

Miljøprojekt nr. 180

1991

Renere teknologi – bygge- og anlægsaffald

Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

Miljøprojekt

- Nr. 62: Luftforurening med kvælstofoxider i Danmark
- Nr. 63: Anvendelse af analyseresultater ved vandkontrol
- Nr. 64: Kosmetik - bivirkninger
- Nr. 65: Miljøfremmede stoffer i kommunalt spildevand
- Nr. 66: Undersøgelser af blødt aggressivt vand
- Nr. 67: Kilder til grundvandsforurening
- Nr. 68: Overflade aktiveret iltning af ferrojern i vand fra Hvidmosen
- Nr. 69: Forbrug og forurening med chlorphenoler
- Nr. 70: Organiske opløsningsmidler
- Nr. 71: Kviksølv i havneslam
- Nr. 72: Organic solvents
- Nr. 73: Arealanvendelse og geologi - nitrat i grundvand
- Nr. 74: Kviksølv i danske ferskvandsøkosystemer
- Nr. 75: Forureningstilstanden i danske svømmebade
- Nr. 76: Nitrat og pH i drikkevand
- Nr. 77: Kviksølv i jord
- Nr. 78: Drænvandskvalitet fra pyritholdige arealer
- Nr. 79: Leptospirabakterier i rotter ved dambrug og landbrug
- Nr. 80: Svømmebade og sygdomsrisici
- Nr. 81: Lokale forureninger og helbredseffekter
- Nr. 82: QSAR og toksikologi - en ny strategi i kemikalievurdering
- Nr. 83: Forurening fra gamle affaldsdepoter uden kemikalieaffald
- Nr. 84: Alternativ lossepladsteknologi - en litteraturgennemgang
- Nr. 85: Tilførsel af næringsstoffer til vandløb
- Nr. 86: Genanvendelse af tekstilaffald
- Nr. 87: Substitution af PVC-plast med andre plastmaterialer
- Nr. 88: Emballage til mælk og juice
- Nr. 89: Vandressourcerne og klimasvingninger
- Nr. 90: Nikkelafgivelse fra metallegeringer
- Nr. 91: Algetoksicitetstest
- Nr. 92: CFC-forbrugsmønster i Danmark
- Nr. 93: Mikrobiel nedbrydning af miljøfremmede stoffer i grundvand
- Nr. 94: Genanvendelse af madaffald fra storkøkkener i København
- Nr. 95: Bundfaunaundersøgelser som redskab til overvågning
- Nr. 96: Svovlbrintdannelse og -kontrol i trykledninger
- Nr. 97: Renere teknologi i fiskeindustrien
- Nr. 98: Renere teknologi i træ- og møbelbranchen
- Nr. 99: Kompostering af haveaffald i Frederiksborg amt
- Nr. 100: Hazard assessment of 1,1,1-trichloroethane
- Nr. 101: Organiske opløsningsmidler i husholdningsprodukter
- Nr. 102: Fuglefaunaen på konventionelle og økologiske landbrug
- Nr. 103: Sprøjtefri randzoner i kornmarker
- Nr. 104: Miljøforbedring ved hovedseparation i rejepilleindustrien
- Nr. 105: Forbrug af og forurening med bly i Danmark
- Nr. 106: Haloner - forbrugsmønster i Danmark
- Nr. 107: Galvanisk overfladebelægning uden affald og spildevand
- Nr. 108: Madaffald fra storkøkkener - organisation af indsamling og oparbejdning
- Nr. 109: Erstatningsstoffer for fosfat - spredning og effekter i miljøet
- Nr. 110: Olie/kemikalieaffald - en spørgeskemaundersøgelse
- Nr. 111: Undersøgelser af vejledende pyritgrænseværdier
- Nr. 112: Kvantitative og kvalitative kriterier for risikoaccept
- Nr. 113: Storskrald og haveaffald
- Nr. 114: Papirindsamling via specialcontainere og genbrugsstation
- Nr. 115: Vandmiljøplanens overvågningsprogram
- Nr. 116: Renere teknologi i svine- og kreaturslagteribranchen
- Nr. 117: Dioxinmission ved affaldsforbrænding
- Nr. 118: Klorkilders betydning for dioxindannelse ved forbrænding
- Nr. 119: Okkerrensning i forbindelse med landbrugsmæssig dræning
- Nr. 120: Kontrol af køretøjer med katalysator

Miljøprojekt nr. 180

1991

Renere teknologi – bygge- og anlægsaffald

Kortlægning af materialestrømme og
miljøvurdering af byggematerialer

Kim Christiansen,
Danmarks Tekniske Højskole

Tom Andersen,
Dansk Teknologisk Institut

Jørgen Ringgaard,
Miljøsamarbejdet i Århus

Cyrill Holtse,
B. Højlund Rasmussen A/S

Anette Hvidberg Velk,
Rambøll & Hannemann A/S

Ole Stilling,
COWIconsult A/S

Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

Rapporten er udarbejdet med tilskud fra Rådet vedr. genanvendelse og mindre forurenede teknologi.

Det skal bemærkes, at de fremsatte synspunkter ikke nødvendigvis dækkes af Rådet eller Miljøstyrelsen.

	<u>Indhold</u>	<u>Side</u>
	<u>Forord</u>	5
	<u>Sammenfatning og anbefalinger</u>	7
	<u>Summary</u>	20
	Forkortelser	21
<u>1.</u>	<u>Indledning</u>	22
1.1	Baggrund	22
1.2	Projektformål og målgruppe	23
1.3	Projektforløb	24
1.4	Referencer	25
<u>2.</u>	<u>Kortlægning og vurdering af tidligere undersøgelser</u>	26
2.1	Grundlag for udvælgelse	26
2.2	Udvælgelse til detailstudier	30
<u>3.</u>	<u>Gennemgang af udvalgte byggematerialer</u>	32
3.1	Sandwichelementer	32
3.1.1	Indledning	32
3.1.2	Materialestrømsanalyse	33
3.1.3	Problemkatalog	43
3.1.4	Referencer	48
3.2	Mineraluld	51
3.2.1	Indledning	51
3.2.2	Materialestrømsanalyse	51
3.2.3	Problemkatalog	55
3.2.4	Referencer	59
3.3	Specielle betonprodukter	60
3.3.1	Fiberbeton	60
3.3.2	Letbeton	66
3.3.3	Svovlbeton	70
3.3.4	Referencer	73
3.4	Imprægneret træ	74
3.4.1	Indledning	74
3.4.2	Beskrivelse af materialet	74
3.4.3	Materialestrømsanalyse	77
3.4.4	Problemkatalog	78
3.4.5	Udviklingsperspektiver	81
3.4.6	Referencer	82

		<u>Side</u>
3.5	Flyveaske i byggematerialer	84
3.5.1	Sammensætning	84
3.5.2	Anvendelse	84
3.5.3	Arbejdsmiljøproblemer	84
3.5.4	Udvaskning af tungmetaller	85
3.5.5	Referencer	86
3.6	Overfladebehandling af beton	87
3.6.1	Indledning	87
3.6.2	Hovedgruppeinddeling	88
3.6.3	Beskrivelse af hovedgrupper	89
3.6.4	Referencer	91
<u>4.</u>	<u>Registrering og affaldsvurdering af byggevarer</u>	92
4.1	Oplæg til registreringssystem	92
4.1.1	Eksisterende systemer	93
4.1.2	Forslag til registreringsmodel	98
4.1.3	Indhold af deklaration	100
4.1.4	Referencer	103
4.2	Affaldsvurdering	103
4.2.1	Forslag til metode	104
4.2.2	Produktvurdering	105
4.2.3	Eksempler på screening af byggevarer	107
4.2.4	Supplerende dataindsamling	109
4.2.5	Sammenfatning af affaldsvurderingen	110
4.2.6	Referencer	111
Bilag A	Eksempel på "Byggedata" fra Godkendelsessekretariatet for materialer og konstruktioner.	112

Forord

Med dette miljøprojekt afrapporteres en indledende kortlægning af behov og muligheder for ved anvendelse af renere teknologier at nedbringe mængden og farligheden af bygge- og anlægsaffald. Projektet er gennemført med støtte fra Rådet vedrørende Genanvendelse og Mindre Forurenende Teknologi af en projektgruppe bestående af:

Jørgen Ringgaard, Miljøsamarbejdet i Århus

Kim Christiansen, Danmarks Tekniske Højskole
(indtil 31. august 1990 Dansk Teknologisk Institut)

Tom Andersen, Dansk Teknologisk Institut

Cyrill Holtse, B. Højlund Rasmussen

Anette Hvidberg, Rambøll & Hannemann

Ole Stilling, COWiconsult.

Derudover har forskellige medarbejdere i de nævnte firmaer medvirket i projektets indledende faser, ingen nævnt - ingen glemt. Jørgen Ringgaard har fungeret som projektleder, og Kim Christiansen har redigeret nærværende rapport. Udover de ovennævnte medforfattere skal en tak rettes til civilingeniør Lisbeth Engel Hansen, DTI, som har forfattet afsnit 3.4, til civilingeniør Lene Mikkelsen, COWiconsult for afsnit 3.5 og civilingeniør Bent Grelk, COWiconsult for afsnit 3.6 samt til Lise Castella, Miljøsamarbejdet for renskrivning af rapporten og meget mere.

Projektet har været diskuteret løbende med en aktiv og engageret følgegruppe bestående af:

Jørgen Ringgaard,
Miljøsamarbejdet i Århus

Kim Christiansen og Tom Andersen,
Dansk Teknologisk Institut

Cyrill Holtse,
B. Højlund Rasmussen

Anette Hvidberg Velk,
Rambøll & Hannemann

Ole Stilling,
COWiconsult

Klaus Hansen,
Statens Byggeforskningsinstitut

Jørgen Pers,
Danske Arkitekters Landsforbund

Niels Tobiasen,
Branchesikkerhedsråd nr. 2

Lars Søborg,
Miljøstyrelsen (formand).

Projektet skal ses som et forprojekt til en systematisk og prioriteret indsats omkring renere teknologi indenfor bygge- og anlægsområdet.

Projektets indledende karakter giver sig derfor udtryk i to væsentlige begrænsninger i forhold til ønskerne om i en renere teknologi-strategi dels at følge materialerne fra "vugge til grav" dels at prioritere indsatsen ud fra en tilstrækkeligt dækkende problemkortlægning. For det første har hovedvægten i projektet været lagt på en kortlægning af problemer i forbindelse med affald fra opførelse, vedligehold og renovering samt nedrivning af byggeri og anlæg. Der er fokuseret på problemerne affaldshåndtering, genanvendelse samt ydre miljø og arbejdsmiljø i forbindelse hermed. Det betyder, at problemer knyttet til udvinding af råvarer, bearbejdning af disse til halvfabrikata samt forarbejdning til færdige byggevarer ikke er medtaget systematisk i vurderingerne. For det andet har kortlægningen af materialestrømme indenfor bygge- og anlægssektoren efter en indledende screening udfra en listning af kendte problemstoffer og -materialer været koncentreret om en række udvalgte områder. Disse forhold bør indgå i læserens vurdering af de anførte konklusioner og anbefalinger.

Sammenfatning og anbefalinger

Der er gennemført en kortlægning og vurdering af brugen af miljø- og sundhedsbelastende rå- og hjælpestoffer samt materialer indenfor bygge- og anlægssektoren med vægt på problemerne omkring affaldsbortskaffelse herunder genanvendelse. For en række udvalgte materialer er vurderet mulighederne for ved ændringer i materialesammensætning og konstruktionsprincipper at reducere mængden og farligheden af affald fra opførelse, vedligeholdelse og renovering samt nedrivning af byggeri og anlæg. Projektet har omfattet tre faser:

- A. Indledende gennemgang af umiddelbar tilgængelig litteratur om en række kendte problemstoffer og -materialer vedrørende deres betydning for arbejdsmiljø og ydre miljøproblemer knyttet til genanvendelse, forbrænding og deponering af affald fra bygge- og anlægsaktiviteter.
- B. Mere detaljeret kortlægning af materialestrømme og problemer for en række udvalgte byggematerialer udvalgt på grundlag af A.
- C. Opstilling af forslag til registrerings-system for byggematerialer, og -processer, samt metode til affaldsvurdering som grundlag for en identifikation og prioritering af renere teknologi-indsatsområder indenfor bygge- og anlægssektoren.

Fase A omfattede en gennemgang af rapporter m.m. om asbest, arsen, bly, cadmium, CFC, chlorphenoler, formaldehyd, phthalater, PVC, fiberbeton, letbeton, svovlbeton, kompositmaterialer (herunder sandwichelementer) mineraluld og imprægneret træ samt risici for nedsivning ved genanvendelse eller deponering af bygge- og anlægsaffald suppleret med udredninger om bly og cadmium i PVC samt om betonadditiver.

Resultaterne af fase A foreligger som en række bilag, der kan rekvireres hos Miljøsamarbejdet; i denne rapport er medtaget en sammenfatning af bilagene:

- Evaluering af kompositmaterialer, BHR 17.10.89.
- Notat vedrørende mineraluld, COWI 26.09.89.
- Bly og cadmium i PVC, COWI 28.09.89, rev. 06.09.90.
- Sammenfatning af hidtidige undersøgelser, COWI, rev 06.09.90.

Fase B og C er afrapporteret i nærværende rapport.

I den efterfølgende sammenfatning af fase B og C er der taget udgangspunkt i rapportens disposition. Dette gælder også idekataloget fra de enkelte projektaktiviteter. For de udvalgte materialer resumeres dels materialestrømme dels de væsentligste problemer ved genanvendelse og bygge- og anlægsaktiviteter i øvrigt samt tværgående anbefalinger omkring renere teknologiindsats. Der afsluttes med et oplæg til en tværgående organisering af de givne forslag.

Sandwichelementer

Sandwichelementer er et eksempel på et kompositmateriale, der består af beton, armeringsjern og mineraluld.

Det årlige salg af sandwichelementer var i perioden 1980-1988 maksimalt 130-270.000 ton pr. år. Affaldsmængden fra produktion, nybyggeri, renovering og nedrivning af sandwichelementer anslås til at være ca. 29.000 tons i 1990 og ca. 148.000 tons i 2015, hvor stigningen især skyldes øget renovering og nedrivning.

Genanvendelse af sandwichelementer kan ske med udgangspunkt i følgende to metoder:

1. Genbrug af hele elementer
2. Materialeseparation med efterfølgende materialelegenindvinding

Muligheden for genbrug af hele sandwichelementer er i dag begrænset af følgende årsager: Ingen vil tage et produktansvar bl.a. fordi elementerne kan være nedslidte og derfor ikke opfylder de nødvendige funktionskrav, antallet af ens elementer er begrænset, og teknikken til løsskæring og nedtagning af elementer er ikke tilstrækkelig udviklet til, at alle elementer kan nedtages hele og ubeskadigede.

Uanset om sandwichelementer kan genbruges hele, vil der være et behov for en materialeseparation med henblik på materialegenanvendelse for itugåede elementer. Samtidig skal afsætningsmulighederne for de sorterede materialer sikres. Opbygningen af sandwichelementer samt materialekombinationen kan dog vanskeliggøre materialeseparationen og dermed genanvendelse, hvilket giver anledning til ønsker om ændringer i produktionsmetode og materialevalg. Her tæn-

kes bl.a. på indholdet af mineraluld, som medfører særlige krav vedrørende arbejdsmiljø og deponering.

Det bør sammenfattende klarlægges, om man ved hjælp af ændret teknologi i forbindelse med produktion, montage, renovering og nedrivning af sandwichelementer kan fremme genbrug af hele elementer, samt om det er økonomisk rentabelt i forhold til materialeseparation og materiale-genanvendelse. I vurderingen bør også indgå energi - og miljøøkonomiske forhold.

En fremtidig indsats bør diskuteres med de involverede parter: Arkitekter, ingeniører, fabrikanter, entreprenører m.v. Resultatet af evt. udviklingsprojekter kan bl.a. tage form af oplæg til en række nye anvisninger, standarder m.v. for sandwichelementer.

Mineraluld

Mineraluld anvendes primært til følgende formål:

- Varmeisolering.
- Brandisolering.
- Fugt- og vandafvisning.
- Lydregulering og støjisolering.

Det antages, at der pr. 1. januar 1988 var akkumuleret ca. 3.670.000 tons mineraluld i bygninger i Danmark og, at der til og med 1987 er forbrugt ca. 3.745.000 tons mineraluld i Danmark.

Især arbejdsmiljøet ved demontering af mineraluld betragtes som meget belastende, og bortskaffelsen (herunder genanvendelse) af lamel- og tagplader med mineraluld er fundet problematisk.

Vedr. ydre miljø foreligger der endnu ingen resultater af udvaskningsforsøg med mineraluld fra bygge- og anlægsaffald.

Genanvendelse af mineraluld i større målestok kendes ikke. Granulering af mineraluld til hulmursisolering er dog teknisk muligt.

Problemer med mineraluld i forbindelse med genanvendelse er især forurening af knust tegl og beton, således at anvendelses- og afsætningsmulighederne herfor forringes.

Det vil også være relevant at klarlægge om en ændret teknologi i forbindelse med produktion og anvendelse af mineraluld kan øge mulighederne for genanvendelse.

Dette gælder både mineraluld i sig selv og de andre byggevarer, herunder kompositartikler, hvor genanvendelse vanskeliggøres af sammenblanding med mineraluld. Især vil konstruktionsprincipper, der muliggør demontering af isoleringskomponenter inden knusning m.m. have gunstig effekt på såvel arbejdsmiljø som genanvendelsesmuligheder.

Det foreslås også, at der gennemføres en sammenlignende produktvurdering mellem mineraluld og andre isoleringsmaterialer og -produkter med henblik på at vurdere mulighederne for, at mineraluld kan erstatte eller kan erstattes af disse.

Fiberbeton

Ved renovering, nedrivning og bortskaffelse af byggevarer baseret på fiberbeton kan der optræde støvproblemer for arbejdere og omkringboende. Omfanget er ikke kendt, men erfaringer fra bl.a. asbestområdet giver anledning til opmærksomhed om problemet.

Det er oplyst fra Dansk Eternit, at det ikke er muligt at genanvende cellulosecement i nyproduktion, da materialet kun kan fungere som passivt fyldstof. Eternitprodukter fremstilles i dag med meget små mængder tilslag, og da i form af specielt importeret sand.

For øvrige produkter er det ikke klarlagt, hvordan knusning kan foretages, og om knust materiale kan anvendes i betonproduktionen.

Der er behov for at undersøge om fibervalg og sammensætning kan ændres, således at sundhedsproblemer ved knusning kan forebygges og returmaterialerne kan nyttiggøres ved produktion af cellulosecement eller til beton i passiv miljøklasse.

Letbeton

Der er ikke fundet miljøproblemer ved håndtering af affald fra letbetonbyggeri. Da produkterne desuden har en række åbenlyse fordele, ses der intet behov for at overveje substitution af materialet. Produkterne er kendte i dag, og der er udviklet metoder og værktøjer, som gør bearbejdning og håndtering uproblematisk.

Der er anslået en affaldsmængde om 40 år på 0,5 mio. t/år, og med uændret lossepladskapacitet i

Danmark, vil det derfor være væsentligt at udvikle genanvendelsesmulighederne.

Det er i dag muligt at genanvende knust letbeton i nyproduktion; men det sker ikke i Danmark, da det knuste materiale bliver for fint (H+H - Gasbeton). Det bør undersøges, hvilke tekniske ændringer der skal til for at muliggøre genanvendelse, samt om disse er økonomisk forsvarlige.

Svovlbeton

Brugen af svovlbeton må ud fra erfaringer i USA forventes at få stor udbredelse. Som eksempler kan nævnes off-shore- og kemikalieindustri, røgrensningsanlæg samt spildevandsrensningsanlæg. Undersøgelser er derfor nødvendige til dokumentation af materialets holdbarhed i den sammenhæng.

Materialet er termoplastisk og vil derfor i princippet kunne genanvendes 100%, men erfaringerne med genanvendelse af termoplastiske polymerer viser, at dette kræver stabile leverancer af uforurenat og ensartet affald.

Ved anvendelse af svovlbeton opvarmes produktet til 135°C ved udstøbning, og da svovl kun udgør ca. 10% af den samlede mængde materialer opvarmes ca. 90% af materialerne unødvendigt. En minimering af dette energiforbrug, hvor tilslagsmaterialerne ikke opvarmes, kan derfor udpeges som muligt indsatsområde. Endvidere er der behov for procesmodifikationer, som kan føre til reduceret frigivelse af svovl.

Imprægneret træ

Der er ikke konstateret væsentlige arbejdsmiljøproblemer ved håndtering af affald fra imprægneret træ, når lagringstider m.m. for de oprindelige produkter er overholdt.

De væsentligste problemer ved affaldet er bortskaffelsen, idet trykimprægneret træ indeholder stoffer, der gør, at materialet kun kan bortskaffes til kontrolleret losseplads. Vacuumimprægneret træ kan muligvis afbrændes; dette bør belyses nærmere. Såfremt vacuumimprægneret træ ikke afbrændes, skal dette også bortskaffes til kontrolleret losseplads.

To af de renere teknologi-projekter, der er i gang på området, vil kunne yde et væsentligt bidrag til reduktion af de miljøbelastende egenskaber. Her tænkes dels på zoneimprægneringssystemer, der formodentlig reducerer såvel

arbejdsmiljø- som miljøbelastningen ved imprægnering "på stedet", dels på udviklingen af trykimprægneringsmidler uden arsen og chrom. Da det ikke vides, hvor udbredt imprægneringen på stedet er, kan betydningen af det førstnævnte projekt ikke umiddelbart vurderes. Derimod vil trykimprægneringsmidler uden arsen og chrom løse dels en del af de problemer, der er med bortskaffelse af bygningsaffald af træ, dels en del af de øvrige problemer i imprægneringsprocessen.

Der kan formodentlig arbejdes videre ud fra de to nævnte projekter; herudover er der behov for at identificere områder, hvor anvendelsen af imprægneret træ ikke er nødvendig.

Flyveaske

Anvendelse af flyveaske i beton synes ikke at give problemer i det ydre miljø. For arbejdsmiljøet i forbindelse med knusning og andre støvende aktiviteter kan indholdet af tungmetaller og kvarts i flyveasken være en væsentlig faktor i støvbelastningen. Der er derfor brug for udvikling af håndteringsteknikker, som reducerer disse støvproblemer. En udeladelse af flyveaske som bestanddel af beton skønnes ikke at løse støvproblematikken generelt. Belastningen kan dog imødegås af personlige værnemidler.

Overfladebehandlet beton

Det er uklart, om der ved renovering, nedrivning og bortskaffelse af overfladebehandlet beton opstår miljøproblemer, der direkte kan relateres til overfladebehandlingen.

En afklaring heraf forudsætter, at der bliver udført analyser af affald fra renoveringsaktiviteter og af knuste betonbrokker fra overfladebehandlede betonflader.

Denne afklaring er især relevant i relation til betons genanvendelsesmuligheder.

Udgangspunktet for en renere teknologi-indsats rettet mod substitution er et overblik over de eventuelle problemers omfang, hvorfor det er ønskeligt at få en opgørelse af forbrugte mængder materialer til overfladebehandling af beton. En mængdeopgørelse dækkende de færdige midler kan foretages igennem kontakt til importør og producenter, mens den præcise sammensætning næppe vil (kunne) oplyses.

Byggevareregistrering

Der er i rapporten givet forslag til et registreringssystem for byggevarer omfattende en deklaration og en organisationsmodel. Der er hermed gennemført en præcisering i forhold til projektformuleringen, hvor der tales om byggematerialer og -processer. Deklarationen omfatter aspekter, som skal indgå i en affaldsvurdering (og evt. bredere produktvurdering) af byggevarer, og organisationsmodellen er baseret på eksisterende registreringssystemer og godkendelsesordninger og tilknyttede instanser.

En videre udvikling af forslaget kræver en gennemarbejdning i detaljer, hvor formularer skal udformes, og informationsmateriale til berørte instanser, organisationer etc. udarbejdes.

Forslaget til metode for affaldsvurderinger er afprøvet for tre eksempler på byggevarer. Bl.a. på baggrund heraf kan deklarationen finpudses. Nogle af de krævede oplysninger skal fx gives på en bestemt form, så de er lettere at arbejde videre med for de vurderingsudvalg, som skal tilknyttes systemet.

Endelig skal der foretages en koordinering til den fornyede kommunale sagsgang, der er lagt op til i projektet om styringsmidler vedrørende bygge- og anlægsaffald. ("Genanvendelse af bygge- og anlægsaffald i kommuner i Århus amt")

Affaldsvurdering

De fleste arbejdsmiljø- og ydre miljø-problemer synes udfra de foreliggende data om byggeprodukternes sammensætning at være knyttet til fremstillingsleddet, som ikke er omfattet af den gennemførte vurdering. Ligeledes foreligger der stort set kun energi- og materialeforbrugsdata fra fremstilling; det fremgår af flere af data-indsamlingerne, at energi- og materialeforbruget synes at være størst (80-90% eller mere) ved fremstilling, men dette kan dog ikke dokumenteres p.g.a. de få data fra de senere faser.

Den nødvendige dataindsamling til en indledende problemscreening kan gennemføres af projekterende og rådgivende indenfor byggeriet ved anvendelse af en checkliste. Det er især data om materialesammensætning og anvendelse af hjælpe- og vedligeholdelsesmaterialer, som er vigtige.

Den indledende dataindsamling sammenfattes i et kort, men fyldestgørende notat disponeret efter checklisten, og den anvendte dokumentation (brochurer, produktblade, MK-godkendelser m.m.) bør vedlægges.

Den miljø- og sundhedsmæssige screening skal foretages af (eller i samarbejde med) eksperter på områderne, da problemer ellers kan "glemmes", fx specielle additiver eller hjælpestoffer, som kun anvendes i begrænsede mængder, men som kan have alvorlige effekter, fx kræft.

I datamateriale fra producenter og leverandører er sundheds- og miljørelaterede data meget sporadiske, hvilket kan skyldes, at der for de fleste byggevarer sjældent indgår "farlige stoffer" i et omfang, som medfører, at der til byggevaren skal udarbejdes leverandørbrugsanvisning el. lign. Dette kan dog ofte være tilfældet for en række rå- og hjælpestoffer ved selve fremstillingen, men data herfra er ikke indhentet systematisk.

Oplysninger om levetid og evt. vedligeholdelse er også mangelfulde, især for de typer byggevarer, hvor den praktiske anvendelse ikke har overskredet byggeriets normale levetid. Det er også vanskeligt at anslå absolutte levetider, da de afhænger meget af de ydre påvirkninger (fx sur nedbør). Data om levetid kan iøvrigt kun anvendes ved sammenligning mellem produkter efter en vedtagen standard.

De indhentede oplysninger om affaldsdisponering herunder genanvendelse er også meget mangelfulde; her bør skøn overlades til affaldssagkyndige.

Ved en videreudvikling af den foreslåede metode bør data fra fremstillingsledet indgå mere systematisk.

Til en belysning af muligheder og begrænsninger omkring indsamling af supplerende data og den endelige vurdering bør en række eksempler vurderes til ende. Ligeledes bør vurderingerne gennemlæses af eksterne bygge-, miljø- og arbejdsmiljøsagkyndige.

Endvidere bør der udarbejdes et katalog over "standardproblemer" indenfor byggeri og anlæg, som er fælles for grupper eller kategorier af byggeprodukter. Som eksempler kan nævnes arbejdsmiljøgener ved malerarbejde eller tunge løft samt ydre miljøproblemer ved bortskaffelse af bygge- og anlægsaffald indeholdende tungmetaller eller chlorforbindelser.

Tværgående anbefalinger

Med udgangspunkt i ovenstående listning af mulige indsatsområder samt en række referencer, /1/, /2/ og /3/, vedrørende renere teknologi indenfor byggeriet, skitseres nedenfor en ramme for samt en række forslag til en fortsat undersøgelses- og demonstrationsindsats indenfor området.

I den danske miljøpolitik er der forudsat en væsentlig opprioritering af den forebyggende indsats i form af renere teknologi. Herved forstås, at miljøhensynene integreres i produktion og forbrug med henblik på at minimere ressourceforbruget og uønskede miljøpåvirkninger fra et produkts samlede livscyklus/kredsløb.

Kredsløbsbetragtningen i princippet om renere teknologi indebærer altså, at man ved den miljømæssige vurdering anlægger en samlet vurdering af de miljømæssige forhold i forbindelse med fremstilling af varer, men også af den påvirkning, der opstår ved forbrug af varerne, ved genanvendelse af de brugte materialer og ved den endelige bortskaffelse af disse som affald. Herunder skal naturligvis den miljømæssige belastning ved energiforbruget medregnes, idet energiforbruget repræsenterer ressourceforbrug og miljøbelastning af uvæsentlig betydning i kredsløbet.

Bygge- og anlægssektoren frembringer omkring 1/3 af de samlede affaldsmængder i Danmark. Der er hidtil satset meget på at øge genanvendelsen, men bl.a. byggevarers indhold af miljø- og sundhedsfarlige stoffer og produkter samt de valgte konstruktionsprincipper vanskeliggør/umuliggør afsætning af de oparbejdede produkter og påfører selve genanvendelsen arbejdsmiljø- og ydre miljøproblemer. Et andet centralt aspekt i problematikken er ønsket om at reducere energi- og materialeforbrug ved fremstilling, anvendelse, vedligeholdelse og bortskaffelse (nedrivning, renovering) af byggeri.

Der er derfor behov for at udvikle metoder til valg af materialer og konstruktionsprincipper, der minimerer materiale- og energiforbruget til drift og vedligeholdelse samt øger mulighederne for at løse byggeriets miljøproblemer. En sådan indsats falder også i tråd med diskussioner omkring produktions- og anvendelsesprincipper og herunder nye standarder og normer omkring bygge- og anlægsaktiviteter.

Overordnet skal en renere teknologistrategi for byggeri og anlæg imødekomme følgende behov:

- affaldsmængderne skal reduceres,
- brugen af skadelige og betænkkelige stoffer skal stoppes eller begrænses,
- energiforbruget skal begrænses, uanset at energiforbruget til bygningsdriften er væsentlig større end til bygningens opførelse,
- råstofforbruget skal begrænses, primært fordi råstofferne vender tilbage som bygge- og anlægsaffald, fordi råstofforbruget implicerer et betydeligt energiforbrug, og fordi råstofindvindingen indebærer indgreb i naturen; sekundært fordi råstofforbruget reducerer mængden af råstofressourcer.

Bygningskonstruktioner og materialevalg skal altså udformes under hensyn til disse målsætninger. Men bedømmelsen og den indbyrdes afvejning af ressource- og miljøbelastningerne er i dag svær - eller nærmest umulig - at foretage for den enkelte beslutningstager i byggeprocessen.

Der er derfor behov for et "redskab" - gerne en værdiangivelse, som kan bruges til at give en - gerne skønsmæssig - samlet miljømæssig vurdering af fx en bygningskonstruktion.

På baggrund af /2/ kan der opstilles en liste over egenskaber m.m., som bør indgå i et sådant "værktøj" men også i udviklings- og implementeringsprojekter for byggevarer, -materialer og bygningskonstruktioner generelt. Listen er i første omgang udformet under overskrifterne levetid, funktion og miljø, hvorimellem der selvfølgelig er et vist overlap. Samtidig skal listen bruges og fortolkes i forhold til den livscyklus for byggeriet, som renere teknologiindsatsen skal vurderes i forhold til:

- fremstilling herunder udvinding af råvarer, bearbejdning af disse og fremstilling af byggevarer
- forbrug herunder opførelse af byggeri og anlæg samt drift og vedligeholdelse; sidstnævnte omfatter også renovering, hvor den oprindelige konstruktion bevares
- bortskaffelse herunder håndtering af affald fra de foregående trin samt nedrivning ved genbrug, materialelegenindvinding, forbrænding og deponering.

Der er en glidende overgang mellem disse hovedaktiviteter.

Selve listen omfatter følgende stikord:

Levetid

- Stabilitet og styrke
- Mekanisk og kemisk modstandsdygtighed
- Fugtegenskaber

Funktion

- Bearbejdelighed
- Forligelighed med tilgrænsende materialer
- Isoleringsegenskaber for lyd og varme (støj og energi)
- Brandsikkerhed
- Modtagelighed overfor smuds
- Rengøringsvenlighed og -krav
- Reparationsvenlighed og udskiftelighed

Miljø

- Forbrug af energi- og materialeråstoffer
- Indhold af irriterende, allergifremkaldende, cancerogene, neurotoxiske eller reproduktionstoxiske stoffer
- Indhold af økotoxiske stoffer
- Sikkerhedsmæssige forhold
- Primær og sekundær afgangning
- Afdrysning
- Hygiejne, fx overfladers depoteffekt

Som oplæg til den videre planlægning af renere teknologiindsatsen indenfor bygge- og anlægsområdet gives nedenfor et forslag til strukturering af undersøgelses- og demonstrationsprojekter.

1. Vurdering af byggevarers potentielle miljø- og sundhedseffekter i hele livsforløbet.

- Videreudvikling af vurderingsmetode herunder afprøvning.
- Detailundersøgelser vedrørende udvalgte problemstillinger omkring de gennemgående byggematerialer m.m.
- Indsamling af viden om levetider og vedligehold af byggekomponenter set i relation til indførelse af renere teknologier i byggeriet.

2. Udvikling og implementering af renere teknologi indenfor primære byggematerialer som fx træ og beton og især brugen heraf i kompositprodukter samt bygningskonstruktioner.

- Ændringer i konstruktionsprincipper og materialevalg som øger mulighed for genanvendelse af kendte byggekomponenter.
- Ændringer som minimerer miljø- og sundhedspåvirkninger og optimerer genanvendelsesmulighederne for nye byggekomponenter og materialer.
- Udvikling af minimalkonstruktioner der for såvel primære som sekundære byggekomponenter tilstræber at nedsætte forbruget af råstoffer og at mindske mængden af bygningsaffald.

3. Udvikling og implementering af renere teknologi indenfor overfladebehandling og isolering i forbindelse med bygge- og anlægsaktiviteter.

- Overfladebehandling af beton; problemer og alternativer.
- Vurdering af forskellige isoleringsprincipper og hertil knyttede materialer.

4. Etablering af EDB-baseret registrerings-system for byggevarer, som også omfatter miljø- og arbejdsmiljøforhold samt ressourceforbrug.

- Videreudvikling af det foreslåede system med praktik afprøvning af systemet samt høring af berørte parter.
- Udarbejdelse af forslag til etablering af organisation, som kan administrere systemet.

Referencer

- /1/ Klaus Hansen (1990): Ressourcer og miljø - Bygningskonstruktioner. Indlæg i SBI's repræsentantskabsmøde den 13. juni 1990. Statens Byggeforskningsinstitut.
- /2/ Renere teknologi i relation til bygge- og anlægsområdet. Referat af rundbordssamtale i DIF. Dansk Ingeniørforening, september 1989.
- /3/ BUR/Udviklingskontoret (1989): Minimering af ressourceforbrug, energiforbrug og miljøforurening i byggeriet. Udkast til ram-

meplan for forsøg indenfor byggeri og øko-
logi. Byggeriets Udviklingsråd.

Summary

As part of the Danish development programmes for recycling and cleaner technologies a group of experts from the building sector and related areas has initiated a study to indentify and prioritize environmental problems concerning production, use, recycling and disposal of building and construction materials and products.

The study has comprised three phases:

- A. A screening of litterature on hazardous substances, materials and products to identify problems in the building and construction sector.
- B. A more in-depth study of material flow, health and environmental aspects and recycling possibilities and barriers for series of selected building materials or products i.e. composite construction elements, mineral insulation, fiber-based concrete, light-concrete and sulphur-based concrete, impregnated wood, fly ash use in concrete and surface treatment of concrete.
- C. A proposal for a registration system for building products and a waste assessment procedure to be used in an environmental and recycling-orientated evaluation and selection of building materials and products.

Based on this study a framework of further development and implementation projects is devised including a catalogue of ideas referring to the in-depht studied materials and products:

1. Further development and testing of the registration system and the assessment methodology including the integration of the production phase in the latter.
2. Research and demonstration projects to enhance recycling possibilities of composite construction elements and to minimize amount and hazards of waste generated during production, use and disposal of these building products.
3. Research and demonstration projects in the use of concrete surface treatment and impregnated wood to reduce waste in all forms and the adjected health and environmental hazards during production, use and disposal.

Anvendte forkortelser

AMI	Arbejdsmiljøinstituttet
BVR	Byggevareregister
CIB	International Council for Building
DDVS	Dansk Drift- og Vedligeholdelsessystem
KGB	Koordineringsgruppen vedrørende Genanvendelse af Bygge- og anlægsaffald (nedsat af Rådet vedrørende genanvendelse og mindre forurenende teknologi).
MK	Materialer og konstruktioner; godkendelser af ...
PAH	Polycycliske, aromatiske hydrocarboner
POM	Polycyclisk, organisk materiale; bl.a. PAH
PVA	Polyvinylalkohol
PUR	Polyurethan
PVC	Polyvinylchlorid
RT	Renere teknologi
R&S	Risiko- og sikkerhedssætninger for kemikalier
SFB	System for byggevareregistrering

1. Indledning

1.1 Baggrund

Bygge- og anlægsaffaldet udgør i dag en betydelig del af den samlede affaldsmængde. Mængden forventes at ville blive forøget fra 4.4 mio t/år til 5.3 mio t/år fremtil 2015. Hertil kommer jord og asfalt, som i samme periode falder fra 2.2 mio t/år til 1.8 mio t/år /1/.

Gennem en lang række initiativer har Miljøstyrelsen arbejdet på at skabe grundlag for, gennem en kraftig forøgelse af genanvendelse af bygge- og anlægsaffaldet, at nedbringe belastningen på det stadig mere begrænsede lossepladsvolumen.

I den langsigtede miljøpolitiske strategi er det målet at nedbringe mængden af de affaldstyper, som ikke kan genanvendes og som udgør en miljørisiko ved slutdisponering. Dette mål skal nås gennem en udvikling og udbredelse af genanvendelse og renere teknologier. I forbindelse med renere teknologi indgår også arbejdsmiljø - såvel ved anvendelse af materialer som ved affaldsbehandling - som en væsentlig vurderingsparameter. Desuden indgår aspekter som større holdbarhed, genanvendelsesegnethed og mindre energi- og ressourceforbrug i udviklingen af renere teknologi.

For den fremtidige genanvendelse af bygge- og anlægsaffald er det afgørende, at det er muligt at separere affaldet i rene materialefraktioner. Derfor bør omfanget og konsekvenserne af anvendelsen af produkter af sammensatte materialer i nutidens byggeri og anlæg vurderes og sammenholdes med de kendte metoder til spildprodukt håndtering.

Som grundlag for en indsats for renere teknologi indenfor bygge- og anlæg, med specielt sigte på sikring af høj genanvendelsesgrad og miljø sikkerhed ved byggeri, renovering og nedrivning i fremtiden, er det nødvendigt at skabe overblik over:

- hvilke materialer bruges i dag
- hvordan bruges de (byggemetoder, produkttyper m.m.)
- miljø- og genanvendelsesegenskaber ved henholdsvis materialekategorier og anvendelsesformer

- arbejdsmiljøproblemer ved anvendelsen (nybyggeri, renovering) og ved affaldsbehandling, (genanvendelse, forbrænding og deponering).
- affaldshåndtering (genanvendelse, slutdisponering) set i relation til såvel materialekategorier som byggemetoder og produkttyper.

1.2 Projektformål og målgruppe

Projektet har, som det beskrives nedenfor, været opdelt i tre faser med tilhørende formål:

- A. Udfra en gennemgang af litteratur m.m. om kendte problemstoffer at afklare deres betydning for miljø- og arbejdsmiljøproblemer ved genanvendelse, forbrænding eller deponering af affald fra opførelse, vedligeholdelse og renovering samt nedrivning af byggeri og anlæg.
- B. Udfra A. at gennemføre detaljerede kortlægninger af materialestrømme og problemer for udvalgte byggematerialer med henblik på at udpege behov for udvikling af renere teknologier i form af forslag til ændrede valg af råvarer, materialesammensætninger eller konstruktions- og anvendelsesprincipper.
- C. Ud fra A. og B. at opstille forslag til et registreringssystem og en metode til affaldsvurdering for byggevarer med henblik på at kunne forebygge problemer ved et mere miljø- og arbejdsmiljøorienteret valg af byggevarer.

Projektets målgruppe er i første omgang myndigheder, institutioner og rådgivere indenfor bygge- og anlægssektoren, som ønsker at integrere miljø- og arbejdsmiljøhensyn i en problemforebyggende indsats omkring udvikling og anvendelse af byggevarer samt genanvendelse og bortskaffelse af bygge- og anlægsaffald.

Efter en videreudvikling af registreringssystem og affaldsvurdering vil projektets resultater også kunne nyttiggøres af byggevareproducenter, bygherrer og entreprenører.

1.3 Projektforløb

Projektet har været opdelt i tre faser. Arbejdet i de enkelte faser har været fordelt i projektgruppen efter deltagernes forudsætninger og forudgående erfaringer under ledelse af Miljøsamarbejdet og afstemt med følgegruppen ved fire følgegruppemøder placeret ved projektets skæringspunkter.

I fase A er der på grundlag af hidtidige undersøgelser, samt supplerende kortlægning m.m. omkring asbest, arsen, bly, cadmium, CFC, chlorphenoler, formaldehyd, phthalater, PVC, specielle betonprodukter, kompositartikler, mineraluld, imprægneret træ og betonadditiver skabt et overblik over:

- forbruget af de fleste materialer til bygge- og anlægsformål i dag
- anvendelsesformer (byggemetoder, overfladebehandling, produkttyper m.m.)
- arbejdsmiljøproblemer, miljørisici, affaldshåndteringsproblemer og genanvendelsesegnethed i relation til de forskellige materialekategorier og anvendelsesformer.

Der er foretaget en vurdering af hvilke områder, der bør prioriteres m.h.t. udvikling af nye produkttyper og metoder indenfor bygge- og anlæg for at fremme en højere genanvendelsesgrad og for at fremme miljø- og arbejdsmiljøhensyn i relation til fremtidens bygge- og anlægsaffald.

I fase B er disse områder gjort til genstand for en mere detaljeret undersøgelse af materialestrømme, anvendelsesformer, metoder og produkttyper med henblik på en belysning af problemer i relation til: Arbejdsmiljø, eksternt miljø, affaldshåndtering (herunder kildesortering) og genanvendelse. Dette vurderes i forhold til såvel nybyggeriet i dag som den fremtidige renovering/nedrivning af det, der bygges i dag.

På grundlag af A og B er der i fase C opstillet forslag til:

- 1) En systematik for en fremtidig registrering af materialer, anvendelsesform og produkttyper indenfor byggeri og anlæg.
- 2) En metodik for affaldsvurdering af materialer og produkter indenfor bygge- og anlægssektoren.

Disse to elementer skal efter en videreudvikling gøre det muligt løbende at vurdere såvel eksisterende som nye materialer, metoder, produkter m.v. i forhold til den nyeste viden og udvikling m.h.t. arbejdsmiljø, eksternt miljø, genanvendelse og affaldsbehandling (herunder kildesortering) /1/.

Referencer

- /1/ Prognose for bygge- og anlægsaffald. Hovedrapport. PROBA-undersøgelse med kortlægning og prognose 1990-2015. DEMEX A/S, Axel Nielsen A/S, B. Højlund Rasmussen A/S, COWiconsult A/S, Miljøsamarbejdet i Århus for Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 150.

2. Kortlægning af tidligere undersøgelser

Dette afsnit indeholder en kort gennemgang af de stoffer og materialer, der har været behandlet under fase A.

Afsnit 2.1 indeholder en sammenskrivning i skemaform specielt med henblik på følgende forhold nævnt i projektbeskrivelsen:

- Arbejdsmiljø
- Eksternt miljø
- Affaldsbehandling
- Genanvendelse

Endvidere gives i afsnit 2.2 en vurdering af de heraf afledte konsekvenser samt en baggrund for udvælgelse af de materialer, der blev behandlet mere indgående under projektets fase B.

2.1 Grundlag for udvælgelse

En oversigtlig gennemgang af problemerne ved de forskellige stoffer og materialer undersøgt i projektets fase A er medtaget som figur 2.1.1. Det skal understreges, at der er tale om et meget kortfattet resumé.

Undersøgte Stoffer/materialer	Problemer Ved arbejdsmiljøet	Problemer med Ydre miljø	Problemer Ved Affaldshåndtering	Problemer med Genanvendelse	Omtalt { # }
Asbest	Indånding af fibre skadelig	Ikke behandlet i undersøgelsen	Ophvirvling af fibre sarlige regler for håndtering		1
Arsen	Ikke behandlet i undersøgelsen	Toksisk effekt	Udslip af arsen fra forbrænding af tryk- impr. træ, samt fra slagge og aske fra forbrænding		1
Bly	Toksisk effekt - fx risiko ved slibning af overflader med blyholdig maling	Toksisk effekt Kan forskyde økologisk balan- ce, bioakkumuleres	Støv ved nedrivning	Spredning af bly ved genopsmelt- ning af fx jern- og stålskrot	1 og 3
Cadmium	Meget toksisk - ska- delig for en række vigtige organer. Vis- se forbindelser can- cerogene	Kan forskyde øko- logisk balance, bio- akkumuleres	Vigtigste sprednings- kilde er affaldsfor- brænding		1 og 3
CFC		Ozonnedbrydende effekt	Frigivelse af CFC ved nedrivning af bygninger og anlæg m. CFC-holdige materialer	Sorteringsproblemer m. iblanding af fx isoleringskum i stenmaterialer	1
Chlorphenoler		Stor toksicitet over- for akvatiske organis- mer. Betydning for spredning af dioxiner og dibenzofuraner. Mis- tækt cancerogene	Spredning af dioxiner ved forbrænding af træ behandlet med chlorphe- nolholdige forbindelser		1

Undersøgte Stoffer/materialer	Problemer ved arbejdsmiljøet	Problemer med Vdre miljø	Problemer ved Affaldshåndtering	Problemer med Genanvendelse	Omtalt i #)
Chrom	Chrom i færdigblandet udenlandsk cement kan give chromallergi	Der kan være høje chromkoncentrationer i forbindelse med chromemiterende virk- somheder	Emission af chrom fra forbrænding af chrom- holdigt affald		1
Formaldehyd	Toksisk effekt - Hud- kontakt giver allergi. Betragtes som kræftfrem- kaldende		Frigives ved forbrænding		1
Phthalater	Er mistænkt for at være kræftfremkaldende og fos- terskadende. Kan give ska- der på nervesystemet og forskellige organer		Frigives ved forbrænding		1
Nedsivningsstoffer	Se 1	Se 1	Se 1		1
PVC	Phthalater anvendes til blødgørere i PVC; cadmi- um og bly anvendes lige- ledes - se disse.		Frigivelse af tungmetal- ter ved forbrænding; under- mistanke for at være dioxin- dannende ved forbrænding. Deponering kan medføre ud- vaskning af tungmetaller.		1 og 3

Undersøgte Stoffer/Materialer	Problemer ved arbejdsmiljøet	Problemer med fysiske miljø	Problemer ved Affaldshåndtering	Problemer med Genanvendelse	Omtalt s. 3)
Mineraluld	Fibre og formaldehyd er mistænkt for at væ- re kræftfremkaldende, andre problemer med så- vel formaldehyd og phenol.	Toksisk effekt fra phenol og formaldehyd	Frigivelse af fibre ved renovering og ned- tagning. Volumen-kræ- vende ved deponering.	Uønsket ved knus- ning af brækker o.lign.	3
Beton		Beton tilsat flyaske er miljøkritisk p.g.a. tungmetallindhold.	Støvsproblemer		5 og 1
Gipsplader			Evt. udvikling af svovlbrinte ved deponering.	Ikke genbrugelige	4 og 1
Bord- og møbelplader					4
Præisolerede varmerør					4
Sandwich-elementer				Vanstelig genan- vendelig	4

*)

- 1 = Sammenfatning af hidtidige undersøgelser
- 2 = Supplerende undersøgelser - syntetisk mineraluld
- 3 = Supplerende undersøgelser - forbrug og akkumulering af bly og cadmium i PVC,
- 4 = Evaluering af kompositartikler
- 5 = Beton og betonadditiver. Numrene henviser til de i fase A udarbejdede arbejdsnotater, som indgår som bilag til denne rapport.

Figur 2.1.1 Oversigt over problemstoffer i relation til bygge- og anlægsaffald (fase A).

2.2 Udvalgelse til detailstudier

I afsnit 2.1 er kort beskrevet de forskellige problemer, som har ligget til grund for valg af emner til detailstudier. Endvidere er der indgået overvejelser omkring:

- Lovgivning
- Nedtrapningsaftaler
- Substitutionsmuligheder
- Kommende problemer
- Igangværende undersøgelser

Ved vurderingen har størrelsen af de potentielle affaldsmængder til deponering vejet tungt, ligesom der er lagt vægt på om genanvendelsesmulighederne er tilstrækkeligt belyst, om muligheder for substitution er undersøgt, og om de miljømæssige konsekvenser er kendte.

Følgende stoffer/materialer er udvalgt til videreundersøgelse i projektets fase B:

Sandwichelementer

Produktet er interessant på grund af den store mængde, der produceres og hermed også skal bortskaffes, samt fordi der i meget stor udstrækning anvendes mineraluld som isolerende kerne, hvilket kan give problemer ved genanvendelse.

Sandwichelementer er således et eksempel på et kompositprodukt. En ændring af konstruktionen som muliggør ikke-destruktiv adskillelse vil i høj grad kunne øge genanvendelsen og herved reducere det potentielle deponeringsproblem.

Mineraluld

Alene den producerede mængde gør materialet interessant, men hertil kommer en række mere eller mindre afklarede miljø- og arbejdsmiljøproblemer ved håndtering og bortskaffelse, herunder afgivelse af phenol, formaldehyd og fibre.

Fiberbeton

Der forventes en øget anvendelse af fiberbeton. Knusning af fiberbeton med polypropylen- eller stålfibre kan skabe problemer på grund af fiberpåvirkningen.

Letbeton

Genanvendelse af letbeton er problematisk. Der produceres store mængder letbeton, 3-400.000 t pr. år, som i fremtiden vil belaste lossepladserne, hvis genanvendelsesmuligheder ikke findes.

Svovlbeton

Brugen af svovlbeton er endnu relativ ny. Svovlbeton er resistent over for syreangreb og har fremragende styrkeegenskaber, men der savnes oplysninger om, hvilke problemer der kan være i forbindelse med genanvendelse.

Imprægneret træ

Træ har som fornyelig ressource og "natur"-materiale en række brugsfordele, men en række miljø- og arbejdsmiljørisici ved fremstilling, anvendelse og bortskaffelse af imprægneret træ har medført udvælgelsen til nærmere vurdering. På baggrund af, at der pågår en række andre projekter på området især vedrørende muligheder for renere teknologi er gennemgangen blevet mindre detaljeret end for de ovennævnte tre materialer.

I løbet af fase B blev det endvidere besluttet, at supplere disse detailstudier med orienterende undersøgelser vedrørende:

- Flyveaske i beton
- Overfladebehandling af beton.

Årsagen hertil var især de mulige negative effekter af tungmetaller som henholdsvis følgestoffer i flyveaske og additiv-bestanddele i midler til overfladebehandling.

3. Gennemgang af udvalgte byggematerialer

I dette kapitel gennemgås materialestrømme og de hertil knyttede problemer omkring miljø- og arbejdsmiljø ved byggematerialernes anvendelse, til byggeri og anlæg, brug og vedligeholdelse samt nedrivning og bortskaffelse. Der er især lagt vægt på at beskrive muligheder og begrænsninger for genanvendelse.

De forskellige afsnit følger stort set den samme disposition og er beskrevet i den rækkefølge, som var resultatet af prioriteringerne i projektets fase A. De enkelte afsnit er oprindeligt udformet som delrapporter, og det er valgt at fastholde denne form bl.a. ved placering af referencer efter afsnittene.

3.1 Sandwichelementer

3.1.1

Indledning

I projektets indledende fase blev en række byggeartikler, som består af kompositmaterialer evalueret. Genanvendelse af disse byggeartikler er problematiske på grund af materialsammenblandingen. Som et eksempel på problemstillingen omkring bortskaffelse, herunder genanvendelse, af kompositmaterialer, er der foretaget en udvælgelse af sandwichelementer, som indgår i relativt store mængder i elementbyggeri. Ved sandwichelementer forstås i dette projekt facade- og gavlelementer, som indgår i præfabrikeret elementbyggeri. Sandwichelementer består af en forplade og en bagplade af beton, armering m.v. med et lag isolering i midten. I forpladen er indstøbt halve mursten i forbandt, stenmaterialer, fliser eller lignende.

Der findes andre typer af facade- og gavlelementer, som er opbygget efter sandwichprincippet med en forplade, en bagplade og et lag isolering i midten. Forplade og bagplade i disse elementer kan bestå af f.eks. krydsfinér, træfiberplader, gipsplader o.lign.

Disse elementer benævnes normalt ikke sandwichelementer og er ikke medtaget i nærværende beskrivelse. Problemer omkring genanvendelse af disse elementer er parallelle til de nedenfor beskrevne. Det antages, at disse elementtyper vil være lettere at renovere og eventuelt adskille ved nedrivning.

3.1.2

Materialestrømsanalyse

Knusning

En af metoderne til genanvendelse af bygge- og anlægsaffald er knusning af de hårde materialer (beton, tegl m.v.) med henblik på anvendelse i ny beton (passiv miljøklasse), bundsikring af veje og lignende. Af hensyn til afsætningsmulighederne stilles der store krav til renheden af materialerne inden knusningen.

Den isolerende kerne gør, at det ikke umiddelbart er hensigtsmæssigt at knuse sandwichelementer sammen med øvrigt betonaffald, idet genanvendelsesmuligheder for den knuste beton herved reduceres.

Andelen af sandwichelementer i bygge- og anlægsaffald vil være stigende i de kommende år. Det er derfor interessant at undersøge alternative genanvendelsesmetoder for disse elementer. Herunder muligheder for at adskille for- og bagplade fra isoleringslaget.

Alternativet til genanvendelse af elementerne vil være deponering på lossepladser.

Produkt- og materialetyper

Sandwichelementer benyttes som udvendig klimaskærm i elementbyggeri og kan indgå i bygningsbærende og -afstivende systemer.

Funktionskrav

Elementet er derfor produceret under hensyn til en række funktionskrav, se figur 3.1.1.

Opbygning af sandwichelement

Disse tilgodeses ved sandwichelementernes opbygning i 3 lag, en forplade, et isoleringslag og en bagplade, se figur 3.1.2.

Sikkerhed

- . Egenvægt
- . Lodret last fra dækelementer
- . Vindlast
- . Sikkerhed mod brand
- . Nedbrydning under klimapåvirkning o.lign.

Komfortkrav

- . Vandtæthed
- . Damptransport
- . Varmeisolering
- . Vindtæthed
- . Ventilation
- . Lydtæthed
- . Lysåbninger

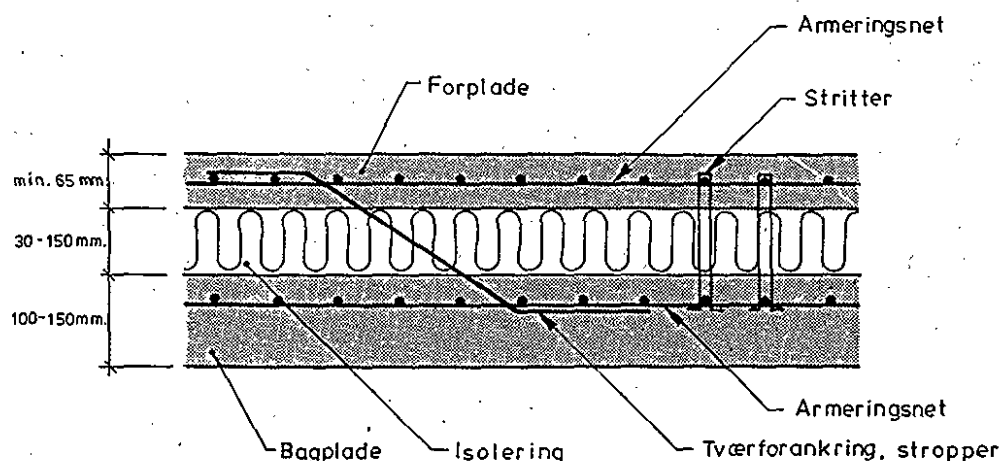
Teknologiske og byggetekniske krav

- . Krav p.g.a. svindforhold, krybning og bevægelser i øvrigt
- . Komponentgeometri
- . Montagemuligheder
- . Fuger

Andre krav

- . Udseende (form, farve, overfladestruktur)
- . Økonomi
- . Efterreparation
- . Vedligeholdelse
- . Fremføring af installationer
- . Færdiggørelsesarbejder
- . Relationer til altaner og altangange

Figur 3.1.1 Funktionskrav til sandwichelementer /4/.



Figur 3.1.2 Eksempel på opbygning af et sandwichelement

Forpladen består af min. 65 mm beton med yderside af frilagt stenmateriale, kostet overflade, fliser, murstensskaller eller lignende og

med forskelligt farvetilslag efter bygherreønske. Forpladen er armeret med et net af hensyn til svind og termiske påvirkninger og for at kunne fordele kræfter fra tværforankringen, der bærer forpladen.

Isoleringslaget er af 30-150 mm mineraluld og/eller polystyren, afhængigt af isoleringskrav. Der anvendes så vidt vides ikke opskummet PUR.

Bagpladen støbes af 100-150 mm beton, afhængigt af belastningen. Den udgør elementets konstruktive del og udsættes for lodrette og vandrette kræfter samt belastning ved afformning og transport, hvorfor armering er nødvendig. Der kan være tale om 1 eller 2 nets armering, søjle- og bjælkearmering, kantarmering eller anden specialarmering.

Tværforankringen af forplade til bagplade sker ved hjælp af stropper. Som supplement anbringes strittere jævnt fordelt over hele elementet mellem for- og bagplade, dels for at fastholde forpladen til bagpladen under afformning, transport og montage samt efter indbygning, dels for at overføre vindsug til bagpladen. Til bæring af elementet ved montage er endvidere anbragt et antal montagebolte /1/.

Ud over beton, armering, isolering og eventuelt tegl indeholder elementet mindre mængder plastic, træ og lignende benyttet til f.eks. sømklodser, ventilationskanaler, rørføring, el-installationer m.v.

Materialer

Opfattes elementet som 3 skiver, er i figur 3.1.3 vist, hvilke materialer der kan indgå i henholdsvis forplade, isolering og bagplade. Det skal bemærkes, at der også findes beton i isoleringslaget i forbindelse med elementkanter, vinduesudsparinger m.v., se figur 3.1.5.

Forplade	Isolering	Bagplade
Beton	Mineraluld	Beton
Armering	Polystyren	Jernbeton
Tegl, fliser, stenmaterialer m.v.	Afstivning (tværforankring, strittere)	Porebeton
	Beton	Letklinkerbeton
	Plast	Armering
	Træ	Plast
		Træ

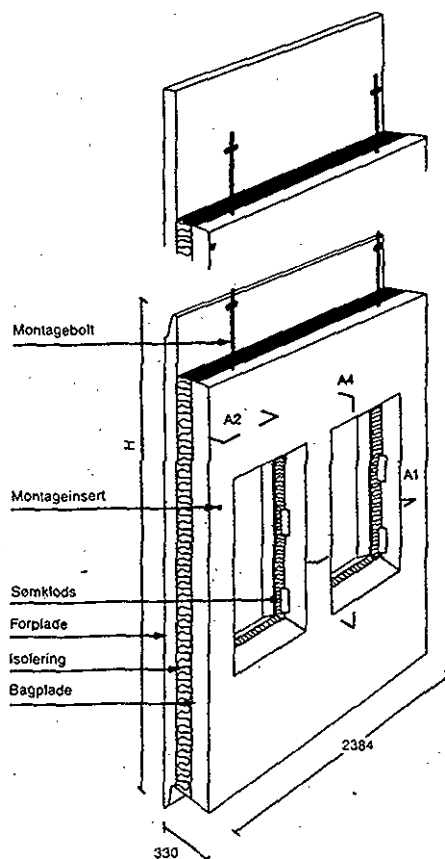
Figur 3.1.3 Materialer i henholdsvis forplade, isoleringslag og bagplade

Sandwichelementerne fremstilles i horisontale forme med forpladerne støbt opad eller nedad, afhængigt af den ønskede overflade type. Formene opbygges i træ, plast eller stålkomponenter.

Variationsmuligheder

Principielt er alle sandwichelementer ens opbygget, men der er en række variationsmuligheder både i valg af materialer og i udformning. Elementerne kan leveres med forskellige standardudsparinger, til isættelse af vinduer, døre m.v. Der er specielle hjørneelementer, og skal der lægges tag an til elementet, benyttes ekstra lange forplader.

Sandwichelementer produceres på bestilling til den enkelte byggeopgave, og det er derfor sjældent, at der produceres mere end et begrænset antal elementer af hver type.



Figur 3.1.4 Eksempel på sandwichelement, kontorfacade /1/.

Mål og dimensioner Mål og dimensioner på sandwichelementer følger Dansk Standard DS 1076 og DS 1075, dvs. højde af facade- og gavlelementer som et multiplum af 2 M (M = 100 mm) og bredde som et multiplum af 3 M.

Højden af elementerne kan variere mellem ca. 26 M og 108 M, og bredden mellem ca. 22 M og 58 M, afhængigt af byggeopgaven, /1/, /2/, /3/.

Den samlede elementtykkelse er ca. 250-390 mm, afhængig af materialevalg og krav til elementet.

Af hensyn til transport er elementernes maksimale længde 10 m og højde 3,6 m ved stående transport. Maksimalvægten af elementerne er 9-10 tons. Afhængig af materialevalg og elementstørrelse vejer elementerne normalt ca. 6-7 tons.

Anvendelsesområder

Sandwichelementer anvendes i de fleste typer byggerier:

- Boligbyggeri
 - . énfamiliehuse
 - . række-, kæde- og dobbelthuse
 - . flerfamiliehuse
 - . kollegier
- Erhvervsbyggeri
 - . kontorer
 - . fabrikker, værksteder o.lign.
 - . landbrugsejendomme

Ved montage af elementbyggeri samles facade- og gavlelementer med dakelementer, skillevægselementer, tagelementer m.v. På figur 3.1.5 er angivet eksempler på nogle af de mest almindeligt forekommende samlinger. Elementerne sammenlås normalt af bolte, forskellige låsejern og armering efterfulgt af en udstøbning med mørtel eller beton. I fugerne er desuden lagt forskellige former for tætningsmateriale, f.eks. mineraluld, fugemasse, neoprenstrimler og lignende.

Den anvendte montageteknik bevirker, at det i forbindelse med renovering eller nedrivning af elementbyggeri ofte ikke er muligt at løsskære og nedtage sandwichelementerne uden beskadigelse af elementkanterne, jf. figur 3.1.5.

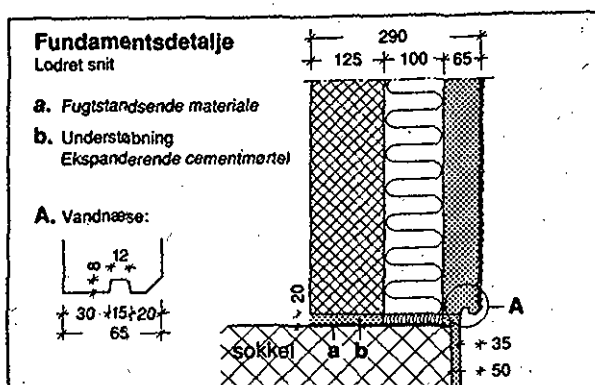
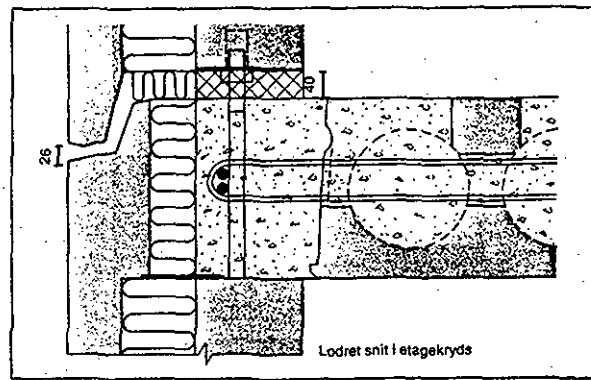
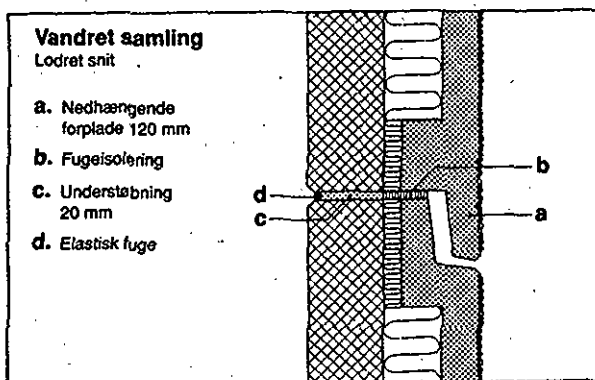
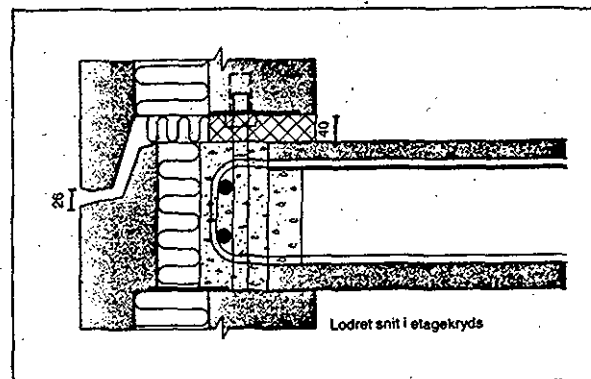
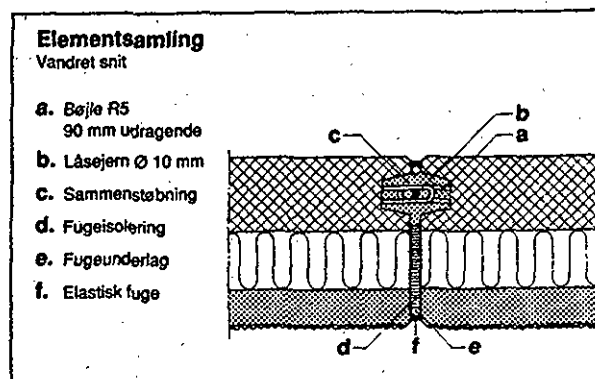
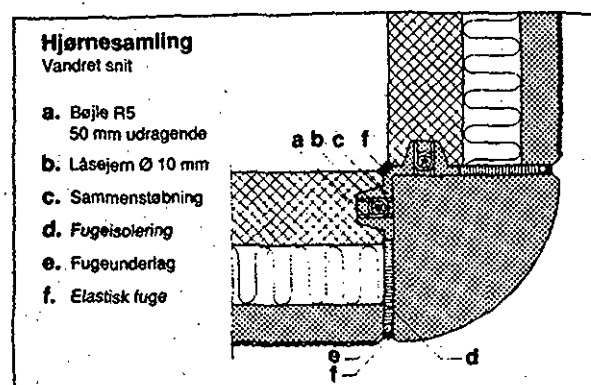
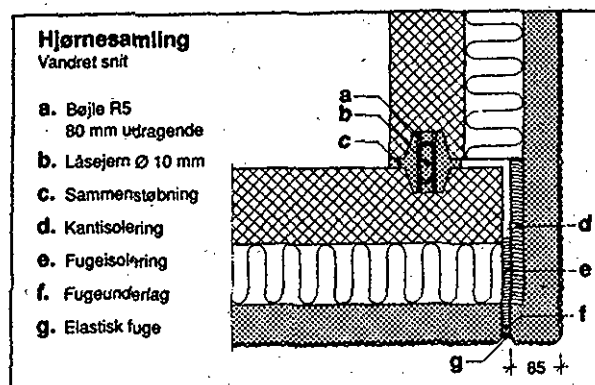
Nedrivnings- og renoveringsteknik

Bygninger bliver utidssvarende, f.eks. på grund af ændrede funktionskrav, ønsker om ud- eller ombygninger, eller fordi bygningen er nedslidt. Det kan blive nødvendigt at lave en hel eller delvis nedrivning af bygningen eller eventuelt en gennemgribende renovering.

I "Nedrivningshåndbogen" /6/ er givet en nærmere beskrivelse af metoder til nedrivning og renovering af bygninger og anlæg.

Hovedprincipperne ved nedrivning af byggeri går i retning af en mere selektiv nedrivning, d.v.s. en nedrivningsmetode, der sigter på størst mulig udtagning, sortering og genbrug af byggematerialer. Nedrivning af elementbyggeri udføres i princippet i omvendt rækkefølge af hvordan byggeriet blev monteret.

Først ryddes bygningen for døre, gulve, inventar, belægninger, installationer m.v., så kun råhuset står tilbage.



Figur 3.1.5 Eksempler på nogle af de mest almindelige typer samlinger /1/, /2/.

Råhuset adskilles herefter i de enkelte konstruktionselementer, som det oprindeligt blev sammensat af. Elementerne nedtages med kran og kan herefter køres bort eller eventuelt forarbejdes på stedet.

Løsskæring af elementer

Det væsentligste problem består i adskillelse af de enkelte konstruktionselementer, da de fleste elementsamlinger er udført ved at sammenlåse naboelementernes armeringsjern med dorne, hvorefter samlingerne er fyldt med cementmørtel eller beton. Elementfugerne kan opskæres med betonsave eller udhugges med betonhamre.

I dag er der kun udført et begrænset antal totalnedrivninger af elementbyggeri, mens der er udført en del delvise nedrivninger og renoveringer, f.eks. udskiftninger af facader, udbygninger, flytning af døre, vinduer, skillevægge, mindre betonreparationer m.v.

Mængder

Produktionen af sandwichelementer sker på et begrænset antal fabrikker (skønsmæssigt ca. 10). Ved kontakt til Betonelementforeningen samt til to af de store producenter har det ikke været muligt at få nærmere oplysninger om den eksisterende eller fremtidige produktion af sandwichelementer samt materialeforbrug. Derfor fremlægges i det følgende et overslag over mængderne.

Af "Varestatistik for industrien" /9/ fremgår, at det årlige salg af ydervægselementer og altanbrystninger af jernbeton, varierer fra 350-720.000 m² i perioden 1980-1988, se figur 3.1.6.

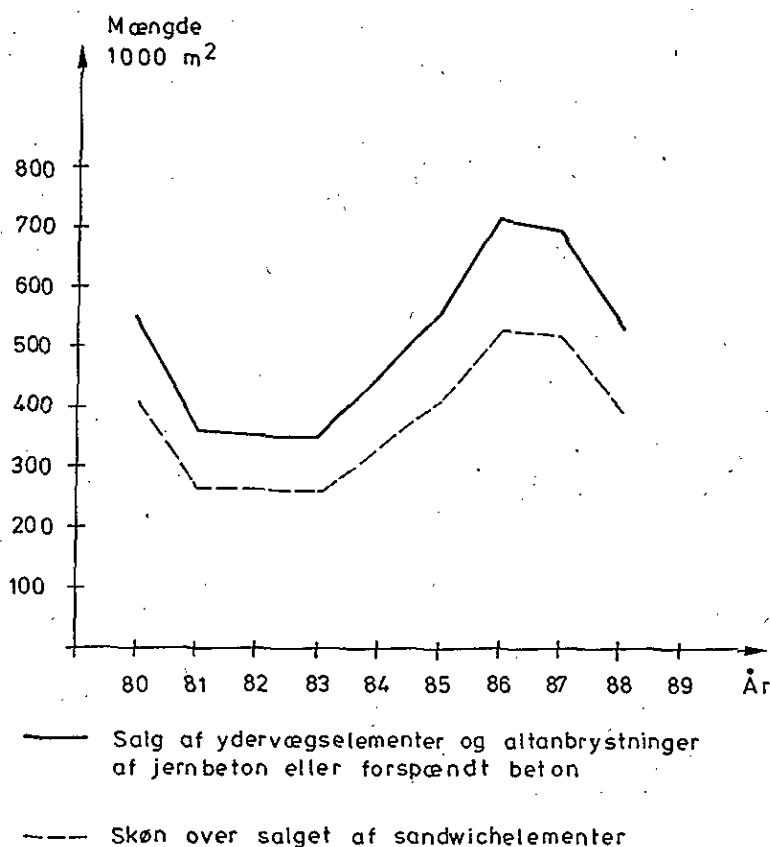
Kategorien ydervægselementer omfatter ikke blot sandwichelementer, men alle typer ydervægselementer samt som nævnt altanbrystninger. Det årlige salg af sandwichelementer er derfor mindre. Det skal endvidere bemærkes, at en del sandwichelementer går til eksport til bl.a. Sverige og Vesttyskland.

Årligt salg

Det har ikke været muligt at få oplyst, hvor stor en andel andre elementtyper samt eksport udgør af det samlede salg. Under antagelse af, at 15% af ydervægselementerne består af andre elementtyper, og 10% af salget går til eksport, skønnes det årlige forbrug i Danmark af sandwichelementer at variere fra 260-540.000 m² i perioden 1980-1988, se figur 3.1.6.

Forudsættes at hvert sandwichelement i gennemsnit har en samlet for- og bagpladetykkelse på

210 mm og et isoleringslag på 120 mm ville det svare til et årligt forbrug på ca. 130-270.000 ton.



Figur 3.1.6 Salg af ydervægselementer og altanbrystninger /9/ samt skøn over salg af sandwichelementer.

Den fremtidige produktion af sandwichelementer afhænger af en række faktorer, f.eks. udviklingen i bolig- og erhvervsbyggeri, krav til byggeriet, produktionsmetoder, økonomisk udvikling m.v.

Indtil i dag er kun et begrænset antal sandwichelementer havnet som bygge- og anlægsaffald i forbindelse med produktionsspild, nybyggeri, renovering og nedrivning. Mængderne er ikke opgjort.

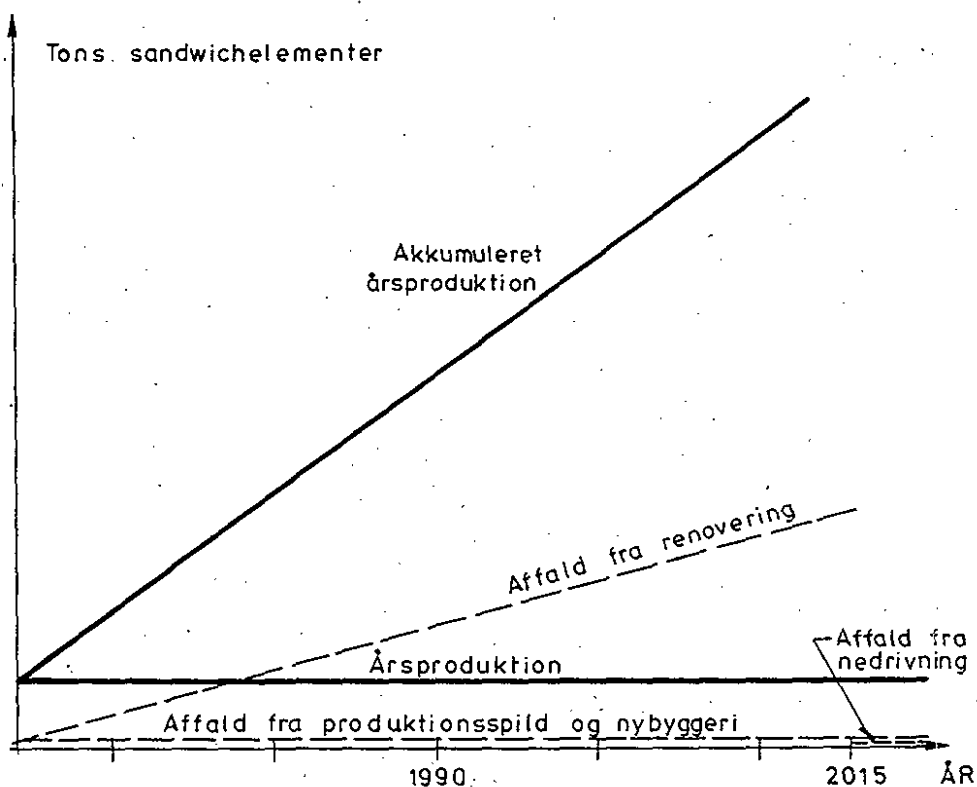
Ifølge PROBA /18/ er levetiden af boligbyggeri generelt ca. 120 år i København og ca. 127 år i den øvrige del af landet med en spredning på 20 år.

Levetiden for erhvervsbyggeri varierer meget efter den geografiske placering samt typen af byggeri. I København varierer levetiden fra 60-

110 år, og på landsplan i øvrigt fra 90-140 år med en spredning på 30 år.

I det følgende forudsættes en gennemsnitlig levetid for elementbyggeri på ca. 100 år. På figur 3.1.7 er forsøgt illustreret den principielle sammenhæng mellem produktion af sandwichelementer og affaldsmængden. Det forudsættes, at den gennemsnitlige årlige produktion af sandwichelementer er 190.000 tons i perioden fra 1965-2015.

Affaldsmængden fra produktionsspild pr. år skønnes til konstant 2% af årsproduktionen /18/, og affaldsmængden fra nybyggeri skønnes til 0,5% af årsproduktionen.



Figur 3.1.7 Principiel sammenhæng mellem produktion af sandwichelementer og affaldsmængder

Affaldsmængden fra renovering og nedrivning afhænger af elementbyggeriets - og dermed sandwichelementets - alder. Det forudsættes, at 0,5% af elementbyggeriet renoveres hvert år, og at der nedtages en tilsvarende andel af sandwichelementer. Det skønnes, at nedrivningen af sandwichelementer først påbegyndes ca. 50 år efter byggeriets opførelse; således nedrives 1 % af elementbyggeriet i år 2015.

Under de nævnte forudsætninger er affaldsmængdernes størrelse i år 1990 og 2015 vist i figur 3.1.8.

Affaldsmængden i 1990 vurderes til ca. 29.000 tons, og i år 2015 til ca. 148.000 tons, svarende til ca. 4.400 elementer i 1990 og 23.000 elementer i 2015.

Tons/år	1990	2015
Produktionsspild	4.000	4.000
Nybyggeri	1.000	1.000
Renovering	24.000	48.000
Nedrivning	0	95.000
I alt	29.000	148.000

Figur 3.1.8 Skøn over affaldsmængden fra sandwichelementer i år 1990 og 2015.

3.1.3

Problemkatalog

Muligheden for at fremme genanvendelse af sandwichelementer samt minimere generne ved deponering afhænger bl.a. af

- Materialesammensætning
- Konstruktionsprincip
- Produktionsmetode
- Metode til montage af elementer
- Renovering- og nedrivningsteknik
 - Demontageteknik
 - Materialesortering
- Afsætningsmuligheder

Sandwichelementer kan principielt genanvendes med udgangspunkt i følgende to metoder:

1. Genbrug af hele elementer
2. Materialeseparation og -genanvendelse

Genbrug af hele sandwichelementer foregår i dag i begrænset omfang, f.eks. i forbindelse med bygning af fabrikshaller og landbrugsbygninger samt ved udvidelser af eksisterende bygninger /6/.

Ved henvendelse til en elementfabrik blev det oplyst, at fabrikken forærer sin spildproduktion væk til landmænd, som bruger elementerne dels til landbrugsbygninger og dels til underlag for møddingspladser m.v. /14/.

Betonelementleverandører eller andre vil i dag ikke umiddelbart tage et produktansvar ved genbrug af sandwichelementer. Derfor påhviler ansvaret alene køber. Så længe det ikke er muligt at forsikre et byggeri opført med genbrugte elementer, vil brugen af disse være yderst begrænset.

Lavere funktionskrav

En forudsætning for genbrug af hele sandwich-elementer er, at elementet kan opfylde veldefinerede funktionskrav, eventuelt svarende til de aktuelle krav til et nyt element.

Dette vil sjældent være tilfældet. Afhængigt af produktionstidspunktet kan der være sket en udvikling i byggesystemer, valg af materialer og lignende. Tilsvarende er elementets styrke og kvalitet reduceret som følge af ælde og påvirkninger i forbindelse med nedrivning.

Dette bevirker, at de funktionskrav, der kan stilles til genbrugselementer, må være lavere end dem, der stilles til ny producerede elementer.

Få ens elementer

I dag produceres kun et begrænset antal elementer af samme slags. Mulighederne for at benytte elementer fra flere forskellige byggerier i ét nyt byggeri er derfor begrænsede. Enten skal forpladen udskiftes, eller der skal sættes en ny forplade på den gamle. Det kan koste op til 10-20 gange så meget at lave en ny forplade som at købe et nyt element /6/.

Genbrug af sandwichelementer fra eksisterende byggeri forventes derfor kun aktuelt i tilfælde, hvor elementer fra et stort byggeri kan genbruges i et mindre, eller i forbindelse med udvidelser og ombygning af et byggeri, hvor f.eks. gavlelementer genbruges, efter at bygningens længde er øget.

Videre udvikling nedrivningsteknik

Teknik til at løsskære og nedtage elementer er kendt. Betingelsen for, at elementerne kan genbruges hele er dog, at de ikke beskadiges hverken under løsskæring, nedtagning eller transport, samt at det er muligt at løfte og transportere dem efter forskrifterne for behandling af nye elementer. Dette stiller krav med hensyn til videreudvikling af nedrivningsteknikken samt ændring af nuværende montageteknik.

Nyt funktionskrav

De nævnte problemstillinger afføder et behov for, at der ved design og produktion af sandwichelementer opstilles et nyt funktionskrav til elementerne: De skal være forberedt for genbrug i et nyt byggeri. Funktionskravet kan betyde nye krav til f.eks. samlingsteknik, yderligere standardisering af forplader, materialevalg osv.

Kontrolsystem

Et kontrolsystem til måling af elementernes egenskaber efter nedtagning vil være nødvendigt, således at der på denne basis kan laves en klassificering af, til hvilket formål elementet kan genbruges.

Element-registrering

Der vil tilsvarende være behov for en registrering af, hvor elementet kan afhentes samt opbygning af et antal midlertidige lagre, hvor elementerne kan opbevares, indtil der er afsætningsmuligheder for dem.

Konkurrence

Selv om problemet med produktansvar for genbrugs-sandwichelementer løses, vil det være afgørende, om genbrugselementerne kan gøres konkurrencedygtige i forhold til de nye elementer. Afhængigt af resultatet af nødvendige økonomiske beregninger kan det blive aktuelt at understøtte udviklingen i form af lovkrav, subsidier m.v.

Alternativet til genanvendelse af hele sandwichelementer er adskillelse og genanvendelse af enkeltmaterialer.

Selektiv adskillelse af elementerne har ikke været praktiseret, men knusning af sandwichelementer har fundet sted i begrænset omfang. Af erfaringerne fra knusning fremgår, at selve knuseprocessen ikke giver problemer, men at isoleringen blæser væk og giver anledning til støvproblemer ligesom der sker en forurening af betonen med mineraluld /15/. Kvaliteten af det knuste materiale lavet på basis af sandwichelementer er dog ikke nærmere belyst.

Ideer til materialeseparering

På baggrund af samtaler med materiale- og konstruktionsfolk samt elementproducenter /10/, /11/, /12/, /15/ kan følgende idéer til metoder for materialeseparering skitseres:

1. Adskillelse af sandwichelementer i 3 skiver, hvilket praktiseres i dag i forbindelse med renovering af enkeltelementer, hvor elementet fortsat sidder i byggeriet. Forpladen fjernes ved løsskæring, hvorefter det er muligt at efterisolere, lukke udsparinger og støbe en ny forplade. Ved denne metode kan sortering af beton for sig og isolering for sig umiddelbart foregå.
2. Ved større nedrivningsopgaver er det en mulighed at løsskære og nedtage hovedparten af elementerne hele og transportere dem til et centralt, stationært eller mobilt anlæg. På anlægget saves elementet i tre skiver, f.eks. ved brug af diamantsav. Elementet deles i over- og undersiden af isolerings-

laget, således at forplade/bagplade fjernes først, og herefter isoleringen. Afhængigt af krav til betonkvalitet vil bagplade og forplade eventuelt kunne genanvendes separat.

3. En tredje metode kræver en kraftig "støvsuger" til udsugning af isoleringen fra elementet efter løsskæring og nedtagning. Inden udsugningen vil det være nødvendigt at dele elementet i mindre stykker, således at det er lettere at komme ind til isoleringen. Resten af elementet vil herefter være klar til knusning.
4. Separation af isoleringen efter knusning af hele sandwichelementer kunne også være en mulighed. Dette ville dog kræve én eller anden form for indkapsling af knuseanlægget, så støvgener undgås. Mineralulden kan efter knusning fjernes med en kraftig støvsuger, f.eks. efter samme princip som benyttes ved bilfragmentering, men en del finere betonstøv vil følge med.

Hindringer

Ovenstående forslag til metoder er absolut ikke problemfri:

- Opbygningen af sandwichelementet samt materialesammensætningen kan gøre, at det er svært at få adskilt materialerne, f.eks. på grund af følgende forhold:
 - . Sammenblanding af mineraluld og polystyren i isoleringsskiven.
 - . Brug af beton i kanterne på isoleringsskiven.
 - . I ældre elementer ligger isoleringen i felter og er ikke gennemgående i hele elementet.
 - . Fjernelse af indstøbt plastic og træ i beton.
 - . Svært at separere af armering fra øvrige materialer.
 - . Brug af tværforankring og strittere kan gøre det vanskeligt at adskille elementet i 3 skiver.
- Sandwichelementer er store, hvorfor de skal skæres i mindre stykker inden en materialeseparering eller adskilles hele.
- Materialesepareringsmetoden kan stille krav til nedrivningsproceduren. Skal elementerne

f.eks. nedtages hele eller må de være gået i stykker?

- Hvor skal materialeseparering foregå - på byggeplads eller centralt?
- Afsætningsmulighederne for de adskilte materialer vil afhænge af sorteringskvaliteten, samt om materialerne kan gøres konkurrencedygtige.
- Uanset hvor god en materialeseparering der foretages, vil der formentlig fortsat være restaffald til deponering eller eventuelt forbrænding.

Uanset valg af metode til genanvendelse af sandwichelementer skal der etableres en landsdækkende organisation eller en institution, som kan stå for modtagelse af sandwichelementerne fra nedrivnings- og renoveringsarbejder m.v.

Indsamling, oparbejdning og afsætning

Organisationen skal varetage indsamling, oparbejdning samt afsætning af sandwichelementer til genbrug, f.eks. efter tilsvarende mønstre som anvendes ved indsamling, oparbejdning og afsætning af metal, papir og glas til genanvendelse.

Et udgangspunkt kunne være at betonelementproducenterne tilbød at tage brugte sandwichelementer retur. En anden mulighed er, at genbrug af sandwichelementerne kombineres med en organisation omkring knusning og genanvendelse af bygge- og anlægsaffald i øvrigt.

Incitamentet til opbygning af en organisation må være, at det er økonomisk rentabelt at foretage indsamlinger m.v. Dette kan betyde et behov for udarbejdelse af normer, standarder, anvisninger, lovindgreb m.v. for hvordan nedrivning og renoveringsprojekter skal foregå.

Ydre miljø

Problemer ved deponering

Selv om genanvendelse af sandwichelementer sættes i system, vil der fortsat være en rest til deponering. Deponering af beton, tegl og armeringsrester forventes ikke umiddelbart at give miljømæssige problemer.

Derimod kan sandwichelementets indhold af mineraluld, polystyren og plast ved deponering være problematisk.

Mineraluld kan give anledning til støvgener, hvis ikke det dækkes til, og måske er der en risiko for udvaskning af phenoler. Således

bevirker sandwichelementernes indhold af mineraluld, at elementerne ikke kan deponeres på fyldpladser, men skal deponeres på kontrollerede lossepladser.

Bortskaffelse af polystyren og ikke-trykimprægneret træ sker normalt ved forbrænding, men PVC-plast anvises til deponering.

Den nuværende materialesammenblanding i sandwichelementerne gør det således problematisk at anvise den miljømæssige mest forsvarlige bortskaffelsesmetode. Ved fremtidig sandwichelementproduktion bør dette indgå i overvejelser om materialevalg.

Arbejdsmiljø

Støv, støj og vibrationer

Ved nedrivning, renovering og genanvendelse af sandwichelementer er det især problemer omkring støv, støj og vibrationer, der skal tages hensyn til.

Hugning, savning, boring og lignende i beton støver kraftigt. Støvet indeholder kvarts og kan på længere sigt give silikose. For at overholde Arbejdstilsynets regler med hensyn til luftens indhold af betonstøv, kan det derfor være nødvendigt med udsugning, brug af ånde-drætsværn og eventuelt brug af støvsuger.

Betonhugning giver støj- og vibrationsgener. Foranstaltninger som høreværn og lignende kan derfor være nødvendigt ifølge Arbejdstilsynets regler.

Ved adskillelse af sandwichelementer bliver mineralulden blotlagt og skal herefter fjernes manuelt ved brug af støvsuger eller lignende. Dette kan give anledning til støvproblemer.

Ved arbejde med mineraluld skal Arbejdstilsynets regler om grænseværdier for luftens indhold af mineraluldsfibre og brug af værnemidler overholdes, idet fibre er mistænkt for at være kræftfremkaldende ved indånding og i øvrigt irriterer hud og øjne (Se afsnit 3.2).

3.1.4

Referencer

- /1/ Produktkatalog. Højgaard & Schultz, 1989.
- /2/ Produktkatalog. A/S Fibo, 1990.

- /3/ Produktkatalog - "Systemer og komponenter", RK Betonelementer A/S, 1990.
- /4/ "Facadeelementer", forelæsningsnotat nr. 55, Institut for Husbygning, Johs. F. Munch-Petersen, 3. rev. udg. 1979.
- /5/ "Montagebyggeri", Henrik Nissen, Polyteknisk Forlag, 1984.
- /6/ Nedrivning af bygninger og anlægskonstruktioner. Teknik - Miljø - Genanvendelse. Anvisning 171 Statens Byggeforskningsinstitut 1991.
- /7/ "Håndtering af bygge- og anlægsaffald i Fyns Amt", Rambøll & Hannemann, januar 1988.
- /8/ "Study of building waste handling, recycling and utilization, Kuwait", Industrial Investment Co., Dangroup, Rambøll & Hannemann A/S, DEMEX, december 1989.
- /9/ "Varestatistik for industri". Serie B, Mineralske og kemiske produkter, træ og papir samt vare deraf, Danmarks Statistik, årgang 1980-89.
- /10/ Interview, Jens Holm, G.M. Idorn Consult A/S d. 2/3 1990.
- /11/ Besøg, Højgaard & Schultz, Per Fogh Jensen d. 12/3 1990.
- /12/ Besøg, RK betonelementer A/S, produktchef Klaus Thorsen d. 13/3 1990.
- /13/ Telefonsamtale, Brink Laursen, Betonelementforeningen, d. 28/2 1990.
- /14/ Telefonsamtale, Anders Sørup, Midtjysk Betonvare- & Element-fabrik d. 7/3 1990.
- /15/ Telefonsamtale, Tage Hansen, Hørning Maskinfabrik d. 19/3 1990.
- /16/ COWIconsult for Miljøstyrelsen, CFC-forbrugsmønster i Danmark, Miljøprojekt nr. 92, 1988.
- /17/ Dansk Betonforenings anvisning for genanvendelsesmaterialer i beton i passiv miljøklasse, publikation nr. 34, 1989.

/18/

Prognose for bygge- og anlægsaffald.
Hovedrapport. PROBA-undersøgelsen med
kortlægning og prognose 1990 - 2015.
DEMEX A/S, Axel Nielsen A/S, B. Høj-
lund Rasmussen A/S, COWiconsult A/S,
Miljøsamarbejdet i Århus for Miljøsty-
relsen, Miljøprojekt nr. 150.

3.2 Mineraluld

3.2.1

Indledning

Mineraluld indgik i projektets fase A, hvor der blev lavet en kort sammenfatning af hidtidige danske undersøgelser af arbejdsmiljø og ydre miljøforhold.

Endvidere blev der gennemført en supplerende undersøgelse, hvor forbrugt og akkumuleret mængde mineraluld i Danmark blev anslået og en sammenfatning af de nyeste kendte udenlandske og danske undersøgelser, som omhandlede miljømæssige forhold vedr. mineraluld, blev udarbejdet.

I dette afsnit gennemgås resultaterne af disse forundersøgelser samt mere omfattende videnindsamling opdelt i en materialestrømsanalyse og i et problemkatalog. I materialestrømsanalysen beskrives produkttyper, -egenskaber og -anvendelsesområder. Endvidere foretages en mængdeopgørelse med udgangspunkt i de danske produktionsforhold.

I problemkataloget beskrives de konkrete arbejdsmiljøproblemer ved demontering af mineraluldsprodukter, som er konstateret under danske forhold og der redegøres for en litteratursøgning vedr. nedsivningsforhold. Emnet genanvendelse bliver behandlet, og der redegøres ligeledes for litteratursøgning på dette område.

3.2.2

Materialestrømsanalyse

Produkttyper

Der findes en række forskellige produkter, som er baseret på mineraluld. De eneste producenter af mineraluld i Danmark er Rockwool og Glasuld.

De forskellige produkter fremkommer først og fremmest enten som stenuld eller glasuld og er primært fremstillet på basis af forskellige uorganiske mineraler. Som bindemiddel anvendes primært phenol-formaldehyd (glasuld 5-20%, stenuld 1-5%).

Stenuld fremstilles på basis af stenmaterialer, hovedsagelig diabas, som blandes med koks og kalk og smeltes i ovne ved ca. 1500°C. Den flydende stenmasse slynges via et hurtigt-roterende spindehjul ud i fibre med en gennemsnitlig diameter på ca. 0,005 mm (fibrering). Fibrene tilsættes et fint forstøvet bindemiddel og bliver derefter imprægneret med en hydrofob

(vandafvisende) film, før stenulden hærdes i specielle hærdeovne.

Stenfibrene, som indgår i stenuld, består af følgende hovedbestanddele:

- siliciumdioxid (SiO₂)
- calciumoxyd (CaO)
- aluminiumoxyd (Al₂O₃)
- magnesiumoxyd (MgO)
- ferrooxyd (FeO)

Der indgår også en række andre mineraler, men i et meget mindre omfang end de ovenfornævnte.

Glasuld fremstilles ved, at sand, kalk, soda, dolomit m.m. blandes sammen og smeltes i ovne. Glasmassen tages ud af ovnen gennem slyngemaskiner, der ved hjælp af meget hurtigt roterende hjul med fine huller frembringer lange tynde glasfibre. Fibrene sammenbindes i berøringspunkter ved påsprøjtning af en phenolharpiksopløsning. Til slut hærdes glasulden i hærdeovne og imprægneres med sandafvisende olie. Her sammenpresses materialet til den ønskede tykkelse og densitet.

Produktgenskaber og anvendelsesområder

Sten- og glasuldsprodukter har egenskaber, som gør, at de i hovedsagen anvendes til følgende områder:

- varmeisolering
- brandisolering
- fugt- og vandafvisning
- lydregulering og støjisolering

Den varmeisolerende evne af begge typer mineraluld fremkommer som et resultat af den stillestående luft, som indesluttet i materialet.

Afgørende for isoleringsevnen er fiberstrukturen i materialet, og isoleringsevnen opgives som en lambda-værdi (varmeledningsevne). Lambda-værdien angiver hvor stor varmemængde, der i løbet af 1 time ledes igennem et materiale på 1 m² med en tykkelse på 1 m, når temperaturforskellen mellem de to flader er 1°C.

Jo lavere denne værdi er, desto bedre isolerer det aktuelle materiale. Mineraluldsprodukterne leveres med densiteter fra 10-300 kg/m³. Varmeledningsevnen er mindst ved densiteter på 20-150 kg/m³, og denne type kaldes normalt for mineraluld type A. Stenuld med densiteter over 150 kg/m³, glasuld med densitet under 18 kg/m³ samt produkter med fiberretningen vinkelret på

isoleringens plan betegnes som regel mineraluld type B.

Typiske lambda-værdier for hhv. sten- og glasuld ligger i området 0.036-0.050 (type A) og 0.042-0.045 (type B) W/m °C.

Når det gælder brandisolering, er det først og fremmest mineraluldens evne til at modstå brand, som er afgørende. For de forskellige typer mineraluld, sten- og glasuld, er det smeltepunktet for hhv. sten- og glasfibrene, som er bestemmende for, hvornår isolationen ikke længere spærrer for flamme - eller varme-gennemtrængning.

Ved temperaturer omkring 200-250°C bevarer begge produkttyper de grundlæggende egenskaber, men ved yderligere temperaturforøgelser nedbrydes bindemidlet, og materialet holdes udelukkende sammen af fiberstrukturen. Mineraluld, baseret på stenuld, er temperaturbestandigt til ca. 1.000°C, mens isolationsmaterialet på glasbasis smelter ved ca. 440-600°C.

Når et isoleringsmateriale bliver udsat for fugt, nedsættes isoleringsevnen betragteligt. Både sten- og glasuld er under fremstillingen behandlet med en imprægnering, som gør det næsten hydrofobt.

Et materiales evne til at modstå fugtpåvirkning udtrykkes ved dampdiffusionsmodstanden og opgives som en z-værdi, som ligger i området 5-10.

Mineraluld kan igennem dets porøse struktur absorbere og dermed dæmpe lyd og støj ved friktion mellem de svingende luftmolekyler og fiberoverfladerne.

Mineraluldens lydabsorberende evne, karakteriseres ved strømningsmodstanden, som er afhængig af fibrenes overflade, diameter, orientering og tæthed. Jo større strømningsmodstanden er, desto bedre isolerer materialet.

Endvidere er lydabsorptionen afhængig af mineraluldens tykkelse, og jo tykkere en given mineraluld er, desto bedre er absorptionsevnen.

Mineraluld kan leveres som filt i ruller eller formstykker. Desuden kan det leveres indsyet i papir som måtter. Der kan leveres forskellige måttetyper med vindtæt papir, diffusionstæt papir eller plast til anvendelse til forskellige formål, hvor papiret eller plasten modvirker mineraluldens diffusionsåbne og luftåbne struktur.

Målene på mineraluldsprodukterne er som regel tilpasset sædvanlige konstruktionsmål. Til særlige formål kan der produceres specialtyper, f.eks. måtter forsynet med galvaniseret trådnæt, halvhårde og hårde plader til termisk isolering, akustisk isolering og som trykligningslag i flade tagkonstruktioner. Derudover leveres der særlige formstykker og rullebredder til rørisolering m.m. Rockwool producerer eksempelvis mere end 100 forskellige produkttyper.

Af rene mineraluldsprodukter, d.v.s. produkttyper, hvor mineralulden ikke er sammenblandet med andre materialer kan nævnes:

- Plade- og facadebatts (elementer til ind- og udvendig isolering af vægge), fjernvarmemåtter (rørisolering), hulrumsfyld (fingranuleret mineraluld) og rullebatts.

Af mineraluldsprodukter, der er sammensat med andre materialer (letgenanvendelige materialer eller materialer, der er uproblematisk i relation til bortskaffelse) kan nævnes:

- Lamelmåtter (mineraluldslameller, limet på svært crepepapir), lameltagplader (stive mineraluldslameller påklæbet en 20 mm trykfordelende mineraluldsplade), rørskeive (rør fremstillet af mineraluld udvendigt beklædt med papir eller alubelagt papir), trådvævmåtter.

Af mineraluldsprodukter der er sammenblandet på en sådan måde, at genanvendelse og bortskaffelse er besværliggjort kan nævnes:

- Lamelgulvplader (mineraluldslameller, der med varm asfalt er påklæbet en 3 mm trykfordelende træfiberplade), tagplader (mineraluld belagt med underpap).

Mængder

I de indledende undersøgelser udarbejdet under fase A blev det antaget, at der pr. 1. januar 1988 var akkumuleret ca. 3.670.000 t mineraluld i Danmark, og at der til og med 1987 var forbrugt ca. 3.745.000 t. En del af beregningsgrundlaget var, at den totale mængde forbrugt mineraluld i Danmark blev anslået til ca. 257.000 t i 1987.

For at støtte disse beregninger er der videre foretaget en mængdeopgørelse for perioden 1. januar til 31. oktober 1987 med udgangspunkt i kendskabet til danske mineraluldsproducenters produktionsforhold.

Forudsætninger

Som forudsætninger for produktionsåret 1987 antages følgende:

- Iflg. div. miljøgodkendelser har en produktionslinie på Rockwool A/S en typisk kapacitet på 7 tons råuld pr. time.
- Det antages, at der er en spildproduktion på ca. 5% i forbindelse med produktion af råulden og i forarbejdningen af den færdige uld (kantskår, fejlbatte, etc.). Det antages derfor, at der er en produktion på ca. 6,7 tons færdig uld pr. time.
- Rockwool A/S har 13 produktionslinier. Det antages her, at der er mindst 5 produktionslinier i funktion døgnet rundt (der arbejdes i tre-holdsskift).
- Det årlige antal arbejdsdage er sat til 240 arbejdsdage.
- Det antages, at Rockwool's danske markedsandel er ca. 80%.

På grundlag heraf kan der opstilles følgende beregning:

Beregning

Rockwool's antagede produktion 1987:

6,7 tons færdig uld/linie/h x 5 linier x 24 h/dag x 240 arbejdsdage $\approx$ 193.000 tons/år.

Antaget total dansk produktion i 1987:

$$\frac{193.000 \text{ tons/år}}{0,80} \approx 241.000 \text{ tons/år}$$

Da denne beregning angiver nogenlunde det samme produktionsniveau, som tidligere fundet synes det sandsynligt, at såvel beregningsgrundlag som resultater er realistiske.

Kommentarer til beregninger

Rockwool International har i brev anført, at oplysningerne i beregningerne er ukorrekte. I samme brev tilkendegiver Rockwool International, at man på et senere tidspunkt vil bidrage med oplysninger til projektet. Disse oplysninger er ikke modtaget.

3.2.3

Problemkatalog

Arbejdsmiljø

Demontering af mineraluld

Fjernelse af gammelt mineraluld sker bl.a. i forbindelse med bygningsnedrivning, renovering af ældre bygninger og ved efterisolering eller udskiftning af ældre installationer. Demontearbejdet udføres afhængigt af arbejdets

art af snedkere/tømrere, isolatører, rør- og blikkenslagere, ufaglærte m.v.

Støvkarakterisering

I sammenligning med de moderne mineraluldsprodukter, der bl.a. er tilsat støvbindende olie og bindemiddel, medfører håndtering af gammel mineraluld flere luftbårne fibre, mens fordelingen med hensyn til fiberdiameter og længde på det nærmeste er uforandret. En måling foretaget af Arbejds miljøinstituttet ved nedtagning af loftisolering udlagt i 1951 samt ved opsætning af ny, viste således en andel af respirable fibre på 90% og en fiberkoncentration på 8 f/cm^3 (8-timers tidsvægtet gennemsnit) ved arbejde med det gamle mineraluld mod en andel på 84% og $0,5 \text{ f/cm}^3$ ved arbejde med det nye, /1/.

Hvor støvende den gamle mineraluld er, afhænger ikke bare af, om denne er produceret med eller uden olie eller bindemiddel. Også fysiske påvirkninger spiller ind. F.eks. vil mineraluld, der har været udsat for høj temperatur, som regel være meget sprød, bl.a. fordi både olie og bindemiddel er "fordampet".

Totalstøv

Udover støvet fra mineralulden vil der under demonteringsarbejdet også let hvirvles andet støv op. Dette kan bl.a. være pollen, diatomer, insektdele, cellulosefibre, olie-koks, træstøv, gips, kalk, kvarts og asbest. Ved den tidligere omtalte AMI-måling ved nedtagning af loftisolering fandtes en totalstøvkonzentration på 33 mg/m^3 (8-timers tidsvægtet gennemsnit), /1/.

Kvarts

Hvor store mængder respirabelt kvartsholdigt støv, der indgår i bygningstøvet, afhænger bl.a. af isoleringsarbejdets art. Ved målinger foretaget af AMI ved forskellige former for isoleringsarbejde fandtes et indhold af krystallinsk kvarts i den respirable del af totalstøvet på 1-6%, /1/. Krystallinsk kvarts (α -kvarts) står ligesom asbest på Arbejdstilsynets liste over stoffer, som anses for at være kræftfremkaldende.

Foranstaltninger

Nedrivning af gammelt isoleringsmateriale regnes som særligt støvende arbejde og kræver derfor særlige foranstaltninger (kapitel 5 i mineraluldsbekendtgørelsen), /2/.

Det drejer sig bl.a. om (/2/, /3/, /4/ og /5/):

- Mekanisk ventilation etableret, så støvet fjernes på udviklingsstedet.
- Anvendelse af særligt støvafvisende arbejdstøj, hovedbeklædning og egnet ånde-
drætsværn (P2 filtermaske eller turbofil-

terhætte). Desuden om nødvendigt egnede handsker og øjenværn.

- Adgang til brusebad samt adskilt garderobe (arbejdstøj/gangtøj).
- Andre beskæftigede må ikke opholde sig i nærheden af demonteringsområdet. Hvis dette ikke er muligt, skal der opsættes støvvægge (plastfolie) eller anvendes egnede personlige værnemidler.

Rengøring

Arbejdsområdet skal holdes rent bl.a. ved støvsugning eller vandforstøvning.

Spild og affald skal løbende lægges i affaldsbeholder f.eks. tætte plastposer.

Samlet vurdering

Arbejdsmiljøet ved demontering af mineraluld må betragtes som meget belastende. Ud over eksponering for store støvkoncentrationer, sker arbejdet ofte i belastende arbejdsstillinger (højt oppe ved loftet, helt nede ved gulvet, krybekældre, skunke, skakte m.v.) samt i træk, fugt, stærk kulde eller stærk varme.

Ydre miljø

Under dette punkt var det ønskværdigt, at beskrive resultater fra udvaskningsforsøg og lignende, for at give en miljømæssig perspektivering af deponering af mineraluld.

Der er dog endnu ikke foretaget udvaskningsforsøg i Danmark, men resultater fra en række laboratorieforsøg forventes at foreligge ved udgangen af 1990.

For at søge efter udenlandske erfaringer er der i forbindelse med udarbejdelsen af dette afsnit foretaget litteratursøgninger i databaserne "Toxall" og "Pollution, Environline, Biosis". Der fandtes ikke relevant litteratur vedr. udvaskning/nedsivning fra mineraluld i disse baser.

Rockwool International har i forbindelse med deponering af fejlprodukter m.v. gennemført kontrolmålinger på et specialdepot, men resultaterne er ikke tilgængelige.

Genanvendelse

Rockwool har i adskillige år genanvendt mineraluldsproduktionsspild. En del af produktionsspildet bliver recirkuleret til nye produkter, mens andet bliver granuleret til hulrumsisolering.

Rockwool Int. er blevet spurgt, om mineraluld, der opstår som affald fra byggeaktiviteter, kan

genanvendes. Rockwool Int. har i et foreløbigt svar /6/ givet udtryk for, at man p.t. ikke var interesseret i at genanvende sådant mineraluld af frygt for kvalitetsforringelse af den nye færdigvare. Rockwool International giver i brev af 23/4-1990 tilsagn om senere at bidrage med relevante oplysninger. Disse oplysninger er ikke modtaget ved rapporteringen af denne undersøgelse.

Der skal her sættes spørgsmåltegn ved, om mineraluld fra byggeaffald i granuleret form vil være mindre egnet end nyt mineraluld til hulrumsisolering.

Der er udført en litteratursøgning i databasen "Compendex", og der blev ikke fundet relevant litteratur vedr. mineraluld og genanvendelse.

Mineraluldssammenblanding med andre produkter giver problemer med såvel genanvendelse af mineralulden og de andre produkter; se afsnit 3.2.2.

Mineraluld kan også vanskeliggøre genanvendelse af ellers genanvendelige materialer, som f.eks. tegl- og betonbrokker. I forbindelse med udførelse af nedrivningen af Københavns Salatfabrik og anlæggelse af parkeringsplads af nedknuste materialer, som er rapporteret i "Nedrivning af bygningskonstruktioner og genanvendelse af nedrivningsprodukter", /8/, blev der gjort storskalaerfaringer med knusning af sammenblandet byggeaffald. Preben Andersen, Farum Sten- & Gruskompagni har oplyst (/7/), at knuseanlæg til knusning af byggeaffald generelt ikke kan fungere, hvis andre materialer end brokkerne udgør mere end 8-10% af den samlede volumen.

Iblanding af mineraluld i knuste brokker vil ligeledes forringe kvaliteten af genanvendelige materialer, således at anvendelsesmulighederne indskrænkes eller forringes. Hermed reduceres afsætningsmulighederne for knuste brokker væsentligt.

Endvidere skal man være opmærksom på de anvendelsesmuligheder, som lovgivningen giver i kraft af cirkulæreskrivelse af 27/3-1990 fra Miljøstyrelsen. Her fremgår det, at knuste beton- og teglbrokker kun kan anvendes til bygge- og anlægsformål, hvis der praktisk taget ikke er iblandet andre materialer, som f.eks. mineraluld. Denne cirkulæreskrivelse forventes i øvrigt erstattet af regler fastsat efter Miljøbeskyttelseslovens § 11 og bekendtgørelse nr. 736 af 26. oktober 1989 om anvendelse af slam, spildevand og kompost m.v. til jordbrugsformål.

- /1/ Schneider, Th. Mineraluld, Støvforekomst ved anvendelsen. Arbejdstilsynet, Arbejdsmiljøinstituttet, rapport nr. 1/1979.
- /2/ Arbejdstilsynet. Bekendtgørelse om arbejde med montering og nedrivning af isoleringsmaterialer indeholdende syntetiske mineralfibre. Nr. 344 af 9. juni 1988.
- /3/ Arbejdstilsynet. Vejledning om isoleringsarbejde med mineraluld. AT-meddelelse nr. 4.04.10.
- /4/ Telefonsamtale med byggekonsulent Benny Christensen, Arbejdstilsynets kreds København, den 5. april 1990.
- /5/ BSR-2. Isolering med mineraluld, Branchevejledning, Arbejdsmiljøfondet, 1987.
- /6/ Telefonsamtale med T. Ørnberg, Rockwool International, den 3. april 1990.
- /7/ Samtale med Preben Andersen, Farum Sten & Grus, 6/11-1989.
- /8/ Miljøstyrelsen og Teknologistyrelsen: "Nedrivning af bygningskonstruktioner og genanvendelse af nedrivningsprodukter" udført af COWiconsult og Demex, okt. 1988.

3.3 Specielle betonprodukter

I denne del af undersøgelsen behandles følgende emner nævnt i alfabetisk orden:

- Fiberbeton
- Letbeton
- Svovlbeton

De er medtaget som eksempler på hhv. nye og sammensatte materialer. Både fiberbeton og letbeton er nævnt i projekbeskrivelsen, medens svovlbeton er tilføjet under projekforløbet.

Projektbeskrivelsen opstiller en række problemer, som er søgt afklaret for hvert af de tre materialer. Desuden foretages en materialestrømsanalyse for hvert materiale. Endelig opstilles forslag og anbefalinger til eventuelt videre arbejde.

3.3.1

Fiberbeton

Fiberbeton er et relativt nyt materiale. Det har hidtil haft vanskeligt ved at slå igennem. Der er dog forventninger om en større udbredelse.

Fibrene gør det ellers sprøde materiale sejt. Fiberindholdet afpasses efter anvendelsesformål og inddeles i tre koncentrationsområder:

- < 0,5 vol.%, lav (fx gulvbelægninger)
- 0,5-2,0 vol.%, normal (fx påstøbninger)
- > 2,0 vol.%, høj (fx plader)

De mest anvendte fibermaterialer er i dag:

- Stål
- Glas
- Polypropylen
- Cellulose
- Wollastonit

Stålfibre anvendes hovedsageligt til sprøjtebeton specielt i tunneller samt til stærkt slidbelastede gulve. Glasfibre anvendes i facade- og altanelementer og andre steder, hvor der ikke optræder høje fiberspændinger. Polypropylen anvendes mest til modvirkning af revnedannelse forårsaget af plastisk svind specielt i gulvbelægninger. Cellulosefibre og Wollastonit anvendes i dag hovedsagelig som erstatning for asbestfibre.

Som tidligere nævnt bliver betonen sej, når der tilsættes fibre. Dette udnyttes på flere felter

- i tyndvæggede elementer, hvor der ikke er plads til standardarmering
- i konstruktioner, hvor form og struktur vanskeliggør brugen af almindelig armering

I disse tilfælde vil anvendelsen af fibre medføre en betydelig materialebesparelse. I første tilfælde kan betontykkelsen ofte nedsættes med over 50%. I andre tilfælde, som specielt omhandler skalkonstruktioner, vil tykkelsen igen kunne reduceres, men der vil yderligere være besparelser på armeringen, som typisk kan reduceres fra 150 kg/m³ til 100 kg/m³.

Fibre tilsættes ofte til sprøjtebeton. Dette sker specielt i følgende tilfælde:

- påstøbninger ved reparation
- tunnelforinger
- forstærkninger

I alle tilfælde opnås der besparelser i forhold til traditionelle løsninger. Disse kan være:

- ekstra armeringsnet med nyt dæklag
- opstilling af præfabrikerede elementer og efterfølgende injicering
- ny hovedarmering og påstøbning i forskalling

Yderligere anvendes fibre i højstyrkebeton, hvor høj styrke kræves på grund af stor slitage eller ønske om vandtæthed. Den opnås ved bl.a. tilsætning af mere cement, hvad der øger dannelsen af mikrorevner i den plastiske fase. Disse revnedannelser hindres af fibrene, som derved forlænger betonens levetid. Dette sparer både tid, ressourcer og råstoffer.

Materialiestrømme

Vedrørende råvarer er der indhentet oplysninger hos de firmaer, der leverer fibre til den danske byggebranche. Yderligere er der hentet oplysninger fra de væsentligste producenter af fiberarmeret beton. /5/.

Ud fra de modtagne oplysninger kan følgende mængder opstilles. Angivelsen er i tons/år:

Forbrug	200.000
Heraf bl.a.:	
Cement	46.700
Flyveaske	7.600
Mikrosilica	7.900
Stålfibre	60
Glasfibre	200
Plastfibre	1.600
Cellulosefibre	6.900
Wollastonit	1.600
Tilsætning	1.900

I opstillingen er medtaget samtlige fiberarmerede produkter fremstillet på basis af cement. Produkterne er fremstillet efter et af følgende koncepter:

- med både sand- og stentilslag (gulve, belægninger)
- kun med sandtilslag (slidlag)
- helt uden tilslag (plader)

Der er i dag ingen erfaringer med genanvendelse, d.v.s. alt affald går til deponering. Affald fra spild og fejlproduktioner beløber sig i følge indhentede oplysninger til ca. 10.000 t/år. /5/.

Affald fra nedrivning og renovering stammer hovedsagelig fra tag- og facadedækning. I landbrugsbyggeri anvendes næsten udelukkende produkter af denne type. Det antages at ca. 75% af den aktive bygningsmasse svarende til ca. 20 mio. m² er dækket af fiberarmerede cementbase-rede produkter. Det antages endvidere, at samme materialer er anvendt i 25% af de øvrige byggerier svarende til ca. 50 mio. m² boliger og 60 mio. m² øvrige erhvervsbygninger.

Antages det, at boligerne i gennemsnit har 2 etager på landsplan og erhvervsbygninger 1 etage fås et dækket areal på ialt ca. 100 mio. m². Med en levetid på 40 år vil en gennemsnitsbetragtning sige, at der årligt udskiftes 2,5 mio. m² plader. Med en vægt på 20 kg/m² fås ialt 50.000 t/år.

Der regnes med en konstant produktion af tag- og facadebeklædning og en stigningstakt på 1% om året for de øvrige produkter.

Kolonnen for år 2030 er medtaget for at vise, hvordan affaldsproduktionen vil være, når den forventede levetid for de øvrige byggematerialer nås og asbestprodukterne er ude af markedet. Det antages, at der er balance i produktionen og affaldsproduktionen.

Samlet affaldsmængde pr. år bliver således:

	<u>1990 - 2015</u>	<u>2030</u>
Affald (fiberbeton)	60.000 t	250.000 t
Heraf bl.a.:		
Stålfibre	1 t	100 t
Glasfibre	3 t	300 t
Plastfibre	120 t	1.700 t
Cellulosefibre	550 t	6.900 t
Wollastonit	130 t	1.600 t
Microsilica	580 t	8.200 t
Flyveaske	450 t	96.000 t
Tilsætning	140 t	2.000 t
Asbestfibre	5000 t	-

Den angivne mængde asbestfibre fremkommer alene ved udskiftning af asbestcementprodukter. Efterhånden som disse erstattes af nye, vil fremkomsten af affaldsprodukter med asbestfibre gradvis ophøre.

Ved beregning af flyveaskemængden er der regnet med et indhold i cementen på ca. 5%.

Forventninger

Der er i dele af byggebranchen forventninger om, at brugen af fiberbeton vil øges. Disse forventninger bygger dels på erfaringer fra udlandet og dels på, at fibrene i mange henseender forbedrer betonens egenskaber.

Disse forventninger har ført til, at en række institutter, rådgivere, producenter og entreprenører med DTI som pennefører er gået sammen om projektet "Cementbaserede kompositmaterialer". Projektet indeholder følgende delpakker:

- kompositmaterialet i frisk, hældende og hærnet tilstand
- dimensionering, herunder principper, forsøg, kontrol og prøvning
- holdbarhed
- anvendelse af fiberbeton i tyndpladekonstruktioner
- betonrør til renovering og gennempresning
- anvendelse af fiberbeton i bærende konstruktioner
- anvendelse af fiberbeton til reparation

Der er søgt om økonomisk støtte hos "Koordinationsudvalget for Materialeteknologi" under

Industri- og Handelsstyrelsen, som har bevilget 9 mio. kr.

Problemer i arbejdsmiljøet

Ved bearbejdning og nedrivning af fiberbeton opstår en del støv. Støjgener vil der ligeledes være. Problemerne er dog kendt fra nedbrydning af normal beton, og de bliver derfor ikke behandlet særskilt her.

Derimod kan frigivelsen af fibre givetvis blive et problem, der vil give en del usikkerhed. Dette er naturligt på baggrund af problemerne med asbestcementprodukterne.

I denne sammenhæng er fiberstørrelsen den afgørende faktor. Figur 3.3.1 viser diameteren på de mest anvendte fibre i byggebranchen. Tallene er gengivet efter Fiberbetonteknologi /1/.

I bilag til denne rapport ("Supplerende undersøgelse vedrørende syntetisk mineraluld") er det angivet, at fibre med en diameter under ca. 3 μm er respirable. Ved bearbejdning bliver fibrene imidlertid neddelt, og derfor regnes her med 10 μm som kritisk diameter.

Ved små fibre kan densiteten desuden have betydning, idet lette fibre opholder sig længere tid i luften.

Det ses, at asbest skiller sig ud med meget små fibre. Mineraluld og kul har også fibre med diameter < 10 μm .

Da de fibre, der anvendes til fiberbeton, har størrelser, der er > 10 μm , kan der ikke umiddelbart forventes arbejdsmiljøproblemer i forbindelse hermed. Fabrikkerne nærer heller ikke frygt i denne henseende.

	Typisk diameter μm	Fiber- densitet kg/cm^3
Asbest	0,02-20	2,6-3,4
Cellulose	15-40	1,2
Glas	10-15	2,6
Mineraluld	2-10	2,6-2,9
Kul	8-10	1,4-1,9
Plast	20	0,9
Stål	300-600	7,8

Figur 3.3.1 Typiske diametre og densiteter for en række fibertyper /1/.

Det må altså konkluderes, at der ikke er problemer, der ikke kendes fra almindelig beton.

Problemer ved genanvendelse

Det har været en udbredt opfattelse blandt producenterne, at det ikke er muligt, at genanvende fiberbeton.

F.eks. er elementer af fiberbeton specialfremstillede, hvorfor genbrug ikke er realistisk. Der er idag ikke kendskab til genbrug af fiberbetonelementer.

Videreudnyttelse er ikke kendt. Det skal dog ikke udelukkes, at der foregår en ubetydelig anvendelse til andre formål, f.eks. kan sålbænke tænkes anvendt som kantsten i haver og parker.

Genvinding er heller ikke kendt. Det forudsætter, at der findes anlæg, som kan knuse og oparbejde den gamle beton. Dette er ikke prøvet, så vidt det er oplyst. På 4K's fabrik i Herfølge har man et køreareal belagt med fiberbeton, som skal udskiftes i forbindelse med en renovering af det totale køreareal. Denne fiberbeton vil man sende til knusning i et almindeligt betonknuseanlæg. Det skal her undersøges om knusning er mulig, enten alene eller opblandet med almindelig beton.

Knust fiberbeton bør kunne anvendes til fremstilling af beton i passiv miljøklasse. Dette er dog ikke klarlagt pga. den manglende erfaring med knusning af fiberbeton.

I /2/ Dansk Betonforenings anvisning i beton med genbrugsmaterialer er der ingen bestemmelser, der hindrer anvendelse af knust fiberbeton som tilslagsmateriale.

Der kan forventes gener i forbindelse med renovering og nedbrydning, som medfører støvende aktiviteter. Ligeledes vil knusning skabe støvproblemer i nærmiljøet.

Frasortering af pladsstøbt fiberbeton vil ikke være muligt, hvor det er støbt sammen med almindelig beton. Det vil stort set sige, hvor det er anvendt i slidlag.

Problemer i det ydre miljø

Der er ikke kendskab til forhold, som i særlig grad påvirker miljøet. Delmaterialerne er alle kendte fra almindelig beton, bortset fra fibre. Disse er dog af materialer, som i dag er anerkendt som uskadelige for naturen, men som kan have sundhedseffekter på omkringingende.

Al fiberbeton, som stammer fra nedrivning, renovering, spild og fejlproduktion, ender idag på losseplads.

Letbeton

Letbeton har været anvendt en årrække, og der findes en del erfaringer fra de forskellige anvendelsesområder. På grund af materialets lave vægt udgør det idag en meget stor del af den samlede mængde byggematerialer.

Der findes 2 hovedtyper af letbeton:

- Porebeton (P)
- Letklinkerbeton (L)

Porebeton er typisk fremstillet af finmalede materialer ved tilsætning af "bagepulver", mens letklinkerbeton er beton, hvor tilslaget helt eller delvist er erstattet af såkaldte letklinker, som er brændte, luftfyldte lerkugler.

Letbetonprodukter omfatter følgende kategorier:

- | | |
|--------------------|-------|
| - dækelementer | L |
| - tagelementer | L |
| - vægelementer | L + P |
| - drænplader | L |
| - isoleringsplader | P |
| - byggeblokke | L + P |
| - gulvblokke | L |
| - kanalblokke | L |
| - murbjælker | L + P |

Flere af de egenskaber, som findes hos letbeton, er kendt hos beton. Det drejer sig bl.a. om:

- varmeakkumulerende evne
- billige råvarer

Af specielle egenskaber, som ikke kendes hos almindelig beton, kan nævnes:

- varmeisolerende evne
- lav rumvægt
- let bearbejdelighed

Det er disse sidste egenskaber, der gør letbeton interessant. Men det er de samlede egenskaber, der har givet materialet den efterhånden meget store udbredelse.

Anvendelse af letbeton til bagmure har tidligere været den mest udbredte. Men efterhånden har anvendelse af dæk- og tagelementer vundet stor udbredelse, ligesom anvendelse af blokke til kældervægge.

Et relativt nyt produkt er gulv- og kanalblokke. Den nye norm om vandinstallationer stiller særlige krav til skjulte vandinstallationer, og det er som en følge af dette, at de nye blokke

er udviklet. Der er derfor endnu ingen erfaringer med dette produkt.

I alle tilfælde er den lave vægt en egenskab, som billiggør transport og montage. Desuden er isoleringsevnen af betydning.

Bagmurskonstruktioner af letbetonelementer har desuden muliggjort en hurtig lukning af en bygning til gavn for den senere udtørring samt for de indvendige arbejder.

Brugen af letklinkerbeton i gulve giver mulighed for besparelse i opbygningen, idet materialet har kapillarbrydende egenskaber.

Som det ses af ovenstående er de særlige egenskaber hos letbeton af en sådan karakter, at anvendelsen alt andet lige vil medføre besparelser, idet arbejds løn og opvarmning er store poster på hhv. byggeregnskab og driftsregnskab.

Materialestrømme

Der er indhentet oplysninger hos danske producenter af letbetonvarer. Kun salget til det danske marked er medtaget, og importen regnes for ubetydelig.

Følgende råmaterialer anvendes ved fremstillingen:

- cement
- kalk
- sand
- letklinker
- flyveaske
- alu-pulver
- vand
- armering

Aluminiumspulveret anvendes som hævemiddel.

Følgende mængder kan opstilles iht. modtagne oplysninger /6/:

Forbrug	470.000 t
Heraf bl.a.:	
Flyveaske	17.000 t
Armering	6.000 t
Alu-pulver	10 t
Cement	66.000 t
Sand	117.000 t
Letklinker	180.000 t
Kalk	12.000 t

Brugen af letbeton blev først almindelig i 50'erne, hvorfor affald i dag hovedsagelig kommer fra fejlproduktion og spild. Fejlproduktion og spild skønnes sammenlagt at udgøre ca. 5% af den totale produktion.

Affald fra nedrivning og renovering kan vurderes ud fra et skøn over den akkumulerede mængde. Denne sættes til 10 mio. t ud fra den betragtning, at letbetonbyggeriet i hovedsagen har fundet sted gennem de sidste 20-25 år. Da hverken nedrivning eller renovering er aktuelt for byggerier af den alder, regnes der her med en mængde fra disse aktiviteter svarende til den dokumenterede mængde af fejlproduktioner og spild. Det vil derfor være realistisk at regne med 50.000 t/år.

Inden for de nærmeste årtier forventes det, at ombygning og renovering i den omhandlede bygningsmasse vil forøges, idet disse aktiviteter skønnes at begynde ved en bygningsalder på ca. 40 år.

Det antages, at ca. 20% af det eksisterende bygningsvolumen ombygges over en periode på 60-100 år afhængig af bygningstypen. D.v.s. med en materialemængde på 10 mio. t vil dette bidrag blive 25.000 t/år.

Nedrivning af bygninger med letbeton indbygget vil først blive aktuelt i større målestok fra midten af næste århundrede, idet bygningers leveralder skønnes til ca. 100 år.

Den totale affaldsproduktion vil således blive:

t/år	1990	2015
Affald	50.000	75.000
Heraf letklinker	20.000	30.000

Forventninger

På trods af nedgangen i byggeriet gennem mange år er forventningerne hos producenterne ikke negative. Man forventer at fastholde produktionen på nuværende niveau, eller endog at øge den lidt.

Dette skyldes i høj grad de førnævnte besparelsesmuligheder. Desuden ligger der også en del forventninger til nye produkter, som f.eks. kabelblokkene. Dette produkt forventes der meget af på grund af de nye normer.

Derimod forventer man stort set ikke at vinde ind på nye områder med de eksisterende produkter.

Problemer i arbejdsmiljøet

Håndtering af letklinkerbeton i forbindelse med renovering og nedrivning synes ikke at

skabe problemer. Det er let bearbejdeligt og støvgener er begrænsede.

Porebeton er ligesom letklinkerbeton letbearbejdeligt, men der er stor risiko for omfattende støvgener på grund af de meget findelte delmaterialer (ca. 3000 cm² overflade pr. gram). Det dannede støv vil således også være meget fint. Ved brug af specialudstyr er det dog muligt, at få et arbejdsmiljø, der ikke er væsentligt anderledes end under byggeprocessen.

Problemer ved genanvendelse

Direkte genbrug er ikke kendt i dag. Muligheden foreligger dog, når det drejer sig om store elementer, da disse relativt let kan frasorteres i nedrivningsfasen. Der er dog stor risiko for beskadigelse af elementerne med efterfølgende behov for bearbejdning.

Under transport vil der ligeledes være en meget stor risiko for beskadigelse, specielt hvad angår porebeton. Nye produkter er specielt emballeret med henblik på transport og oplagring. En sådan emballering vil vanskeligt kunne lade sig gennemføre i forbindelse med nedrivning og renovering.

Efter knusning og bearbejdning vil materialer fra letbeton kunne anvendes til følgende formål:

- | | | | |
|-------------------------------------|---|---|---|
| - fyld til grusveje | L | | |
| - opslugning af olie | | | P |
| - kattegrus | L | + | P |
| - nyproduktion (sker dog ikke i DK) | | | P |
| - terrænregulering | L | + | P |

Ved tilskæring af de våde, endnu ikke afbundne porebetonprodukter opstår en del affald. Dette affald indgår som en meget stor bestanddel i den nye produktion. Afbundet materiale oparbejdes ikke.

Problemer i det ydre miljø

Alle delmaterialer i letbeton er naturmaterialer, og påvirkning af det ydre miljø er begrænset. Der er ikke konstateret problemer ved deponering.

I en overskuelig fremtid, indtil byggerier med letbeton nedrives på grund af alder, vil mængden af letbetonaffald være beskeden (ca. 75.000 t/år). Derefter, f.eks. når byggerierne er ca. 80 år, vil den akkumulerede mængde være ca. 30 mio. t.

Forventes denne bygningsmasse nedrevet over f.eks. 60 år, vil en simpel gennemsnitsbetragtning give en affaldsmængde på 0,5 mio. t/år. Denne mængde vil udgøre ca. 10% af alt bygge- og

anlægsaffald i h.t. de nylig opstillede prognoser i PROBA-projektet /4/.

3.3.3

Svovlbeton

Svovlbeton har været anvendt i USA i ca. 15 år. Herhjemme er anvendelsen af helt ny dato.

Svovlbeton fremstilles uden brug af cement. Det fremstilles ved temperaturer på 130-140°C. Ved en temperatur på ca. 135°C bliver materialet blødt.

Typiske anvendelsesmuligheder findes i dag inden for følgende anlægstyper:

- kemikalieindustrien
- off-shore anlæg
- røgrensningsanlæg

Der sker i øjeblikket en udvikling i forhold til spildevandsområdet. Det drejer sig om:

- rensningsanlæg
- kloakrør

Desuden er der udført forsøg med anvendelse af svovlbeton til belægninger i buslommer.

En introduktion af materialet er sket på ERMCO '89 jf. Aarsleff /3/.

Et groft overslag over affaldsmængderne viser:

År	m ³	tons
Før 1990	300 *)	750
1991	300 *)	750
1992	800 *)	2000
1993	1600 *)	4000
1994	2100 *)	5000
1995	2500 *)	6000
1996	2900	7000
1997	3300	8000
1998	3700	9000
1999	4100	10000
2000	4000-5000 *)	10000-12000
2000-2015	4000-5000 m ³ eller *) 10000-12000 tons pr. år	

*) Tallene er opgivet af 4K-Beton i København.

Prognosen for 1996-1999 er skønnet ud fra de opgivne størrelser.

Vægtangivelserne er beregnet ud fra svovlbetons rumvægt på 2,4 - 2,5 t/m³.

Svovlbeton er modstandsdygtig over for alle syrer og en del baser. Dette gør produktet særdeles anvendeligt i den kemiske industri.

På grund af produktets meget store tæthed er det uigennemtrængeligt for væsker. For at opnå denne tæthed, må svovlbeton dog ikke udstøbes direkte mod almindelig beton, da vandet herfra vil fordampe på grund af de høje temperaturer og danne kanaler i svovlbetonen.

Efter udstøbning udvikler svovlbeton 80% af sin styrke i løbet af få timer. Trykstyrken er som for højstyrkebeton, og bøjetrækstyrken ligger på 10-15% af trykstyrken.

Endelig er produktet termoplastisk. Dvs. bearbejdning er lettere og billigere ved høje temperaturer. Desuden vil en fejlproduktion på ny kunne indgå i produktionen.

Syrebestandighed, styrke, og hurtighærdning er egenskaber, som vil give produktet en række fortrin frem for beton på visse områder.

Forventninger

Der er i dag forventninger til at produktet hurtigt bliver accepteret på markedet. Erfaringer fra USA tyder på udbredt anvendelse indenfor de felter, der er nævnt ovenfor.

Disse områder har traditionelt været problemområder ved anvendelse af almindelig beton, idet de egenskaber, der er nævnt i foregående afsnit, er svage sider ved beton.

Materialestrømme

Som nævnt anvendes der ikke cement i svovlbeton. I stedet anvendes svovlcement, som er et kemisk modificeret svovlprodukt. Ellers er råmaterialerne de samme som for almindelig beton, dvs:

- svovl
- sten
- grus
- flyveaske
- tilsætningsstoffer

Det er oplyst af producenten, at der bruges 8-12 vægt-% svovl svarende til 240 kg/m³. De mængder, der produceres i Danmark giver følgende forbrug:

Svovlbeton	1800 t/år
Heraf:	
Svovl	200 t/år
Flyveaske	50 t/år
Tilsætningsstoffer	100 t/år
Tilslag	1450 t/år

Problemer i arbejdsmiljøet

Udstøbning af svovlbeton foregår ved temperaturer, der i sig selv er et problem, idet der ved opvarmning til over 150°C frigives svovl. Det er på nuværende tidspunkt vanskeligt at sige, hvilken betydning, det vil få; men det skulle være muligt at styre temperaturen, så den ikke overstiger denne grænse. Hertil kommer dog frigivelse af tilsætningsstoffer.

Problemer ved genanvendelse

Præfabrikerede emner er ofte specialfremstillede, og kan derfor sjældent genbruges. Pladstøbte emner vil ikke kunne genbruges.

De termoplastiske egenskaber medfører dog, at al svovlbeton i princippet kan oparbejdes. Dette lettes ved, at svovlbeton og almindelig beton ikke må sammenstøbes. Separation vil derfor være mulig på stedet.

Problemer i det ydre miljø

Der er i dag usikkerhed om, hvordan svovlbeton på længere sigt vil opføre sig. Alt affald deponeres i dag på losseplads; men da det er et nyt produkt, er der ingen erfaringer med, om der frigives svovl til omgivelserne.

Ved anvendelse til udendørs konstruktioner er der de samme problemer. Vil f.eks. skiftende vejrpåvirkninger betyde, at materialet skifter karakter og frigiver svovl? Der er ikke kendskab til undersøgelser, der belyser dette emne. Erfaringerne fra USA tyder pt. ikke på at der er problemer.

Ved anvendelse til spildevandsanlæg er der desuden et problem med svovlbakterier. Hvis disse påvirker svovlbeton, kan dette medføre fare for utætheder med deraf følgende miljøproblemer. Aalborg Portland har i samarbejde med Hygiejnisk Institut indledt en undersøgelse af bakteriers påvirkning af svovlimprægneret beton.

Referencer

- /1/ Fiberbetonteknologi, Teknologisk Institut, 1986.
- /2/ Dansk Betonforening, Anvisning for genanvendelsesmaterialer i beton til passiv miljøklasse, Publikation nr. 34, 1989.
- /3/ Aarsleff, Leif; Asid proof - salt resistant sulpher concrete. Copenhagen, 1989
- /4/ Prognose for bygge- og anlægsaffald. Hovedrapport. PROBA-undersøgelsen med kortlægning og prognose 1990 - 2015, DEMEX A/S, Axel Nielsen A/S, B. Højlund Rasmussen A/S, COWiconsult A/S, Miljøsamarbejdet i Århus for Miljøstyrelsen, Miljørapport nr. 150.
- /5/ Leverandører:
 - Danklon, Varde
 - Det Danske Stålvalseværk, Frederiksværk
 - Hoechst Danmark
 - Kejler ApS, Skovlunde
 - Quotim, Fredensborg
- /6/ Producenter:
 - Dansk Eternit, Aalborg
 - BB Fiberbeton, Lille Skensved
 - OH Beton, Højby
 - Densit, Aalborg
 - 4K Beton, København.

3.4 Imprægneret træ

3.4.1

Indledning

Dette afsnit beskriver forholdene ved bortskaffelse af bygge- og anlægsaffald af imprægneret træ opstået ved såvel nybygning som ved renovering og nedrivning. Indledningsvis gives en beskrivelse af, hvad imprægneret træ er, dvs. hvordan imprægneringen foregår og hvilke kemiske stoffer, der anvendes under processen. Endvidere skitseres, hvilke anvendelsesområder imprægneret træ har i bygge- og anlægssektoren. Dernæst gives en kort kvantitativ beskrivelse af, hvor store mængder imprægneret træ, der anvendes i Danmark. Der opstilles næstfølgende et problemkatalog, der belyser forholdene ved anvendelse af imprægneret træ i bygge- og anlægssektoren. I afsnit 3.4.5 gives en kort beskrivelse af en række projekter, der har til formål at mindske nogle af de miljømæssige problemer, der findes ved fremstilling og anvendelse af imprægneret træ.

3.4.2

Beskrivelse af materialet

Træ er et materiale, der kan nedbrydes biologisk (svampe, insekter og marine organismer). Derfor gives træ, der skal anvendes i byggeri en behandling - imprægnering - der får det til at holde længere. Traditionelt skelnes mellem to forskellige typer af imprægneret træ: Trykimprægneret træ og vacuumimprægneret træ. De to typer adskiller sig såvel med hensyn til imprægneringsmetoden som med hensyn til arten af imprægneringsmidler. De to typer træ anvendes derfor til forskelligt formål i byggesektoren.

Imprægnering udføres efter Dansk standard, DS 2122/INSTA 140, /5/ som den 1. januar 1989 erstattede den tidligere standard. Til imprægnering anvendes produkter, der er godkendt af Nordisk træbeskyttelsesråd med hensyn til effektivitet og af Miljøstyrelsen i henhold til Miljøministeriets bekendtgørelse nr 410/1980 om bekæmpelsesmidler. Produktionen skal udføres på godkendte virksomheder, hvoraf der i 1989 var 31 trykimprægnerende og 51 vacuumimprægnerende /4/. Til beskyttelse af træværk er der for øjeblikket godkendt 16 aktivstoffer, fordelt på ca. 19 produkter /13/. Træimprægnering er en vigtig del af bekæmpelsesmiddelområdet, idet imprægneringsmidler udgør ca. 1/3 af forbruget af bekæmpelsesmidler, opgjort på aktivt stof. I den følgende beskrivelse af de to typer imprægneringsmetoder omtales kun de vigtigste af de anvendte aktivstoffer.

Vacuumimprægneret træ

Vacuumimprægnering foregår i en lukket tank. Princippet er, at luften delvist suges ud af træets celler ved hjælp af vacuum; herefter fyldes hulrummene ved hjælp af et svagt overtryk op med en væske indeholdende stoffer, der beskytter mod angreb af råd og svamp og endelig etableres igen et vacuum for at fjerne overskydende imprægneringsvæske (GORI, 1979). Processen styres på en sådan måde, at træet netop optager den mængde væske, der sikrer overholdelse af standardens krav. Vacuumimprægnering efterlader normalt en kerne af ubehandlet træ. Når imprægneringsprocessen er tilendebragt skal træet "af dunste", enten i det fri eller i lokaler med mekanisk ventilation. Denne del af processen er nødvendig for at fjerne de organiske opløsningsmidler, som imprægneringsmidlerne indeholder.

Vacuumimprægnering benyttes alene til færdigforarbejdede snedkeriprodukter som vinduer og ydre døre. Herved opnås, at træet beskyttes på alle flader, og at der ikke blotlægges ubeskyttede flader ved senere bearbejdning /10/.

Vacuumimprægnering er en dyb grunding som forudsætter efterfølgende overfladebehandling. Det anbefales at forny overfladebehandlingen hvert 4. - 5. år. Vacuumimprægnerede, overfladebehandlede vinduer og døre kan minimum holde 20 år (Inger Mann Nielsen, Dansk Teknologisk Institut, personlig kommunikation, 10/11 1989).

Vacuumimprægneret træ er beskyttet til dele af risikoklasse 3 jvf. DS 2122. Til den øvrige del samt risikoklasserne 4 og 5 benyttes trykimprægneret træ. Vacuumimprægnering og trykimprægnering er altså udviklet til hver sine formål.

Til vacuumimprægnering anvendes imprægneringsmidler, der består af et eller flere aktive stoffer, opløst i organiske opløsningsmidler, typisk aromatfattig mineralsk terpentin. De mest anvendte aktive stoffer i dag er /13/ (procenter angiver indhold i handelsprodukt):

- Tributyltinnaphthenat (TBTN); 1,65 - 1,80%
- Bis(tributyltin)oxid (TBTO); 0,85 - 1,43%
- TBTO; 1,00 - 1,5% +
Dichlofluamid; 0,36 - 0,60%

Dichlofluamid er et deklarationsnavn, der dækker over N-((dichlorfluormethyl)thio)-N',N'-dimethyl-N-phenylsulfamid, et organisk molekyl-

le, der indeholder svovl, fluor, chlor og nitrogen.

Den nye standard DS 2122/INSTA 140 åbner mulighed for et lavere forbrug af opløsningsmidler. Nye imprægneringsmidler er taget i brug 1989 - 90, hvorved forbruget af terpentiner er faldet ca. 25%. Herudover satser producenterne også på at fjerne TBTO og terpentiner ved overgang til vandige produkter; disse produkter er dog endnu ikke færdigudviklede.

Trykimprægneret træ

Trykimprægnering foregår ligeledes i en lukket tank. I lighed med vacuumimprægnering suges luften først ud af træet ved hjælp af vacuum; herefter tilføres væsken, og der etableres et tryk på 10 -12 atm, hvorved imprægneringsvæsken udfylder hulrummene, og endelig etableres et eftervacuum for at tørre overfladen. Når selve imprægneringen er tilendebragt skal træet tørre til under 30% fugtighed, før det må anvendes. Under denne tørring fixeres imprægneringsmidlerne til træet og vil således ikke frigives ved berøring o.l.

Trykimprægneringsprocessen sikrer, at imprægneringsmidlerne trænger gennem splintveddet til kerneveddet, der normalt ikke gennemtrænges. Trykimprægneret træ leveres i kvaliteternes klasse AB, A og M, der er beregnet til brug i risikoklasserne 3, 4 henholdsvis 5 jvf. DS 2122.

Trykimprægneret træ anvendes til bygningsdele, der kommer i berøring med jord og/eller vand. Trykimprægneret træ anvendes primært til konstruktionstræ og til beklædning, hegn og øvrige udemiljøer /4/. Trykimprægneret træ har normalt en holdbarhed på 25 - 60 år, alt efter det omgivende miljøes aggresivitet. Det er ikke nødvendigt at foretage overfladebehandling af holdbarhedsmæssige årsager, hverken inden mon- tagen eller som løbende vedligeholdelse. Af æstetiske grunde foretages dog overfladebehandling i en række tilfælde.

Til trykimprægnering anvendes uorganiske salte opløst i vand. Traditionelt taler man om CCA-, CC-, CCP-, og CCB-midler. Det første C står for kobber, det andet for chrom, A står for arsen og B for bor. Midlerne indeholder altså normalt 1 - 3 aktive stoffer: En chromforbindelse, en kobberforbindelse og enten en arsenforbindelse eller en borforbindelse. De salte, der anvendes, er /13/:

- chromtrioxid ("chromsyre")

- ammoniumdichromat
- natriumdichromat

- kobbersulfat
- kobberoxid
- kobberhexafluorosilikat
- andre kobberforbindelser

- arsenpentaoxid

- borsyre
- phosphorsyre

Mængden og fordelingen af aktive stoffer varierer naturligvis fra middel til middel. Typisk er salgsvaren en pasta med et indhold af aktive stoffer på 80 - 100%, der ved anvendelse skal fortyndes med vand.

Der foregår i trykimprægneringsindustrien en udvikling bort fra de arsenholdige midler, idet arsen erstattes med phosphorsyre eller borsyre. De to sidstnævnte produkttyper er dog ikke godkendte til klasse M jvf. DS 2122.

3.4.3

Materialestrømsanalyse

De godkendte virksomheder imprægnerede i 1988 følgende mængder træ /4/:

Trykimprægneret: 208.600 m³
 Vacuumimprægneret: 33.700 m³

Det fremgår ikke, hvor stor en mængde af hver type, der eksporteres; men det oplyses, at der i 1989 blev eksporteret > 20.000 m³ imprægneret træ /4/. Statistikken giver ingen tal for import af imprægnerede træemner. De knap 200.000 m³ svarer til ca. 150.000 tons.

Hovedparten af det imprægnerede træ anvendes formodentlig inden for byggesektoren. Mængden af trykimprægneret træ steg med 8% og mængden af vacuumimprægneret faldt med 5% i forhold til året før. Tendensen i de senere år er faldende, hvilket i statistikken forklares med den mindre aktivitet indenfor byggebranchen /4/.

Mange faktorer påvirker det fremtidige forbrug af træ i byggeriet. Der er ikke grund til at antage en væsentlig ændring i byggeriets omfang, og forbruget vil af den grund formodentlig ligge på samme niveau som det ovenfor nævnte. Der er imidlertid grund til at antage, at træ i fremtiden vil indgå i bygninger med en større andel end i dag. Denne antagelse bygger på det forhold, at træ er et ressourcemæssigt attraktivt materiale.

Problemkatalog

Imprægneringsmidler indeholder en række sundheds- og miljømæssigt betænkelige stoffer, hvoraf arsen og chrom giver anledning til de alvorligste effekter: Begge er kræftfremkaldende, chrom er allergifremkaldende, og arsen giver skader på hjerte og karsystem og kan opkoncentreres i fisk og skaldyr /7/, /12/, /14/, /15/. Heller ikke de øvrige stoffer er problemfrie: TBTO er stærkt toksisk overfor såvel mennesker som marine organismer, de organiske opløsningsmidler kan give nerveskader og belaster miljøet. Der er således et betydeligt risikomoment ved selve imprægneringsprocessen; men dette ligger uden for dette projekts rammer og skal derfor ikke vurderes yderligere.

Ved anvendelse af imprægneret træ i byggeriet er der imidlertid også en række risici, som kort skal beskrives.

Problemer i arbejdsmiljøet

Al bearbejdning af træ indebærer mulighed for arbejdsmiljømæssige problemer. Dette skyldes, at almindeligt træstøv virker irriterende ved indånding, og hos nogle eksponerede udvikles astma og høsnue; derudover anses træstøv for at være kræftfremkaldende /1/. Træstøvet farlighed bliver naturligvis ikke mindre, når træet indeholder kræftfremkaldende stoffer som de ovenfor nævnte. Det er især det trykimprægnerede træ, der giver anledning til betænkelighed, da det vacuumimprægnerede normalt ikke bearbejdes.

Direkte kontakt med træ - også selv om det er imprægneret - giver ikke anledning til akutte effekter. På langt sigt er der risiko for udvikling af allergiske hudproblemer, idet træ i sig selv i visse tilfælde har vist sig allergifremkaldende /11/; problemet forstærkes ved anvendelse af trykimprægneret træ, idet chrom er allergifremkaldende. Da chrom er bundet i træet er risikoen for udvikling af allergi af denne grund imidlertid lille, men personer, der allerede lider af chromallergi vil formodentlig ikke kunne håndtere træet.

Helbredsrisikoen ved håndtering af imprægneret træ bliver langt større, hvis træet håndteres umiddelbart efter imprægneringen. Ved vacuumimprægneret træ giver dette mulighed for indånding af organiske opløsningsmidler, og ved trykimprægneret træ vil de ikke fixerede salte kunne komme i direkte kontakt med huden. Arbejdstilsynet har derfor fastsat forskrifter

for dette område /2/. Miljøstyrelsen har desuden fastsat regler for, hvor længe træet skal tilbageholdes på imprægneringsvirkomhederne, førend det må anvendes, og der er krav om mærkning for at sikre overholdelse af fristerne. Det er naturligvis overordentlig vigtigt at sikre, at træemner, der anvendes ved nybyggeri og renovering ikke er udleveret inden de foreskrevne frister. I de følgende vurderinger er det forudsat, at disse frister er overholdt.

Nybygning og renovering giver formodentlig større risiko for dannelse af træstøv end nedrivning, idet der her i nogle tilfælde sker en let bearbejdning af træet (savning, boring af huller o.l.). Støvdannelsen er imidlertid af begrænset omfang, og Arbejdstilsynet har fastsat regler for brug af personlige værnemidler /2/.

Ved nedrivning antages der ikke at forekomme udvikling af træstøv, som kan indåndes.

Som nævnt tidligere skal vacuumimprægneret træ vedligeholdes. I de fleste tilfælde er vacuumimprægneret træ malet ved monteringen, og den vedligeholdelse, der så vil være tale om, er fornyelse af overfladebehandlingen hvert 4.-5. år. Der kan ved denne vedligeholdelse anvendes såvel opløsningsmiddelholdige produkter som vandfortyndbare. Ved anvendelse af opløsningsmiddelholdige produkter er der risiko for eksponering for organiske opløsningsmidler og deraf følgende skader på nervesystemet. Ved anvendelse af vandfortyndbare produkter er den arbejdsmiljømæssige belastning af ringe omfang, især da arbejdet foregår udendørs. Det kan dog ikke udelukkes, at der kan opstå gener /3/, /9/.

Der er også den mulighed at anvende træ, der ikke er imprægneret eller overfladebehandlet og så eventuelt efterimprægneres træet på stedet. Nærmere detaljer omkring disse processer er kendt i Afdelingen for Træteknik på Dansk Teknologisk Institut, men omfanget er ukendt. Der er tale om manuel påføring, der dog ikke bevirker en stor belastning af arbejdsmiljøet, da der anvendes bor i vandige opløsninger (Erik Borsholt, Afdelingen for Træteknik, Dansk Teknologisk Institut, personlig kommunikation 24/9 1990).

Ydre miljø

De ydre miljøproblemer ved opførelse, renovering og nedrivning knytter sig især til bortskaffelse af affaldet. Ved anvendelse af opløsningsmiddelholdige produkter til vedligeholdelse (maling o.l.) vil der endvidere ske emission til atmosfæren med flygtige organiske stoffer.

Ved såvel nybygning som ved renovering og nedrivning opstår der affald af imprægneret træ, som skal bortskaffes. Det har ikke været muligt umiddelbart at sætte tal på den affaldsmængde, der skal bortskaffes ved de forskellige processer; men det antages at affaldsmængden ved nybygning er meget lille, idet der kun er tale om afsavet materiale, savspåner o.l.

Ved renovering eller nedrivning af bygninger bortskaffes træaffald typisk til forbrænding og evt. til deponering. Der er i foråret 1990 igangsat udredningsarbejder omkring henholdsvis genanvendelsesmuligheder for bygningstræ og affaldsforbrænding af imprægneret træ.

Hovedparten af det vacuumimprægnerede træ afbrændes i dag i Danmark. Danske vacuumimprægneringsvirksomheder afbrænder deres affald med henvisning til en finsk undersøgelse, der dels viser, at de organiske tinforbindelser omdannes til mindre farlige tinforbindelser, dels viser, at der ikke dannes farlige stoffer fra de øvrige typer af imprægneringsmidler /3/. Teoretisk kan det ikke udelukkes, at der dannes små mængder farlige stoffer (hydrogenchlorid, hydrogenfluorid, svovldioxid og nitrogenoxider) ved afbrænding af træet; men problemet er formodentlig af begrænset omfang.

Ved deponering vil de anvendte imprægneringsmidler formodentlig blive udvasket og omdannet. Praktiske erfaringer viser, at vacuumimprægneret træ er uegnet til anvendelse i jord, idet de organiske tinforbindelser omdannes til uorganisk tin (Erik Borsholt, Dansk Teknologisk Institut, personlig kommunikation, 5/12 1989). Da tributyltinforbindelser er toksiske overfor organismer i det vandige miljø må det altså sikres, at stofferne ikke trænger ud i det omgivende miljø. Deponering skal altså ske på kontrolleret losseplads.

Da trykimprægneret træ, som beskrevet, indeholder tungmetaller, må træet ikke afbrændes frit, men dette sker formodentlig i et vist omfang idag. Tungmetallerne vil ved afbrændingen dels blive bundet i slagge og flyveaske dels blive emitteret med røggasserne, hvis der ikke anvendes særlige filtre. Både på kort og lang

sigt må det vurderes, at dette vil kunne medføre en uacceptabel miljøbelastning.

Selv om de aktive stoffer er bundet i træet, vil de ved deponering til sidst ende i det omgivende miljø, da de ikke kan nedbrydes. Deponeringen af trykimprægneret træ skal derfor foregå på kontrolleret losseplads.

3.4.5

Udviklingsperspektiver

Der foregår, som kort beskrevet ovenfor, en udvikling indenfor træimprægneringsområdet. Ud over de allerede beskrevne tiltag: Reduktion af anvendelsen af organiske opløsningsmidler ved vacuumimprægnering og udskiftning af arsen med phosphorsyre ved trykimprægnering, er der en række projekter, der har til hensigt at forsøge at løse nogle af de sundheds- og miljømæssige problemer ved træimprægnering. Disse skal kort beskrives nedenfor.

Udvikling af opløsningsmiddelfri vacuumimprægneringsmidler. Dette projekt er afrapporteret i Miljøstyrelsens arbejdsrapport nr 14/1989. Hensigten med projektet er at mindske anvendelsen af organiske opløsningsmidler under imprægneringsprocessen ved at udvikle kombinationer af aktive stoffer og processer, således at vand kan anvendes som opløsningsmiddel. Projektet koncentrerer sig således om at løse nogle af de problemer, der er ved selve imprægneringsprocessen, og er derfor af mindre relevans i den her aktuelle sammenhæng.

Minimering af saltaflejringer på overflader af træ. Dette projekt tog udgangspunkt i håndteringsproblemer med de vandbaserede trykimprægneringsmidler. Projektet viste imidlertid indledningsvist, at de potentielle problemer var af så ringe omfang, at projektet blev afbrudt.

Udvikling af zoneimprægneringssystem. Dette system tænkes anvendt til renovering af vacuumimprægneret træ, der allerede er monteret i bygninger. Hvis et sådant system kan komme til at fungere vil det være muligt at anvende vacuumimprægneret træ, som er mindre miljøbelastende, til en række bygningsdele, hvor det ellers ville være nødvendigt at anvende trykimprægneret træ.

Udvikling af træbeskyttelsesmidler uden arsen og chrom. Hensigten med dette projekt er især at finde metoder/midler, der kan fixere bor tilstrækkeligt i træet, idet bor sammen med kobber ud fra laboratorieforsøg synes at have en tilstrækkelig beskyttende effekt. Projektet afrapporteres ultimo 1991.

Referencer

- /1/ Arbejdstilsynet (1988). Grænseværdier for stoffer og materialer. At-anvisning nr. 3.1.0.2.
- /2/ Arbejdstilsynet (1990). Trykimprægneret træ. At-meddelelse 3.01.7 og cirkulæreskrivelse 2.
- /3/ Christiansen K, Grove A, Hansen LE, Hoffman L, Jensen AA, Pommer K, Schmidt A (1990). Miljøvurdering af PVC og udvalgte alternative materialer. Miljøprojekt nr. 131. Miljøstyrelsen.
- /4/ Dansk Imprægneringsstatistik (1989). Dansk Imprægneringskontrol. Taastrup.
- /5/ DS 2122/INSTA 140 (1989). Imprægneret træ. Kvalitetskrav. Dansk standardiseringsråd.
- /6/ GORI (1979). GORI Vac. Princip og procesbeskrivelse.
- /7/ Grandjean P (1983). Metaller. I: Andersen I (red.) Basisbog i arbejdsmedicin. Del II. Risikofaktorer i arbejdsmiljøet. Arbejdsmiljøinstituttet. København.
- /8/ Hansen MK (1986). Vandfortyndbare malevarers arbejdsmiljøegenskaber. Delrapport I og II. Arbejdsmiljøfondet. København.
- /9/ Hass U & Prior MB (1986). Nordiska expertgruppen för gränsvärdesdokumentation. 64. Mineralsk terpentiner. Arbeta och hälsa 1. Arbetarskyddsverket. Stockholm.
- /10/ Jensen B & Imsgård F (1984). Trævinduers behandling og holdbarhed. Faårg och lack scandinavia 3: 2-7.
- /11/ Jensen LD (1987). Nordiska expertgruppen för gränsvärdesdokumentation. 77. Træstøv. Arbeta och hälsa 36. Arbetsmiljöinstitutet, Solna.
- /12/ Jensen GE & Jensen AA (1990). Arsen i arbejdsmiljøet. Dansk Kemi 5: 164-167

- /13/ Miljøstyrelsen (1990). Oversigt over godkendte bekæmpelsesmidler. Orientering fra Miljøstyrelsen 1. København.
- /14/ Nordiska expertgruppen för gränsvärdesdokumentation (1979). 8. Krom. Arbetarskyddsverket. Stockholm.
- /15/ Nordiska expertgruppen för gränsvärdesdokumentation (1981). 24. Organisk arsenik. Arbetarskyddsverket. Stockholm.
- /16/ Poulsen E (1983). Organotimforbindelser i det marine miljø. Miljøstyrelsen. København.
- /17/ Snoeij NJ, Penninks AH & Seinen W (1987). Biological Activity of Organotin Compounds An Overview. Environmental Research 44: 335-353.
- /18/ Stokinger HE (1981). The Metals. I: Clayton GD & Clayton FD (eds): Patty's Industrial Hygiene and Toxicology. John Wiley and Sons Inc., New York. 2nd ed.
- /19/ Statens Forurensningstilsyn (1982). Miljøverntiltak ved treimprægneringsanlegg. SFT-rapport nr. 52. Oslo.

3.5 Flyveaske i byggematerialer

I forbindelse med dette projekts fase B blev det besluttet at give en kort omtale af hvilke faktorer, der påvirkes i såvel arbejdsmiljøet som det ydre miljø som følge af flyveaskens indførelse i cementproduktionen.

3.5.1

Sammensætning

Flyveaske er en kunstig puzzolan, der fremkommer som forbrændingsrest fra kraftværker, når kedlerne fyres med finformalet kul. Flyveaske består hovedsageligt af aluminiumssilikatglas i form af kuglerunde partikler.

3.5.2

Anvendelse

Flyveaske anvendes i cementproduktionen som et råmateriale ved at blande det sammen med sand, kridt og ler, der brændes ved ca. 1400°C til cementklinker.

Derudover tilsættes der flyveaske ved formaling af cementklinker til cement. Den tilsatte flyveaskemængde afhænger af cementkvaliteten. Den mest brugte cementkvalitet, standardcement indeholder op til 30% flyveaske og typisk 20-25%. Hovedparten af dette flyveaske er tilsat ved formalingen. Elementfabrikker o.lign. anvender hovedsaglig Rapidcement, som kun indeholder 5% flyveaske.

3.5.3

Arbejdsmiljøproblemer

I forbindelse med flyveaskens indførelse i cementindustrien sidst i 70'erne er der foretaget undersøgelser af, hvorledes arbejdsmiljøet påvirkes for cement- og betonarbejderne.

Arbejdsmiljøfaktorer

Flyveaske indeholder bl.a. krystallinsk kvarts, tungmetaller og POM, polycyclisk organisk materiale, hvoraf nogle forbindelser er kræftfremkaldende. Dette gælder også α -kvarts.

Tungmetaller og POM

Tungmetalindholdet og indholdet af POM i flyveaske varierer alt efter den anvendte kulkvalitet og forbrændingsmetode. Indholdet af tungmetaller og POM i flyveaske er af en sådan størrelsesorden, at det ikke vil påvirke de resul-

terende hygiejniske grænseværdier for flyveaskestøv, cementstøv eller støv hidhørende fra nedbrydning af beton. /1/

Indholdet af krystallinsk kvarts i flyveaske varierer fra kraftværk til kraftværk. I det respirable flyveaskestøv er der et indhold af α -kvarts på 2 - 4 % og i totalstøvet et indhold på 8 - 10%.

Grænseværdier

Grænseværdierne for respirabelt støv og totalstøv indeholdende α -kvarts fastsættes efter nedenstående formler /1/:

$$GV_{\text{resp}} = \frac{10}{2 + \% \alpha\text{-kvarts}}$$

(GV_{resp} = grænseværdi for respirabelt støv)

$$GV_{\text{tot}} = \frac{30}{3 + \% \alpha\text{-kvarts}}$$

(GV_{tot} = grænseværdi for total støv)

Grænseværdien for respirabelt flyveaskestøv indeholdende 4% vil således være $1,7 \text{ mg/m}^3$ og grænseværdien for den totale flyveaskestøvfraktion indeholdende 10% α -kvarts vil være $2,3 \text{ mg/m}^3$. Til sammenligning kan nævnes, at de tilsvarende grænseværdier for inert mineralsk støv er henholdsvis 5 mg/m^3 og 10 mg/m^3 .

Standardcement indeholder som omtalt tidligere op til 30% flyveaske og kan derfor i teorien indeholde 1% α -kvarts i den respirable fraktion og 3% α -kvarts i total fraktionen, hvilket indebærer at grænseværdierne for standardcement er henholdsvis $3,3 \text{ mg/m}^3$ for respirabelt støv og 5 mg/m^3 for totalstøv.

Dette maksimale støvindhold ligger således til grund for dimensionering af støvningsanlæg til cementindustrien.

3.5.4

Udvaskning af tungmetaller

Udvaskning af tungmetaller fra flyveaske i vandigt miljø er bl.a. undersøgt af Dansk Elværks Forening. Ifølge denne undersøgelse er det først og fremmest perkolatets pH-værdi, samt indholdet af sulfat, arsen, bor, chrom, molydenbæn, selen og vanadium man bør være opmærksom på. Så vidt vides har senere udvaskningsforsøg ikke ændret denne konklusion.

Eventuelle udvaskninger af tungmetaller fra beton indeholdende flyveaske er ikke kendt.

3.5.5

Referencer

- /1/ A. Nørholm og B. Osbæk: "Fly ash and related R & D activities in Denmark".
- /2/ Dansk Elværks Forening "Miljømæssige aspekter ved deponering af flyveaske fra danske kraftværker", publ. nr. 25, 1980

3.6 Overfladebehandling af beton

3.6.1

Indledning

Der findes i dag en række forskellige overfladebehandlinger til anvendelse på betonkonstruktioner. Deres hovedopgave er at stoppe eller reducere nedbrydningen af betonen og at give overfladen et ønsket udseende. Det er disse overfladebehandlinger, der bliver redegjort for i dette afsnit.

Afgrænsning

Næsten alle typer overfladebehandlinger af beton er kendetegnet ved, at produktet påføres betonoverfladen i væskeform ved hjælp af pensel og/eller ved sprøjtning. Nogle typer hæfter kun til overfladen, mens andre trænger et stykke ind i betonen, op til 20 mm, hvorved en evt. senere rengøring (fjernelse af overfladebehandlingen) af betonoverfladen besværliggøres eller i værste fald umuliggøres, medmindre man helt fjerner en del af betonoverfladen.

Overfladebehandlinger, der omfatter membraner og forseglinger med f.eks. bitumen, gummi, epoxy m.v., anvendes normalt kun i særlige tilfælde f.eks. i forbindelse med reparation af betonbygværker, der er nedbrudt eller skadet på grund af alkalikiselreaktioner, frost, armeringskorrosion m.v.

Derudover bruges de til overfladebehandling af betonkonstruktioner, hvor betonen kan blive udsat for kraftige/stærke fysiske og kemiske belastninger, f.eks. i rensningsanlæg, rådnetanke, industrigulve mv. På den baggrund er vand- og diffusionstætte membraner og forseglinger af, f.eks. bitumen, gummi og epoxy, ikke medtaget i beskrivelsen.

Mængdemæssige forhold

Da det på forhånd er skønnet, at overfladebehandling af beton ikke er et tungtvejende problem for affaldsbortskaffelsen af beton, er der brugt meget begrænsede ressourcer til udarbejdelsen af dette afsnit. Der er bl.a. ikke indhentet tal på forbrugte mængder overfladebehandlingsmateriale eller andre mængdemæssige oplysninger.

Generelt om miljømæssige forhold og genanvendelse

Med hensyn til miljømæssige forhold ved anvendelse og bortskaffelse af overfladebehandlet beton indeholder dette afsnit kun specifikke beskrivelser af faremomenter ved påføring af overfladebehandlingsmaterialet.

Generelt kan det siges, at der - såvidt vides - ikke er konstateret ydre miljøproblemer, der kan sættes i direkte forbindelse med overflade-

behandlingen ved renovering, nedrivning og bortskaffelse af overfladebehandlet beton.

Det må dog konstateres, at bortskaffelsen af overfladebehandlet beton har en vis bevågenhed. F.eks. har Miljøkontrollen i København krævet analyser for bly og cadmium af sandet fra sandblæsning fra renoveringen af Knippelsbro i København i 1989-90 med henblik på bestemmelse af deponeringssted for sandet.

I skrivelse af 27.marts 1990 fra Miljøstyrelsen ("Anvendelse af rent, sorteret bygningsaffald til bygge- og anlægsformål") fremgår det af bilagslisten, at byggeaffald, der skal genanvendes, og dermed fritages for affaldsafgift, ikke må: "... indeholde rester af maling, lak eller andre forurenende stoffer".

Det må dog konstateres, at det i dag accepteres, at beton med f.eks. et lag maling bliver modtaget og knust på knuseanlæg med henblik på genanvendelse.

Der er altså tale om en uklar grænse for det acceptable niveau for indhold af overfladebehandlet beton i brokker, som knuses til genanvendelse.

3.6.2

Hovedgruppeinddeling

For at forenkle beskrivelsen af forskellige typer overfladebehandlinger er det nødvendigt med gruppering.

Overfladebehandling af betonkonstruktioner har til hovedformål at gøre betonen mere modstanddygtig over for nedbrydning og at give den et æstetisk tiltalende udseende. På den baggrund kan de forskellige typer overfladebehandlinger inddeles efter fysiske egenskaber.

I denne rapport er overfladebehandlingstyperne fordelt på følgende hovedgrupper:

- fugtafvisende
- karbonatiseringsbremsende
- kloridbremsende/afvisende
- revnedækkende
- understøbninger
- malinger

Der vil i det efterfølgende blive givet en beskrivelse af de forskellige hovedgrupper af overfladebehandlinger samt eksempler på produkter inden for hver kategori.

I øvrigt henvises til /1/ og /2/

Beskrivelse af hovedgrupperFugtafvisende

Betonen gøres vandafvisende ved, at der dannes hydrofobe forbindelser i porerne og i kapilar-systemet. Produkterne har en imprægnerende virkning, dvs. de har en stor indtrængningsdybde i det aktuelle byggemateriale (1-20 mm).

Tidligere produkter var hovedsagelig baseret på polymer-harpiksopløsninger (silikone-, acryl- og epoxy-harpiks), men i den senere tid er man gået mere over til produkter på silan-basis (oligomere siloxaner).

Produkterne er brandfarlige, irriterer øjne, luftveje og hud.

Produkterne kan benyttes på alle typer beton, puds og mørtel.

Karbonatiseringsbremsende

Produkterne hindrer CO₂-indtrængning i betonen ved en overfladebehandling med høj CO₂-diffusionsmodstand. Det er af stor betydning for effekten af behandlingen, at der benyttes en porefri maling.

De bedste resultater opnås med produkter, som er baseret på forskellige acrylplast-forbindelser (bl. a. acrylatharpiks og metacrylat), men der bruges også produkter, som er baseret på silan-basis (oligomere siloxaner).

Produkterne kan indeholde opløsningsmidler, dvs. er farlige ved indånding og ved kontakt med øjne og hud.

Produkterne kan benyttes på alle typer beton og mørtel.

Kloridbremsende/-afvisende

Produkterne hindrer opløste chlorider i at trænge ind i betonen ved at gøre den vandafvisende, dvs. at porer og kapilarer bliver hydrofobe, således at vand og opløste chlorider ikke kan diffundere ind i betonen.

Endvidere må overfladebehandlingen have en stor diffusionsmodstand mod chlorider.

Tidligere bestod produkterne af relativt rene kunstharpikser (f.eks. polyurethan og epoxy), men nyere produkter er i hovedsagen baseret på forskellige typer silaner.

Produkterne er farlige ved indånding og i kontakt med øjne og hud.

Produkterne kan benyttes på alle typer beton og mørtel.

Revnedækkende/Revneoverlappende

Produkterne hindrer indtrængning af fugt og saltopløsninger som følge af revnedannelser i betonen. Dette opnås ved, at behandlingen forsegler overfladen og derved bygger bro over sprækker og revner.

Behandlingen er karakteriseret ved høj elasticitet og brudforlængelse samt høj smidighed.

Produkterne er i hovedsagen baseret på polyurethan, hvilket bidrager til at give behandlingerne de meget elastiske egenskaber, dvs. stor brudforlængelse.

Produkterne kan indeholde sundhedsskadelige TDI-baserede isocyanater. Farlige ved indånding og irriterer øjne, luftveje og hud.

Malinger (primært til æstetiske formål)

Når det gælder såkaldte "æstetiske" malinger har disse som primæropgave at give konstruktionen et æstetisk indbydende udseende, samtidig med at de ikke skal påvirke underlagsmaterialets bestandighed.

Det er imidlertid sædvanligt, at de tidligere rene overflademalinger også har andre tillægsegenskaber som f.eks. at være vandafvisende, karbonatiseringsbremsende, osv. Dette betyder, at når det gælder en kemisk opbygning, kan de forskellige malinger variere meget afhængigt af hvilke tillægsegenskaber, de har.

Malingerne består af følgende hovedbestanddele:

- bindemiddel baseret på akryl (methylnmeta- og butylakrylat)
- fyldstoffer
- opløsningsmidler i hovedsagen baseret på alkoholer
- tilsætningsstoffer (additiver) herunder pigmenter

Disse forskellige bestanddele kan igen indeholde forskellige mere eller mindre skadelige

stoffer. Det er specielt pigmenterne, som er bestemmende for malingens farve og dækkende egenskaber, som kan indeholde skadelige stoffer i form af forskellige tungmetallforbindelser.

Eksempler på dette kan være blykarbonat, blymolybdatkromat, cadmiumsulfidselenid, kviksølv-sulfid, m.m.

Generelt er forbruget af farvepigmenter, der indeholder tungmetallforbindelser faldet i Danmark. Det er usikkert, om der i importerede produkter findes sådanne forbindelser. Man må dog forvente, at de nævnte farvepigmenter findes i malinger i gamle bygværker.

På baggrund af de store variationer inden for sammensætningen af de forskellige typer overflademalinger er det vanskeligt at opstille en entydig oversigt, som viser egenskaber, opbygning, anvendelsesområde, osv.

3.6.4

Referencer

- /1/ DTI/Overfladeteknik (1989): Materialer til reparation og overfladebeskyttelse, Markedsoversigt, 1989.
- /2/ DTI/Overfladeteknik (1989): "Karbonatiseringsbremsende overfladebeskyttelse"

4. Registrering og affaldsvurdering af byggeprodukter

I kapitel 2 og 3 blev en række miljø- og sundhedsmæssige aspekter omkring udvalgte byggematerialer præsenteret med vægten lagt på håndtering og bortskaffelse af affald herunder genanvendelse.

Gennemgangen viser bl.a., at det ofte kan være vanskeligt at indhente alle de data, som synes nødvendige for en fuldstændig affaldsvurdering. Der er behov for at få udviklet en systematik for indsamling og registrering af data og en metode for den efterfølgende affaldsvurdering.

I dette kapitel præsenteres et forslag til en registreringsmodel for byggeprodukter, som bl.a. indebærer, at en række standardiserede oplysninger indsamles og vurderes med henblik på at kunne beskrive ydre miljø- og arbejdsmiljøproblemer ved bortskaffelse af affald fra opførelse, vedligeholdelse og nedrivning af byggeri og anlæg. Endvidere præsenteres et forslag til vurderingsmetode, hvor sagkyndige vedrørende byggeri og anlæg, affaldsbortskaffelse og miljø- og sundhedsmæssige forhold for stoffer, materialer og processer indenfor byggeriet ved en trinvis fremgangsmåde kan finde og beskrive de væsentligste problemer i forbindelse med arbejdsmiljø og ydre miljø.

Resultatet af denne affaldsvurdering af byggeprodukter i tilknytning til opførelse, vedligeholdelse og nedrivning af byggeri og anlæg indarbejdes i den nævnte registrering. Herved gives projekterende og rådgivende indenfor branchen såvel som myndigheder og andre interesserede mulighed for at lade miljømæssige prioriteringer indgå i valget af byggeprodukter.

Det er dog vigtigt at understrege, at den foreslåede registrering og vurderingsmetode er koncentreret om byggeprodukternes skæbne efter fremstillingsleddet. Før en fuldstændig "vuggetil-grav"-vurdering kan gennemføres skal de foregående trin - fremstilling af råvarer, halvfabrikata og færdigvarer - indarbejdes i systematikken.

4.1 Oplæg til registreringssystem

Med det hovedsigte at foretage en løbende evaluering af udviklingen på bygge- og anlægsområdet set i relation til renere teknologi skal

der etableres et registreringssystem for materialer, anvendelsesformer, metoder og produkttyper i fremtidens bygge- og anlægsarbejder.

Desuden skal registreringen tjene til løbende vurdering af udviklingen mht. mængder og sammensætning af miljøproblematiske bygge- og anlægsaffald.

4.1.1

Eksisterende systemer

Der foretages i dag registreringer på baggrund af lovpligtige godkendelsesordninger og frivillige kontrolordninger samt af Danmarks Statistik.

Godkendelsesordningerne og kontrolordningerne er beskrevet i SBI-anvisning nr. 122 "Godkendelses- og kontrolordninger for byggevarer".

Godkendelserne fra godkendelsesordningerne indgår i "Byggedata", som udgives i abonnement og ajourføres af Byggecentrum.

Kontrolordningerne administreres af uvildige udvalg, mens Danmarks Statistik selv indsamler sine oplysninger.

Godkendelsesordninger

Ordningerne omfatter byggevarer og er stort set knyttet til 3 love:

- Byggelov af 26. juni 1975 nr. 323 med tilhørende bygningsreglementer.
- Lovbekendtgørelse nr. 669 af 28. december 1977 om lov om elektriske stærkstrømsanlæg med tilhørende stærkstrømsreglement.
- Lov om gasinstallationer og installationer i forbindelse med vand- og afløbsledninger af 8. juni 1978 nr. 250 med tilhørende gasreglement.

Alle 3 love med tilhørende reglementer indeholder i større eller mindre udstrækning krav om godkendelse af materialer, materiel og konstruktioner.

Herudover eksisterer en særlig godkendelsesordning for olietanke i henhold til Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 386 af 21. august 1980.

Før i tiden var der i boliglovgivningen krav om anvendelse af bestemte angivne materialer og

konstruktioner. Disse krav er i vid udstrækning afløst af funktionskrav, og i tilknytning her- til har man tilstræbt at udvikle prøvningsmeto- der, der muliggør, at man kan kontrollere, at funktionskravene er opfyldt.

Imidlertid har det ikke været muligt at opstil- le funktionskrav for alle i byggeri og anlæg forekommende tekniske og konstruktive forhold, ligesom man ikke altid har kunnet udforme funk- tionskravene tilstrækkeligt entydige til, at det uden videre har kunnet konstateres om et materiale eller en konstruktion opfylder krave- ne.

Der er på baggrund heraf åbnet mulighed for at nye materialer, konstruktioner og bygningsdele kan godkendes, og i flere tilfælde er det i bygningsreglementet bestemt, at der kun må an- vendes godkendte materialer.

Godkendelserne betegnes MK-godkendelser (Ma- terialer og Konstruktioner) og indgår som nævnt i "Byggedata".

Godkendelsesordningerne omfatter:

- Materialer og konstruktioner
- Vand- og afløbsmateriel
- Demko
- Dansk Gasmateriel Prøvning
- Prøvningsudvalget for olietanke

Der registreres dels efter de firmanavne og dels efter de varenavne, der indgår i Boligmi- nisteriets MK-godkendelser. Detaljeringsgraden er meget stor, men da opdelingen går på bygge- varer, er det ikke umiddelbart muligt at iden- tificere specifikke materialer.

De enkelte MK-godkendelser omfatter punkterne:

- Materiale eller konstruktion
- Betegnelse
- Ansøger
- Beskrivelse
- Godkendelse
- Mærkning
- Kontrol
- Godkendelsens varighed
- Bemærkninger

Eksempler: "Deconstic mineraluldsplader", "Eco- phon akustikplader kant A", "Tretford". Se bi- lag.

Set fra et helhedssynspunkt er det således kun en mindre andel af byggevarerne, der er omfat- tet af godkendelsesordninger, og det er ikke her muligt at opstille entydige materialeka-

tegoriseringer. Der er ikke i MK-godkendelserne indbygget miljødata eller lignende, men omvendt synes målet med nærværende registreringstanker ikke at stride mod intentionerne med kontrolordningerne. Mængderegistreringer er ikke indeholdt, men nye materialer/produkter vil blive registreret.

Kontrolordninger

Formålet med kontrolordningerne er at medvirke til, at produktionen i de tilsluttede virksomheder foregår under betryggende kontrol og i overensstemmelse med danske normer og forskrifter.

Kontrolordninger består af en vedtægt, et sæt tekniske bestemmelser og en uvildig instans. Dansk Ingeniørforening har udarbejdet en standardvedtægt, og det er den, der er grundlag for nærværende beskrivelse.

En ordning etableres af en brancheforening og administreres af et kontroludvalg, som er den uvildige instans.

Kontroludvalget har 3 medlemmer, som ikke må være forretningsmæssigt knyttet til byggeproduktbranchen.

De 3 udvalgsmedlemmer bør repræsentere hhv. en forbrugerorganisation, rådgivende arkitekter/-ingeniører og et uafhængigt teknisk forskningsinstitut.

Udvalget supplerer sig til visse opgaver med 2 medlemmer udpeget af brancheforeningen.

Det supplerede kontroludvalg foranlediger etableret et sekretariat med en sekretær uafhængig af branchen. Sekretariatet skal forestå udvalgets praktiske arbejde.

En kontrolordnings struktur er vist på fig. 4.1.1.

Af kontroludvalgets opgaver kan nævnes:

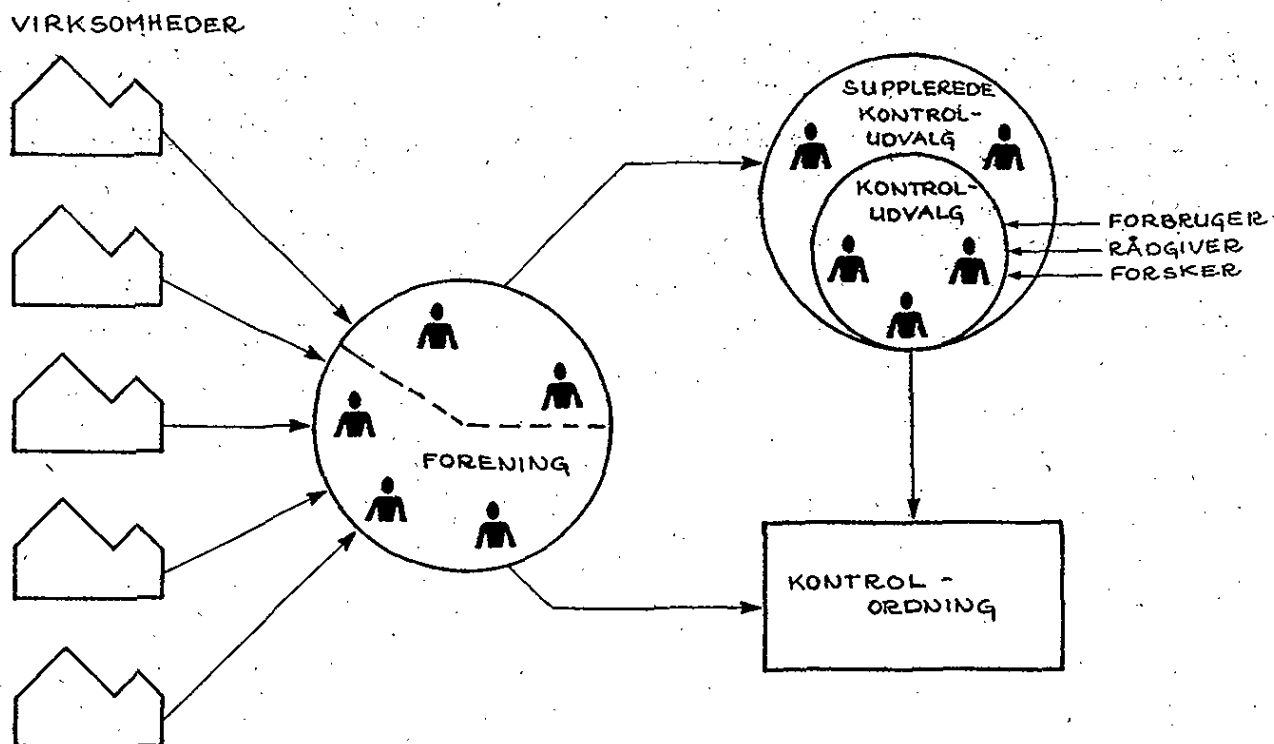
- Opstilling af kontrolkrav og
- udformning og ajourføring af tekniske bestemmelser

De tekniske bestemmelser stiller krav om, at der skal foreligge en teknisk beskrivelse for hvert standardprodukt.

Derudover stilles der krav til:

- Lager og produktionslokaler,
- materialer og delkomponenter,
- konstruktion og udførelse og
- kvalitetsstyring.

Nævnte punkter kontrolleres efter en nøje fastsat procedure af kontroludvalget ved 1-2 årlige uanmeldte kontrolbesøg - ofte udført af sekretariatet.



Figur 4.1.1 Mulig organisering af byggevareregistrering

Der findes kontrolordninger på områderne:

- Fabriksbeton
- Betonvarer
- Betonelementer
- Letbeton
- Mursten
- Mørtel
- Konstruktionstræ
- Fingerskarret træ
- Limtræ
- Fabriksfremstillede træspærfag
- Træplader
- Brandimprægneret træ
- Imprægneret træ
- Vinduer og yderdøre
- Varmeisolering
- Hulrumsisolering
- Vådrum
- Gylletanke

Virksomheder, der fremstiller nævnte produkter, kan søge om optagelse i kontrolordningen, og såfremt de nødvendige krav til produktion og driftskontrol opfyldes, bliver virksomheden optaget i kontrolordningen. Kun godkendte virksomheder kan anvende det indregistrerede kontrolmærke for den pågældende ordning, og det er alene virksomheden, der hæfter for leverede produkter.

Hvis en virksomhed trods påtale ikke skønnes at tilfredsstille de nødvendige krav, kan den blive suspenderet.

Kontrolordningerne er ikke pligtige og indeholder ikke mængderegistreringer. De indeholder ikke miljødata, og vedtægterne rummer ikke umiddelbart mulighed for at optage miljødata. Omvendt ligger der i intentionerne med kontrolordningerne ingen konflikt med nærværende tanker om at registrere miljødata.

Nye materialer/produkter vil blive registreret, idet der er tale om en løbende ordning.

Danmarks Statistik

Varestatistikken (dansk produktion) og Udenrigshandelsstatistikken (import/eksport) er baseret på frivillige anmeldelser fra virksomheder med mere end 6 ansatte.

En sammenstilling af de 2 statistikker giver mulighed for at udarbejde en forsyningsbalance. Desuden er den anvendte varenummerering (brugstariffen) søgt gjort sammenfaldende med toldtariffens varegrupperinger, hvilket letter kontrollen med told- og momsbetalinger.

I statistikken kan materialer og produkter identificeres i et vist omfang (fx "blokke og mursten til bygningsbrug, af letbeton også forstærkede", "tagsten"). Det kan være vanskeligt at afgøre i hvor høj grad en registreringsposition vedrører bygningsprodukter (fx "krydsfinér udelukkende af træplader, tykkelse af hver plade max. 6 mm, af nåletræ"). Nye materialer/produkter vil næppe registreres direkte, idet de vil blive indplaceret i eksisterende kategorier.

Konklusion

Der findes ikke ordninger, der kvalitativt og kvantitativt dækker alle områder på entydig vis ud fra et materialesynspunkt.

De bredeste registreringer fås gennem Danmarks Statistik, men detaljeringsgrad og inddeling er ikke tilstrækkelig.

På baggrund af ovenstående samt den omstændighed, at kontrolordningerne er frivillige, viser det sig mest hensigtsmæssigt at bygge videre på disse, suppleret med punkter fra MK godkendelserne, med en overordnet koordinering af Byggecentrum.

4.1.2

Forslag til registreringsmodel

I det følgende beskrives et forslag til fremtidig registreringsmodel for byggevarer. Som nævnt bygges der videre på de eksisterende registrerings- og kontrolordninger. Det forudsættes, at der er tale om frivillige ordninger. Den krævede deklaration skulle medvirke til at gøre det attraktivt at tilslutte sig registreringsordningen.

Registreringen skal omfatte såvel produkter og materialer som mængder.

Den skal bruges ved affaldsvurderingen pkt. 4.2, men kan også bruges ved en større sammenhængende miljøeffektvurdering af byggevarer.

Desuden skal der finde en formidling sted af data til brugere og andre implicerede.

Hertil er der behov for et system, - samt en deklaration som har en central rolle i systemet. Det foreslåede system beskrives i hovedtræk i det følgende.

De enkelte branchers kontroludvalg samler data for hver branche. Data for alle brancher samles af Byggecentrum, som koordinerer og formidler via "Byggedata".

Et af formålene med registreringen er som bekendt at få foretaget en affaldsvurdering jf. pkt. 4.2.

Denne vurdering foretages af uvildige eksperter på området, - i det følgende kaldet vurderingsudvalg.

Vurderingsudvalget skal også, som det fremgår af nedenstående registreringsmodel, være kontroludvalget behjælpelig med kontrol af udfyldte deklarationer. Her tænkes især på data, som har miljømæssig betydning.

Med hensyn til deklarationens udformning henvises til pkt. 4.1.4. og figur 4.2.

Figur 4.2

**Sagsgang omkring deklARATIONER
for byggevarer (forslag)**

DEKLARATIONSPUNKT	UDFØRES AF
Deklarationsblanket fæles for alle registreringer udarbejdes	Byggecentrum
Deklaration udfyldes - Betegnelse - Virksomhed - Beskrivelse - Anvendelsesområder - Levetid - Miljødata - Affaldshåndtering - Affaldsmængder - Bemærkninger (evt.)	Virksomhed
Udfyldt deklARATION kontrolleres	Kontroludvalg - sekretær (Vurderingsudvalg)
Deklareret vares miljøeffekt vurderes	Vurderingsudvalg
Deklaration justeres - Miljødata - Affaldshåndtering - Affaldsmængder	Kontroludvalg - sekretær/Vurderingsudvalg
Deklaration færdiggøres - Mærkning - Gyldighed - Bemærkninger (evt.)	Kontroludvalg - sekretær
Samlet registrering varer - materialer	Byggecentrum (via Kontroludvalg - sekretær)
*) Ansøgning om ibrugtagningstilladelse suppleres med mængdeoplysninger om benyttede materialer og varer med angivelse af BVR-nr.	Bygherre
Registrering af mængdeoplysninger	Kontroludvalg - sekretær (via kommunal sagsbehandling)
Overordnet samlet registrering af mængder, varer og materialer	Byggecentrum (via Kontroludvalg - sekretær)
Ajourføring Udgivelse	
Initiering af substitution af miljøbelastende varer/materialer	KGB**)

*) Blanket udarbejdes i koordination med den fornyede kommunale sagsgang incl. affaldsdeklARATIONER, der er peget på i projekt vedr. styringsmidler for bygge- og anlægsaffald ("Genanvendelse af bygge- og anlægsaffald i kommuner i Århus Amt")

**) KGB er forkortelse for den af Miljøstyrelsens Genanvendelseskontor nedsatte Koordinations-Gruppe vedr. Bygge- og anlægsaffald.

Den skitserede registreringsmodel er diskuteret med Hans Nielsen og Per Friis Mortensen, Dansk Teknologisk Institut /1/, som begge er både medlem af kontroludvalg og sekretær for andre kontroludvalg. De ser ekstra arbejdsopgaver for kontroludvalgene og har derfor peget på, at så meget som muligt af arbejdet skal lægges over på kontroludvalgenes sekretærer.

Modellen er også diskuteret med afd.leder Fl. Nielsen, Byggecentrum /2/, ansvarlig for Byggedata, som gav udtryk for, at Byggedata er det

rigtige medium for en koordinering og formidling af den skitserede registrering og ser positivt på løsning af opgaven. Men det påpeges, at hvis registreringen får et omfang overstigende 10-20 byggevarer, har det ekstraarbejde Byggedata hermed får, en økonomisk konsekvens. Dvs. man skal have dækket de omkostninger, der er forbundet med at arkivere nye registreringer hos alle abonnenter.

EF-direktiv

Desuden skal i denne sammenhæng peges på EF-direktivet af 21. december 1988 om indbyrdes tilnærmelse af medlemsstaternes love og administrative bestemmelser om byggevarer.

I direktivet stilles der krav inden for områderne:

- Mekanisk modstandsdygtighed og stabilitet
- Brandsikring
- Hygiejne, sundhed og miljø
- Sikkerhed ved anvendelsen
- Beskyttelse mod støjgener
- Energibesparelser og varmeisolering

Det er tanken at håndhæve kravene gennem ordninger omfattende bl.a. kontrol, afprøvning og mærkning.

Det er - så vidt det har kunnet oplyses - endnu usikkert, hvilken indflydelse nævnte EF-direktiv får på den eksisterende registrering af byggevarer, godkendelses- og kontrolordninger i Danmark.

Dermed vil indflydelsen på en evt. udbygning af kontrolordningerne til også at omfatte registrering med sigte på miljøeffektvurdering også være meget usikker.

4.1.3

Indhold af deklaration

Ved udformningen af deklarationen til registrering af byggeprodukter og -materialer er der taget udgangspunkt i MK godkendelserne. De omfatter en række punkter, der i dette forslag til deklaration er suppleret med en række andre punkter, som relaterer sig til miljøforhold i forbindelse med opførelse, vedligehold/renovering og nedrivning.

Deklarationens udformning ses i figur 4.1.3:

Figur 4.1.3 Deklaration af byggevarer

BETEGNELSE	FABRIKAT - TYPE
Virksomhed	Fremstillingsvirksomhed/importør
Beskrivelse	- Specifikation af alle indgående materialer med angivelse af mængder (fx g/m², kg/stk). - Pct.fordeling af indgående materialer. - Opbygning - Dimensioner/variationer - Kendetegn
Hjælpemidler	Specifikation af alle indgående materialer med angivelse af pct.fordeling.
Energiforbrug	Specificeres for: - Opførelse - Vedligeholdelse/renovering - Nedrivning
Anvendelsesområder	- Godkendte/anbefalede anvendelsesområder angives.
Mærkning	- Fabrikant/importørmærke, indregistreret kontrolmærke samt BVR-nr. på varen.
Levetid, vedligeholdelse	Mindste garanterede levetid.
Miljødata interne, eksterne	Angivelse af fareklasser og R- og S-sætninger ved håndtering og montering på byggeplads (incl hjælpematerialer). Angivelse af miljø- og eller personskeadelige afgasninger eller forvittringer efter montage. Problemer ved den affaldsgenererende proces fx nedrivning.
Affaldsmængder	Hvilke affaldsmængder og typer produktet/materialet der genereres ved hhv. - opførelse - renovering/vedligeholdelse - nedrivning
Affaldshåndtering	Egenskaber i forhold til hhv. genanvendelse og oparbejdning specificeres. Kan det bruges direkte, skal det separeres i enkelte bestanddele, før det kan genanvendes? Er der herved og ved oparbejdning i øvrigt problemer med hhv. arbejdsmiljø og eksternt miljø? Egenskaber i forhold til forbrænding specificeres. Kan alm. kontrolleret forbrænding anvendes, eller skal det forbrændes hos Kommunekemi? Der skal redegøres for evt. særlige forholdsregler, som skal tages med henblik på de pr. 1/1 1991 gældende krav til røgrønsning. Egenskaber i forhold til deponering bl.a. nedslivningsforhold specificeres. Skal det på specialdepot, til kommunekemi eller på almindelig kontrolleret losseplads?
Registreringens gyldighed	Udløb af registreringens gyldighed noteres.
Bemærkninger	Herunder så vidt muligt oplysninger om miljø- og arbejdsmiljøforhold samt energi- og materialerforbrug ved fremstilling. Manglende bemærkninger er ikke ensbetydende med, at der ikke er miljømæssige problemer i fremstillingsledet.

Der skal som afslutning på dette afsnit knyttes et par kommentarer til enkelte af deklarationens punkter:

BVR-nr.

BVR er en forkortelse af Byggevarerregistrer.

Der er ikke på nuværende tidspunkt taget stilling til strukturen i BVR-nummereringen. Der findes imidlertid et internationalt anerkendt klassifikationssystem for byggeri: - SfB-systemet. En række lande i CIB (den internationale byggesamarbejdsorganisation) samarbejder om at udvikle og ajourføre SfB-systemet.

Byggecentrum er dansk licensholder på SfB-systemet. Med licensen følger en forpligtelse til på nationalt plan at ajourføre og vedligeholde systemet samt at udbrede kendskabet til SfB gennem publikationer og anden form for informationsvirksomhed.

SfB-systemet er meget overordnet og kan ikke anvendes direkte i BVR-nummereringen.

Men det vil med tanke på den fremtidige registrering i EF-regi nok være en god idé at lade SfB-koden være en del af Byggevareregistreringsnummeret.

Levetid, vedligehold

Da der ikke findes systematiserede levetidsbestemmelser, hvor fx klimatiske forhold er medtaget, skal angivelsen af levetid være fabrikantens/importørens egen.

Der er på Dansk Teknologisk Institut udviklet et drift- og vedligeholdssystem for byggeri DDVS (Dansk Drift og Vedligeholdssystem). I systemet, som er EDB-baseret, er alle bygningsdele beskrevet tillige med deres vedligehold og eftersyn samt omkostningsbudgetter herfor.

Systemet rummer endnu ikke mulighed for at bestemme levetider, men der arbejdes p.t. med muligheden.

Miljødata, R- og S-sætninger

R- og S-sætninger er hhv. risikoangivelser og sikkerhedsforskrifter, der skal anvendes ved mærkning af farlige kemiske stoffer og produkter i henhold til "Bekendtgørelse om klassificering, emballering, mærkning, salg og opbevaring af farlige kemiske stoffer og produkter", Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 662 af 14. oktober 1987.

Affaldsmængder

Det er ikke muligt at angive affaldsmængder og -typer præcist, med mindre man kender et produkts livsforløb incl. behandlinger o.l., som er et led i et systematiseret vedligehold. Et sådant livsforløb kan stort set forudbestemmes ved hjælp af DDVS.

Bemærkninger

Bemærkninger om miljø- og sundhedsforhold ved fremsstilling medtages, dels fordi der data-mæssigt gives input til vurderinger senere i byggevarens livscyclus, dels fordi systemet kan

udbygges til også at omfatte fremstillingsledet herudfra.

4.1.4

Referencer

- /1/ Hans Nielsen og Per Friis Mortensen, Dansk Teknologisk Institut
- /2/ Afd.leder Fl. Nielsen, Byggecentrum, ansvarlig for Byggedata.

4.2 Affaldsvurdering

I den oprindelige projektbeskrivelse indgik der i projektets fase C, at der skulle udarbejdes en metodik vedrørende renere teknologivurdering indenfor bygge- og anlægsområdet. Som baggrund for en sådan vurdering er der i afsnit 4.1 givet et forslag til en systematik til registrering af materialer, anvendelsesformer, metoder og produkttyper i fremtidens bygge- og anlægsarbejder.

Samtidig er der foretaget en afgrænsning af renere teknologi-vurderingen til kun at omfatte de miljø- og arbejdsmiljømæssige problemer omkring disponering af bygge- og anlægsaffald fra opførelse, vedligeholdelse og nedrivning. Vurderingen er derfor givet navnet: Affaldsvurdering.

Udgangspunktet for forslaget er de erfaringer, som Dansk Teknologisk Institut har høstet med projektet "Miljøvurdering af PVC og udvalgte alternative materialer" /1/. I dette projekt er der udviklet en ekspertbaseret, kvalitativ vurderingsmetode, som søger at indfange de trin i et materiales livsforløb, hvor der potentielt er størst problemer i forhold til energi- og materialeforbrug, arbejdsmiljø, ydre miljø, samt uheld.

Metoden går i korthed ud på at kombinere faser i et livsforløb med en række vurderingselementer i en vurderingsmatrix, som angiver, hvor de største potentielle problemer forventes på basis af litteraturstudier og interviews. Metoden begrænses af bl.a. at være materiale- og ikke produktorienteret og af at være historisk (problemer beskrevet i litteraturen). Metoden er meget kvalitativ og indeholder udelukkende subjektive, ikke-kvantificerbare vurderinger. Metodens fordele er, at den giver et rimeligt overblik over materialets miljøprofil, at indsatsen koncentrerer sig omkring de potentielt vigtigste problemer, og at vurderingsmatricerne kan anvendes til at sammenligne materialer.

Til brug for vurdering af bygge- og anlægsmaterialer er metoden ændret i forhold til metoden i det ovenfor omtalte PVC-projekt på en række punkter. En væsentlig begrænsning, er omkring livsforløbet for byggeprodukter, idet det anføres, at RT-vurderingen kun omfatter livsforløbet fra byggemodningsprocessen over vedligehold og renovering til nedrivning, genanvendelse og slutdisponering (affaldsforbrænding eller deponering).

Vurderingen omfatter således især aspekter vedrørende generering, håndtering, genanvendelse og bortskaffelse af affald fra byggeforløbet fra opførelse til nedrivning. Et forslag til vurderingsmatrix angives nedenfor.

Udover vurderingsfelter for de tre forskellige affaldsdisponeringer er der i matricen indarbejdet en række felter for selve den affaldsgenererende proces og de hermed forbundne potentielle miljø- og sundhedsproblemer.

Vurderingerne skal kun omfatte arbejdsmiljø og ydre miljø ved normale byggeaktiviteter, d.v.s. energiforbrug og forhold ved større uheld medtages ikke. Til gengæld opdeles affaldshåndteringen fra de enkelte faser i byggematerialernes livsforløb i selvstændige rubrikker for genanvendelse, forbrænding og deponering, idet der angives en vægtning imellem disse, som antyder den aktuelle eller mest sandsynlige fordeling på bortskaffelsesmuligheder (disponering).

Vurderingsmatricen udfyldes med en række markeringer; i første omgang for at angive hvor de største problemer forventes at ligge (screening), og i anden omgang efter indsamling af data for at markere en dokumenteret miljøprofil for byggematerialet (konklusion) jvf. følgende arbejdsfaser:

1. Screening af materialet i samarbejde med ekspert(er) for de væsentligste problemområder.
2. Indsamling af data om disse problemområder ved litteraturstudier og interviews.
3. Sammenfattende vurdering disponeret omkring de enkelte faser
 - byggeproces
 - vedligehold og renovering
 - nedrivning

hvor problemer i forhold til arbejdsmiljø og ydre miljø vurderes ved

- genanvendelse
- forbrænding eller
- deponering

Figur 4.2.1 Vurderingsmatrix for håndtering af byggevarer, der ender som affald ved opførelse, renovering og vedligehold samt nedrivning af byggeri og anlæg.

	Opførelse			Vedligehold Renovering			Nedrivning		
	Disp. %	Arb.- miljø	Ydre miljø	Disp. %	Arb.- miljø	Ydre miljø	Disp. %	Arb.- miljø	Ydre miljø
Affalds- generende proces	■■■■ ■■■■ ■■■■			■■■■ ■■■■ ■■■■			■■■■ ■■■■ ■■■■		
Genanvendelse									
Forbrænding									
Deponering									

Til brug for markeringen anvendes følgende nomenklatur:

- Potentielt meget belastende forhold
- Potentielt noget belastende forhold
- 0 Potentielt ikke belastende forhold
- ? Manglende data

"?" anvendes, når der mangler data, hvor det skønnes, at evt. data kan vise sundheds- eller miljøproblemer. "0" anvendes, når de foreliggende data ikke indikerer problemer eller, når der mangler data, hvis det skønnes, at evt. problemer vil være af ubetydeligt omfang i forhold til andre eksponeringer begrundet i, at der kun indgår små mængder.

Ved vurderingen lægges vægten på de problemer, som er karakteristiske for det aktuelle byggeprodukt. For en lang række byggeprodukter vil der være fælles problemer fx i forbindelse med overfladebehandling (maling, rengøring) eller manuel håndtering (tunge løft), som derfor anbefales beskrevet særskilt i et katalog over typiske miljø- og arbejdsmiljøproblemer indenfor byggeri og anlæg, hvortil der kan henvises i deklARATIONEN.

4.2.2

Produktvurdering

Denne metode vil primært skulle afdække de potentielle problemer ved (nye) byggematerialer eller byggemetoder. Inddragelse af økonomiske og praktiske erfaringer nødvendiggør en vurdering på produktniveau.

De produktorienterede tekniske, økonomiske og miljømæssige vurderinger kan opbygges omkring nogle arbejds-skemaer, som i princippet er checklister, der angiver hvilke oplysninger vurderingen forudsætter.

Sådanne checklister må opbygges udfra forventninger til et fremtidigt registreringssystem, hvor der bl.a. indgår deklARATIONER af (nye) byggeprodukter, fx i tilknytning til kontrol- eller godkendelsesordning.

En sådan byggeproduktdeklaration skal indeholde oplysninger om følgende:

- Materialiesammensætning fx procentfordeling på enkeltstoffer/stofgrupper, som dels angiver hovedbestanddele dels evt. problemstoffer.
- Sundheds- og miljødata, fx fra brugsanvisninger el. lign. udarbejdet i tilknytning til fremstilling af produktet; deklARATIONEN skal ikke indeholde detaljerede toksikologiske vurderinger, men henvise til litteratur el. lign., hvor sådanne i givet fald findes.
- Energi- og materialeforbrug ved fremstilling og anvendelse af byggeproduktet ved nybyggeri eller renovering/vedligehold; i dette projekt medtages data fra fremstilling kun i det omfang, det har afgørende betydning for affaldsvurderingen.
- Levetid og forskrifter for vedligehold d.v.s. oplysninger, som belyser produktets holdbarhed evt. afhængig af regelmæssig - og ressourceforbrugende - vedligehold.
- Muligheder for og problemer ved affaldshåndtering d.v.s. genanvendelse, forbrænding og deponering; hvis der foreligger oplysninger, som kan anvendes til en vurdering heraf, medtages de i deklARATIONEN. På længere sigt må man forvente, at data herom vil blive et krav for nye produkter.
- Affaldsmængder ved fremstilling, opførelse, renovering og vedligehold samt nedrivning; angives evt. som %-værdier af materialeforbruget. I dette projekt medtages ikke data fra fremstillingsledet.

Eksempler på screening af byggeprodukter

Udfra en gennemgang af "Godkendelsesordningen for Materiale og Konstruktioner" (Byggedata) blev der udvalgt tre eksempler, som repræsenterede materialegrupper fra de detaljerede dataindsamlinger i fase B:

- Etagehøje bærende vægelementer
- Tagplader
- Elementskorstene

Udfra det i afsnit 4.2.2 givne forslag til checkliste er der indsamlet oplysninger om de tre byggevarer, og disse oplysninger er screenet for potentielle problemer jvf. ovenstående matrix.

Eksemplerne har således gennemgået vurderingens trin 2 suppleret med en indledende dataindsamling (trin 2) baseret på kontakt til de aktuelle producenter/leverandører.

I det følgende gennemgås resultatet af disse screeninger i form af en gennemgang af de potentielle problemområder. Eksemplerne er valgt med henblik på at vurdere metodeforslaget, og de givne vurderinger må således ikke tages som udtryk for en endelig eller autoriseret miljø- og sundhedsmæssig vurdering af nogle bestemte produkter.

Etageelementer

Etagehøje, bærende vægelementer kan opbygges som en sandwichkonstruktion bestående af én ydre skal af vandfast konstruktionskrydsfinér, en kerne af glasuld og en indre skal af træfiberplade, gipsplade, cementspånplade eller krydsfinér. Endvidere indgår vandfastlimede kantskot af krydsfinér og evt. PVA-pålimet alufolie/kraftpapir som dampspærre.

Det er vanskeligt at anføre et eksempel på en typisk materialesammensætning af et element og herunder angivelse af materialeforbrug ved opførelse.

Ved opførelse påsættes skalmur på ydersiden, og indersiden overfladebehandles ved maling, tapetsering efter evt. påklæbning af glasvæv. Fodrem svejses og nedlægges i koldasfalt.

Der foreligger ikke oplysninger om generering af affald ved opførelse eller om erfaringer med sundheds- og miljøproblemer.

Arbejdsmiljøproblemer synes koncentreret omkring evt. rengøring af udstyr med opløsningsmidler ved nedlægning i koldasfalt, evt. affedtning/aftørring af alufolie med rester af

valseolier samt afgivelse af phenol- og formaldehyddampe fra sømlim (eksem, allergi).

Endvidere vil der i tilfælde af uheld med brand i den anvendte fugelim (en-komponent PUR) kunne udvikles cyanbrinte og andre giftige dampe.

Arbejdsmiljøproblemer ved maling og tapetsering er ikke specielle for denne byggevare og behandles derfor ikke nærmere.

Der forventes ikke at være ydre miljøproblemer ved opførelse.

Vedligeholdelse omfatter maling og tapetsering m.v. indvendig og evt. reparation eller udskiftning af skalmur (halvstensmur).

Ved nedrivning anføres, at genanvendelse synes mulig ved simpel demontage. Der foreligger ikke informationer om forventet disponering af affald fra nedrivning.

Ved evt. nedtagning og demontage kan der forventes fysiske arbejdsmiljøproblemer for hvilke, der bør tages særlige forholdsregler.

Elementernes levetid er ikke opgivet/kendt.

Tagplader

Tagplader kan fx fremstilles af cellulosefibre baseret på affaldspapir (50%) og bitumen (50%); sidstnævnte med et indhold af PAH på omkring 300 ppm, hvilket svarer til omkring 150 ppm pr. plade. Den præcise sammensætning kan ikke fremkaffes, da det henregnes til fortrolige produktoplysninger. Pladerne overfladebehandles med vandbaseret maling. Det skal specielt bemærkes, at de plader, der sælges i Danmark, ikke svarer til den givne MK-godkendelse.

Opførelse er knyttet til selvbyg af skure m.m., hvorfor eksponering for PAH-holdigt støv ved ud- og tilskæring kan være høj, men i meget korte tidsrum. Ved opførelsen anvendes diverse PVC-tilbehør og skumbølgeklodser, som ikke er vurderet nærmere. Affald fra opførelsen forventes bortskaffet med dagrenovationen, evt. storskrald. Mængden er formodentlig så begrænset, at det ikke giver målelige problemer ved forbrænding eller deponering.

Der er ikke vedligeholdelse af pladerne, da leverandøren anbefaler udskiftning, hvis pladerne går itu; bortskaffes som ovenfor.

Ved nedrivning kan der opstå kortvarige eksponeringer for PAH-holdigt støv. Affaldet forventes bortskaffet som storskrald eller til containerplads og kan derfor forventes deponeret. Forsøg med afsmitning til regnvand viser

ingen (eller meget lav) afgivelse af bl.a. PAH; der forventes derfor ikke problemer med deponering.

Levetiden er ca. 30 år (garanti for 20 år), hvilket er ca. halvdelen af gennemsnittet for byggevarer.

Elementskorsten

Elementskorsten kan i sin grundenhed bestå af elementer sammensat af pimpsten (24-29%), coated på indersiden med blanding af flyveaske og cement, som er tilsat et superplastificerende additiv. Sidstnævnte gør massen letflydende.

Ved opførelsen anvendes flisekløb og fugemasse; for ingen af disse hjælpematerialer foreligger der oplysninger. Forbruget af flisekløb udgør 1/2-1% af elementvægten. Der opstår stort set intet affald; dog må overskydende fugemasse skulle bortskaffes som kemikalieaffald, mens flisekløb efter hærkning kan bortskaffes som almindeligt byggeaffald.

Arbejdsmiljøproblemer synes begrænsede - udover hvad der generelt karakteriserer håndtering af større eller mindre bygningselementer; dog skal der tages hensyn til, at fliseklæberen formodentlig er ætsende. Der findes ikke ydre miljøproblemer.

Vedligeholdelsen kan evt. omfatte udskiftning af det indre røgrør; der foreligger ikke oplysning om problemer herved, men selve røgrøret bør deponeres på specialdepot grundet afsætning af PAH-holdig slagge og aske. Ved nedrivning forventes 100% disponeret til deponering, da genanvendelse ikke opgives som værende mulig; bemærk ovenstående om udskiftning og bortskaffelse af røgrør.

Levetiden er opgivet til ca. 40 år.

4.2.4

Supplerende dataindsamling

Det gælder for alle tre eksempler, at omfanget af arbejdsmiljø- og ydre miljøproblemer synes stærkt begrænset. Der er dog behov for at indhente data for en række hjælpematerialer (flisekløb, superplast m.fl.) ligesom forholdene omkring svejsning og nedlægning i koldasfalt af fodrem bør undersøges (fx fra Asfaltbranchens BST). Også evt. rengøring af udstyr og aluminiumsfolie med opløsningsmidler bør undersøges nærmere.

For alle tre eksempler mangler der data til en fuldstændig opgørelse af energi- og materialeforbrug ved opførelse, vedligeholdelse og ned-

rivning. De opgivne data knytter sig stort set kun til fremstillingen.

Der er kun givet få bud på forventelig eller aktuel disponering af affald.

Det er også konstateret, at det er vigtigt, at man allerede i den indledende dataindsamling og screening kontakter både indehaveren af MK-godkendelsen og eventuelle andre leverandører/producenter.

4.2.5

Sammenfatning af affaldsvurderingen

Resultatet af den indledende screening af de tre eksempler fremgår af nedenstående figurer
4.2.2 - 4.2.4

	Opførelse			Vedligehold Renovering			Nedrivning		
	Disp. %	Arb.- miljø	Ydre miljø	Disp. %	Arb.- miljø	Ydre miljø	Disp. %	Arb.- miljø	Ydre miljø
Affalds-generende proces	XXXXX XXXXX XXXXX	1)	0	XXXXX XXXXX XXXXX	?	0	XXXXX XXXXX XXXXX	3)	0
Genanvendelse	0	ir	ir	?	?	?	?	= 3)	0
Forbrænding	? 2)	0	0	?	?	?	?	?	?
Deponering	?	?	?	?	?	?	?	?	?

- ir Ikke relevant
? Manglende data
... Potentielt meget belastende forhold
... Potentielt noget belastende forhold
0 Potentielt ikke belastende forhold
- 1) Rengøring med opløsningsmidler, svejsning af fodrem, brand i fuge-materialer
2) Rester af fugemasse til Kommunekemi
3) Fysiske belastninger

Figur 4.2.2 Vurderingsmatrix for etagehøje, bærende vægelementer, der ender som affald ved opførelse, renovering og vedligehold samt nedrivning af byggeri.

	Opførelse			Vedligehold Renovering			Nedrivning		
	Disp. %	Arb.- miljø	Ydre miljø	Disp. %	Arb.- miljø	Ydre miljø	Disp. %	Arb.- miljø	Ydre miljø
Affalds-generende proces	XXXXX XXXXX XXXXX	1)	0	XXXXX XXXXX XXXXX	ir	ir	XXXXX XXXXX XXXXX	1)	0
Genanvendelse	0	ir	ir	0	ir	ir	0	ir	ir
Forbrænding	50	0 2)	0 3)	0	ir	ir	10	0 2)	0 4)
Deponering	50	0 2)	0 3)	0	ir	ir	90	0 2)	0 5)

- ir Ikke relevant
? Manglende data
... Potentielt meget belastende forhold
... Potentielt noget belastende forhold
0 Potentielt ikke belastende forhold
- 1) Eksponering for støv med PAH
2) Evt. støvproblemer under transport
3) Baseret på at der er tale om stærkt begrænsede mængder
4) Indhold af PAH vil genfindes i slæge og flyveaske; mængderne dog ubetydelige i forhold til andre kilder
5) Udvaskning af PAH m.m. lav jvf. regnvandstest.

Figur 4.2.3 Vurderingsmatrix for tagplader, der ender som affald ved opførelse, renovering og vedligehold samt nedrivning af byggeri.

	Opførelse			Vedligehold Renovering			Nedrivning		
	Disp. %	Arb.- miljø	Ydre miljø	Disp. %	Arb.- miljø	Ydre miljø	Disp. %	Arb.- miljø	Ydre miljø
Affalds- generende proces	xxxxx xxxxx xxxxx	1)	0	xxxxx xxxxx xxxxx	3)	0	xxxxx xxxxx xxxxx	4)	4)
Genanvendelse	0	ir	ir	ir	ir	ir	0	ir	ir
Forbrænding	5 2)	0	0	ir	ir	ir	0	ir	ir
Deponering	95	0	0	ir	3)	3)	100	4))	0 5)

ir Ikke relevant
 ? Manglende data
 .. Potentielt meget belastende forhold
 . Potentielt meget belastende forhold
 0 Potentielt ikke belastende forhold
 1) Flisekløb
 2) Fugemasse
 3) Udskiftning af røgrør med PAH
 4) Knusning incl. røgrør, støv
 5) Røgrør på specialdepot

Figur 4.2.4 Vurderingsmatrix for element-skorsten, der ender som affald ved opførelse, renovering og vedligehold samt nedrivning af byggeri.

For ingen af de screenede byggeprodukter er der således fundet potentielt meget belastende forhold, men som det fremgår af figurerne, er der områder med potentielt belastende forhold, som bør indgå i en videre vurdering sammen med de mange områder, hvor der ikke foreligger oplysninger.

4.2.6

Referencer

- /1/ K. Christiansen, A. Grove, L.E. Hansen, L. Hoffmann, A.A. Jensen, K. Pommer og A. Schmidt (1990); Miljøvurdering af PVC og udvalgte alternative materialer. Dansk Teknologisk Institut for Miljøstyrelsen. Miljøprojekt nr. 131.

Eksempel på "Byggedata" fra Godkendelsessekretariatet for materialer og konstruktioner.

Emne: Klasse 1 beklædning Sfb (49)R m1
Firma: Ecophon AB

Udsendt april 1990
Gyldig til januar 1995

MK 6.31/0805

8. januar 1990

MK-GODKENDELSE

- A Materiale eller konstruktion:** Klasse 1 beklædning.
- B Betegnelse:** Ecophon Akustikplader.
- C Ansøger:** Ecophon AB, Box 500, S-260 61 Hyllinge, tlf. 042 17 99 00.
- D Beskrivelse:** Ecophon Akustikplader er glasuldplader med en fenolformaldehydbaseret binder og en densitet på ca. 50 kg/m³ - ca. 115 kg/m³.
Pladerne kan på begge sider være forsynet med et lag ca. 35 g/m² vandfortyndbar PVA-klæber, et lag glasvlies eller -væv med en fladevægt på 50 g/m² - 200 g/m² samt være malet med en vandfortyndbar PVA-maling i en mængde på indtil 300 g/m².
Pladerne leveres i tykkelserne 15 mm - 100 mm, i bredder fra 300 mm til 1800 mm og i længder fra 600 mm til 3000 mm.
Pladerne leveres med vinkelrette kanter (kant A), med not og fas i alle fire kanter (kant C), med not/fas og fals (kant D) og med fals (kant E).
Ecophon Akustikplader opfylder klassifikationskravene i DS 1065.1 til klasse A materialer.
Ecophon Akustikplader (kant C) i mindstetykkelsen 15 mm opfylder klassifikationskravene i DS 1065.2 til klasse 1 beklædninger.
- E Godkendelse:**
- I** Ecophon Akustikplader i mindstetykkelsen 15 mm og med kant C godkendes anvendt på steder, hvor indvendige overflader ifølge bygge-lovgivningen skal udføres mindst som klasse 1 beklædning.
Godkendelsen meddeles på betingelse af, at opsætningen sker på en spredt forskalling eller på et andet plant, skruefast underlag med dobbeltclips i henhold til Evers-Ecophon monteringsstegning nr. 9.4 af november 1987 eller i skjult Z-skinnesystem med direkte T-ophang i henhold til Evers-Ecophon monteringsstegning nr. 9.3 af november 1987.
- II** Ecophon Akustikplader i samtlige tykkelser og kantudformninger godkendes endvidere anvendt som indvendig beklædning opsat i brandteknisk fast forbindelse, jf. BR-82, bilag 4, med BS-konstruktioner eller med klasse 1 beklædninger på steder, hvor overflader ifølge byggelovgivningen skal udføres mindst som klasse 1 beklædning, samt opsat i brandteknisk fast forbindelse med BS- eller BO-konstruktioner eller med klasse 1 eller klasse 2 beklædninger på steder, hvor overflader ifølge byggelovgivningen skal udføres mindst som klasse 2 beklædning.
- III** Ecophon Akustikplader i samtlige tykkelser og kantudformninger godkendes endelig anvendt som en del af et nedhængt loft helt af klasse A materialer, jf. BR-82, kap. 6.7.3, stk. 4.
- F Mærkning:** Pladerne skal leveres i emballage, som er mærket Ecophon AB og med godkendelsens sagsnummer MK 6.31/0805.
- G Kontrol:** På ansøgerens foranledning og regning skal der oprettes kontrakt med et af Boligministeriet godkendt kontrolorgan om en ordning til kontrol af:
- 1 at pladernes brandtekniske egenskaber er som angivet i godkendelsens punkt D
 - 2 at mærkningen er i overensstemmelse med godkendelsens punkt F.
- H Godkendelsens varighed:** Godkendelsen gælder til den 1. januar 1995.
- I Bemærkninger:** Godkendelsen afløser den tidligere meddelte godkendelse med sagsnummer MK 6.21/0805, udstedelsesdato 20. april 1988, udløbsdato 1. april 1993 og Byggedatablad nr. 81 06 21.51.

ECOPHON AKUSTIKPLADER



Boligministeriet - Byggestyrelsen
Godkendelsessekretariatet for
materialer og konstruktioner

Emne: Klasse A materiale Sfb (49)R m1
Firma: Deko Loft + Væg A/S

Udsendt september 1991
Gyldig til juli 1994

MK 6.21/0810

17. juni 1991

MK-GODKENDELSE

- A** Materiale eller konstruktion: Klasse A materiale.
- B** Betegnelse: Decoustic mineraluldplader.
- C** Ansøger: Deko Loft + Væg A/S, Brogrenen 7, 2635 Ishøj, tlf. 42 73 77 11.
- D** Beskrivelse: Decoustic mineraluldplader er stenuldplader med en stivelsesbaseret binder og en densitet på ca. 350 kg/m³.
- Pladerne er på begge sider forsynet med et lag vandfortyndbar acrylmaling i en mængde, som på undersiden udgør ca. 350 g/m² og på oversiden udgør ca. 100 g/m².
- Pladerne leveres i tykkelser fra 15 mm til 20 mm og i formater fra 300 mm x 300 mm til 625 mm x 1250 mm.
- Betegnelserne Stardust, Fissur, Rena, Struktura, Stukkor, Plain, Futura, Rockface, Cosmos og Harmony henfører til forskellige overflademønstre.
- Decoustic mineraluldplader opfylder klassifikationskravene i DS 1065.1 til klasse A materialer.
- E** Godkendelse: Decoustic mineraluldplader godkendes anvendt på steder, hvor indvendige overflader ifølge byggelovgivningen skal udføres mindst som klasse 1 beklædning.
- Godkendelsen meddeles på betingelse af, at opsætningen sker i brandteknisk fast forbindelse med BS-konstruktioner eller med klasse 1 beklædninger.
- F** Mærkning: Pladerne skal leveres i emballage, som er mærket Decoustic og med typebetegnelse i henhold til godkendelsen punkt D.
- G** Kontrol: På ansøgerens foranledning og regning skal der oprettes kontrakt med et af Boligministeriet godkendt kontrolorgan om en ordning til kontrol af:
- 1 at pladernes brandtekniske egenskaber er som angivet i godkendelsens punkt D
 - 2 at mærkningen er i overensstemmelse med godkendelsens punkt F.
- H** Godkendelsens varighed: Godkendelsen gælder til den 1. juli 1994.
- I** Bemærkninger: Godkendelsen afløser den tidligere meddelte godkendelse med samme sagsnummer, udstedelsesdato 16. april 1986, udløbsdato 1. juli 1991 og Byggedatablad nr. 81 06 21.36.

DECOUSTIC MINERALULDPLADER

Boligministeriet – Bygge- og Boligstyrelsen



Godkendelsessekretariatet for materialer og konstruktioner

REGISTRERINGSBLAD

Udgiver: Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K

Serietitel, nr.: Miljøprojekt, 180

Udgivelsesår: 1991

Titel:

Renere teknologi - bygge- og anlægsaffald

Undertitel:

Kortlægning af materialestrømme og miljøvurdering af byggematerialer

Forfatter(e):

Christiansen, Kim; Andersen, Tom; Ringgaard, Jørgen; Holtse, Cyrill; Velk, Anette Hvidberg; Stilling, Ole

Udførende institution(er):

Miljøstyrelsen. Rådet vedr. genanvendelse og mindre forurenende teknologi (spons); Danmarks Tekniske Højskole. Tværfagligt Center; Dansk Teknologisk Institut. Miljøteknik; Miljøsamarbejdet i Århus; B. Højlund Rasmussen A/S; Rambøll & Hannemann; COWIconsult A/S

Resumé:

Projektet er en indledende kortlægning af behov og muligheder for ved anvendelse af renere teknologi at nedbringe mængden og farligheden af bygge- og anlægsaffald.

Emneord:

byggeaffald; sammensætning; kortlægning; materialestrømsanalyser; bortskaffelse; genanvendelse; kompositmaterialer; mineraluld; beton; træimpregnering; arbejdsmiljø; affaldsmængder; flyveaske; byggematerialer; overfladebehandling; registrering; renere teknologier

ISBN: 87-503-9380-4

ISSN: 0105-3094

Pris (inkl. moms): 95 kr.

Format: A4

Sideantal: 116

Md./år for redaktionens afslutning: maj 1991

Oplag: 700

Andre oplysninger:

Tryk: Luna Tryk ApS, København

Trykt på 100% genbrugspapir **cyclus**

Miljøprojekt

- Nr. 121: Forurenede industrigrunde
- Nr. 122: Indsamling af papir og pap fra erhvervsvirksomheder
- Nr. 123: Risikovurdering af forurenede grunde
- Nr. 124: Vedligeholdelse af køle-smøremidler
- Nr. 125: Fugleføde i kornmarker - insekter og vilde planter
- Nr. 126: Miljøvenlige malematerialer i jernindustrien
- Nr. 127: Miljøfremmede, organiske stoffer i kommunalt spildevand
- Nr. 128: Nedsivning fra byggeaffald
- Nr. 129: Genanvendelse af bygge- og anlægsaffald - del 1
- Nr. 130: Forureningsfri galvanomaskiner til værkstedsbrug
- Nr. 131: Miljøvurdering af PVC og udvalgte alternative materialer
- Nr. 132: PVC i kontorartikler, sundhedssektor, m. v.
- Nr. 133: PVC i byggeri og anlæg
- Nr. 134: PVC i emballage
- Nr. 135: Hjemmekompostering
- Nr. 136: Bearbejdning af danske måledata af regn og afstrømning
- Nr. 137: Regulering af forurening fra afløbssystemer under regn
- Nr. 138: Renere teknologi på energiområdet
- Nr. 139: Afvask af trykpresser med sojaolie
- Nr. 140: Vandige malematerialer til korrosionsbeskyttelse
- Nr. 141: Det grønne affaldssystem i AFAV
- Nr. 142: Det grønne affaldssystem i Høng
- Nr. 143: Katodisk elektrodypemaling
- Nr. 144: Reparationsmaling af automobiler
- Nr. 145: Genanvendelse af nedknust tegl
- Nr. 146: Restprodukter fra røggasrensning ved affaldsforbrænding 1
- Nr. 147: Blåserensningsmetoder
- Nr. 148: Storskraldsordninger med genanvendelse
- Nr. 149: Emissionsundersøgelse for pejse og brændeovne
- Nr. 150: Prognose for bygge- og anlægsaffald - hovedrapport
- Nr. 151: Prognose for bygge- og anlægsaffald - bilagsdel
- Nr. 152: Kemikalier i husholdningen
- Nr. 153: Danmarks udledning af industrielt spildevand
- Nr. 154: Miljømærkning af produkter
- Nr. 155: Spredning af forurening i moræner
- Nr. 156: Drikkevandskvalitet i Danmark
- Nr. 157: Anvendelse af nedknust beton i ny beton
- Nr. 158: Bortskaffelse af havneslam
- Nr. 159: Miljøvenlig affedtning i jernindustrien
- Nr. 160: Genanvendelse af bygge- og anlægsaffald - del 2
- Nr. 161: Arbejdsmiljøforhold ved genanvendelse af affald
- Nr. 162: Renere teknologi i eksisterende galvanovirksomheder
- Nr. 163: Forurening fra pelsdyrfarme
- Nr. 164: Deltagelse i kildesortering af husholdningsaffald
- Nr. 165: Luftforurening fra individuel og kollektiv trafik
- Nr. 166: Overfladeaktive stoffer - spredning og effekter i miljøet
- Nr. 167: Renere teknologi i mejeribranchen
- Nr. 168: Miljømæssig vurdering af mælkeemballage
- Nr. 169: Renere teknologi i den grafiske branche
- Nr. 170: Ozonlagsnedbrydende stoffer - forbrug i 1987 - 1989
- Nr. 171: Design af affaldsbeholdere
- Nr. 172: Økonomi i genanvendelse og affaldsbehandling
- Nr. 173: Fyring med halm - en metode til renere forbrænding
- Nr. 174: Spredningsudstyr til optimal udnyttelse af gylle
- Nr. 175: Affald i Danmark - teknisk rapport
- Nr. 176: Opløsningsmiddelfattige serigrafifarver
- Nr. 177: Demonstrationsprojekt "Selektiv nedrivning"
- Nr. 178: Farveseparering af skår
- Nr. 179: Eco-labelling of Paper Products
- Nr. 180: Renere teknologi - bygge- og anlægsaffald

Renere teknologi – bygge og anlægsaffald

Projektet er en indledende kortlægning af behov og muligheder for ved anvendelse af renere teknologi at nedbringe mængden og farligheden af bygge- og anlægsaffald.

Pris kr. 95.– inkl. 22% moms

ISSN nr. 0105-3094

ISBN nr. 87-503-9380-4

Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

Strandgade 29 · 1401 København K · Tlf 31 57 83 10