljøcertificeret efter ISO 14001.

#### *B.4.1.6 Restprodukter*

Brug af restprodukter i beton giver anledning til en positiv miljøpåvirkning, forstået på den måde, at det hjælper med til at løse samfundets problemer med deponering af disse restprodukter. Nogle af restprodukterne har tilmed en pozzolansk effekt, hvilket betyder, at de til en vis grad kan erstatte cement, og derved reduceres miljøpåvirkningerne yderligere.

I Center for Grøn beton er der udarbejdet en anvisning i at anvende restprodukter til betonproduktion.

### B.4.2 Betonproduktion

Betonproducenter med en produktion på over 20.000 ton pr. år skal ifølge "godkendelsesbekendtgørelsen" (BEK 646 af 29/06/2001) have en miljøgodkendelse. Denne godkendelse, som bygger på kapitel 5 i Miljøloven, fastsætter loft over virksomhedens forurening og stiller krav til affaldshåndtering, spildevand, emissioner til luften, støj m.m. Godkendelsen gives normalt for en periode af 8 år, men kan tages op til revision, blandt andet hvis forureningen går ud over det, som blev lagt til grund ved godkendelsens meddelelse.

For øjeblikket er der kun en betonelementproducent i Danmark der er miljøcertificeret efter ISO 14001.

#### *B.4.2.1 Delmaterialetype og -mængde*

Betonproducenter påvirker miljøet gennem valg af delmaterialer og deres sammensætning af betonen. Der er store muligheder for at mindske miljøpåvirkninger på denne måde, også selv om delmaterialevalg og sammensætning skal ske under hensyntagen til gældende normer og standarder og krav til betonens egenskaber. Der har i Center for Grøn beton været arbejdet intensivt med denne tilgang til at reducere miljøpåvirkninger. Resultatet kan ses i "Anvisning i grøn beton". Derfor vil dette aspekt ikke indgå i nærværende handlingsplan.

#### *B.4.2.2 Affald fra betonproduktion*

Produktion af beton genererer affald i form af spildevand og betonslam fra vask af blandere og biler og i form af hærdnet beton fra laboratorieprøver og fra fejlproducerede elementer og produkter. Betonaffald fra produktionen udgør mellem 1-4%.

Hærdnet beton kan nedknuses og genanvendes, enten som nedknust beton som tilslag i ny beton, hvilket nogle enkelte producenter gør på egen fabrik. Der er dog jf. gældende danske normer begrænsninger for denne anvendelse, se afsnit B.2.5. Den mest typiske bortskaffelse af hærdnet beton er at køre det til et genanvendelsesfirma, der nedknuser og sælger det som stabilgrus i forbindelse med anlæg af belægninger og vejkonstruktioner.

For spildevandet er det vigtigt at holde mængden af tungmetaller nede. Normalt er der ikke problemer med at overholde kravene i kapitel 5-godkendelserne. Ved anvendelse af alternative delmaterialer som restprodukter fra andre industrier er det vigtigt at sørge for, at der ikke forekommer en forøget mængde af tungmetaller i spildevandet.

Spildevand med rester af cement, additiver m.m. i kaldes for betonslam. Spildevand og betonslam kan genanvendes. Slammets tørstof erstatter en del af sandet, og vandet i slammets kan bruges som blandevand. På den måde spares der på naturlige ressourcer samtidig med, at betonværket minimerer sine affaldsmængder. Anvisning for genanvendelse af betonslam kan ses i ref. Anvisning i Grøn beton og vil ikke blive omfattet af nærværende handlingsplan.

På nogle fabrikker udfældes betonslammet, og spildevandet genanvendes uden slam. Betonslammet har en høj pH-værdi, så det i mange tilfælde ikke kan udledes til rensningsanlæg, uden først at blive neutraliseret.

Mange betonproducenter har i dag problemer med at bortskaffe betonslam, fordi det har et indhold af kulbrinter, der overstiger de grænseværdier, som amterne har opstillet. Disse grænseværdier stammer fra grænseværdierne anvendt for deponering af forurenede jord. Grænseværdierne varierer fra amt til amt eksempelvis som beskrevet i "Vejledning i håndtering af forurenede jord på Sjælland" fra juli 2001, udgivet af amterne på Sjælland og Lolland/Falster samt Frederiksberg og Københavns Kommune.

Kulbrinterne kan udgøre et potentielt miljøproblem, fordi der er risiko for udvaskning og nedsivning til grundvandet. Kulbrinter kan stamme fra indsmøring af biler, fra smøreolie og hydraulikolie, fra kemikalier og fra form-slipmidler.

Det er vigtigt at få afklaret, om kulbrinter i betonslam udgør et reelt miljøproblem, og i så fald få analyseret, hvor kulbrinterne stammer fra, og hvad der kan gøres ved det. Dette vil være en del af handlingsplanen og vil basere sig på et arbejde udført af en arbejdsgruppe nedsat under Betonindustriens Fællesråd, før nærværende projekt blev bevilliget. Arbejdsgruppen havde repræsentanter fra Betonelement-Foreningen, Dansk Fabriksbetonforening, Aalborg Portland A/S og Teknologisk Institut samt en letbetonproducent. Arbejdet blev igangsat med det formål at få belyst kulbrinteproblematikken i forhold til beton – med henblik på at opnå en forbedret beskyttelse af miljøet samt en optimal ressourceforvaltning. Arbejdsgruppen har færdiggjort sit

indledende arbejde og konkluderet, at der er tale om en ganske kompliceret problemstilling, som det vil kræve en større indsats at få løst på en vidensbaseret og afbalanceret måde.

#### B.4.3 Design og opførelse

##### *B.4.3.1 Design og materialeforbrug*

Det er muligt at nedsætte byggeriets miljøbelastning ved at optimere konstruktionerne, så der benyttes mindst muligt materiale. Grøn Beton projektet har blandt andet undersøgt følgende muligheder:

- Broer uden fugtisolerung. Fugtisolerung benyttes ofte ved vejbroer, hvor vejbanens fugtisolerung beskytter den underliggende beton. Fugtisolerungen har imidlertid en kortere levetid end resten af broen og skal derfor repareres med mellemrum for stadigvæk at være effektiv. Ved at benytte en tæt beton med god holdbarhed bliver fugtisolerungen overflødig. Det sparer materiale og energi både ved opførelse af broen og ved efterfølgende reparationer.
- Konstruktionsudformninger, hvor enkeltdele er nemme at udskifte. Ofte vil enkelte konstruktionsdele være væsentligt mere udsatte end konstruktionen som helhed. For en vejbro gælder dette søjler og kantbjælker. Konstruktionen kan udformes, så fx søjler er nemme at skifte ud. Derved kan broens samlede levetid forlænges ved en række mindre reparationer.

Sådanne løsninger vil i mange tilfælde også være økonomisk fordelagtige. Men nogle af løsningerne kræver mere arbejde eller dyrere materialer. De er derfor ikke nødvendigvis de økonomisk mest optimale. I disse tilfælde må bygherren afveje, hvor meget miljøforbedringerne er værd.

Aspekter vedrørende design og materialeforbrug er behandlet i projekt Grøn Beton, og det er emner, som betonproducenter ikke har direkte indflydelse på. Derfor vil det ikke indgå i nærværende handlingsplan.

##### *B.4.3.2 Udtørring*

I konstruktioner, hvor der indgår beton, er det nødvendigt, at betonen er udtørret til et vist fugtniveau, før der fx udlægges gulv, påføres vægbeklædning m.m. Forcing af de videre processer, før fugtniveauet er reduceret til et vist niveau, kan ofte være medvirkende til skader på bygningen. Udtørring af bygninger er desuden forbundet med et energiforbrug af en anseelig størrelse.

Det vurderes, at der er uudnyttede muligheder for dels at optimere udtørningsmetoder, dels udvikle betonrecepter med en højere udtørningshastighed og dermed kortere udtørningstid.

Det er ikke kendt, hvorledes betonkvalitet og -konstruktion hænger sammen med energiforbrug til opvarmning/nedkøling. Desuden er der behov for praktisk anvendelige vejledninger.

Udtørring vil indgå som en del af handlingsplanen.



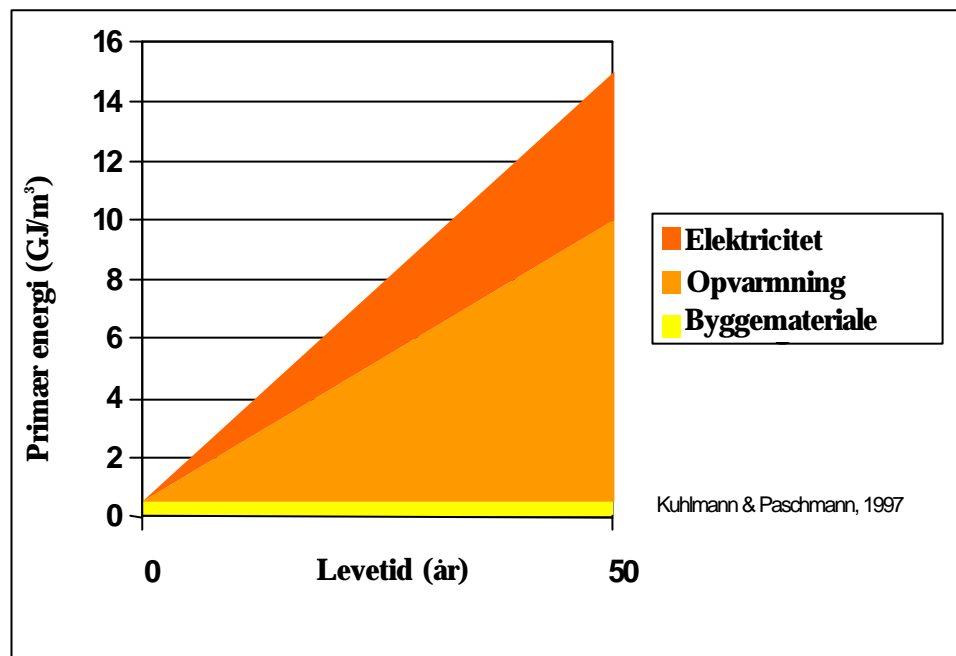
#### B.4.3.3 Andre processer

Miljøpåvirkninger i forbindelse med opførelsen på byggeplads, fx brug af kran til at løfte og anbringe betonelementer og til at udstøbe og vibrere beton i en form, er ikke fundet væsentlige i forhold til de andre nævnte processer. Dog skal det nævnes, at der ikke er mange data tilgængelige, og at kvaliteten af miljødata fra livscyklusfasen Opførelse ikke er tilfredsstillende.

#### B.4.4 Drift og vedligehold

##### B.4.4.1 Opvarmning og belysning

En anseelig del af energiforbruget i en bygnings levetid er relateret til opvarmning / køling og belysning af bygningen. Dette er illustreret i Tabel B.3, hvor det fremgår, at ca. 5% af energiforbruget stammer fra selve bygningsmaterialerne og opførelsen.



Tabel B.3 Energiforbrug i en bygnings levetid fordelt på den energi, der stammer fra selve byggematerialerne og opførelsen samt den energi, der går til elforsyning og opvarmning/køling

Det er muligt i mindre grad at ændre på energibehovet til opvarmning og/eller køling ved valg af byggematerialer, hvor det er kendt, at beton og andre tunge byggematerialer er karakteriseret ved den såkaldte "domkirkeeffekt" – altså evnen til at udveksle varme.

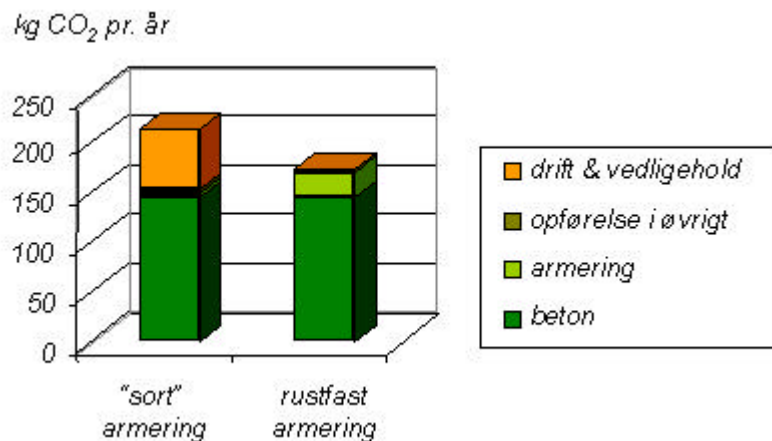
Selv om opvarmning og køling samt belysning er en betydelig kilde til energiforbruget i betonkonstruktioners livscyklus, vil det ikke være omfattet af nærværende handlingsplan, fordi løsninger og muligheder ligger langt fra forhold, som betonproducenter har indflydelse på.

##### B.4.4.2 Reparationer og vedligehold

Reparationer og vedligehold inkluderer både løbende vedligehold og reparationer. Det vil blandt andet sige rengøring, overfladebeskyttelse, udskiftning af isolering mv. og betonreparationer. Reparation og vedligehold er ofte en

tungtvejende del af det samlede miljøregnskab, når man ser på hele konstruktionens levetid. Behovet for vedligehold afhænger meget af konstruktionens udformning. Derfor vil det ofte være en god idé at lave konstruktioner, hvor behovet for vedligehold er minimalt, også selv om det betyder, at miljøbelastningen ved opførelsen af bygværket bliver lidt større. Eksempler på denne tankegang er blandt andet rustfri armering, permanent stålforskalling og øget dæklag. Sådanne tiltag er især relevante for særligt udsatte konstruktionsdele, hvor fx kloridindtrængning er bestemmende for konstruktionens levetid.

I Tabel B.4 ses en sammenligning af CO<sub>2</sub>-emissioner ved fremstilling, reparation og vedligehold af forskellige brosjøler i kg/CO<sub>2</sub> pr. år. Der er regnet med en levetid på 100 år. Det kan ses, at ved brug af rustfast armering kan der opnås en betydelig reduktion af CO<sub>2</sub>-emissionerne, fordi reparationer kan undgås, også selv om den rustfaste armering i sig selv er mere CO<sub>2</sub>-forbrugende end den traditionelle sorte armering.



Tabel B.4 Sammenligning af CO<sub>2</sub>-emissioner ved fremstilling, drift og vedligehold af forskellige brosjøler (kg CO<sub>2</sub> pr. år)

Miljøfordelene ved rustfri armering skal holdes op imod de miljømæssige ulemper ved den rustfri armering, som især relaterer sig til

- Forbrug af sparsomme ressourcer
- Produktion af farligt affald
- Nærings saltbelastning økotoxicitet
- Persistent økotoxicitet

Dette emne omkring valg af armering er der blevet arbejdet med i projekt Grøn beton, og det er ikke et emne, som producenter har særlig stor indflydelse på, hvorfor det ikke vil indgå som en del af handlingsplanen.

Et andet aspekt relateret til reparationer er de kemiske stoffer, der indgår i reparationsprodukter.

I EU-projektet TESCOP er der foretaget en analyse af udvalgte reparationsprodukter, og der er udviklet en systematik til at vurdere reparationsprodukter ud fra forhold relateret til eksternt miljø og til arbejdsmiljø.

Samlet vurderes det, at forbruget af rustfrit stål er relativt begrænset og at betonproducenterne har meget lille indflydelse på valg af såvel armering som reparationsprodukter. Disse emner omkring valg af armeringsstål og reparation vil derfor ikke indgå som en del af handlingsplanen.

#### *B.4.4.3 Karbonatisering*

Et forhold ved betons livscyklus er, at en stor del af CO<sub>2</sub>-emissionen fra fremstilling af cement stammer fra calcineringen, der er en nødvendig proces for fremstilling af cement. Cementen gennemgår efterfølgende en hydratisering gennem blandings- og hærdningsprocessen. Derefter vil betonen over en længere periode gennem karbonatiseringen i princippet optage den samme mængde CO<sub>2</sub> som emissionen ved calcineringen. Noget af dette vil ske, mens betonkonstruktionen er i brug, mens den største del sandsynligvis vil ske efter, at betonkonstruktionen er blevet nedrevet og betonen nedknust.

Bidraget fra calcineringen udgør omtrent 0,5 kg pr. kg cement, dog afhængigt af den enkelte cementtype. Denne positive effekt er beskrevet som karbonatisering i Tabel B.2.

Det er ikke kendt, i hvilket omfang betonens karbonatisering (CO<sub>2</sub>-optag) skal/kan tages i regning i livscyklusvurderinger. I et projekt medfinansieret af Nordisk Industrifond vil der blive udviklet retningslinier for, hvordan karbonatisering kan tages i regning i miljøberegninger. Derfor vil dette emne ikke være omfattet af handlingsplanen.

#### *B.4.4.4 Indeklima*

Det er ikke kendt, hvilken sammenhæng der er mellem beton og indeklima. På den ene side kan det ikke udelukkes, at beton ligesom mange andre byggematerialer afgiver flygtige stoffer til indeklimaet. På den anden side må man forvente, at betonens høje varmekapacitet kan modvirke de voldsomme temperaturudsving, som man ser i fx moderne kontorbyggeri med store glasparterier.

En stor del af formlipmidlerne, som anvendes ved fremstilling af betonelementer m.m., vil kunne genfindes i den yderste del af betonen mod formsiden, og hvis betonen er placeret indendørs, må en stor del af denne olie forventes at ville fordampe og dermed påvirke indeklimaet. Det er uvist, over hvor lang tid denne fordampning finder sted, og hvilken påvirkning af indeklimaet det giver anledning til.

### B.4.5 Nedrivning og afhændelse

#### *B.4.5.1 Nedrevet beton*

Nedrivning af bygninger genererer affald, som skal afhændes. Nedrevet beton kan nedknuses og genanvendes. Den mest typiske genanvendelse finder sted til vejkonstruktioner. Genanvendelsesprocenten for nedrevet og knust beton ligger på næsten 100 %.

Der er opstået et problem for genanvendelse af beton, nemlig at kulbrinteindholdet i den nedknuste beton er relativt højt.

Reglerne for indhold af forurenende stoffer i affald og forurenede jord til deponering er relativt skræppe i Danmark, hvor man typisk anvender en grænse på 100 mg/kg kulbrinte for at acceptere, at nedknust nedrivningsaffald kan deponeres uden særlige vanskeligheder. Også i resten af Europa strammes kravene. I den seneste "Counsel decision of 19 December 2002" om "Establishing Criteria and Procedures for the Acceptance of Waste at Landfills Pursuant to Article 16 of and Annex II to Directive 199/31/EC" er grænseværdier for indhold af miljøfarlige stoffer i "Inært affald" fastsat til blandt andet 500 mg/kg mineralolie. Hertil kommer en række krav til udvaskning af især forskellige tungmetaller.

Det betyder, at efter kommende EU-regler vil almindeligt nedrivningsaffald være tæt på at overskride klassifikationen for "inært affald", og rykke op i kategorien "ikke farligt affald" som kræver deponering på omkostningskrævende kontrollerede lossepladser.

Et andet aspekt er, at med stigende brug af restprodukter fra andre industrier til betonproduktion, er der risiko for, at tungmetalindholdet i beton stiger og dermed også risikoen for, at der udvaskes tungmetaller. Dette er dog ikke tilstrækkeligt belyst.

Udvaskning vil være en del af nærværende handlingsplan.

Nogle betonproducenter genanvender nedknust beton fra kasseret beton som tilslag i ny beton. Dette er muligt til visse typer betoner, mens der er begrænsninger til andre typer betoner. I den gældende udgave af DS 411 er det ikke tilladt at anvende nedknust beton som tilslag i ny beton til konstruktioner til bærende formål. Standardiseringsudvalget vil kun acceptere dette, såfremt der foreligger den fornødne dokumentation.

Fremskaffelse af denne dokumentation vil være en del af nærværende handlingsplan.

Et tredje aspekt er, at det ikke er kendt, i hvilket omfang der udvaskes tungmetaller af nedknust beton, som primært stammer fra restprodukter som flyveaske.

Konklusionen på denne problematik er, at der er en stor potentiel risiko for byggeindustrien, hvis det viser sig, at det i fremtiden vil blive meget bekosteligt at nedrive betonkonstruktioner, fordi de ikke kan bortskaffes og genbruges miljømæssigt forsvarligt. Hvis andre byggematerialer end beton uden miljøproblemer kan nedrives og bortskaffes, vil det være et stærkt argument for ikke at vælge beton som byggemateriale.

#### *B.4.5.2 Karbonatisering*

Jf. B.4.4.3.

#### B.4.6 Transport

Udover de miljøpåvirkninger, der sker i de enkelte livscyklusfaser, finder der også transport sted mellem de enkelte faser. Det gælder transport af delmaterialer til betonfabrikken, transport af beton og betonelementer og betonpro-

dukter til byggepladsen eller byggemarkedet, transport af reparationsprodukter og endelig transport af nedrevet beton til et knuseanlæg.

Tidligere undersøgelser har vist, at transport ikke udgør en miljøpåvirkning af særlig stor betydning i relation til de øvrige miljøpåvirkninger i betonproduktens livscyklus.



## C Sammenlignende opgørelse af miljøeffekter og ressourceforbrug

For at illustrere væsentlige udvalgte miljøeffekter og ressourceforbrug inden for bygge/beton-området er det valgt at se på et eksempel og trække nogle forhold ud, som kan generaliseres.

I nærværende sammenligning er det valgt at anvende data for fremstilling af en kantbjælke. Data stammer fra Håndbog i miljørigtig projektering (1998), kapitel 4.2.1. I Håndbogen er anført, at data har baggrund i Brancheanalyse Beton samt andre kilder fra 1995.

Kantbjælken består af 502 kg beton med en armering af 23 kg kamstål. I nærværende beregninger omfatter opgørelserne kantbjælkens samlede levetid. Levetiden for bjælken fremgår ikke klart af Håndbogen, men det antages, at der er taget udgangspunkt i en levetid på 100 år (Håndbog i miljørigtig projektering, afsnit 4.10.5).

Som udgangspunkt er valgt en beton bestående af materialer som vist i Tabel C.1 .

Tabel C.1 Indhold i beton til kantbjælke

	kg/m <sup>3</sup>	pr. 502 kg
Cement	307	67,8 kg
Mikrosilica og flyveaske	77,5	17,1 kg
Vand	154	34,0 kg
Tilslag	1730	382,3 kg
Kemiske tilsætningsstoffer	3,4	0,8 kg
I alt	2271,9	502,0 kg

Med den valgte kantbjælke som eksempel er det valgt at illustrere den miljømæssige betydning af:

- Materiale- og energiforbrug
- Forbrug af armeringsmateriale
- CO<sub>2</sub>-udledning fra kalcineringen af calciumcarbonat
- Udslip af formolie

### C.1 Kortlægning

Kortlægningen er gennemført ud fra MEKA-metoden, som beskrevet i Håndbog i miljøvurdering – en enkel metode.

Denne metode er en forenkling af UMIP-metoden og er primært tiltænkt anvendt som screener for at udpege de væsentligste miljøbelastende forhold. MEKA står

for Materialer, Energi, Kemikalier og Andet. Den væsentligste forenkling er, i forhold til andre livscyklusmetoder, at der her fokuseres på indgående strømme; - forbrug af materialer og energi samt kemikalier.

Ud over anvendelse af MEKA-metoden er der foretaget opgørelse og/eller estimering af størrelsen af forskellige miljøeffekter. De data, der er hentet fra Håndbog i miljørigtig projektering er angivet i Tabel C.2. I tabellen er angivet de antagelser, der er forudsat fx med hensyn til genanvendelse af armeringsstål. Energiforbruget er opgjort i primær energi og der er givet oplysninger om hvilke energiresourcer, der er forudsat anvendt.

Tabel C.2 Kortlægning af kantbjælke med armering af kamstål

	Fasen omfatter	Materialer, mængde	Energiforbrug
Råmaterialer	Fremstilling af råmaterialer,- Udgravning af stem, grus etc. Fremstilling af cement Fremstilling af stål	Udvinning af kalk, sand og sten Flyveaske er et restprodukt, - regnes ikke med Armeringsstål fra 90% skrot og 10% nyt	<u>Energi til fremstilling af cement:</u> 1,4 GJ/ton primær energi svarer til 700 MJ/enhed energitype ikke oplyst, antaget 90%kul og 10 % olie <u>Energi til fremstilling af stål</u> 40 MJ* 23 kg= 920 MJ primær energi, antagelig kul <u>Energi til fremstilling af hjælpe-kemikalier</u> 75 MJ * 0,8 kg = 60 MJ (kul)  <u>Enrgi til fremstilling af formolie</u> 50MJ * 0,09= 4,5 MJ (kul)
Produktion af emnet	Blanding og udstøbning af beton	Cement 67,8 kg Micr.+f.aske 17,1 kg Vand 34,0 kg Tilslag 382,3 kg 23 kg stål Kemiske tilsætningsstoffer 0,8 kg Olie til formlipmidler på 0,09 kg	85 MJ primær energi 18 kg kul 2,8 kg olie 1 Nm3 gas
Anvendelse af elementet i bygning	Opførelse af bygning	Ingen	9 MJ primær energi 0,2 kg olie
Brug og vedligeholdelse	Reparation hvert 20. år (højtryksspuling og anvendelse af mørtel), vedligehold hver 2. år (højtryksspuling).	Ikke medregnet	8 MJ primær energi 0,03 kg kul 0,15 kg olie 0,01 Nm3 gas
Nedrivning og bortskaffelse	Nedrivning, knusning og bortkørsel af beton * oparbejdning af stål	Nedknuet materiale anvendes til vejbygning og regnes ikke med  Oparbejdning af stål, genanvendelse af 90 %	90 MJ  1,7 kg olie  Energi til oparbejdning af stål: 21 kg * 20 MJ = 420 MJ primær energi, antagelig kul  Godskrivning af energi til genanvendt stål: -21 kg * 40 MJ= 840 MJ



I Tabel C.3 er vist et MEKA-skema for kantbjælken med armering af stål.

Materialeforbrugene er omregnet til forbrug af ressourcer ved at anvende UMIP-metodens begreb mPR – milli-person-reserver. Ved at anvende denne scalerings-metode (vægtning) får forbrug af de materialer, der er knappe, en højere vægtning end de materialer, der er en rigelig forsyning af på verdensplan.

Energiforbrugene er forsøgt opgjort efter hvilken type energiressource, der er brugt. I visse tilfælde har det været nødvendigt at foretage skøn. Forbruget af energiressourcer er som materialeforbrugene scaleret og omregnet til mPR for at kunne sammenligne de to størrelser.

I begrebet mPR ligger, at mængden af knappe ikke-fornyelige ressourcer ganges med en høj faktor, mens rigelige ressourcer ganges med en lav faktor. Som eksempler kan nævnes, at 1 kg jern svarer til 0,08 mPR, da der findes store reserver af jernmalm på verdensplan, mens fx 1 kg molybdæn svarer til 250 mPR, da reserverne her er knappe. I definitionen på mPR ligger også, at, for fornyelige ressourcer, er  $mPR=0$ , da forsyningshorisonten defineres som uendelig. For meget rigelige ressourcer er forsyningshorisonten meget lang, og her er faktoren mPR ligeledes sat til 0. Dette gælder fx vand, sand, sten, grus, calciumcarbonat og en række andre materialer, der almindeligt anvendes inden for bygeområdet.

Energiforbrug baseret på olie omregnes til mPR ud fra, at 1 MJ primær energi svarer til 1/1025 mPR. Denne faktor er angivet i Håndbog i miljøvurdering.

Olie har en forsyningshorisont på omkring 40 år, mens kul har en forsyningshorisont på ca. 200 år. Disse data er opgivet af World Resource Institute og er bl.a. anvendt i UMIP-projektet.

Omregning af energiforbruget baseret på kul er fastsat ud fra omregningen af olie under hensyntagen til de forskellige forsyningshorisonter og 1MJ er sat 1/5.000 mPR.

Tabel C.3 MEKA-skema for en kantbjælke med armering af kamstål

	Materialeressourcer	Energiressourcer	Kemikalier	Andet
Råmaterialer	Ressourcer til cement 0 mPR  Maskinstål 23 kg (0,08 mPR Fe + 0,05 mPR Mn) = 3 mPR	1.615 MJ primær energi fra kul svarer til 55 kg kul = $323 \cdot 10^{-3}$ mPR  70 MJ primær energi fra olie svarer til 1,7 kg olie = $70 \cdot 10^{-3}$ mPR		Affald er ikke medregnet  åkvarts er problematisk
Produktion af emnet	Kemiske tilsætningsstoffer regnes som plastmaterialer, her PE: 0,8 kg ( 0,02 mPR råolie+ 0,02 mPR gas) = 0,03 mPR  Olie til formslipmidler 0,09 kg = 0,09 kg * 0,04 mPR = 0,004 mPR	$18 / 5000 + 2,8 / 1025 + 1 / 1500 = 7 \cdot 10^{-3}$ mPR		Affald er ikke medregnet  åkvarts er problematisk
Anvendelse af elementet i bygning		$0,2 / 1025 = 0,2 \cdot 10^{-3}$ mPR		Affald i form af betonspild er ca. 4 % svarende til ca. 20 kg  åkvarts er problematisk
Brug og vedligeholdelse		$0,03 / 5000 + 0,15 / 1025 + 0,01 / 1500 = 0,2 \cdot 10^{-3}$ mPR	Vandforbrug og små mængder mørtel	Spildevand fra trykspuling
Nedrivning og bortskaffelse	Godskrivning af 90% stål = 2,7 mPR	$90 / 1025 + 420 / 5000 = 170 \cdot 10^{-3}$ mPR  Godskrivning af energi til genanvendt stål: - $840 / 5000 = 168 \cdot 10^{-3}$ mPR		åkvarts kan frigives ved nedknusning

## C.2 Opgørelse af ressourceforbrug

### C.2.1 Materialer

I Tabel C.4 er vist de væsentligste nøgletal for materialeforbruget, når det er omregnet til forbrug af ressourcer efter UMIP-metoden.

Tabel C.4 Nøgletallene for ressourceforbruget for kantbjælke med kamstål

Ressourcer til cement	0 mPR
Ressourcer til stål	3 mPR
Tilsætningsstoffer	0,03 mPR
Formolie	0,004 mPR
I alt	3,034 mPR
Godskrivning	2,7 mPR
Nettoforbrug	0,334 mPR

Det, der betyder noget i ressourceforbruget, er primært armeringsstålet. Her er det forudsat, at der anvendes stål med samme miljøkarakteristika som maskinstål, og at 90 % kan genanvendes til samme eller andre formål, når bygværket er revet ned.

Af Tabel C.4 fremgår det ligeledes, at ressourcer til selve cementproduktionen ikke bidrager til opgørelsen over ressourceforbruget, da råmaterialerne til cement betragtes som rigelige.

#### C.2.2 Energi

I Tabel C.5 er vist nøgletallene for forbruget af energi i hele kantbjælkens livscyklus. Energien er dels opgjort som primær energi i MJ og dels som træk på ressourcer.

Tabel C.5 Nøgletal for energiforbruget for kantbjælke med kamstål

	Primær energi	Energiressourcer
Råmaterialer	1.685 MJ	0,393 mPR
Produktion	85 MJ	0,007 mPR
Anvendelse	9 MJ	0,0002 mPR
Brug	8 MJ	0,0002 mPR
Bortskaffelse	510 MJ	0,170 mPR
I alt	2.297 MJ	0,570 mPR
Godskrivning	840 MJ	0,168 mPR
Nettoforbrug	1.457 MJ	0,402 mPR

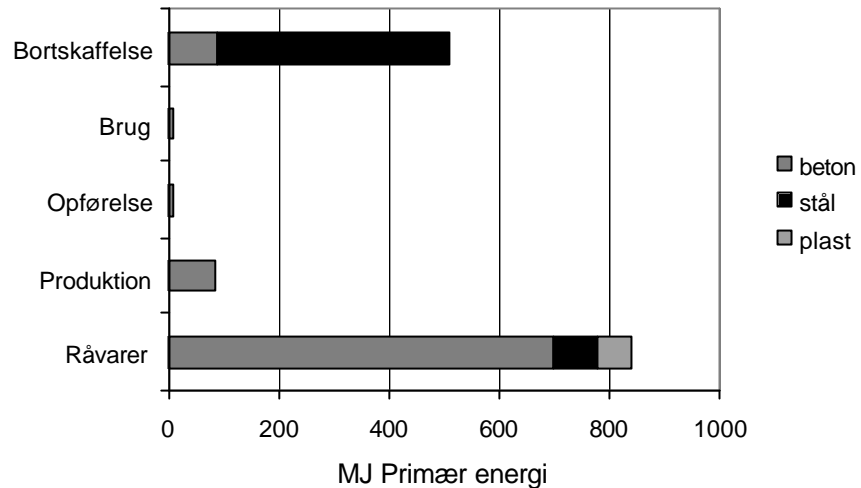
I Tabel C.6 er vist, hvilke energiforbrug der medgår til kantbjælken i hele dets livscyklus.

Opgørelsen af energiforbrug er opgjort som primær energi; det vil sige, at energiforbruget for elektricitet er omregnet, idet der er taget hensyn til det tab, der er ved fremstilling af elektricitet. Tabet er regnet til 60%. Energiforbruget til fremstilling af organiske hjælpekemikalier er beregnet som energiforbruget til fremstilling af "plast".

Det væsentligste energiforbrug ligger i råvarefasen, hvor både fremstillingen af cement og armeringsstål er medtaget. Godskrivningen af energi, som er

anført i Tabel C.5 er modregnet i råvarerfasen, - derved bliver energiforbruget for fremstilling af stål reduceret til 10%.

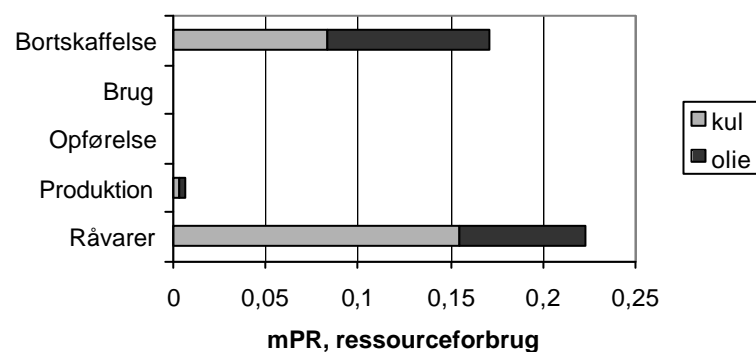
Det skal bemærkes, at i forbindelse med kantbjælken er energiforbrug til opvarmning og udtørring ikke særlig stort. Ved byggeri af huse kan denne energiparameter være betydelig.



Tabel C.6 Energiforbrug for kantbjælke med armering af kantstål

Kortlægningen af energiforbruget indikerer, at det væsentligste energiforbrug stammer fra forbrug af kul som energiressource. Dette er naturligt, da den væsentligste aktivitet foregår i Danmark, hvor hovedparten af elproduktionen er baseret på kul.

I Tabel C.7 er vist resultatet af de beregninger, der er gennemført for at opgøre forbruget af energiressourcerne. Det skal bemærkes at også her er energiforbruget, som spares på grund af genvinding af stål er henregnet under råvarefasen.



Tabel C.7 Energiforbrug opgjørt som forbrug af ressourcer for kantbjælke armeret med kamstål

I Tabel C.7 ses det, at forbruget af olie giver anledning til et relativt stort ressourceforbrug målt i mPR, da dette er den mest knappe ressource. Olie udgør 10% af energiforbruget til fremstilling af beton og til nedknusning af beton i bortskaffelsesfasen.

### C.2.3 Sammenligning af materialer og energi

Opgørelsen af energiressourcer viser et samlet forbrug på 0,40 mPR. Sammenlignes dette med forbruget af ressourcer til materialer, ligger det på samme niveau, da ressourceforbruget til materialer andet end energi udgør i størrelsesordenen 0,3 mPR.

Af det samlede ressourceforbrug på 0,70 mPR udgør energiforbruget 60% således og materialeforbruget 40% under de givne forudsætninger.

## C.3 Anvendelse af rustfrit stål

Man er i enkelte tilfælde begyndt at bruge rustfrit stål som armeringsstål. Rustfrit stål består af 18% chrom, 8 % nikkel og resten jern. Disse metaller har stor betydning for både materiale- og energiforbrug i kortlægningen.

### C.3.1 Ressourceforbruget

Såfremt de 23 kg armering skal udføres i rustfrit stål, vil det medføre følgende ressourceforbrug:

Rustfrit stål 23 kg (0,06 mPR Fe + 2,3 mPR Cr + 9,9 mPRNi) = 282 mPR

Rustfrit stål kan efter brug oparbejdes, men ikke til samme kvalitet. Det må antages, at det kan anvendes som maskinstål. Ved 90% genanvendelse vil det medføre en godskrivning på 2,7 mPR.

Legeres stålet yderligere med 2 % molybdæn, fås en syrefast kvalitet med følgende ressourceforbrug:

Syrefast stål: 23 kg (0,06 mPR Fe + 2,3 mPR Cr + 9,9 mPRNi + 5,0 mPR Mo) = 397 mPR.

Når disse metaller, der er relativt knappe ressourcer, inddrages i beregningerne, ses det, at disse får den altafgørende betydning for ressourceforbruget til materialer.

### C.3.2 Energiforbruget

Fremstilling af legeret stål kræver mere energi end fremstilling maskinstål.

Det har ikke været muligt at finde data for rustfrit stål og syrefast stål, men det antages at ligge på samme niveau som for maskinstål eller højere.

### C.3.3 Sammenfatning

Ud fra et knaphedssynspunkt vil det miljømæssigt være negativt at anvende højlegerede ståltyper som armeringsjern. Ressourceforbruget stiger kraftigt fra omkring 0,3 mPR til 300–400 mPR.

Dertil kommer, at det ikke er afklaret, om legeringsmetallerne kan vandre over i betonen. Nikkel og chrom er begge metaller, som er miljøbelastende og kan indebære en risiko for, at betonen får så højt et indhold af disse stoffer, at det kan være problematisk at genanvende.

### C.4 Kalcinering og miljøeffekter fra energiforbruget

De væsentligste emissioner og dermed miljøeffekter stammer fra energiforbruget. Ligeledes er der fra kalcineringen – fraspaltning af CO<sub>2</sub> fra kridt i selve brændingsprocessen ved fremstilling af cement – et væsentligt bidrag til drivhuseffekten.

Begrebet miljøeffekter stammer fra UMIP-metoden. For at beskrive de påvirkninger miljøet er udsat for, anvendes et sæt af miljøeffekter, der hver er et mål for visse typer af påvirkninger. Visse stoffer bidrager til en miljøeffekt, andre stoffer bidrager til flere miljøeffekter. Det er velkendt, at kuldioxid bidrager til drivhuseffekten. De øvrige emissioner fra energiforbrug, som typisk er kvælstofoxider og svovldioxid bidrager til andre miljøeffekter.

Miljøeffekter måles i enheden m-PEM, hvilket står for milli- Person –Ækvivalenter – Målsat.

Tabel C.8 viser en oversigt over miljøeffekter. En opgørelse af disse miljøeffekter er foretaget for energiforbruget med henblik på at sætte disse i forhold til hinanden og vise, at kalcineringen bidrager til drivhuseffekten alene, mens energiforbruget også bidrager til en række andre væsentlige miljøeffekter.

Tabel C.8 Oversigt over miljøeffekter

Kategori	Effekt	Stoffer, der bidrager til effekten
Global	<i>Drivhuseffekt</i> <i>Ozonnedbrydning</i>	Kuldioxid og andre drivhusgasser. CFC og andre lignende stoffer, der nedbryder ozonlaget.
Regional	<i>Forsuring</i> <i>Næringssaltbelastning</i> <i>Fotokemisk ozondannelse</i>	Sure forbindelser af hovedsagelig kvælstof og svovl, der giver anledning til sur regn. Udledning af kvælstof og fosfor, der bidrager til algevækst og iltsvind. En blanding af organiske opløsningsmidler og kvælstofforbindelser, der gennem forskellige reaktioner i luften giver anledning til dannelse af ozon ved jordoverfladen.
Lokal	<i>Human toksicitet</i> <i>Økotoksicitet</i> <i>Persistent toksicitet</i>	Udledning af giftige stoffer, der kan påvirke mennesker på kort sigt. Udledning af giftige stoffer til det vandige miljø eller til jord, der kan påvirke dyr, planter og andre organismer på kort sigt. Udledning af giftige stoffer, der ikke eller meget langsomt nedbrydes. Disse stoffer påvirker menne-

	sker, dyr og planter på langt sigt.
<b>Affald</b>	
Volumenaffald	Almindeligvis på losseplads.
Slagge og aske	Almindeligvis på særligt deponi.
Farligt affald	Kræver speciel behandling.
Radioaktivt affald	Kræver speciel behandling.

#### C.4.1 Kalcineringen

Det er i det følgende forsøgt at opgøre mængden af dannet kuldioxid alene fra kalcineringen og omregne denne til bidrag til miljøpåvirkningen drivhuseffekt.

Mængden af kuldioxid er skønnet ud fra følgende forudsætninger:

- Ved calcineringen udvikles ca. 500 kg CO<sub>2</sub> pr. ton klinker (EPA, 2003).
- Ved et cementforbrug på 67,8 kg vil der dannes ca. 34 kg CO<sub>2</sub>.
- Når der dannes 1 kg CO<sub>2</sub>, svarer det til et bidrag på 0,149 mPEM.

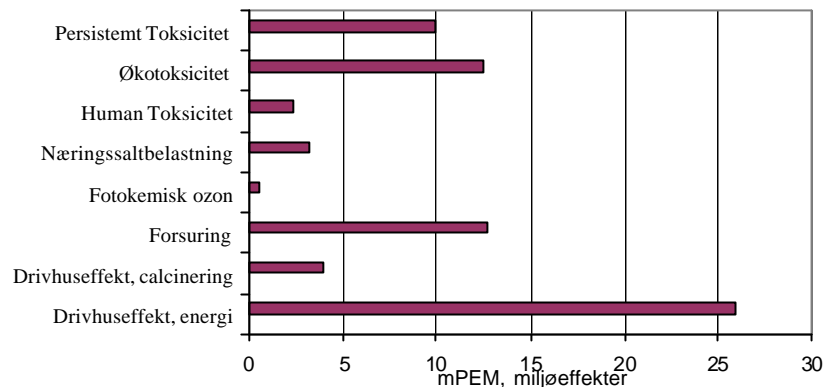
Det samlede bidrag til drivhuseffekten fra calcineringen er derfor ca. 5 mPEM.

Under kantbjælkens levetid vil noget af den dannede CO<sub>2</sub> fra calcineringen optages igen, det vides dog ikke hvor meget. Det er muligt i forbindelse med nedknusning og genbrug af materialerne at næsten hele CO<sub>2</sub> mængden fra calcineringen genoptages, men dette er meget usikkert. Derfor er dette bidrag ikke medregnet.

#### C.4.2 Energiforbruget

Det væsentligste energiforbrug er baseret på forbrug af kul. Emissioner herfra er opgjort og omregnet til bidrag til miljøeffekter efter UMIP-metoden.

Resultaterne fra opgørelse af miljøeffekter fra energiforbruget og calcineringen er vist i Tabel C.9. Som det ses af figuren, er drivhuseffekten den største miljøeffekt, men også påvirkning af jord og vand er væsentlige. Persistent toksicitet er et mål for mængden af ikke nedbrydelige stoffer. Økotocitet er et mål for påvirkning af vandlevende organismer med giftige stoffer. Forsuring sænker pH i vandløb og kan give skader på bygninger.



Tabel C.9 Miljøeffekter fra energiforbrug og calcinerings for en kantbjælke

Drivhuseffekten fra energiforbruget udgør 26 mPEM, og effekten fra calcinerings udgør således i størrelsesordenen 15% af de samlede bidrag.

Det skal bemærkes, at såfremt der anvendes legeret stål, vil alle miljøeffekterne med undtagelse af drivhusbidraget blive større.

Legeringsmetallerne fra rustfrit stål og syrefast stål vil primært bidrage til en væsentlig stigning i miljøeffekterne økotoksicitet og persistent toksicitet.

### C.5 Udslip af formolie

Brug af formolie ved produktion af betonelementer har været meget diskuteret. Der findes forskellige estimater for forbruget, men her er der taget udgangspunkt i et forbrug på 100 gr. pr. tons beton.

Formolien som overføres til betonkonstruktioner vil før eller siden til en vis grad spredes i miljøet. Det er ukendt, hvor stor del af formolien der i hele produktets livscyklus vil spredes til jord og grundvand, og hvor stor del der fordamper eller bindes meget stærkt i betonelementet. Med henblik på at vurdere potentialet for denne effekt, er det antaget, at al formolie på et eller andet tidspunkt kommer i kontakt med jorden, og at miljøeffekten økotoksicitet er et relevant mål for denne risiko.

Ud fra UMIP-metodens principper for vurdering af økotoksicitet kan bidraget estimeres ud fra følgende:

- Til en kantbjælke på 500 kg anvendes 50 gr. formolie.
- Olieproducter er i overvejende grad klassificeret R51/53, hvilket indikerer, at  $LC_{50}$ -værdien ligger på mellem 1-10 mg/liter, samt at stofferne ikke er bionedbrydelige (Concave report 01/54). Det antages derfor i det følgende, at  $LC_{50}$  er 1 mg/liter, og at stofferne ikke er bionedbrydelige.
- Det antages endvidere, at al olien optages i jorden.



- I metoden anvendes en usikkerhedsfaktor på mellem 20-1000, afhængig af kvalitet af de toksikologiske data; her er anvendt 100.

Værdien PNEC<sub>vk</sub><sup>1</sup> beregnes til 1 mg/liter / sikkerhedsfaktor = 0,01 mg/liter.

- Mange olieprodukter har en Pow på 5 eller derover (Concawe, report 01/54). Her sættes den til 3, da olien kan indeholde mindre molekyler med en lavere værdi.

En omregning af belastning fra vandigt miljø til jord-miljø foretages ud fra:

$$\begin{aligned} \text{PNEC}_{jk}^2 &= \text{PNEC}_{vk} (0,02 + 0,02 * \text{Pow}) * 1,5 = 0,01 (0,02 + 0,02 * 3) * 1,5 \\ &= \\ &= 0,0012 \text{ mg/liter} \end{aligned}$$

Effekten til jord = 1 / 0,0012 mg/liter = 833 m<sup>3</sup>/ gr.

Ved udslip af 50 gr. fås en effekt på 44.000 m<sup>3</sup>.

En vægtet økotox-effekt svarer til 44.000 / 120.000 \* 1 = 0,368 mPEM.

Afhængig af forbruget af formolie vil bidraget til økotox-effekten således ligge på fra 0,1 til 1 mPEM og udgøre i størrelsesordenen 5 % af det samlede bidrag til denne effekt. Tungt nedbrydelige komponenter i olien vil endvidere bidrage til Miljøeffekten Persistent toksicitet, men der er ikke foretaget beregninger for denne effekt.

Ud fra ovenstående beregninger ses det, at det at anvende formolie kan have en begrænset; men ikke helt ubetydelig miljømæssig effekt.

---

<sup>1</sup> PNEC<sub>vk</sub>: Predicted No Concentration (kronisk i vand) på dansk: Den koncentration der vurderes ikke at give øktoksiske effekter i vandmiljøet.

<sup>2</sup> PNEC<sub>vj</sub>: Predicted No Concentration (kronisk i jord) på dansk: Den koncentration der vurderes ikke at give øktoksiske effekter i jorden.

#### C.6 Udvaskning af tungmetaller m.m.

Det skal bemærkes, at der ikke i livscyklusvurderingen er medtaget miljøeffekter fra udvaskning af tungmetaller m.m., idet der p.t. ikke findes tilstrækkelige data til at belyse dette.

## D Referat fra Workshop

Workshoppen blev afholdt for Interessentgruppen og følgegruppen d. 18. august 2003, 9.00-12.00

### Dagsorden:

1. Velkomst og kort introduktion til projektet v/Mette Glavind
2. Baggrund for projektet v/Inge Werther, Miljøstyrelsen
3. Gennemgang af handlingsplanen
  - a. Branchebeskrivelse v/Dorthe Mathiesen
  - b. Miljøanalyse v/Jørn Bødker
  - c. Sammenlignende opgørelse af miljøeffekter og ressourceforbrug v/Kirsten Pommer
  - d. Tiltag hos cementproducenten v/Jesper S. Damtoft, Aalborg Portland A/S
  - e. Kulbrinter – hvor kommer det fra og hvordan løses problemet v/Jørn Bødker
  - f. Prioritering af indsatsområder og forslag til aktiviteter v/Mette Glavind
4. Diskussion af handlingsplan – input fra interessentgruppen
5. Eventuelt
6. Opsummering og afslutning v/Mette Glavind

### Deltagere:

Catharina Hasselby (CH)	Byggeriet Arbejdsmiljø Center
Dorthe Mathiesen (DMA) (Referent)	Teknologisk Institut
Erik Fredborg (EF)	H+H Fiboment
Flemming Jacobsen (FJ)	Skov- og Naturstyrelsen
Gunnar Hansen (GUH)	Leo Nielsen
Hans Kristoffersen (HK)	Concrete Plant Technology
Ib Jensen	Unicon
Inge Werther (IW)	Miljøstyrelsen
Jacob Hougaard Hansen (JHH)	Dansk Byggeri
Jesper Kielsgaard Nielsen, (JKN)	Byggematerialeindustrien, Dansk Industri
Jesper S. Damtoft (JSD)	Aalborg Portland
Jørgen Schou (JS)	Fosroc
Jørn Bødker (JB)	Teknologisk Institut
Kirsten Pommer (KP)	Teknologisk Institut
Kjeld Almer Nielsen (KAN)	Dansk Byggeri
Mette Glavind (MEG)	Teknologisk Institut
Nicolai Bech (NB)	Emineral - Energi E2
Ninkie Bendtsen (NB)	Erik K. Jørgensen AS
Per Tagora (PT)	NCC
Poul Erik Hjorth (PEH)	Betonelement-Foreningen

Søren F. Johansen (SFJ)  
Søren Hansen (SH)  
Troels Jørgensen (TJ)

Dalton  
Betonelement  
Fore. af danske Sand- og Ralsugere

**Afbud:**

K. Bernth Eriksen	4K-Beton A/S
Finn Pedersen	Brdr. Dahl
Hans Henning Christensen	C.C. Brun Betonelementer
Henrik Fausing	Dansk Byggeris Miljøsektion
Henrik Nielsen	Vejdirektoratet
Jens Westh	Spæncom A/S
Karsten Ludvigsen	RGS 90 – Miljø
Klaus Hansen	By- og Byg
Lars Møller Nielsen	NCC Råstoffer
Per Bjerregaard Jepsen	Foreningen af danske ral- og sandsugere
Per Brisson Jørgensen	Betonelement a/s
Per Kristiansen	Optiroc A/S
Peter Birchløv	Betonelement a/s
René Klith Andersen	4K-Beton A/S
Tom Kristensen	Boligbeton A/S
Torben Mørch	Aalborg Portland
Tove Palnum	Dansk Byggeris Nedbrydersektion

**Ad 1) Velkomst og kort introduktion til projektet ved Mette Glavind**

MEG bød velkommen og takkede interessentgruppen for deres deltagelse i projektet.

Projektets overordnede indhold og formål samt formålet med workshoppen blev fremlagt. Dagsorden for mødet blev gennemgået og godkendt.

**Ad 2) Baggrund for projektet ved Inge Werther**

IW introducerede baggrunden for projektet.

Produktområdeprojektet vedrørende betonprodukter er bevilget under Miljøstyrelsens "Program for Renere Produkter", hvor forskellige brancheindsatser skal føre til mere miljøvenlige produkter. Beton er udvalgt som produkt, idet der produceres store mængder beton, og beton har mange forskellige anvendelsesområder, og endelig er produktkæden overskuelig, så mulighederne for at gøre en målrettet indsats er til stede.

Nogle af de aspekter Miljøstyrelsen nævnte som begrundelse for, at de har valgt at finansiere projektet er, at ansøgningen viste en tæt forankring til branchen, ansøgningen dokumenterede en stor viden inden for området og endelig blev der lagt vægt på, at betonprodukter vurderes i hele livscyklus.

IW går på orlov d. 12. september, dvs. hvis hun skal nå at være med til at godkende handlingsplanen, skal denne indsendes inden da.

KAN stillede spørgsmål til, hvornår bedømmelsesudvalget holder møde. IW svarede, at mødet afholdes kort tid efter indkaldelse til møde. Der indkaldes, så snart handlingsplanen er fremsendt til Miljøstyrelsen.

### **Ad 3a) Branchebeskrivelse ved Dorte Mathiesen**

DMA gennemgik branchebeskrivelsen, der ligger til grund for sammensætningen af interessentgruppen. Betonbranchens aktører er identificeret i et betonprodukts 5 livscyklusfaser. Der har været positiv tilbagemelding fra langt de fleste aktører, der er blevet spurgt.

Det har været vanskeligt at få bygherrer repræsenteret. Tilbage meldingen har været, at de ikke har haft ressourcer til at deltage i projektet.

IW opfordrede til at sende handlingsplanen og referatet fra workshopen til udvalgte bygherrer alligevel med en opfordring til at kommentere på det fremsendte. Dette vil blive gjort.

### **Ad 3b) Miljøanalyse ved Jørn Bødker**

JB gennemgik betonprodukters livscyklus, der opdeles i 5 faser (Indvinding og forarbejdning af råmaterialer, betonproduktion, indbygning og opførelse, Drift og vedligehold og endelig bortskaffelse og genanvendelse).

JB gennemgik, hvilke forbrug/udledninger med tilhørende miljøeffekter, der kan tilskrives de enkelte livscyklusfaser for betonprodukter.

JB's fremlæggelse gav anledning til følgende bemærkninger/diskussioner:

- Beton karbonatiserer, dvs. reagerer med den  $\text{CO}_2$  der er i luften. NB påpegede, at ved nedknusning af beton øges eksponeringsoverfladen, hvilket betyder, at der kan opnås større karbonatisering.

EF spurgte om man kender størrelsesordenen af, hvor meget  $\text{CO}_2$  der rent faktisk opsuges ved karbonatisering. JB svarede, at de tal, der findes, skal betragtes som vejledende, men forskellige undersøgelser viser, at det ligger i størrelsesordenen 15-20 % af den  $\text{CO}_2$  der udledes fra et betonprodukt set i hele livscyklus og ca. 50% af al  $\text{CO}_2$  fra cementfremstilling.

- PEH spurgte, om der er taget kemikalier til overfladebehandling af beton med i vurderingerne. PEH påpegede, at de midler der anvendes til beton er langt mindre miljøskadelige end dem, der traditionelt anvendes til træ. Bliver denne forskel anskueliggjort i vurderingerne?

JB svarede, at livscyklusvurderinger langt hen ad vejen handler om afgrænsning. Kemikalier til overfladebehandling af beton er ikke taget med. Formålet med vurderingerne er ikke at sammenligne 2 produkter fx træ og beton, men derimod at foretage nogle fornuftige afgrænsninger, således at miljøeffekter for beton kan blive perspektiveret.

KP supplerede med, at det er svært at indregne kemikalier i livscyklusvurderinger, idet datamængden er meget begrænset.

IW nævnte, at der i EU-regi arbejdes på en ny kemikalielovgivning (REACH), der forventes i løbet af 2004 og 2005. Der genereres derfor i den forbindelse en masse viden herom i løbet af de næste 5-15 år.

PT supplerede med, at det er vigtigt at kigge på de midler, der anvendes til overfladebehandling, dels fordi det er noget borgerne ser, og dermed noget de kan forholde sig til, dels fordi produkterne muligvis har indflydelse på indeklimaet.

- NB foreslog, at der bliver tilføjet et afsnit i starten af handlingsplanen, der giver et overblik over, hvad beton bruges til: rør, belægningssten, elementer, broer osv.
- Der er i miljøanalysen redegjort for, at opvarmning af bygninger har en stor andel af det samlede energiforbrug set over hele et betons livscyklus. KAN gjorde opmærksom på, at der ligeledes er et stort energiforbrug til køling af bygninger.

SFJ fortalte, at der i øjeblikket arbejdes på et isoleringsprojekt, der har vist, at det er detaljerne omkring fundamenter, vinduer, døre mv., der har overvejende indflydelse på isoleringsevnen, og dermed det energiforbrug, der skal til for at varme en bygning op. Opbygningen af væggene, herunder hvilket materiale de er lavet af, har mindre betydning. Hvis dette aspekt skulle inddrages i projektet, kunne det være relevant at kigge på detaljer i forbindelse med betonelementproduktion. SFJ mente, at den såkaldte "domkirkeeffekt" er af mindre betydning.

- FJ: Der arbejdes i Skov- og Naturstyrelsen meget med bæredygtighed i udnyttelsen af ressourcer. Der skal findes en balance, således at de knappe ressourcer bevares. Det betyder, at der skal arbejdes mod en øget anvendelse af genanvendelsesmaterialer, ressourcer i rigelige mængder samt i videst muligt omfang at anvende de materialer, der findes i lokalområdet. Sidstnævnte for at reducere omfanget af tung transport.
- PT opfordrede til, at der skrives mere præcist. I stedet for andre miljøeffekter bør det præciseres, hvilke der er tale om. Dette er taget til efterretning.
- CH spurgte til, om arbejdsmiljøbetragtninger er taget med i vurderingerne. JB svarede, at de ikke er med, men det betyder jo ikke, at det ikke er vigtigt. Det er blot vurderet, at der vedrørende arbejdsmiljø foregår meget i andre sammenhænge, hvorfor det ikke inddrages i dette projekt.

KP nævnte, at der findes metoder for, hvordan arbejdsmiljø tages i regning i forbindelse med livscyklusvurderinger.

- PT pointerede, at arbejdsmiljø prioriteres højt politisk, herunder også indeklima. JB svarede, at det netop er foreslået som en af aktiviteterne at kigge på indeklima.

NB tilføjede, at i de 7 projekter, som koordineres af "sekretariatet", er der ingen udover dette projekt, der beskæftiger sig med indeklima. PEH tilføjede, at det som et positivt aspekt bør skrives i handlingsplanen, at der ikke er emissioner ved fremstilling af beton til gene for arbejdsmiljøet.

- Der var en generel diskussion omkring den gennemførte miljøanalyse og de afgrænsninger, der er foretaget.

IW pointerede, at den gennemførte miljøanalyse har til formål at udpege de områder, hvor potentialet er størst i forhold til den miljømæssige gevinst. NB supplerede med, at der ikke er tale om en tilbundsgående livscyklus-vurdering, men blot en screening, der kan danne baggrund for udvælgelse af de aktiviteter, der skal igangsættes. JB sagde, at der altid er diskussion om, hvad der skal med og hvad der ikke skal med, men man er nødt til at stoppe et sted.

### **Ad 3c) Sammenlignende opgørelse af miljøeffekter og ressourceforbrug ved Kirsten Pommer**

KP viste et eksempel på livscyklusvurdering af en kantbjælke. Eksemplet havde til formål at se på forskellige forhold som f.eks. energiforbrug, materialeforbrug, karbonatisering og udslip af olie.

Eksemplet viste, at armeringen bidrager væsentligt til råstofforbruget og energiforbruget. Ved en høj grad af genanvendelse reduceres energiforbruget dog væsentligt.

Der var en diskussion om, at bidraget fra armeringen var for højt. TI undersøger, om der kan være en regnefejl i eksemplet.

KAN nævnte, at ved at øge konstruktionsdimensionerne reduceres armeringsmængden. Måske skulle der regnes på dette.

### **Ad 3d) Tiltag hos cementproducenten ved Jesper S. Damtoft**

Fremstilling af cement vejer tungt i miljøregnskabet, når man kigger på betonprodukter. Derfor er der også ved Aalborg Portland fokuseret på at producere mere og mere miljøvenligt gennem en lang række af initiativer. JSD præsenterede, hvilke konkrete initiativer Aalborg Portland har gennemført de seneste år for at gøre cementfremstilling på Aalborg Portland mere miljøvenlig.

EF spurgte, om der er stoffer i cementen, der kan give problemer i forhold til at genanvende betonen. JSD svarede, at Aalborg Portlands produkter løbende analyseres for skadelige stoffer, så det bliver der holdt øje med.

JHH spurgte, om indholdet af tungmetaller i den ler, der anvendes til fremstilling af cement, er sammenligneligt med indholdet af tungmetaller i fx flyveaske. JSD svarede, at det er sammenlignelige indhold, men at indholdet af tungmetaller i flyveaske afhænger af den anvendte kultype.

### **Ad 3e) Kulbrinter – hvor kommer det fra og hvordan løses problemet ved Jørn Bødker**

Branchen har i fase 1 af dette projekt haft et ønske om at igangsætte aktiviteterne vedrørende indholdet af kulbrinter i betonslam hurtigst muligt. Der har været indsendt projektbeskrivelse til fase 1 af kulbrinteprojektet til Miljøstyrelsen. Denne er godkendt og projektet er igangsat.

JB fremlagde i korte træk problemstillingen omkring kulbrinter i betonslam, samt hvad der sker lige nu inden for området.

Der er igangsat en række målinger for at registrere, hvor kulbrinterne stammer fra. Endvidere bliver der i det sideløbende projekt ved DHI gennemført udvaskningstest på betonslam. Disse resultater inddrages. Endelig gøres en indsats for at finde ud af, hvordan resultaterne skal tolkes.

EF spurgte til, hvorvidt der findes mange forskellige typer af kulbrinter. JB svarede, at det er korrekt, at der findes mange forskellige typer - nogle mere skadelige end andre. Men den grænseværdi betonslam i øjeblikket vurderes ud fra (grænseværdien for forurennet jord) dækker over et fælles måletal og tager ikke hensyn til typen af kulbrinter.

TJ nævnte, at han havde kendskab til en række undersøgelser fra betonaffald, der viste, at det betonslam, der havde ligget længst tid på pladsen, havde det laveste indhold af kulbrinter. JB inddrager disse undersøgelser i projektet.

### **Ad 3f) Prioritering af indsatsområder og forslag til aktiviteter ved Mette Glavind**

MEG fremlagde de aktiviteter, der er prioriteret som de vigtigste at igangsætte i fase 2 af dette projekt. MEG uddelte et skema, der for hver aktivitet giver overblik over formål, resultater for miljøet, resultater for branchen, aktiviteter, hvilke aktører, samt anslåede budgetter. Skemaet indarbejdes i handlingsplanen.

GUH stillede spørgsmål om, hvor mange penge der er tilbage af bevillingen til at gennemføre aktiviteterne. Der er 1,65 mio DKK tilbage, dvs. der mangler 800.000 for at samtlige aktiviteter kan gennemføres som foreslået.

PEH nævnte, at forslaget om at vurdere energiforbruget til nedknusning i projektet om nedknust beton, måske kunne skæres væk.

PEH nævnte, at projektet omkring udvaskning af tungmetaller måske skulle nedprioriteres, idet der i nærmeste fremtid kommer nye EU standarder med krav til maksimalt indhold af tungmetaller. Der må nødvendigvis ligge undersøgelser til grund for arbejdet med disse standarder. Disse undersøgelser er eventuelt tilstrækkelige til at belyse problemstillingen vedrørende udvaskning af tungmetaller.

JKN foreslog, at projektet vedrørende indeklima blev revideret til at indeholde det med bygningsdetaljerne i forhold til at reducere energiforbruget til opvarmning.

PT nævnte, at projektet vedrørende udtørring af bygninger måske kunne nedtones til fordel for indeklimaprojektet, idet der er gennemført mange aktiviteter omkring udtørring.

NB spurgte til vigtigheden af at kigge på nedknust beton, når nu faktum er, at stort set al beton allerede i dag genanvendes til vejbygning. PEH svarede, at det er et stort ønske hos branchen at blive i stand til at genanvende eget affald, og at den gældende norm DS 411 forhindrer dette.



**Ad 4) Diskussion af handlingsplan – input fra interessentgruppen**  
Se punkt 3f

**Ad 5) Eventuelt**  
Intet at bemærke

**Ad 6) Opsummering og afslutning ved Mette Glavind**  
Der udarbejdes en revideret handlingsplan, hvor input og kommentarer fra interessentgruppen inkluderes. Handlingsplanen sendes ud til interessentgruppen senest mandag d. 25 august.

Deadline for yderligere kommentarer er 1. september.

MEG afsluttede med at takke interessenterne for deres aktive deltagelse i workshopen.