

Kortlægning af forurenende stoffer i bygge- og anlægsaffald

Niels Strufe, Niels Trap & Erik K. Lauritzen
Golder Associates AB

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

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

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

Indhold

RESUMÉ	5
1 INDLEDNING	7
1.1 BAGGRUND	7
1.2 FORMÅL	7
1.2.1 Forventede resultater	7
1.2.2 Relevans til prioriteringsplanen	8
1.2.3 Målgruppe	8
1.3 ORGANISATION AF PROJEKTET	8
1.4 GENNEMFØRELSE	10
1.4.1 Centrale afgrænsninger	10
1.4.2 Rapportens opbygning	10
2 PRØVETAGNING	11
2.1 UDVÆLGELSE AF GENANVENDELSESANLÆG TIL PRØVE- TAGNING	11
2.1.1 Fortrolighed	11
2.2 UDTAGNING AF PRØVER	11
2.3 STATISTISK USIKKERHED	13
3 GENNEMFØRELSE AF LABORATORIEUNDERSØGELSER	14
3.1 UNDERSØGTE MATERIALER	14
3.2 FASTSTOFANALYSER	14
3.3 STOFUDVASKNING	14
3.3.1 1-trins uorganisk batchudvaskningstest	14
3.3.2 1-trins organisk udvaskningstest	15
3.4 OVERSIGT OVER GENNEMFØRTE UNDERSØGELSER	15
4 RESULTATER AF LABORATORIEUNDERSØGELSER	16
4.1 FASTSTOFINDHOLD	16
4.1.1 Indhold af uorganiske sporelementer	16
4.1.2 Indhold af organiske komponenter	18
4.1.3 Delkonklusion - faststofindhold	20
4.2 BATCHUDVASKNING	20
4.2.1 Resultater af 1-trins uorganisk batchudvaskningstest	20
4.2.2 Resultater af 1-trins organisk batchudvaskningstest	23
4.3 SAMMENLIGNING MELLEM UORGANISKE OG ORGANISKE BATCHTESTS	25
4.4 SAMMENLIGNING AF FASTSTOFINDHOLD OG UDVASKEDE MÆNGDER	25
5 SCENARIEBEREGNINGER	27
5.1 ANVENDTE SCENARIER	27
5.2 RESULTATER AF SCENARIEBEREGNINGERNE	28
6 SAMLET VURDERING AF LABORATORIEUNDERSØGELSERNE	30
6.1 FASTSTOFINDHOLD	30
6.2 BATCHUDVASKNING	30

6.3	SCENARIOBEREGNINGER	31
7	PETROGRAFISKE UNDERSØGELSER	32
8	ANDRE UNDERSØGELSER	33
8.1	ÅRHUS-UNDERSØGELSEN	33
8.2	ASFALTINDUSTRIEN	37
8.3	KORTLÆGNING AF PROBLEMATISKE STOFFER	37
9	VURDERING AF KILDER TIL FORURENING	39
9.1	IDENTIFICEREDE FORURENINGER I DE UNDERSØGTE GENBRUGSMATERIALER	39
9.2	KENDTE KILDER TIL FORURENENDE STOFFER	40
9.2.1	Bly i byggematerialer	40
9.2.2	Cadmium i byggematerialer	40
9.2.3	Chrom i byggematerialer	40
9.2.4	Tungmetaller i asfalt:	41
9.2.5	Kilder til PAH i genbrugsfraktionerne	41
9.2.6	Kilder til kulbrinter i genbrugsfraktionerne	41
9.3	OBSERVATIONER FRA GENBRUGSANLÆGGENE	41
9.4	DISKUSSION AF SANDSYNLIGE KILDER	42
10	MULIGE INITIATIVER TIL REDUKTION AF FORURENENDE STOFFER	44
10.1	MULIGE INITIATIVER TIL REDUKTION AF TUNGMETALLER	44
10.2	MULIGE INITIATIVER TIL REDUKTION AF KULBRINTER	44
10.3	MULIGE INITIATIVER TIL REDUKTION AF PAH	45
10.4	MULIGE INITIATIVER TIL REDUKTION AF PCB	46
10.5	MULIGE INITIATIVER TIL REDUKTION AF ANDRE PROBLEMATISKE STOFFER	46
11	REFERENCER	49
12	LITTERATUR	51

Resumé

Projektets baggrund

Baggrunden for dette projekt er, at der i de senere år rundt om i landet er konstateret eksempler på forurening af beton, asfalt og tegl i byggeaffald. Det har hidtil ikke været muligt, at fastslå omfanget af problemerne, ligesom det ikke har været muligt at identificere kilder og årsager til forureningen. Dette har resulteret i, at nogle affaldsfraktioner ikke har kunnet genanvendes i fuldt omfang, som forudsat i handlingsplanen Affald 21.

Miljøstyrelsen har på denne baggrund valgt finansiere gennemførelsen af et projekt til kortlægning af problemets omfang.

Formål med projektet

Projektets formål er på landsplan at undersøge niveauet af forurenende stoffer i den del af bygge- og anlægsaffaldet, der består af beton, asfalt og tegl. Det er endvidere formålet at identificere mulige kilder til forureningen.

Projektet skal ses i tæt sammenhæng med projektet "Procedurer for genanvendelse af bygge- og anlægsaffald", der gennemføres efterfølgende/parallelt af COWI. Nærværende projekt har desuden som formål, at levere data om forureningsgrad og mulige kilder til forurening til projektet "Procedurer for genanvendelse af bygge- og anlægsaffald".

Projektets gennemførelse

Projektet er gennemført i tiden fra februar 2003 til juni 2004. Der er undersøgt materialer på 6 udvalgte genanvendelsesanlæg. Der er udtaget i alt 15 prøver af genbrugsmaterialer bestående af beton, tegl og asfalt samt blandinger af disse, fra forskellige genbrugsanlæg. De udtagne prøver havde følgende fordeling:

- 6 stk. beton 0/32 mm
- 1 stk. beton 32/70 mm
- 3 stk. beton og tegl 0/32 mm
- 1 stk. tegl 0/32 mm
- 2 stk. beton og asfalt 0/32 mm
- 2 stk. asfalt 0/32 mm

Ved udvælgelsen af anlæg til nærmere undersøgelse er der lagt vægt på at sikre en bred geografisk spredning. De undersøgte anlæg er alle store stationære anlæg, der har produktion af flere forskellige fraktioner af genbrugsmaterialer. Udvalgelsen af netop disse anlæg skyldes, at de store stationære anlæg vurderes at producere hovedparten af de materialer, der i dag rundt om i landet sælges til genbrug.

For alle 15 prøver er indholdet af følgende stoffer bestemt:

- sporelementer (metaller),
- organiske forureningskomponenter (kulbrinter (C6-C35),
- polycykliske aromatiske hydrocarboner (PAHer) og
- polyklorerede biphenyler (PCB'er)

Endvidere er der for 7 prøver udført et-trins batch-udvaskningstests for uorganiske sporelementer og salte. Endelig blev der for 7 prøver udført et-trins batch-udvaskningstest for organiske komponenter.

Overordnede resultater

Resultaterne fra faststofanalyserne viser, at der som helhed er tale om lave koncentrationer af metaller og organiske komponenter (kulbrinter og PAHer) i de rene fraktioner af beton og tegl. I de rene asfaltprøver var der imidlertid høje koncentrationer af kulbrinter og PAHer. De blandede fraktioner havde generelt højere koncentrationer af metaller og organiske komponenter (kulbrinter og PAHer) end de ikke blandede fraktioner. I ingen af prøverne blev der konstateret indhold af PCB.

Resultaterne fra batchudvaskningstestene viste, som det var tilfældet med faststofanalyserne, generelt lav udvaskning af metaller fra de rene fraktioner. Udvasningen af organiske komponenter, herunder kulbrinter og PAH var derimod meget varierende og uden nogen entydig sammenhæng mellem fraktioner og den udvaskede stofmængde.

Vurdering af kilder til forurening

Der er som led i projektet foretaget vurdering af mulige kilder til problematiske stoffer i bygge- og anlægsaffald. Der gives i rapporten en oversigt over mulige alment forekommende kilder.

De alment forekommende forureninger, der typisk er knyttet til brugen af bestemte byggematerialer med indhold af miljøproblematisk stoffer, er eksempelvis maling med indhold af bly, cadmium og krom.

Kilder til forureninger, der er relateret til større/særlige enkeltstående nedbrydningsprojekter er ikke behandlet i projektet. Således er eksempelvis forureninger fra større/ældre industrianlæg ikke medtaget. Dette skyldes, at en vurdering af denne type forurening kræver et indgående kendskab til bygningernes historiske aktivitet, som ikke har været muligt at undersøge inden for rammerne af dette projekt.

1 Indledning

1.1 Baggrund

Baggrunden for nærværende kortlægning af forurenende stoffer i byggeaffald er, at der i de senere år rundt om i landet er konstateret eksempler på forurening af beton, asfalt og tegl i byggeaffald og, at det ikke hidtil har været muligt, at identificere kilder og årsager til forureningen. Dette har resulteret i, at ikke alle affalds-fraktioner har kunnet genanvendes som forudsat i handlingsplanen Affald 21.

Med henvisning til Miljøstyrelsens cirkulære nr. 94 af 21. juni 1995 om kommunale regulativer om sortering af bygge- og anlægsaffald med henblik på genanvendelse, § 3, må rene sten- og teglmaterialer og rent beton, der skal genanvendes, ikke indeholde forurenende stoffer, herunder stoffer, der kan give anledning til forurenende nedsivning til grundvand.

Der savnes imidlertid konkrete grænseværdier for forurenende stoffer i bygge- og anlægsaffald og dermed acceptkriterier for rene beton-, asfalt- og teglbrokker samt sammenblandinger af rene materialer med henblik på genanvendelse. Desuden savnes regler for undersøgelse, vurdering og håndtering af mulige forureninger af beton, asfalt og tegl.

Spørgsmålet om hvorvidt en stor del af bygge- og anlægsaffaldet, der hidtil er betragtet som genanvendelig (ca. 90% af de samlede mængder bygge- og anlægsaffald) ikke længere kan betragtes som rent og genanvendeligt, rejser et stort problem med vidtstrakte økonomiske konsekvenser for såvel bygge- og anlægssektoren som miljøet og samfundet i sin helhed. Det vurderes derfor, at der er behov for en kortlægning af forurening i bygge- og anlægsaffald, der ud over den forureningsmæssige baggrund også har et stærkt anvendelsesorienteret sigte mod de fremtidige muligheder for størst mulig genanvendelse af bygge- og anlægsaffald.

1.2 Formål

Projektets formål er på landsplan at undersøge niveauet af forurenende stoffer i den del af bygge- og anlægsaffaldet, der består af beton, asfalt og tegl. Det er endvidere formålet at identificere mulige kilder til forureningen.

Projektet skal ses i tæt sammenhæng med projektet "Procedurer for genanvendelse af bygge- og anlægsaffald", der gennemføres efterfølgende/parallelt af COWI. Nærværende projekt har desuden som formål, at levere data om forureningsgrad og mulige kilder til forurening til projektet "Procedurer for genanvendelse af bygge- og anlægsaffald".

1.2.1 Forventede resultater

Det forventede resultat af kortlægningen har været

- at skabe overblik over omfanget og karakteren af forurening af beton, asfalt og tegl i Danmark,
- at give en redegørelse for hovedårsagerne (mulige kilder) til forureningen,
- at skabe grundlag for undersøgelse og forbedring af procedurer for genanvendelse af bygge- og anlægsaffald,
- at skabe grundlag for en efterfølgende udvikling af procedurer og metoder til prøveudtagning og undersøgelse af forurening i/af bygge- og anlægsaffald.

Det forventes, at resultaterne efterfølgende skal indgå i projektet "Procedurer for genanvendelse af bygge- og anlægsaffald".

Det forventes endvidere, at kortlægningen kan bidrage til en evaluering af den hidtidige praksis for sortering og oparbejdning af bygge- og anlægsaffald i forhold til det eksisterende regelsæt, inklusiv bekendtgørelser, cirkulærer, brancheaftaler m.v. med henblik på størst mulig genanvendelse

1.2.2 Relevans til prioriteringsplanen

Med henvisning til "Prioriteringsplan for program for renere produkter m.v. 2002" vedtaget af Miljøområdet for renere produkter den 6. december 2001 med efterfølgende ændringer vedtaget den 4. marts 2002 og udgivet april 2002, er det overordnede mål for bygge- og anlægsområdet at fremme miljømæssigt bæredygtigt byggeri. Som mål for indsatsen i 2002 skal der bl.a. foretages en kortlægning af eventuelle problemer vedrørende genanvendelse, og der skal gøres en indsats over for problematiske stoffer i byggeriet.

Det foreslåede projekt er af Miljøstyrelsen udbudt som projekt nr. 3 "Forurenede stoffer i byggeaffald" i relation til Byggepanelets handlingsplan med miljømål om at nedsætte materialeforbruget og begrænse affaldsmængden.

1.2.3 Målgruppe

Projektets målgruppe er COWIs projektgruppe og alle øvrige interessenter inden for håndtering af bygge- og anlægsaffald i bygge- og anlægssektoren, herunder:

- Kommunale myndigheder, som forvalter behandling af bygge- og anlægsaffald.
- Nedbrydningsentreprenører, transportører samt behandlere og brugere af genanvendeligt bygge- og anlægsaffald.

1.3 Organisation af projektet

Projektet er gennemført af en gruppe bestående af repræsentanter fra følgende:

- COWI A/S
- Dansk Beton Teknik A/S (DBT)
- DHI – Institut for Vand og Miljø
- Golder Associates AB
- DEMEX Rådgivende Ingeniører A/S

Projektet er gennemført med DEMEX Rådgivende Ingeniører A/S som projektansvarlig over for Miljøstyrelsen i samarbejde med Golder.

COWI har medvirket i planlægningen og fungeret som koordinator i forhold til det parallelt løbende projekt "Procedurer for Genanvendelse af bygge- og anlægsaffald".

Dansk Beton Teknik (DBT) har medvirket som sagkyndig inden for materialeteknologi og genanvendelse af tegl, beton og asfalt. DBT har desuden stået for udførelse af petrografiske analyser.

DHI har haft ansvaret for laboratorieundersøgelser omfattende faststofanalyser og udvaskningstests samt vurdering og rapportering af analyseresultaterne. DHI har udpeget Eurofins til leverandør af laboratorieanalyser.

Til projektet udpegedes som projektleder: Niels Strufe, Golder, indtil september 2003, afløst af Niels Trap Christensen, Golder.

Foruden det generelle projektansvar har projektlederen haft ansvar for planlægning og gennemførelse af kortlægning og rapportering samt kontakt til Miljøstyrelsen og Følgegruppen samt Miljøstyrelsens koordineringssekretariat (v. Erik K. Jørgensen AS).

Følgende specialister har været tilknyttet projektet:

Sagkyndig, affaldshåndtering og forurening:	Lene Kristensen, COWI
Sagkyndig, byggeaffald, regler og procedurer:	Klaus Pedersen, COWI
Sagkyndig, problematiske stoffer:	Niels Trap, Golder
Sagkyndig, miljøanalyse: Golder	Christina Egebart,
Sagkyndig, genanvendelse og materialeteknologi: DBT	Anders Henrichsen,
Sagkyndig, genanvendelse og materialeteknologi:	Tine Aarre, DBT
Ansvarlig for laboratorieundersøgelser:	Ole Hjelmar, DHI
Koordinator for laboratorieundersøgelser:	Dorthe Lærke Baun, DHI
Kvalitetssikring:	Erik K. Lauritzen, DEMEX

Der har været nedsat en følgegruppe, som har haft til opgave at vejlede og rådgive således, at projektet gennemføres i overensstemmelse med forudsætningerne for Miljøstyrelsens tilsagn om støtte til projektet,.

- at vurdere projektets forløb og resultater,
- at koordinere projektet med øvrige relevante projekter,
- at rådgive således, at formidlingen af projektets resultater sker så hensigtsmæssigt som muligt. Information og formidling er et fast punkt på alle følgegruppens møder,

I følgegruppen deltog foruden projektgruppens medlemmer repræsentanter for:

- Miljøstyrelsen (formand), v. Lone Kielberg

- Miljøkontrollen, Københavns Kommunes, v. Jens Nejrup
- Dansk Byggeri, Nedbrydningssektionen, v. Jan Brandis.
- Asfaltindustrien, v. Helle Fabiansen
- Vestsjællands Amt, v. Jakob Kirkeskov
- Københavns Amt, v. Jens Rasmussen
- Dansk Teknologisk Institut, v. Jørn Bødker
- Erik K. Jørgensen AS, Sekretariat for Miljøstyrelsen, v. Ninkie Bendtsen.

Århus Amt og Vejle Amt deltog ikke i følgegruppens arbejde, men er efter ønske blevet holdt løbende orienteret om projektførelsen og resultater. Endvidere har amterne beredvilligt stillet egne erfaringer til rådighed for projektet.

Der har i projektførelsen været afholdt 3 følgegruppemøder.

1.4 Gennemførelse

Projektet er gennemført i perioden fra februar 2003 til juni 2004 i følgende faser:

- Kortlægning af eksisterende viden
- Identifikation af producenter
- Udvalgelse af anlæg til nærmere undersøgelse
- Interviews med producenter
- Udtagning af prøver
- laboratorieanalyse af resultater
- Tolkning af analyseresultater
- Identifikation af kilder til forurening
- Sammenfatning og konklusion

1.4.1 Centrale afgrænsninger

Projektet har omfattet undersøgelse af genbrugsmaterialer fra 6 udvalgte stationære anlæg, som er vurderet som repræsentative for behandling af bygge- og anlægsaffald i Danmark.

Undersøgelsen har ikke omfattet mobile anlæg.

Det er ved planlægningen af undersøgelserne ligeledes valgt alene at behandle de typiske genbrugsfraktioner 0-32 mm og 0-80 mm. Finjordsfraktioner og andre fraktioner med begrænset kommerciel betydning er ikke medtaget.

1.4.2 Rapportens opbygning

Rapportens indledende del, kapitel 2-6 omhandler udtagning og analyse af prøver af genbrugsmaterialer.

Rapportens anden del, kapitel 7-11 omhandler identifikation og vurdering af mulige kilder til forurenede stoffer i genbrugsmaterialer.

2 Prøvetagning

2.1 Udvælgelse af genanvendelsesanlæg til prøvetagning

Ved udvælgelsen af anlæg til nærmere undersøgelse er der lagt vægt på, at anlæggene geografisk dækker landet bredt og at de er repræsentative for behandling af bygge- og anlægsaffald i Danmark.

De undersøgte anlæg er alle stationære anlæg, der har produktion af flere forskellige fraktioner. Udvælgelsen af netop disse anlæg skyldes, at disse anlæg på landsplan vurderes at stå for langt den overvejende produktion af genbrugsmaterialer.

Ved udvælgelsen er der set bort fra andre typer af anlæg, fx de mobile anlæg for, at sammenligning på tværs af landet er mulig. Således er hensynet til geografisk sammenligning vægtet højere end muligheden for sammenligning mellem forskellige typer af anlæg.

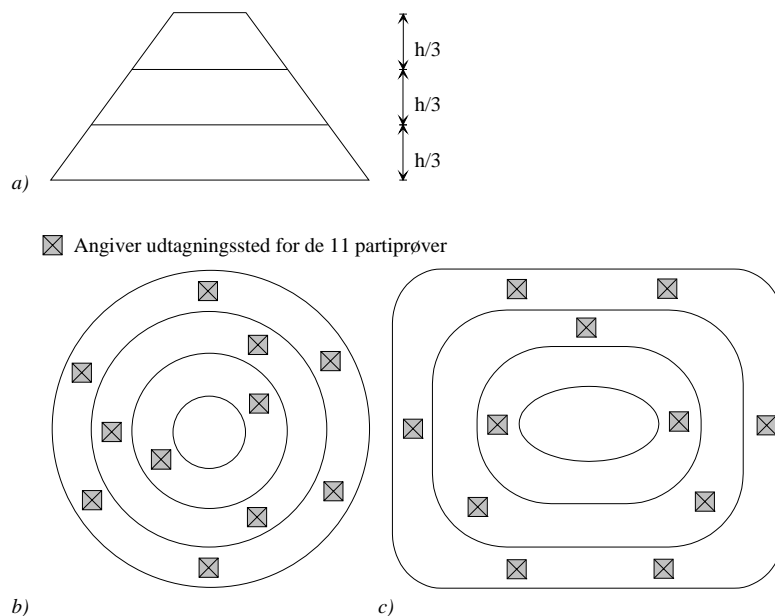
2.1.1 Fortrolighed

Alle anlæg er derfor forud for pladsbesøget blevet lovet størst mulig anonymitet. Dette gælder såvel informationer fra interviews som resultater af prøverne.

På alle anlæg, der er besøgt som del af projektet, er projektgruppen blevet mødt med stor åbenhed og interesse for sagen.

2.2 Udtagning af prøver

DBT har udarbejdet en procedure for udtagning af en repræsentativ prøve fra lagerbunker med 0/32 mm genbrugsmateriale. Proceduren er udarbejdet i overensstemmelse med DS/EN 932-1:2000 (Prøvningsmetode for generelle egenskaber ved tilslag. Del 1: Prøveudtagning).



Figur 2.1 Skitse af placering af udtagningssteder for partiprøverne. a) Lagerbunke set fra siden. b og c) Lagerbunke set oven fra, cirkulært hhv. aflangt grundplan



Foto 2.1 Udtagning af prøver.

Det har imidlertid i praksis vist sig nødvendigt at fravige proceduren for udtagning af prøver til analyse. Dette skyldes, at bunkerne af genbrugsmaterialer var så høje, at det pga. risiko for nedskridning og sammenstyrtning, ikke var muligt at udtage prøverne ved indstik med skovl. Videre var genbrugsmaterialerne så hårdt pakket, at det ikke var muligt at grave i dem med almindelig håndskovl.

Udtagningen af prøver til analyse er derfor sket med gravemaskine. Ved udtagningen af prøver med gravemaskine er der lagt vægt på, at prøven så vidt muligt er udtaget fra flere steder i bunken, samt at der er udtaget prøver fra "friske flader", dvs. prøver fra det indre af bunken, hvorfor vind og vejr ikke har påvirket materialet.

Resultaterne af prøver udtaget med gravemaskine vurderes på denne baggrund ikke på afgørende vis at adskille sig fra prøver udtaget med skovl.

2.3 Statistisk usikkerhed

Antallet af prøver, der er udtaget og undersøgt, vurderes ikke tilstrækkeligt til på rimelig vis, at kunne tjene som statistisk grundlag for at drage generelle konklusioner. Da resultaterne af de analyserede prøver imidlertid ikke adskiller sig markant fra hinanden, er der modsat heller ikke noget der tyder på, at resultaterne ikke kan betragtes som rimeligt retvisende.

Idet helhedsbilledet vurderes at være nogenlunde ensartet, antages de udtagne prøver med rimelighed at kunne betegnes som anvendelige for undersøgelsen af kulbrinter og PAH.

Når det gælder tungmetaller, PCB og andre problematiske stoffer, som optræder stokastisk og i mindre mængder, vurderes antallet af udtagne prøver at være i underkanten. Det kan således ikke udelukkes, at der i bestemte fraktioner fra udvalgte nedrivnings- og renoveringsprojekter kan forekomme væsentligt højere koncentrationer af bestemte stoffer.

Et usikkerhedsmoment, der fra flere sider er blevet påpeget i løbet af undersøgelsen, er den kendsgerning, at de større stationære anlæg, hvorfra prøverne er udtaget, generelt er bedre reguleret end de mindre mobile anlæg. Det er derfor tænkeligt, at en nærmere undersøgelse af de mindre mobile anlæg ville vise andre og højere koncentrationer af problematiske stoffer.

3 Gennemførelse af laboratorieundersøgelser

3.1 Undersøgte materialer

Dansk Beton Teknik A/S udtog og fremsendte 15 prøver af bygge- og anlægsaffald fra 6 forskellige oparbejdningsanlæg, der var geografisk fordelt over hele Danmark. De 15 udtagne prøver bestod af beton, tegl og asfalt i både rene og blandede fraktioner.

De udtagne prøver havde følgende sammensætning:

- 6 stk. ren beton 0/32 mm
- 1 stk. ren beton 32/70 mm
- 3 stk. beton og tegl 0/32 mm
- 1 stk. ren tegl 0/32 mm
- 2 stk. beton og asfalt 0/32 mm
- 2 stk. ren asfalt 0/32 mm

3.2 Faststofanalyser

For alle 15 prøver blev faststofindholdet af udvalgte sporelementer og organiske forureningskomponenter bestemt. Det partielle indhold af sporelementerne As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn blev bestemt efter nedknusning til 125 µm og oplukning med 7 N HNO₃ (DS 259). Faststofindholdet af kulbrinter (total kulbrinter samt de 3 fraktioner C6-C10, C10-C25 og C25-C35) blev bestemt ved ekstraktion med diklormethan eller pentan afhængigt af prøvens beskaffenhed, efterfulgt af analyse ved GC-FID. For polycykliske aromatiske hydrocarboner (PAH'er) blev faststofindholdet bestemt ved ekstraktion med diklormethan efterfulgt af analyse ved GC-MS. Der blev analyseret for 16 PAH'er (US-EPA). Endelige blev der analyseret for polyklorerede biphenyler (PCB'er) ved anvendelse af ekstraktion med diklormethan efterfulgt af analyse ved GC-MS. Prøverne blev analyseret for 7 PCB-congenerer. Faststofindholdet af de organiske komponenter blev bestemt på prøver, der var nedknust til 4 mm.

De opnåede analyseresultater kan ses i bilag A

3.3 Stofudvaskning

På baggrund af resultaterne af faststofanalyserne blev der udført 7 stk. et-trins batchudvaskningstests til undersøgelse af udvaskningen af uorganiske sporelementer og salte og 7 stk. et-trins batchudvaskningstests til testning af udvaskningen af organiske komponenter. Se i øvrigt bilag D-E.

3.3.1 1-trins uorganisk batchudvaskningstest

Udvaskningen af sporelementer blev undersøgt ved en et-trins batchudvaskningstest ved et væske/faststof-forhold (L/S-forhold) på 0-2 l/kg

(1. trin af EN 12457-3, CEN 2002). Som udvaskningsvæske blev der anvendt demineraliseret vand. Flaskerne med prøvemateriale og vand blev bragt til at rotere om deres tværsakse ved 8-10 omdrejninger pr. minut. Efter 6 timers kontaktid blev prøverne filtreret ved vakuumfiltrering gennem et 0,45 µm membranfilter og eluaterne blev udtaget til kemisk analyse. Resultaterne af denne test kan direkte sammenlignes med kravene i bekendtgørelsen om genanvendelse af restprodukter og jord til bygge- og anlægsformål (Miljø- og Energiministeriet, 2000). Eluaternes indhold af Ca, Na, Cl, SO₄, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb og Zn blev bestemt. De opnåede analyseresultater og anvendte analysemetoder kan ses i bilag C-E.

3.3.2 1-trins organisk udvaskningstest

Udvaskningen af organiske komponenter blev undersøgt ved en et-trins batchudvaskningstest ved et L/S-forhold på 0-2 l/kg (Holm et al., 2000). Som udvaskningsvæske blev der anvendt demineraliseret vand. Flaskerne med prøvemateriale og vand blev bragt til at rotere om deres tværsakse ved 8-10 omdrejninger pr. minut. Efter 24 timers kontaktid blev prøven centrifugeret ved 3600 omdr./min i 15 minutter, hvorefter eluatet forsigtigt blev udtaget og analyseret.

Eluaterne blev analyseret for indhold af kulbrinter (total kulbrinter samt de 3 fraktioner C6-C10, C10-C25 og C25-C35), PAH'er (16 PAH'er efter US-EPA) og PCB'er (7 PCB-congenere). De opnåede analyseresultater og anvendte analysemetoder kan ses i bilag C-E.

3.4 Oversigt over gennemførte undersøgelser

I Tabel 3.1 ses en samlet oversigt over de gennemførte undersøgelser med angivelse af antal gennemførte tests og anvendt analyseprogram.

Tabel 3.1 *Oversigt over de gennemførte undersøgelser.*

	Materialetype						I alt
	Ren beton 0/32 mm	Ren beton 32/70 mm	Beton og tegl 0/32 mm	Ren tegl 0/32 mm	Beton og asfalt 0/32 mm	Ren asfalt 0/32 mm	
<u>Faststofanalyser</u>							
Uorganiske komp.	6	1	3	1	1	1	13
Organiske komp.	6	1	3	1	2	2	15
<u>Udvaskningstest</u>							
Uorganiske komp.	3	-	2	1	1	-	7
Organiske komp.	1	-	1	1	2	2	7
<u>Analyseprogram</u>							
Faststof – uorg.:	As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg						
Faststof – org.:	C6-C10, C10-C25, C25-C35, Sum(C6-C35), 16 PAH'er (16 EPA), 7 PCB'er (PCB nr. 28, 52, 101, 138, 153, 180)						
Udv. test – uorg.:	klorid, sulfat, Ca, Na, As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Ba, Mn, Hg						
Udv. test – org.:	C6-C10, C10-C25, C25-C35, Sum(C6-C35), 16 PAH'er (16 EPA), 7 PCB'er (PCB nr. 28, 52, 101, 138, 153, 180)						

4 Resultater af laboratorieundersøgelser

4.1 Faststofindhold

Som nævnt blev faststofindholdet af udvalgte sporelementer og organiske forureningskomponenter bestemt i 15 prøver af forskellige typer af bygge- og anlægsaffald. I flere af de asfaltholdige prøver var det kun faststofindholdet af organiske komponenter, der blev bestemt, da det ikke var muligt at nedknuse disse prøver til 125 µm, der kræves for faststofbestemmelse af uorganiske komponenter. Samtlige opnåede resultater er vist i bilag A.

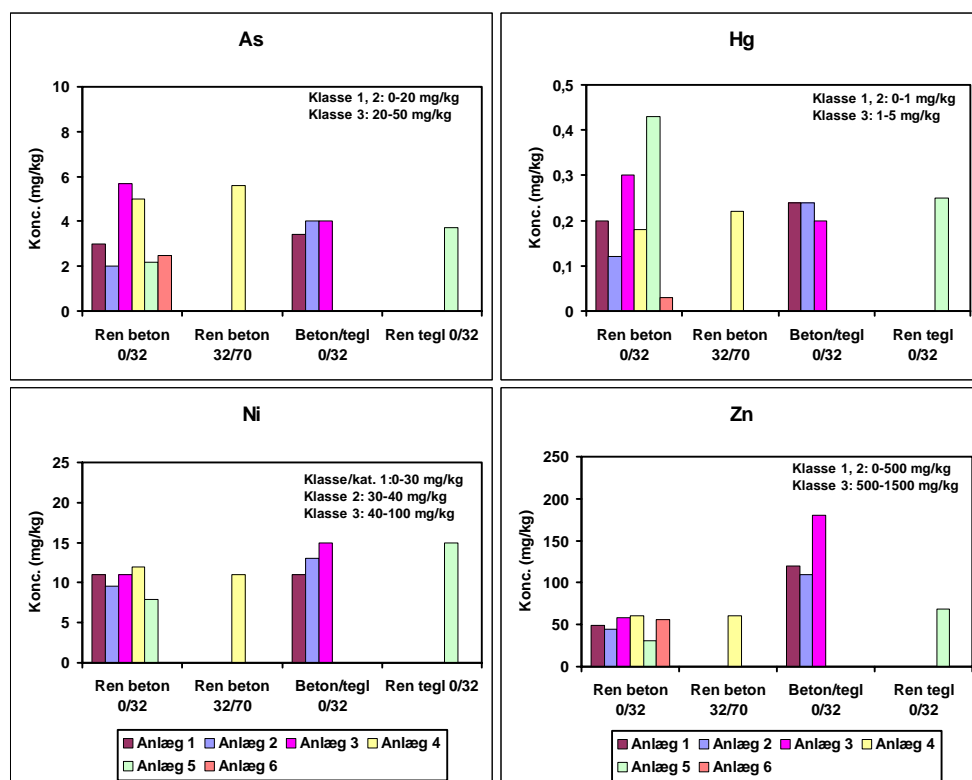
Til sammenligning er vist gældende grænseværdier fra Bekendtgørelse 655 om genanvendelse af restprodukter og jord til bygge- og anlægsformål (Miljø- og Energiministeriet, 2000) samt grænseværdierne for jord af klasse 1, 2 og 3 fra "Vejledning i håndtering af forurenede jord på Sjælland" (herefter kaldet Sjællandsvejledningen, 2001). De anvendte grænseværdier er endvidere samlet i bilag B.

Sjællandsvejledningen (2001) gælder kun for forurenede jord og Bekendtgørelse 655 (Miljø- og Energiministeriet, 2000) gælder for forurenede jord samt for de restprodukter, der er specificeret i bekendtgørelsens bilag 1. Hverken Bekendtgørelse 655 eller Sjællandsvejledningen gælder således for bygge- og anlægsaffald. I mangel på specifikation for forurening af bygge- og anlægsaffald har man valgt at sammenligne prøveresultaterne med de gældende grænseværdier for forurenede jord og restprodukter.,

4.1.1 Indhold af uorganiske sporelementer

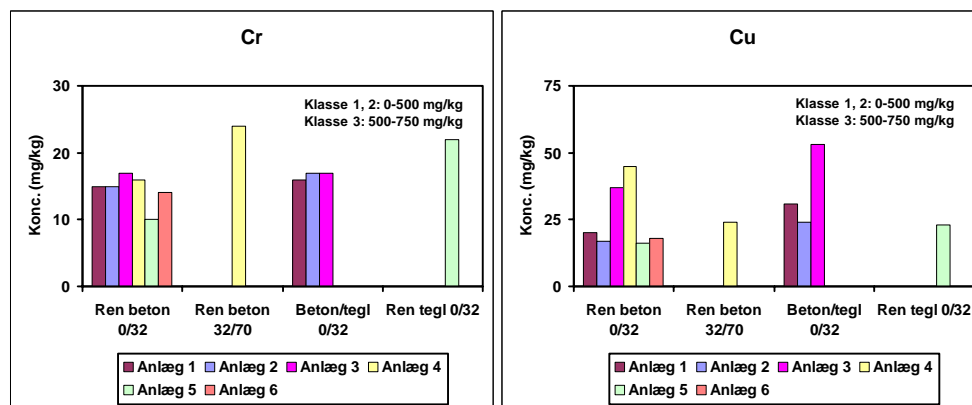
For sporelementerne er de opnåede faststofresultater vist grafisk på Figur 4.1 og Figur 4.3. Grænseværdierne fra Sjællandsvejledningen (2001) er angivet på de enkelte figurer i øverste højre hjørne. Klasse 1 svarer endvidere til grænseværdien for kategori 1 fra Bek. 655 om genanvendelse af restprodukter og jord til bygge- og anlægsarbejder (Miljø- og Energiministeriet, 2000).

Af Figur 4.1 fremgår det, at faststofindholdet af As, Hg, Ni og Zn generelt er rimeligt ensartet for alle de undersøgte typer af byggeaffald. Det ses endvidere, at indholdet af alle 4 komponenter overholder de gældende krav til klasse/kategori 1, idet indholdet generelt er 2-3 gange lavere end grænseværdien.



Figur 4.1 Faststofindhold af As, Hg, Ni og Zn.

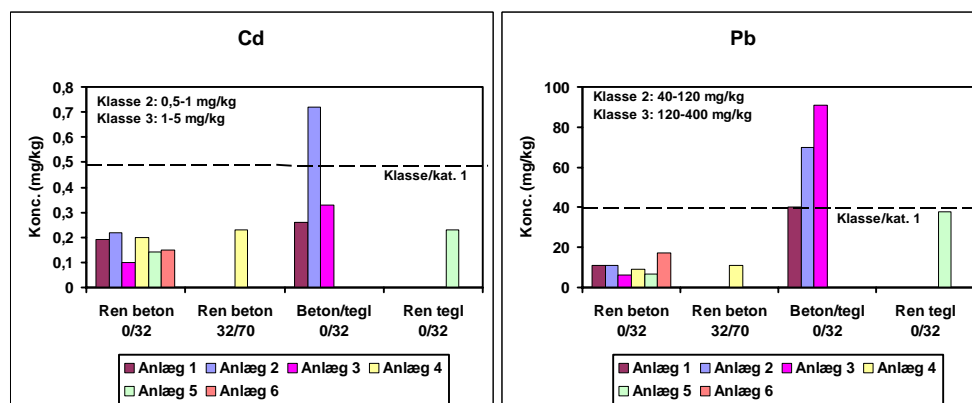
I Figur 4.2 er faststofindholdet af Cr og Cu vist. Af figuren fremgår det, at indholdet ligesom for As, Hg, Ni og Zn generelt er rimeligt ensartet og uafhængigt af typen af byggeaffald, idet variationen indenfor hver affaldstype er lige så stor som variationen mellem de undersøgte affaldstyper. Alle affaldstyper har et lavt indhold af Cr og Cu, som er 10-20 gange lavere end de gældende kravværdier til klasse/kategori 1.



Figur 4.2 Faststofindhold af Cr og Cu

Af Figur 4.3, der viser faststofindholdet af Cd og Pb, fremgår det, at der for disse er væsentligt større variation mellem de forskellige affaldstyper end tilfældet var for de øvrige sporelementer. Der er ligeledes stor variation inden for især affaldstypen "beton/tegl". Beton/tegl er den affaldstype, som har det højeste indhold af Cd og Pb, og for enkelte af prøverne overskrider faststofindholdet de gældende kravværdier til klasse/kategori 1 på 0,5 mg Cd/kg og 40 mg Pb/kg, og disse prøver falder derfor i klasse 2. For Cd er der en overskridelse (faktor 1,4) af kravværdien til klasse/kategori 1 for en enkelt

prøve, mens der for Pb er 2 af beton/tegl-prøverne, hvor faststofindholdet

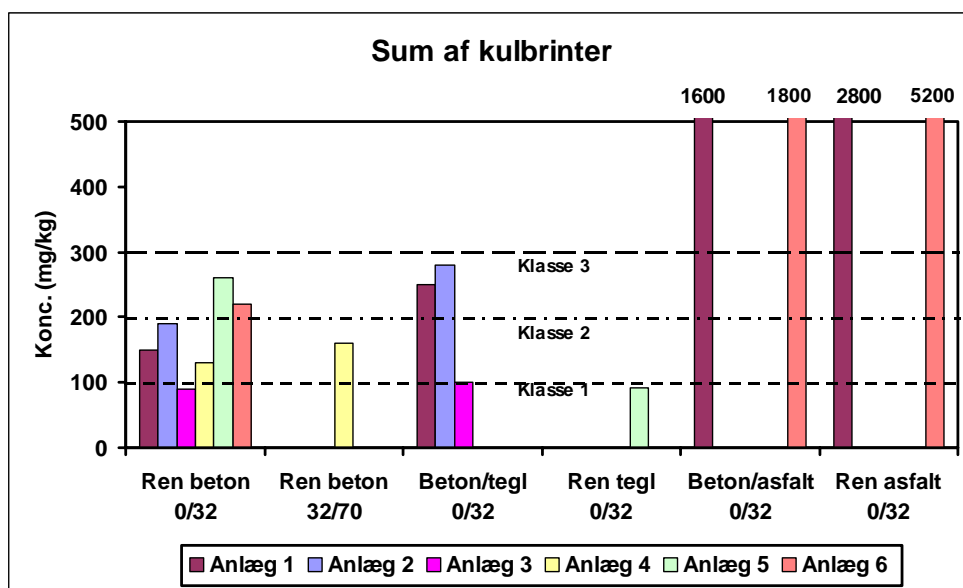


overskrider kravværdien til klasse/kategori 1 med op til en faktor 2,3.

Figur 4.3 Faststofindhold af Cd og Pb. Den stiplede linie angiver grænseværdien for klasse 1 jord fra Sjællandsvejledningen (2001) samt grænseværdien for kategori 1 fra Bek. 655 om genanvendelse af restprodukter og jord til bygge- og anlægsarbejder (2000).

4.1.2 Indhold af organiske komponenter

På figur 4.4 og 4.5 er udvalgte resultater af bestemmelsen af faststofindholdet af kulbrinter og PAH'er angivet. De stiplede linier på figurerne angiver grænseværdierne for jord af klasse 1, 2 og 3 fra Sjællandsvejledningen (2001).



Figur 4.4 Samlet faststofindhold af kulbrinter i prøverne opdelt efter affaldstype. De stiplede linier angiver grænseværdierne for jord af klasse 1, 2 og 3 fra Sjællandsvejledningen (2001).

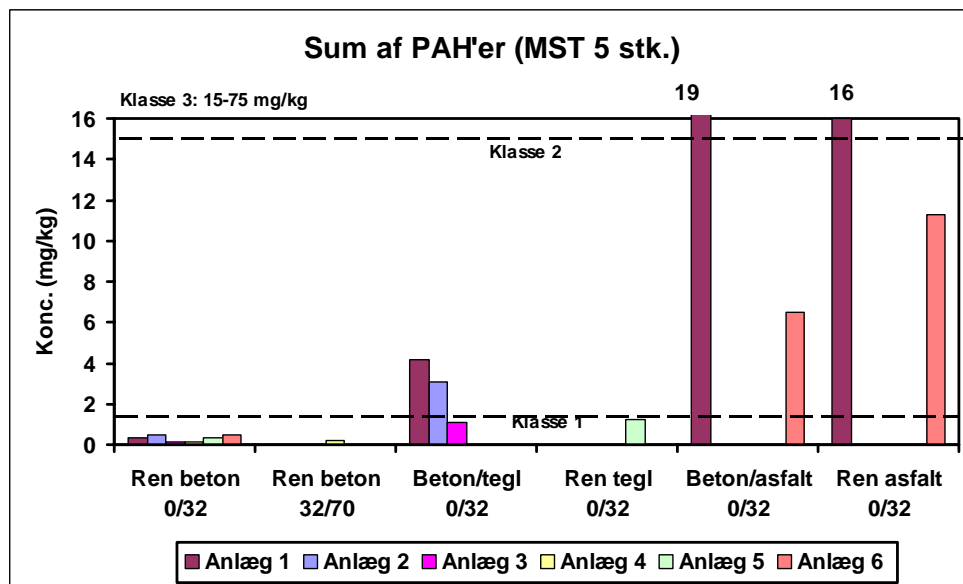
Af Figur 4.4 fremgår det, at indholdet af kulbrinter er meget varierende. For de ikke-asfaltholdige affaldstyper er der ikke nogen tydelig sammenhæng mellem kulbrinteindhold og affaldstype, mens de asfaltholdige prøver som forventet har et meget højt indhold af kulbrinter.

Kravværdien til klasse/kategori 1 (100 mg/kg) er på nær affaldstypen "ren tegl" overskredet for samtlige affaldstyper. Ligeledes er kravværdien til klasse

2 (200 mg/kg) overskredet for enkelte prøver indenfor samtlige affaldstyper på nær ren tegl. Affaldstypen "ren tegl" tilhører således klasse/kategori 1, mens de øvrige prøver mindst er klasse 2. Enkelte prøver er helt oppe i klasse 3 eller 4.

De asfaltholdige affaldstyper har alle et meget højt indhold af kulbrinter. For den blandede affaldstype beton/asfalt overskrider kravværdien til klasse 3 (300 mg/kg) med en faktor 5-6, mens indholdet af kulbrinter i de rene asfalt prøver er 10-20 gange højere end kravværdierne for klasse 3. De asfaltholdige prøver tilhører således alle klasse 4. Som forventet findes det højeste indhold af kulbrinter i de rene asfaltprøver.

For alle affaldstyper er det de tunge kulbrinter (C25-C35), der er den dominerende fraktion (se bilag A), men også indholdet af let olie (C10-C25) overskrider for de asfaltholdige prøver kravværdierne til klasse 3 (100 mg/kg). For de øvrige affaldstyper varierer indholdet af let olie en del, men generelt ligger det mellem kravværdien til klasse 1 (50 mg/kg) og klasse 3 (100 mg/kg). Indholdet af benzin (C6-C10) er generelt under eller omkring detektionsgrænsen på 5 mg/kg for alle de undersøgte affaldstyper.



Figur 4.5 Samlet faststofindhold af 5 udvalgte PAH'er jvf. Miljøstyrelsen (1998). De 5 PAH'er er: fluoranthen, benz(b+j+k)fluoranthen, benz(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren og dibenz(a,h)anthracen. Den stiplede linie angiver grænseværdien for klasse 1 jord fra Sjællandsvejledningen (2001).

Figur 4.5 viser, at indholdet af PAH'er er meget varierende både mellem de enkelte affaldstyper og indenfor hver affaldstype. PAH-indholdet i ren beton og ren tegl er lavt og overholder for alle prøver kravværdierne til klasse 1 (1,5 mg/kg). Indholdet af PAH'er i affaldstypen beton/tegl er derimod meget varierende, og for to af de tre prøver overskrider kravværdien til klasse 1 med op til en faktor 3. Flere af beton/tegl prøverne tilhører således klasse 2.

Alle asfaltholdige prøver har som forventet et noget højere indhold af PAH'er. Der er ingen entydig forskel mellem PAH-indholdet i den blandede affaldstype (beton/asfalt) og i den rene asfalt. Alle fire asfaltholdige prøver overskrider kravværdierne for klasse 1 med mindst en faktor 4, og to af prøverne overskrider endvidere kravværdierne til klasse 2 (15 mg/kg). De asfaltholdige prøver tilhører således klasse 2 eller 3.

Ud over kravværdier til summen af 5 udvalgte PAH'er er der i Sjællandsvejledningen også stofs specifikke kravværdier til naphthalen, benz(a)pyren og dibenz(a,h)anthracen. Alle 15 prøver overholder kravværdien til naphthalen (klasse 1: < 0,5 mg/kg), mens kravværdien for klasse 1 (0,1 mg/kg) for både benz(a)pyren og dibenz(a,h)anthracen overskrides i alle asfaltholdige prøver, ligesom flere af de asfaltholdige prøver også overskrider kravværdierne til klasse 2 (1 mg/kg). Samtlige prøver overholder den stofs specifikke kravværdi til klasse 3 på 5 mg/kg.

Indholdet af 7 PCB-congenerer blev bestemt i samtlige 15 prøver. I alle prøver var PCB-indholdet meget lavt, og kun i ganske enkelte prøver var indholdet af PCB højere end detektionsgrænsen på 0,005 mg/kg (se bilag A). Prøven med den højeste koncentration af PCB havde et indhold på op til 0,04 mg/kg.

4.1.3 Delkonklusion - faststofindhold

Samlet kan det konkluderes, at indholdet af sporelementer var lavt i alle undersøgte affaldstyper og generelt overholder kravværdierne til kategori/klasse 1. For affaldstypen beton/tegl var der dog enkelte mindre overskridelser for Cd og Pb.

Indholdet af PCB var meget lavt og generelt under detektionsgrænsen på 0,005 mg/kg i samtlige 15 prøver.

Indholdet af specielt de tunge kulbrinter var forholdsvis højt. For det samlede indhold af kulbrinter var kravværdierne til klasse 1 generelt overskredet for samtlige affaldstyper på nær ren tegl. For enkelte prøver af beton og beton/tegl var kravværdien til klasse 2 ligeledes overskredet, mens alle asfaltholdige prøver havde et højt indhold af kulbrinter, der overskred kravværdien til klasse 3 betydeligt. Affaldstypen "ren tegl" tilhører således klasse/kategori 1, mens de øvrige prøver mindst er klasse 2. Enkelte prøver er helt oppe i klasse 3, mens de asfaltholdige prøver alle tilhører klasse 4.

PAH-indholdet i de 15 prøver var meget varierende både mellem de enkelte affaldstyper og indenfor hver affaldstype. Generelt var PAH-indholdet i de rene ikke-asfaltholdige affaldstyper lavt. Indholdet i affaldstypen beton/tegl overskred derimod generelt kravværdien til klasse 1, og tilhørte derfor klasse 2, mens de asfaltholdige prøver i flere tilfælde overskred kravværdien til klasse 2. De asfaltholdige prøver tilhørte således klasse 2 eller 3. Ingen af de undersøgte prøver havde et PAH-indhold, der overskred kravværdien til klasse 3.

4.2 Batchudvaskning

4.2.1 Resultater af 1-trins uorganisk batchudvaskningstest

Udvaskningen af uorganiske sporelementer blev som tidligere nævnt undersøgt for 7 udvalgte prøver ved anvendelse af en et-trins batchudvaskningstest (1. trin af EN 12457-3, CEN 2002). De 7 prøver blev primært udvalgt ud fra deres faststofindhold af sporelementer. Endvidere blev det tilstræbt at få en bred repræsentation af såvel affaldstyper som anlæg. Endelig blev prøverne udvalgt, så enkelte af dem blev testet for udvaskningen af både uorganiske og organiske komponenter.

De opnåede resultater er vist i Tabel 4.1 som udvasket stofmængde per kg anvendt prøve. Den udvaskede stofmængde er fundet ved at gange den målte

koncentration i eluatet med det anvendte L/S-forhold i udvaskningstesten på 2 l/kg. Herved fås den udvaskede stofmængde i mg/kg eller µg/kg. Samtlige opnåede resultater af de uorganiske udvaskningstests kan endvidere findes i bilag D.

Af tabel 4.1 fremgår det, at pH i eluatet fra de testede prøve af byggeaffald er forholdsvis uafhængigt af den anvendte affaldstype. Eluaterne fra samtlige undersøgte prøver har et højt pH, og variationen i pH mellem prøverne er kun omkring én pH-enhed (pH 11,3-12,4). Der er dog indikationer af, at der er mindre pH-forskelle mellem de forskellige affaldstyper, hvor affaldstypen ”ren beton 0/32” har den højeste pH-værdi på 12,2-12,4 mens affaldstypen ”ren tegl 0/32” har den laveste pH-værdi på 11,3.

Med hensyn til eluaternes specifikke ledningsevne og udvaskningen af hovedioner som Ca, Na, klorid og sulfat ses der en del variation både generelt mellem prøverne og indenfor de enkelte affaldstyper. Som for pH er der dog også her en tendens til, at den største stofudvaskning (især af Ca) og dermed også ledningsevne ses for affaldstypen ”ren beton 0/32”. Det er sandsynligvis primært Ca-karbonater der udvaskes fra ren beton, hvilket også stemmer med, at disse eluater både har et højt indhold af Ca og en høj pH-værdi.

Tabel 4.1 Resultater af et-trins uorganiske udvaskningstests (EN 12457-3, del 1). Resultaterne er angivet som udvasket stofmængde i mg/kg anvendt prøve eller µg/kg anvendt prøve. Tal i ”fed” angiver værdier, der overskrider kravværdierne til kategori 1 og 2.

Affaldstype	Ren beton 0/32			Ren tegl 0/32	Beton/tegl 0/32		Beton/asfalt 0/32	Grænseværdier Bek. 655 ¹	
	Anlæg 2 GA-2-B R-083-03	Anlæg 3 GA-3-B R-081-03	Anlæg 4 BA-4-B R-086-03	Anlæg 5 GA-5-T R-087-03	Anlæg 2 BA-2-BT R-084-03	Anlæg 3 GA-3-BT R-082-03	Anlæg 1 GA-1-BA R-092-03	Kat. 1 og 2	Kat. 3
pH	12,2	12,4	12,3	11,3	11,6	11,8	11,8	-	-
Ledn.evne	mS/m	360	780	480	160	180	240	210	-
Klorid	mg/kg	69	24	54	120	190	120	180	300* 6000
Sulfat	mg/kg	39	18	9,6	1000	480	200	35	500* 8000
Ca	mg/kg	570	2000	740	460	420	380	320	- -
Na	mg/kg	85	44	78	86	96	100	99	200* 3000
As	µg/kg	< 1,6	< 1,6	< 1,6	2,8	5,0	4,2	1,6	16 100
Cd	µg/kg	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	4 80
Cr	µg/kg	91	32	88	180	120	110	39	20 1000
Cu	µg/kg	51	18	26	50	130	140	150	90 4000
Ni	µg/kg	17	13	11	15	24	58	24	20 140
Pb	µg/kg	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	2,0	20 200
Zn	µg/kg	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	200 3000
Ba	µg/kg	160	1200	520	44	46	100	120	600 8000
Mn	µg/kg	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	300 2000
Hg	µg/kg	0,042	0,031	0,045	0,019	0,054	0,037	0,024	0,2 2

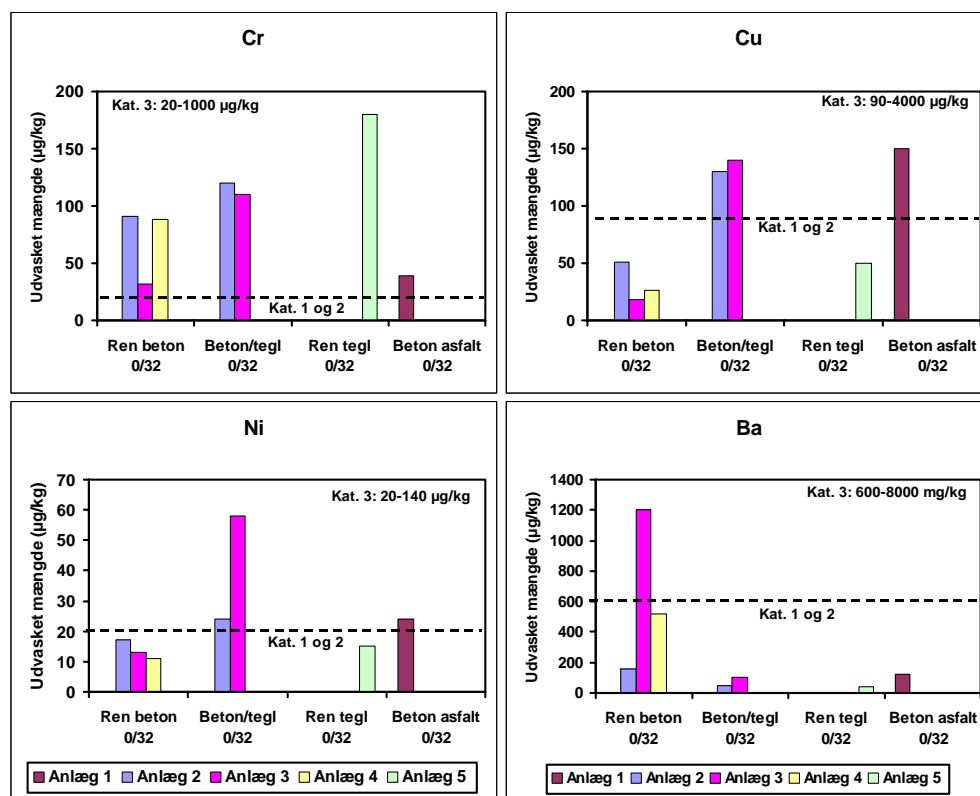
¹: Bekendtgørelse 655 om genanvendelse af restprodukter og jord til bygge- og anlægsformål (Miljø- og Energiministeriet, 2000). De viste værdier er multipliceret med en faktor 2 i forhold til værdierne i Bek. 655, da de her er opgivet i enheden mg/kg, mens de i Bek. 655 er opgivet i mg/l (se også bilag A).

* Midlertidige særlige vilkår for kategori 2: Klorid: 3000 mg/kg, Sulfat: 4000 mg/kg, Na: 2000 mg/kg

For sporelementerne viser udvaskningsresultaterne, at indholdet af As, Cd, Pb, Zn, Mn og Hg i eluaterne overholder de gældende grænseværdier for kategori 1 og 2 fra Bek. 655 (Miljø- og Energiministeriet, 2000). For de fleste af disse elementer er koncentrationen i eluaterne generelt under detektionsgrænsen, og det er kun for Hg, at koncentrationen i alle eluater ligger over detektionsgrænsen. For Cr, Cu, Ni og Ba er de udvaskede stofmængder derimod i flere af prøverne højere end kravene til kategori 1 og 2. Dette fremgår også af Figur 4.6, hvor de udvaskede stofmængder af Cr, Cu, Ni og Ba er afbildet sammen med kategorikravene.

Figur 4.6 viser, at der generelt er stor variation i de udvaskede stofmængder både mellem de forskellige affaldstyper og indenfor de enkelte affaldstyper. Udvasningen af Cr overskrider for samtlige undersøgte prøver den gældende grænseværdi for kategori 1 og 2 med op til en faktor 10. For Cu og Ni er det de blandede affaldstyper (beton/tegl og beton/asfalt), hvorfra udvasningen i mindre grad overskrider kravene til kategori 1 og 2, idet der ses overskridelser på en faktor 1-3. Derimod overholder de rene affaldstyper (ren beton og ren tegl) grænseværdierne for Cu og Ni. For Ba er det kun en enkelt prøve, hvor udvasningen er højere end det tilladte.

Generelt er udvasningen af Ba 5-10 gange lavere end grænseværdien for kategori 1 og 2. For ingen af de undersøgte prøver er udvasningen i nærheden af kravværdierne for kategori 3.



Figur 4.6 Resultat af et-trins batchudvaskningstests ved $L/S = 2$ l/kg. Den stiplede linie angiver grænseværdien for kategori 1 og 2 fra Bek. 655 om genanvendelse af restprodukter og jord til bygge- og anlægsarbejder (2000).

Alt i alt viser resultaterne af de uorganiske batchudvaskningstests, at udvasningen af sporelementer generelt er lav for byggeaffald. Især de rene fraktioner af byggeaffald viser lav udvaskning. Der er dog en enkelt gennemgående undtagelse, idet udvasningen af Cr i alle de undersøgte

affaldstyper overskrider de gældende krav til kategori 1 og 2. Tilsvarende overskrider enkelte prøver i mindre grad kravværdierne for Cu, Ni og Ba.

4.2.2 Resultater af 1-trins organisk batchudvaskningstest

Udvaskningen af organiske komponenter (kulbrinter, PAH'er og PCB'er) blev som tidligere nævnt bestemt for 7 udvalgte prøver ved anvendelse af en et-trins batchudvaskningstest (se Holm et al., 2000). De 7 prøver var primært udvalgt ud fra deres faststofindhold af organiske komponenter. De var endvidere udvalgt ud fra et ønske om, at få en bred repræsentation af affaldstyper og et ønske om, at enkelte prøver blev testet for udvaskningen af både uorganiske og organiske komponenter.

De opnåede resultater er vist i Tabel 4.2 som udvasket mængde stof per kg anvendt prøve. Den udvaskede stofmængde er fundet ved at gange den målte koncentration i eluatet med det anvendte L/S-forhold i udvaskningstesten på 2 l/kg. Herved fås den udvaskede stofmængde i mg/kg eller µg/kg. Samtlige opnåede resultater af de organiske udvaskningstests kan endvidere findes i bilag E.

**Tabel 4.2 Resultater af et-trins organiske udvaskningstests (Holm et al., 2000).
Resultaterne er angivet som udvasket stofmængde i mg/kg anvendt prøve eller µg/kg anvendt prøve.**

Affaldstype		Ren beton	Ren tegl	Beton/tegl	Beton/asfalt		Ren asfalt	
Anlæg		Anlæg 2	Anlæg 5	Anlæg 2	Anlæg 1	Anlæg 6	Anlæg 1	Anlæg 6
Prøve-ID		GA-2-B	GA-5-T	GA-2-BT	GA-1-BA	GA-6-BA	GA-2-A	GA-6-A
DHI-ID		R-083-03	R-087-03	R-084-03	R-092-03	R-129-03	R-089-03	R-130-03
pH		12,2	11,7	11,8	11,7	11,7	8,6	10,6
Ledningsevne	mS/m	330	170	190	230	160	80	65
<u>Kulbrintefraktionier</u>								
C6-C10	mg/kg	< 0,02	< 0,02	0,028	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
C10-C25	mg/kg	0,054	0,060	0,20	0,15	0,11	0,062	0,053
C25-C35	mg/kg	0,14	< 0,08	0,32	0,15	0,14	0,70	<0,08
Sum (Benzen-C35)	mg/kg	0,19	0,060	0,56	0,31	0,24	0,76	0,053
<u>PAH-forbindelser</u>								
Naphthalen	µg/kg	1,5	0,19	3,2	8	3	< 0,02	2,6
Acenaphthylen	µg/kg	0,22	0,06	2,4	1,4	0,88	0,94	0,32
Acenaphthen	µg/kg	0,76	0,2	2,2	1,6	0,88	< 0,02	0,53
Fluoren	µg/kg	0,56	0,096	3,4	1,5	0,68	0,022	0,34
Phenanthren	µg/kg	5,2	0,84	11	3,9	2,4	0,094	1,4
Anthracen	µg/kg	0,76	0,18	2,6	0,97	0,66	0,38	0,46
Fluoranthren*	µg/kg	1,6	0,82	2,2	0,85	0,74	1,1	0,69
Pyren	µg/kg	0,88	0,6	1,2	0,54	0,52	3,2	0,5
Benz (a) anthracen	µg/kg	0,096	0,086	0,13	0,087	0,08	0,7	0,089
Chrysen/Triphenylen	µg/kg	0,12	0,1	0,11	0,083	0,084	1,3	0,1
Benz (b+j+k) fluoranthren*	µg/kg	0,066	0,054	0,044	0,12	0,09	4,6	0,13
Benzo (a) pyren*	µg/kg	0,022	< 0,02	< 0,02	0,056	0,038	3,2	0,057
Indeno (1,2,3-cd) pyren*	µg/kg	0,022	< 0,02	< 0,02	0,056	0,044	2,6	0,051
Dibenz (a,h) anthracen*	µg/kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,52	< 0,02
Benzo (g,h,i) perylen	µg/kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,06	0,042	2,4	0,057
Sum 16 PAH (US-EPA)	µg/kg	12	3,2	28	19	10	22	7,3
Sum 5 PAH (MST*)	µg/kg	1,7	0,87	2,2	1,1	0,91	12	0,93
<u>Polychlorede biphenyler</u>								
PCB nr. 28	µg/kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
PCB nr. 52	µg/kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
PCB nr. 101	µg/kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
PCB nr. 118	µg/kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
PCB nr. 138	µg/kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
PCB nr. 153	µg/kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
PCB nr. 180	µg/kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02

Af tabel 4.2 fremgår det, at pH og ledningsevne i eluaterne fra affaldstypen ”ren asfalt” er væsentligt lavere end for de øvrige affaldstyper. Dette skyldes sandsynligvis, at de rene asfaltprøver som de eneste blandt de undersøgte affaldstyper ikke indeholder beton eller andre kalkholdige materialer.

De opnåede resultater viser, at der ikke udvaskes målelige mængder af PCB, idet indholdet i samtlige eluater er under detektionsgrænsen på 0,01 µg/l.

Eluaternes indhold af kulbrinter er noget varierende. Generelt er indholdet af de lette kulbrinter (C6-C10) lavt, mens indholdet af de to tungere fraktioner (C10-C25 og C25-C35) er lidt højere og i de fleste eluater fordeler sig nogenlunde ligeligt mellem de 2 fraktioner. Generelt må man dog sige, at udvaskningen af kulbrinter er forholdsvis lav og uafhængig af affaldstypen. Tilsvarende ses for PAH'erne meget varierende indhold uden sammenhæng mellem affaldstype og udvasket mængde PAH.

I de eksisterende retningslinier i Sjællandsvejledningen (2000) for genanvendelse af jord stilles der med hensyn til organiske komponenter kun krav til faststofindholdet. I et forsøg på at estimere risikoen for påvirkning af grundvandet ved genanvendelse af byggeaffald, er der i kapitel 5 gennemført nogle scenarieberegninger baseret på resultaterne af de organiske batchudvaskningstests.

4.3 Sammenligning mellem uorganiske og organiske batchtests

På fire prøver (én ren beton, én ren tegl, én beton/tegl og én beton/asfalt) blev der lavet både uorganiske og organiske batchtests. I Tabel 4.3 er vist pH og ledningsevne i de opnåede eluater. Da de uorganiske og organiske tests næsten kan betegnes som replikater (kun forskelle i valg af materialer til udstyr og metode til adskillelse af eluat og faststof) giver sammenligning af pH og ledningsevne en indikation af testenes repeterbarhed.

Af Tabel 4.3 fremgår det, at der var overordentlig god overensstemmelse mellem både pH og ledningsevne, idet afvigelsen mellem de 2 testtyper i alle tilfælde var under 10 %.

Tabel 4.3 Sammenligning mellem pH og ledningsevne i de uorganiske og organiske batchtests.

Affaldstype	Ren beton		Ren tegl		Beton/tegl		Beton/asfalt	
Anlæg	Anlæg 2		Anlæg 5		Anlæg 2		Anlæg 1	
Prøve-ID	GA-2-B		GA-5-T		GA-2-BT		GA-1-BA	
DHI-ID	R-083-03		R-087-03		R-084-03		R-092-03	
Testtype	Uorg. ¹	Org. ²	Uorg. ¹	Org. ²	Uorg. ¹	Org. ²	Uorg. ¹	Org. ²
pH	12,2	12,2	11,3	11,7	11,6	11,8	11,8	11,7
Ledningsevne mS/m	360	330	170	170	180	190	210	230

¹: Eluater fra uorganiske batchudvaskningstests; ²: Eluater fra organiske batchudvaskningstests

4.4 Sammenligning af faststofindhold og udvaskede mængder

For de uorganiske sporelementer viser sammenligning af faststofindhold og udvaskede mængder, at der ikke er nogen sammenhæng imellem hvilke elementer, der overskrider kravværdierne til faststofindhold (Cd og Pb), og hvilke elementer, der overskrider grænseværdierne med hensyn til udvaskning (Cr, Cu, Ni og Ba). Både faststofanalyser og udvaskningstests viser dog, at beton/tegl generelt er den mest problematiske affaldstype med hensyn til de uorganiske sporelementer.

For PCB er både faststofindholdet og koncentrationen i eluaterne generelt under detektionsgrænsen.

Der er ingen entydig sammenhæng mellem faststofindhold og udvaskning for hverken kulbrinter eller PAH'er. Dette ses især tydeligt for de asfalholdige prøver, der alle har et meget højt indhold af både kulbrinter og PAH'er. Udvasningen fra disse prøver er dog begrænset, hvilket sandsynligvis skyldes, at især de tungere kulbrinter og PAH'er sorberer meget kraftigt til den faste fase, og dermed typisk ikke vil blive udvasket i væsentlig grad.

5 Scenarieberegninger

Der findes som tidligere nævnt ikke grænseværdier for udvaskning af organiske stoffer fra bygge- og anlægsaffald, som ønskes nyttiggjort. I Sjællandsvejledningen (2000) findes der nogle grænseværdier for faststofindhold af en række organiske stoffer i jord, som ønskes anvendt til forskellige formål, men der er ingen sammenhæng mellem disse grænseværdier og en eventuel risiko for forurening af grundvandet som følge af udvaskning organiske stoffer. For alligevel at muliggøre en vurdering af resultaterne af de organiske batchudvaskningstests er der i det følgende opstillet nogle mulige genanvendelsesscenarier og foretaget en stærkt forsimplet risikovurdering efter de samme retningslinier, som blev anvendt til beregning af grænseværdier for stofudvaskning, jf. bekendtgørelse nr. 655. (Miljø- og Energiministeriet, 2000). Som datagrundlag er der anvendt udvaskningsdata fra de 7 organiske udvaskningstests.

5.1 Anvendte scenarier

Til vurdering af den forventede påvirkning af grundvandskvaliteten som følge af udvaskningen af organiske komponenter tages der udgangspunkt i en model beskrevet i Miljøprojekt nr. 467 fra Miljøstyrelsen (Dahlstrøm og Rasmussen, 1999). Overordnet set er modellen baseret på en sammenhæng mellem stofudvaskningen bestemt ved en udvaskningstest i laboratoriet og den under et givet nyttiggørelsesscenario resulterende påvirkning af grundvandskvaliteten. Som nyttiggørelsesscenarier er der anvendt forskellige typer af anlægsarbejder, som byggeaffald kan tænkes genanvendt. De anvendte scenarier er kort skitseret i Tabel 5.1. De anvendte genanvendelsesscenarier er valgt ud fra, hvad der tidligere har været anvendt af Miljøstyrelsen i forbindelse med genanvendelsesscenarier for restprodukter. Især scenariet "støjvold" er sandsynligvis ikke et genanvendelsesscenario for bygge- og anlægsaffald. Det er dog valgt at medtage dette scenario som et "worst case" tilfælde.

Tabel 5.1 *Typen af potentielle anlægsarbejder, hvor byggeaffald kan genanvendes, samt anlægstypenes areal og infiltrationen indenfor modelområdet, som er 500 x 500 m (Dahlstrøm og Rasmussen, 1999).*

Anlægstyper	Længde x bredde m x m	Areal m ²	Infiltration mm/år	Anvendt "fortyndingsfaktor"
Støjvold	500 x 20	10.000	350	100/45 = 2,22
Vej uden afløb	500 x 12,5	6.250	175	100/23 = 4,35
Vej med afløb	500 x 12,5	6.250	35	100/8 = 12,5
Sti	500 x 2,5	1.250	175	100/9 = 11,1
Plads med afløb	60 x 32,5	1.959	35	100/37 = 2,70

Ved risikovurderingen er der anlagt et konservativt syn, idet der ses helt bort fra både sorption og nedbrydning. Der tages således kun højde for fortynding. Dette er en meget grov tilnærmelse, der må forventes at give en betydelig overestimering af grundvandskoncentrationen nedstrøms de potentielle anlægsarbejder. Der ses iøvrigt på et tilfælde, hvor anlægsarbejdet udføres i et

område med et terrænnært grundvandsmagasin bestående af sand. Den i tabel 5.1 angivne fortyndingsfaktor er fundet som forholdet mellem en given startkoncentration (her 100 µg/l) og den maksimale koncentration 30 meter nedstrøms anvendelseslokaliteten, der blev fundet i Dahlstrøm og Rasmussen (1999). Det antages endvidere, at porevandskoncentrationen, når det nedsivende vand når grundvandsspejlet, svarer til koncentrationen i eluatet fra den organiske udvaskningstest. Dette vil selvfølgelig være en overestimering af den reelle koncentration. Dels må porevandskoncentrationen forventes at falde ved nedsivning gennem jorden og dels har undersøgelser af organiske udvaskningstests vist, at den her anvendte batchtest vil overestimere porevandskoncentrationen for de tungere organiske forbindelser som PAH'er og de tungere kulbrinter (Miljøstyrelsen, 2002).

5.2 Resultater af scenarieberegningerne

Med udgangspunkt i de i afsnit 5.1 beskrevne scenarier er de estimerede maksimale koncentrationer i grundvandet 30 meter nedstrøms de forskellige typer af anlægsarbejde angivet i bilag F. For de stoffer eller stofgrupper, hvor der findes grundvandskvalitetskriterier, er resultaterne endvidere vist i Tabel 5.2. Tabellen indholder også eluatkoncentrationerne fra batchudvaskningstestene. Der er ikke lavet scenarieberegninger for udvaskningen af PCB, da indholdet i samtlige eluater var under detektionsgrænsen.

Generelt viser scenarieberegningerne som forventet, at den mest følsomme arealanvendelse vil være indbygning af byggeaffaldet i en støjvold. Her vil udvaskningen af kulbrinter (C6-C35) under de valgte forudsætninger for samtlige typer af byggeaffald overskride grundvandskvalitetskriteriet på 9 µg/l. Den maksimale estimerede grundvandskoncentration er på 170 µg/l. For de øvrige typer af anlægsarbejder vil især blandingsaffaldstyperne overskride grundvandskvalitetskriteriet, mens de rene affaldstyper "ren beton" og "ren tegl" overholder kvalitetskravet ved anvendelse til vej med afløb eller til sti.

For PAH'er findes der grundvandskvalitetskriterier for naphthalen (1 µg/l) og summen af benzo(a)pyren, benzo(b+k)fluoranthren, flouranthren, indeno(1,2,3-cd)pyren og benzo(ghi)fluoranthren (0,2 µg/l). For naphthalen er det kun affaldstypen beton/asfalt der ved enkelte anvendelser (støjvold og plads) overskrider grundvandskvalitetskriteriet på 1 µg/l. Alle de øvrige affaldstyper overholder grundvandskvalitetskriteriet for naphthalen. Kvalitetskravet på 0,2 µg/l for summen af de nævnte PAH'er overholdes ligeledes for hovedparten af prøverne. Dog overskrider samtlige prøver kravværdien ved anvendelse i støjvold. Den ene prøve af ren asfalt overskrider kravet i mindre grad ved samtlige typer af anlægsarbejder, mens prøverne af beton/tegl og ren beton svarer til eller i mindre grad overskrider kravværdien ved anvendelse til anlæggelse af vej uden afløb og plads. Yderligere svarer udvaskningen fra den ene prøve af beton/asfalt til kravværdien ved anvendelse til anlæggelse af en plads. Generelt er udvaskningen af PAH'er dog lav og den estimerede grundvandskoncentration 30 meter nedstrøms anlægsarbejdet kommer kun for phenanthren og her kun i enkelte prøver op over 1 µg/l.

Både PAH'er og kulbrinter er kendt for at sorbere stærkt til jord og aquifermaterialer og kun blive transporteret meget langsomt i grundvandet. Sorptionen er endvidere størrelsesafhængig, hvilket betyder, at især de tungere forbindelser bindes meget hårdt til jorden (bl.a. Kjeldsen et al., 1996). Når der i scenarieberegningerne ses bort fra sorption, betyder det derfor for især de

tungere organiske forbindelser en kraftig overestimering af grundvandskoncentrationen nedstrøms anlægsarbejdet. Det betyder igen, at anvendelse af byggeaffald i de givne scenarier, sandsynligvis ikke ville resultere i en overskridelse af grundvandskvalitetskravene, hvis der ved beregningerne var taget højde for sorption f.eks. ved anvendelse af K_d -værdier.

Tabel 5.2 *Maksimale grundvandskoncentrationer for total kulbrinter, naphthalen og summen af 5 PAH'er 10 m nedstrøms de forskellige nyttiggørelsesscenarier. Grundvandskoncentrationerne er fundet ud fra meget konservative skøn, hvor der er set bort fra både sorption og nedbrydning. Til sammenligning er de gældende grundvandskvalitetskrav angivet i kolonnen yderst til højre. Tal i "fed" angiver værdier, der overskrider grundvandskvalitetskravene.*

Affaldstype	Ren beton	Ren tegl	Beton/tegl	Beton/asfalt	Beton/asfalt	Ren asfalt	Ren asfalt	Grundvands- krav ¹
Anlæg	Anlæg 2	Anlæg 5	Anlæg 2	Anlæg 1	Anlæg 6	Anlæg 1	Anlæg 6	
Prøve-ID	GA-2-B	GA-5-T	GA-2-BT	GA-1-BA	GA-6-BA	GA-2-A	GA-6-A	
DHI-ID	R-083-03	R-087-03	R-084-03	R-092-03	R-129-03	R-089-03	R-130-03	
<u>Eluatkoncentrationer</u>								
Sum (C6-C35) µg/l	95	30	280	160	120	380	27	
Naphthalen µg/l	0,75	0,095	1,6	4,0	1,5	0,010	1,3	
Sum 5 MST-PAH ² µg/l	0,86	0,46	1,1	0,54	0,46	5,8	0,46	
<u>Støivold</u>								
Sum (C6-C35) µg/l	42	13	130	69	54	170	12	9
Naphthalen µg/l	0,34	0,042	0,72	1,8	0,67	0,0045	0,58	1
Sum 5 MST-PAH µg/l	0,38	0,20	0,51	0,24	0,20	2,6	0,21	0,2
<u>Vej uden afløb</u>								
Sum (C6-C35) µg/l	22	6,9	64	36	28	87	6,1	9
Naphthalen µg/l	0,17	0,022	0,37	0,92	0,35	0,0023	0,30	1
Sum 5 MST-PAH µg/l	0,20	0,11	0,26	0,12	0,10	1,3	0,11	0,2
<u>Vej med afløb</u>								
Sum (C6-C35) µg/l	7,6	2,4	22	12	9,6	30	2,1	9
Naphthalen µg/l	0,06	0,0076	0,13	0,32	0,12	0,00080	0,10	1
Sum 5 MST-PAH µg/l	0,068	0,037	0,091	0,043	0,036	0,46	0,037	0,2
<u>Sti</u>								
Sum (C6-C35) µg/l	8,6	2,7	25	14	11	34	2,4	9
Naphthalen µg/l	0,068	0,0086	0,14	0,36	0,14	0,00090	0,12	1
Sum 5 MST-PAH µg/l	0,077	0,041	0,10	0,049	0,041	0,52	0,042	0,2
<u>Plads</u>								
Sum (C6-C35) µg/l	35	11	100	57	44	140	9,8	9
Naphthalen µg/l	0,28	0,035	0,59	1,5	0,56	0,0037	0,48	1
Sum 5 MST-PAH µg/l	0,32	0,17	0,42	0,20	0,17	2,1	0,17	0,2

1:Miljøstyrelsen (2003). Liste over kvalitetskriterier i relation til forurennet jord; 2:Sum af benzo(a)pyren, benzo(b+k)fluoranthen, fluoranthen, indeno(1,2,3-cd)pyren og benzo(ghi)fluoranthen

6 Samlet vurdering af laboratorieundersøgelserne

6.1 Faststofindhold

Til vurdering af indholdet af forurenende stoffer i byggeaffald, blev der i projektet undersøgt i alt 15 prøver, der bestod af beton, tegl og asfalt i både rene og blandede fraktioner. I de 15 prøver blev faststofindholdet af udvalgte sporelementer (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn) og organiske forureningskomponenter (kulbrinter; PAH'er og PCB'er) bestemt.

For de uorganiske sporelementer kan det samlet set konkluderes, at indholdet af sporelementer var lavt i alle de undersøgte affaldstyper og generelt overholdt kravværdierne til kategori/klasse 1. For affaldstypen beton/tegl var der dog enkelte mindre overskridelser for Cd og Pb.

Med hensyn til de organiske komponenter kan det konkluderes, at indholdet af PCB var meget lavt (generelt $< 0,005$ mg/kg) i samtlige prøver. Indholdet af specielt de tunge kulbrinter var derimod forholdsvis højt, og for det samlede indhold af kulbrinter var kravværdierne til jord af klasse 1 generelt overskredet for samtlige affaldstyper. Kulbrinteindholdet i enkelte prøver af beton og beton/tegl overskred ligeledes kravværdien til jord af klasse 2, mens de asfaltholdige prøver alle havde et højt indhold af kulbrinter, der overskred kravværdien til jord af klasse 3 betydeligt.

Faststofindholdet af PAH var meget varierende både mellem de enkelte affaldstyper og indenfor hver affaldstype. Overordnet set gjaldt det, at PAH-indholdet i de rene ikke-asfaltholdige affaldstyper var lavt, indholdet i affaldstypen beton/tegl overskred generelt kravværdien til jord af klasse 1 og tilhørte således klasse 2, mens de asfaltholdige prøver i flere tilfælde overskred kravværdien til jord af klasse 2 og derfor faldt i klasse 3. Ingen af de undersøgte prøver havde et PAH-indhold, der overskred den øvre grænse for jord af klasse 3.

6.2 Batchudvaskning

For sporelementerne kan det ud fra batchudvaskningstestene konkluderes, at udvaskningen af sporelementer generelt var lav. Især de rene fraktioner af byggeaffald, som ren beton og ren tegl, viste lav udvaskning. Cr var dog en undtagelse, idet udvaskningen af Cr i alle de undersøgte affaldstyper overskred de gældende kravværdier for kategori 1 og 2 med op til en faktor 10. Ligeledes overskred udvaskningen af Cu, Ni og Ba i enkelte prøver i mindre grad kravværdierne for kategori 1 og 2. For ingen af de undersøgte prøver og undersøgte sporelementer var udvaskningen i nærheden kravværdierne for kategori 3.

Udvaskningen af organiske komponenter viste, at der ikke blev udvasket målelige mængder af PCB ($< 0,01$ µg/l). Udvaskningen af kulbrinter og PAH

var varierende og uden nogen entydig sammenhæng mellem affaldstype og udvasket stofmængde, ligesom der heller ikke var nogen sammenhæng mellem faststofindhold og udvaskning af hverken kulbrinter eller PAH'er.

6.3 Scenarieberegninger

På baggrund af scenarieberegninger baseret på udvaskningen af organiske komponenter kan det for de forskellige potentielle genanvendelsesmuligheder (støjvold, veje, stier og pladser) konkluderes, at den mest følsomme arealanvendelse vil være indbygning af byggeaffaldet i en støjvold. For de øvrige nyttiggørelsesscenarier var det især anvendelsen af blandingsaffaldstyperne som beton/tegl og beton/asfalt samt rent asfalt der resulterede i mindre overskridelser af grundvandskvalitetskriterierne for kulbrinter og summen af udvalgte PAH'er, mens samtlige affaldstyper overholdt kravværdien for naphthalen.

De gennemførte scenarieberegninger var meget konservative, idet der bl.a. blev set bort fra sorption og nedbrydning. Denne antagelse betyder efter al sandsynlighed, at grundvandskoncentrationen nedstrøms anlægsarbejdet blev overestimeret betydeligt, da både PAH'er og kulbrinter er kendt for at sorbere stærkt til jord og aquifermaterialer og dermed bliver transporteret meget langsomt i grundvandet. De fundne begrænsede overskridelser af grundvandskvalitetskriterierne betyder sandsynligvis, at anvendelse af byggeaffald i de givne scenarier, ikke ville resultere i en overskridelse af grundvandskvalitetskravene, hvis der ved scenarieberegningerne var taget højde for sorption.

Det er tilsyneladende meget vanskeligt for genanvendelses anlæggene, at undgå at mindre mængder af asfalt kommer med i betonfraktionen. Mindre rester af asfalt i betonfraktionen opfattes ikke af genanvendelses anlæggene som problematisk. Dette skyldes givet vis, at den blandede fraktion "beton/asfalt" i dag mange steder er blevet en populær handelsvare.

7 Petrografiske undersøgelser

Der er udvalgt et antal prøver til petrografisk undersøgelse. Formålet med den petrografiske undersøgelse har været, at undersøge hvad de forskellige genbrugsfraktioner består af. De petrografiske undersøgelser fortæller hvilke fysiske bestanddele genbrugsmaterialerne består af. Således er det eksempelvis muligt at bestemme fordeling mellem beton, asfalt, jord, leca, tegl mv. i en given prøve.

Den petrografiske undersøgelse giver endvidere oplysninger omkring kornfordelingen i en given prøve, dvs. fordelingen mellem små og store partikler.

Der er i forbindelse med projektet udtaget 4 prøver af fraktionen ren beton 0-32 mm fra forskellige genanvendelses anlæg.

Resultatet af de petrografiske undersøgelser viser, at der typisk er ca. 1-2 % andre materialer i de fraktioner der sælges som "ren beton". Fordelingen fremgår af nedenstående tabel.

Tabel 7.1 *Analyseresultater for rene fraktioner af beton tegl (koncentrationer angivet i mg pr. kg TS, Dansk Beton Teknik, petrografisk undersøgelse dateret d. 07.07.2003.*

Prøve id.	Beton (nr. 5)		Beton (nr. 10)		Beton (nr. 13)		Beton (nr. 16)	
	[g]	[vægt %]	[g]	[vægt %]	[g]	[vægt %]	[g]	[vægt %]
Beton	2932.8	98.0	2618.7	99.1	2356.1	98.6	3143	99.4
Asfalt	32.4	1.1	8.6	0.3	19.9	0.8	17.8	0.6
Jord	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Leca	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tegl	17.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Diverse	8.7	0.3	0.6	0.6	12.5	0.5	0.0	0.0
Total	2991.1	100.0	2643.4	100.0	2388.5	100.0	3161.3	100.0

Som det ses af tabellen indeholder betonprøverne typisk ca. 0,5-1 % (vægtprocent) asfalt og ca. 1-1,5 % andre materialer. Disse andre er kun i begrænset omfang udspecificeret. Gruppen af andre stoffer omfatter materialerne flamingo, plastik, metal, glas, træ, ledninger mm.

8 Andre undersøgelser

8.1 Århus-undersøgelsen

Spørgsmålet om hvorvidt de genbrugsmaterialer der sælges fra landets genanvendelsesanlæg med rette kan betegnes som "rene" har tidligere været rejst. I 1997 blev der i Århus Amt med denne baggrund foretaget en undersøgelse af syvgenanvendelsesanlæg, som skønnedes at være repræsentative for branchen [10].

Der blev som led i undersøgelsen udtaget 21 prøver fordelt som følger:

- 4 af knust beton,
- 4 af knust tegl,
- 3 af blandet beton/tegl,
- 4 af betonslam og
- 6 af finjord (finfraktion fra knusning)

Materialet blev nedknust til en max. partikelstørrelse på 2 mm.

Prøverne blev analyseret for totalindhold :

- tungmetaller (arsen, bly, cadmium, chrom, kviksølv, zink, kobber og nikkel),
- kulbrinter ved GC/FID og efter DS/R 209,
- PAH (16 EPA),
- chlorphenoler (-total, PCP) og
- chlorphenyler (-total, PCB), angivet i mg/kg tørstof.

Der blev ikke gennemført udvaskningsforsøg.

Resultaterne fra undersøgelsen fremgår af de følgende tabeller tabel 8.1 til 8.3.

Tabel 8.1 Analyseresultater for rene fraktioner af beton tegl (koncentrationer angivet i mg pr. kg TS)

Affaldstype	Beton				Tegl				Jordkvalitets-kriterier	
	A	A	B	C	A	A	B	B	Følsom	Økotoks
Virksomhed										
Metaller ved DS/259:										
Arsen	10		6	7,8	6,2		5,3		20	10
Chrom	16		23	16	18		18		500	50
Nikkel	9,2		11	7,9	17		11		30	10
Kobber	11		13	9,2	8,8		9,8		500	30
Cadmium	0,13		< 0,1	0,11	< 0,1		0,19		0,5	0,03-0,5
Zink	49		44	41	55		48		500	100
Kviksølv	< 0,05		<	< 0,05	< 0,05		< 0,05		1	0,1
Bly	11		5,7	6,4	9,3	46	130	480	40	50
Kulbrinter:										
Mineralolie ved DS/R	160		80	380	58		570		100	
Total kulbrinter,	140	300	56	260	45	84	290	110	100	
BTX'er ved GC/FID										
Benzen	< 0,1		< 0,1	< 0,1	< 0,1		< 0,1		1,5	
Toluen	< 0,1		< 0,1	< 0,1	< 0,1		< 0,1		10	
Xylen	< 0,5		< 0,5	< 0,5	< 0,5		< 0,5		10	
PAH'er ved										
Benz(a)pyren	0,47		0,11	0,11	0,12		0,23		0,1	0,1
Dibenz(a,h)antracen	0,09	0,04	0,02	-	0,02	0,03	0,04	-	0,1	
Sum af 5 PAH'er	2,96	1,67	1,16	1,92	0,70	1,499	1,47	0,28	1,5	1
Sum af 15 PAH'er	7,88	4,4	2,6	2,81	1,49	3,5	3,8	0,65	5	
Chlorphenol										
Pentachlorphenol (PCP)	< 0,01		<	< 0,01	0,022		0,08		0,15	0,005
Chlorphenoler, excl,	< 0,01		<	< 0,01	< 0,01		0,01		3	0,01

Tabel 8.2 Analyseresultater for blandede fraktioner af beton/tegl og betonslam
(koncentrationer angivet i mg pr. kg TS)

Affaldstype	Beton/tegl		Betonrester/slam				Jordkvalitetskriterier		
	C	D	E	F*	F	G	G	Følsom	Økotoks
Virksomhed									
Metaller ved DS/259:									
Arsen	< 4,0	8	13	9,2		12		20	10
Chrom	21	14	23	19		14		500	50
Nikkel	12	7,9	12	13		10		30	10
Kobber	11	16	11	21		17		500	30
Cadmium	0,18	0,11	0,22	0,38		0,29		0,5	0,03-0,5
Zink	64	39	110	40		36		500	100
Kviksølv	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05		< 0,05		1	0,1
Bly	14	11	< 1,0	7,7		8		40	50
Kulbrinter:									
Mineralolie ved	160	230	250	11		620		100	
Total kulbrinter,	160	200	140	< 5-25	< 5-25	410	570	100	
BTX'er ved GC/FID									
Benzen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1		< 0,1		1,5	
Toluen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1		< 0,1		10	
Xylen	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5		< 0,5		10	
PAH'er ved									
Benz(a)pyren	0,52	0,11	0,39	< 0,02		< 0,02		0,1	0,1
Dibenz(a,h)antracen	0,09	0,02	0,07	-	-	-	-	0,1	
Sum af 5 PAH'er	3,62	0,79	2,42					1,5	1
Sum af 15 PAH'er	9,82	2,04	6,34	< 0,02		< 0,02		5	
Chlorphenol									
Pentachlorphenol	0,017	< 0,01	0,035	< 0,01		< 0,01		0,15	0,005
Chlorphenoler, excl,	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01		< 0,01		3	0,01

Tabel 8.3 Analyseresultater for finfraktionen fra beton og tegl og blandingen beton (koncentrationer angivet i mg pr. kg TS)

Finjord fra affaldstype	Beton	Tegl	Beton/tegl				Jordkvalitets- kriterie	
			B	C	D	E	Følsom	Økotoks
Virksomhed	A	A	B	C	D	E	Følsom	Økotoks
Metaller ved DS/259:								
Arsen	6,8	6,8	9,2	7,2	8,1	14	20	10
Chrom	7,5	10	11	10	12	18	500	50
Nikkel	6,4	9,3	7,5	8,9	9,9	11	30	10
Kobber	12	8,4	12	18	14	15	500	30
Cadmium	0,15	0,16	-	0,25	0,2	0,23	0,5	0,03-0,5
Zink	69	71	100	120	93	62	500	100
Kviksølv	-	-	0,08	0,078	-	-	1	0,1
Bly	20	18	37	24	29	13	40	50
Kulbrinter:								
Mineralolie ved DS/R	140	64	87	110	480	340	100	
Total kulbrinter,	230	120	200	140	260	290	100	
BTX'er ved GC/FID								
Benzen	-	-	-	-	-	-	1,5	
Toluen	-	-	-	-	-	-	10	
Xylen	-	-	-	-	-	-	10	
PAH'er ved								
Benz(a)pyren	1,2	0,6	0,24	0,48	0,43	0,21	0,1	0,1
Sum af 5 PAH'er	6,56	3,34	1,38	3,66	2,63	1,31	1,5	0,1
Sum af 15 PAH'er	14,3	7,26	2,93	8,20	4,93	2,82	5	1
Sum af PCB	0,31	-	0,059		-	0,41		
Chlorphenol								
Pentachlorphenol (PCP)		0,022	0,021	0,041	0,011	0,011	0,15	0,005
Chlorphenoler, excl,							3	0,01

Der foreligger kun i begrænset omfang oplysninger omkring udtagningen af de enkelte prøver, hvorfor tolkning af resultaterne må ske med forsigtighed.

Følgende tendenser kan imidlertid observeres:

- at der ses forhøjede værdier af bly i teglfraktionen
- at tungmetaller derudover ikke synes at være et problem i materialerne
- at der er et indhold af kulbrinter i 16 ud af 21 prøver der overstiger jordkvalitetskriteriet

- at indholdet af problematiske stoffer i finjordsfraktionen ikke adskiller sig væsentligt fra indholdet af stoffer i de grovere fraktioner. Der er dog noget forhøjede værdier for PAH i nogle af prøverne udtaget fra finfraktionen..
- at fraktionen betonrester/slam indeholder markant højere koncentrationer af kulbrinter
- at PAH findes i alle prøver undtagen i 2 (af i alt 4) prøver fra ren tegl og prøverne udtaget af betonrester- og slam.

8.2 Asfaltindustrien

I 2001 gennemførte Asfaltindustrien en større undersøgelse af PAH-indholdet i forskellige asfaltfraktioner, herunder genbrugsasfalt. Der blev i forbindelse med projektet gennemført 20 laboratorieundersøgelser.

Resultatet af undersøgelserne viste, at indholdet af PAH varierer meget. Gennemsnitligt blev indholdet af PAH fundet at være 9,3 mg/kg TS. I undersøgelsen blev der udtaget prøver fra i alt 4 anlæg som i større skala arbejder med genbrug af asfalt fra vejbelægninger.

8.3 Kortlægning af problematiske stoffer

I 2001 gennemførte DEMEX i samarbejde med SBI, COWI og DTI et projekt med titlen "Kortlægning af problematiske stoffer i bygge- og anlægsaffald" [9]. Projektet var finansieret af Miljøstyrelsen. Projektet omhandlede udvalgte strømme af problematiske stoffer, som forventes at fremkomme i byggeaffald i perioden 2001 til 2025. I projektet blev bl.a. givet forslag til konkrete initiativer vedrørende implementering og videreudvikling af behandlingsmetoder, indsamlingssystemer, virkemidler m.v. vedrørende håndtering af stofferne.

Følgende 12 stoffer blev i projektet identificeret som problematiske:

- Bly
- Cadmium
- Kviksølv
- Nikkel
- Chrom
- Kobber
- Zink
- Polychlorerede biphenyler (PCB)
- Chlorparaffiner
- Chlorfluorcarboner
- Hydrochlorflourcarboner (HCFC) og hydrofluorcarboner (HFC)
- Svovlhexaflourid

Ovenstående 12 stoffer blev udvalgt fra en lang liste af "uønskede" stoffer. Udvælgelsen var baseret på stoffernes toksicitet (enten overfor miljøet eller i forhold til mennesker) samt forbruget.

Der blev som del af projektet lavet en opgørelse over de 12 stoffers omfattende anvendelse, forbrug, toksicitet og nuværende bortskaffelsesmetoder. Der blev opstillet en model, hvis mål var at forudsige mængderne i bygningsaffaldet for de 12 stoffer, der vil fremkomme i perioden

2001-2025. Modellen er baseret på data fra opgørelsen samt estimerede levetider for bygningsdele og materialer. Modellen blev anvendt på alle stofferne og resulterede i visualisering af input til byggesektoren og output i affaldsstrømmen for hvert af stofferne.

På baggrund af modelresultaterne, samt information indhentet i forbindelse med opgørelsen, blev der opstillet en række anbefalinger for den fremtidige håndtering af byggeaffald indeholdende de 12 stoffer.

9 Vurdering af kilder til forurening

Et af de væsentlige mål med projektet har været at identificere mulige kilder til forurenede stoffer i de materialer, der i dag sælges fra de danske genbrugsanlæg.

Grundlæggende vurderes kilderne at kunne opdeles i to hovedgrupper:

a) *Kilder til forureninger, der er alment forekommende.*

De alment forekommende forureninger er typisk knyttet til brugen af bestemte byggematerialer med indhold af miljøproblematisk stoffer.

b) *Kilder til forureninger der er relateret til enkeltstående projekter.*

I forbindelse med nedrivning af ældre industribygninger kan der forekomme forskellige forurenende stoffer, der skyldes den industriaktivitet som har fundet sted i bygningerne. Hvilke stoffer det drejer sig om vil være varierende afhængig af den historiske aktivitet.

Undersøgelser af den typiske arbejdsgang rundt på landets genanvendelsesanlæg har vist, at det ikke i praksis er muligt for anlæggene at identificere hvilke genbrugsmaterialer der stammer fra bestemte nedrivningsprojekter. Dette skyldes, at der tidligt i processen sker en sammenblanding af materialerne fra de forskellige bygge- og anlægsprojekter.

Mulighederne for at undersøge den konkrete sammenhæng mellem bestemte nedrivningsprojekter og indholdet af forurenende stoffer i de færdigt producerede genbrugsmaterialer, har været indgående diskuteret i projektgruppen. Det har imidlertid ikke vist sig praktisk muligt inden for de økonomiske rammer af dette projekt, at undersøge den direkte sammenhæng mellem bestemte nedrivningsprojekter og de resulterende genbrugsmaterialer.

Prøverne, som er udtaget fra færdigvarerne fra de enkelte genanvendelsesanlæg, giver således information om de gennemsnitlige forekomster af forurenede stoffer i genbrugsmaterialerne.

I det følgende vurderes de mulige kilder til forureninger i producerede færdigvarer derfor på et generelt niveau. Det er således alene de alment forekommende kilder til forurening, der er behandlet i det følgende.

9.1 Identificerede forureninger i de undersøgte genbrugsmaterialer

Ved de gennemførte faststofanalyser af de udtagne materialeprøver er der konstateret følgende stoffer, som overskrider de kriterier for renhed (kategori 1) givet Bekendtgørelse 655 om genanvendelse af restprodukter og jord til bygge- og anlægsformål (Miljø- og Energiministeriet, 2000):

- Tungmetaller i form af Bly (Pb) og Cadmium (Cd)
- Kulbrinter, primært tunge kulbrinter (C25-35), men også i nogen grad letolie (10-C25)
- PAH i form af benza(a)pyren og dibenz(a,h)antracen.

Bekendtgørelsen omfatter som tidligere beskrevet ikke byggeaffald, men da alternativet til at anvende genbrugsmaterialer i mange tilfælde vil være jord eller andre restprodukter, er bekendtgørelsens grænseværdier medtaget til sammenligning.

Bekendtgørelse 655 om genanvendelse af restprodukter og jord til bygge- og anlægsarbejder:

§ 4. Restprodukter og jord i kategori 1 må uden tilladelse genanvendes til bygge- og anlægsarbejder omfattet af bekendtgørelsen, medmindre andet følger af miljøbeskyttelsesloven og den øvrige lovgivning

9.2 Kendte kilder til forurenende stoffer

I det følgende ses nærmere på hvilke mulige kilder der kan være til

- tungmetaller i form af bly (Pb) , cadmium (Cd) og chrom (Cr),
- kulbrinter (C25-35) og (10-C25),
- PAH i form af benza(a)pyren og dibenz(a,h)antracen

i de undersøgte genbrugsmaterialer.

9.2.1 Bly i byggematerialer

Bly er gennem tiden anvendt til en række forskellige formål inden for byggeriet. Blandt de mest kendte anvendelser er [9]:

- Taginddækninger
- Kabelkapper
- Tætte samlinger i fx afløbsrør
- I PVC som stabilisator
- I maling og lak sikkativer i form af blyoxid, blychromat og blynaphthenat.

9.2.2 Cadmium i byggematerialer

Cadmium har ligesom bly fundet anvendelse i byggeriet i forskellig form. Blandt de kendte anvendelser er [9]:

- I forbindelse med overfladebehandling af metaller
- I PVC som stabilisator
- I glaseret tegl
- I farvepigmenter plastprodukter og maling

Videre optræder Cadmium desuden som et følgestof i cement. Cadmium stammer fra bl.a. flyveaske og kalk, der anvendes som råmaterialer til fabrikation af cement.

9.2.3 Chrom i byggematerialer

Chrom er et metal der ligesom bly og cadmium har været anvendt i byggeriet til forskellige formål. Blandt disse kan nævnes [9]:

- I cement hidrørende fra flyveaksen som anvendes ved fremstillingen
- I rustfrit stål som legeringselement
- I forchromning af metalgenstande

- I træimprægneringsmidler

9.2.4 Tungmetaller i asfalt:

Gennem flere år har tilførsel af tungmetaller, herunder bly, cadmium og chrom til de danske forbrændingsanlæg været et problem som har været genstand for megen diskussion. Vi har derfor i dag i Danmark et ganske godt overblik over de mængder af tungmetaller der tilføres de danske forbrændingsanlæg.

Gennem tiderne har slagger fra stålproduktionsovne og flyveaske fra forbrændingsanlæg været et populært fyldstof i mange asfaltprodukter. Det er derfor meget sandsynligt, at en del af de tungmetaller der er fundet ved analyse af de asfaltholdige fraktioner, kan skyldes indholdet af tungmetalholdige slagger i asfalten [11].

9.2.5 Kilder til PAH i genbrugsfraktionerne

Polyaromatiskehydrocarboner (PAH) optræder i en række ældre tjæreholdige produkter, eksempelvis:

- Vejasfalt
- Tagpap
- Tjæreprodukter til fugtspærre (kældervægge og terrændæk)

Endvidere findes PAH i visse ældre træimprægneringsmidler.

9.2.6 Kilder til kulbrinter i genbrugsfraktionerne

Kulbrinter er en meget omfattende gruppe af stoffer. Således findes der kulbrinteforbindelser i alle organiske materialer. De kulbrinter der er fundet ved faststofanalyserne, der er gennemført for genbrugsmaterialerne er primært tunge kulbrinter (C25-35), men også i nogen grad letolie (10-C25).

I byggeriet optræder der en lang række materialer og stoffer som indeholder kulbrinter. På listen over mulige kilder til kulbrinter i genbrugsmaterialerne findes således:

- Træ
- Plastic
- Pap og papir
- Formolier
- Maling
- Støbegulve
- Vejasfalt
- Tagpap
- Tjæreprodukter til fugtspærre (kældervægge og terrændæk)

9.3 Observationer fra genbrugsanlæggene

I forbindelse med prøveudtagningen blev der gjort en række iagttagelser. Blandt de væsentligste fremhæves:

- Anlæggene opfatter generelt beton som et mere attraktivt materiale til genanvendelse end tegl.

- Teglfraktionen er som oftest mere inhomogen end betonfraktionen. Teglfraktionen indeholder i mange tilfælde mindre mængder af puds, mørtel, leca, letbeton, tagplader, plast mm. Betonfraktionen fremstår generelt mere homogen og ensartet end teglfraktionen.
- Inerte restfraktioner uden organisk materiale indgår i mange tilfælde i teglfraktionen.
- Betonfraktionen indeholder i flere tilfælde mindre urenheder af asfalt.

Den umiddelbare forklaring på det forhold, at betonfraktionen sædvanligvis er renere end teglfraktionen er, at anlæggene tilstræber at foretrækker beton med et højt genanvendelsespotentiale for andre materialer med ringere tekniske egenskaber.

Konsekvensen af dette synes at være, at "teglfraktionen" og "beton/teglfraktionen" i mange tilfælde ender med at opsluge de forskellige materialer med ringe genanvendelsespotentiale. Særligt betegnelsen "blandet beton og tegl" synes i flere tilfælde at være populærbetegnelsen for "blandende inerte materialer egnet til fyld".

9.4 Diskussion af sandsynlige kilder

Tungmetaller

Praktiske erfaringer med nedrivningsarbejde viser, at udsortering af bygningskomponenter med indhold af tungmetaller ikke er fuldstændig. Det kan derfor med rimelighed antages, at en del af det indhold af bly, cadmium og chrom, som er fundet i prøverne stammer fra bygningsmaterialer.

Den omstændighed, at de højeste koncentrationer er fundet i de blandede fraktioner kan i nogen grad støtte denne påstand. Ved pladsbesøgene er det observeret, at det særligt er i teglfraktionerne, at der også findes forskellige andre urenheder såsom plast, træ, isolering, ledninger, glaseret tegl mm.

Af pladsbesøgene fremgik det endvidere, at de blandede fraktioner typisk fremkommer når det ikke har været muligt at foretage en tilfredsstillende kildesortering. Det synes derfor at være en nærliggende tanke, at problemerne med tungmetaller i de blandede fraktioner skyldes utilstrækkelig forsørgelse.

Den rene fraktion "beton" er generelt fri for indhold af miljøproblematiske stoffer fordi ren beton er en eftertragtet handelsvare, der kan sælges til en god pris.

De blandede teglfraktioner med et højere indhold af miljøproblematiske stoffer skyldes, at der skyldes mangelfuld sortering.

Kulbrinter

I oplysninger fra Asfaltindustrien er kulbrinter er en naturlig del af asfalt.

På baggrund af observationer fra pladsbesøgene synes det klart, at asfalt i større eller mindre omfang optræder i alle genbrugsfraktioner.

Indholdet af kulbrinter er imidlertid markant højere i de fraktioner der indeholder større mængder af asfalt. Det er på denne baggrund nærliggende at antage, at en væsentlig del af kulbrinteindholdet skyldes forekomsten af asfalt i genbrugsmaterialerne.

Under pladsbesøgene blev det konstateret, at der i særligt de blandede fraktioner ofte findes mindre rester af plast, ledninger, træ mm. Denne observation støttes af de gennemførte petrografiske analyser. Da plastmaterialer og træ ligeledes indeholder kulbrinter må det antages, at en del af kulbrinteindholdet skyldes disse mindre rester.

PAH

Der ses af analyseresultaterne en tydelig sammenhæng mellem indholdet af asfalt i materialerne og koncentrationen af PAH. Det er derfor nærliggende at antage, at en væsentlig del af PAH indholdet i de undersøgte genbrugsmaterialer skyldes forekomsten af asfalt.

Ifølge oplysninger fra Asfaltindustrien findes der altid PAH i asfalt. Koncentrationen af PAH er dog afhængigt af om bindemidlet i asfalten er bitumen eller tjære. Ældre typer asfalt, med tjære som bindemiddel, har et relativt højt PAH-indhold.

Undersøgelser gennemført af Asfaltindustrien viser imidlertid, at koncentrationen af PAH i genbrugsasfalt typisk ligger under det niveau som er fundet i de undersøgte prøver. Hvad denne forskel skyldes er ikke klart.

I Sverige i dag er det i de fleste større byer almindeligt, at den som leverer asfalt til et genanvendelsesanlæg (eller et ikke kontrolleret deponi) skal dokumentere at asfalten ikke indeholder PAH. Leverandøren som leverer asfalten til genanvendelsesanlægget vil i tvivlstilfælde være nødsaget til at udtage en prøve og levere den til laboratorieanalyse.

10 Mulige initiativer til reduktion af forurenende stoffer

10.1 Mulige initiativer til reduktion af tungmetaller

De undersøgte materialeprøver viser, at der i varierende grad findes lave koncentrationer af tungmetaller i de undersøgte genbrugsmaterialer. Tungmetaller findes udbredt i byggeriet, særligt i ældre byggeri. De mulige kilder til tungmetaller er derfor mangfoldige.

De kendte kilder til forekomst af bly (Pb), cadmium (Cd), og chrom (Cr) er:

- Taginddækninger, kabelkapper, rørsamlinger, PVC, maling, lak forbrændingslagger (Pb)
- Overfladebehandlinger af metaller, PVC, glaseret tegl og farvepigmenter i plastprodukter, maling og forbrændingslagger (Cd)
- Forchromning, træimpregneringsmidler og forbrændingslagger (Cr).

Det vurderes, at den mest realistiske mulighed for at sikre at bly, cadmium og chrom ikke havner i de produkter, der sælges fra landets genbrugspladser er at skærpe kravene til kildesortering af affaldet fra nedrivning og renovering.

10.2 Mulige initiativer til reduktion af kulbrinter

Kulbrinter findes udbredt i genbrugsmaterialerne i varierende koncentrationer. De primære kilder til kulbrinterne vurderes at være:

- rester af asfalt
- rester af plastic, træ og andre organiske affaldsfraktioner
- rester af olieprodukter fra betonproduktionen

De petrografiske undersøgelser viser, at der typisk findes ca. 0,5-1 % (vægtprocent) asfalt og ca. 1-1,5 % andre materialer i de genbrugsfraktioner, der sælges som "ren beton".

Undersøgelser af udvalgte danske genbrugsanlæg viser, at der næsten altid findes mindre rester af asfalt i de rene sorterede fraktioner. At dette synes at være alment forekommende støttes af, at Vejdirektoratet i retningslinier for anvendelse af genbrugsmaterialer til vejbygning har indført grænseværdi for tilladeligt indhold af asfalt.

Det essentielle problem er imidlertid, at det er vanskeligt, hvis ikke umuligt, at fjerne den sidste rest af asfalt fra de øvrige genbrugsfraktioner.

Undersøgelser af de genbrugsmaterialer, der er dag sælges fra de danske genbrugsanlæg, viser, at der næsten altid findes mindre urenheder af plast, træ og organiske materialer i de materialer der sælges. De blandende genbrugsfraktioner med indhold af tegl synes i særlig grad at indeholder urenheder. Det vurderes, at dette skyldes, at indholdet af mindre urenheder ikke vurderes at udgøre et praktisk problem for aftagerne af disse fraktioner.

Fraktionerne anvendes i vid udstrækning til fyldformål hvor der ikke stilles strenge kvalitetskrav til materialerne. Så længe slutbrugerne ikke stiller krav om at indholdet af urenheder reduceres, vurderes der ikke at være et tilstrækkeligt økonomisk incitament til at nedriverne og genbrugspladserne foretager en yderligere sorteringsindsats. En yderligere sortering af materialerne vurderes derfor at kræve en øget indsats fra myndighederne i form af skærpet kontrol.

Undersøgelser udført af DTI tyder på, at ny beton i mange tilfælde indeholder mindre koncentrationer af kulbrinter. Kilderne er tildels ukendte, men meget tyder på, at indholdet af kulbrinter skyldes spild fra produktionsudstyr og transportbiler. Betonbranchen arbejder i dag selv med at undersøge mulighederne for at nedbringe indholdet af kulbrinter i ny beton.

De gennemførte udvaskningsforsøg viser, at fundne kulbrinter i genbrugsmaterialerne kun i begrænset omfang er tilgængelige for udvaskning. Det vurderes følgelig, at risikoen for, at udvaskning af kulbrinter fra genbrugsmaterialerne kan give anledning til en væsentlig miljøbelastning, er meget begrænset. For at begrænse risikoen mest muligt anbefales det, at genbrugsmaterialer (med muligt indhold af kulbrinter) så vidt muligt ikke anvendes i ubunden form i særligt følsomme områder.

10.3 Mulige initiativer til reduktion af PAH

Der ses en tydelig sammenhæng mellem indholdet af PAH og forekomsten af asfalt i de undersøgte prøver. Den væsentligste kilde til PAH i genbrugsmaterialerne vurderes at være rester af tjæreholdig asfalt af ældre dato.

Undersøgelser af udvalgte danske genbrugsanlæg viser, som tidligere nævnt, at der næsten altid findes mindre rester af asfalt i de rene sorterede fraktioner og praktiske muligheder for at udsortere asfalten vurderes at være meget begrænsede.

I andre lande bl.a. Sverige har myndighederne valgt at stille krav om at asfalt undersøges for indhold af PAH ved udtagning af kontrolprøver. På Malmö stads hjemmeside findes græseværdier for maksimalt tilladeligt indhold af PAH i asfalt. I de tilfælde hvor prøverne viser, at der findes PAH i koncentrationer over et vist niveau anvises asfalten til specialbehandling og den må således ikke genanvendes.

De gennemførte udvaskningsforsøg viser, at fundne PAH-forbindelser i genbrugsmaterialerne i lighed med kulbrinterne kun i begrænset omfang er tilgængelige for udvaskning. Det vurderes følgelig, at risikoen for, at udvaskning af PAH fra genbrugsmaterialerne kan give anledning til en væsentlig miljøbelastning, er meget begrænset.

For at begrænse risikoen mest muligt anbefales det, at genbrugsmaterialer (med muligt indhold af PAH over en nærmere fastsat grænseværdi) så vidt muligt ikke anvendes i ubunden form i særligt følsomme områder.

10.4 Mulige initiativer til reduktion af PCB

PCB er kun fundet i meget lave koncentrationer i de undersøgte prøver. PCB vurderes på denne baggrund ikke at udgøre et væsentligt problem. Det skal dog bemærkes, at PCB i byggeriet optræder i meget små mængder, hvorfor fortyndingen af PCB i de samlede byggeaffaldsmængder i praksis er meget stor.

De mulige kilder til PCB forurening af genbrugsmaterialerne er velkendte. PCB optræder i mindre mængder i en række forskellige byggevarer og forskellige former for elektrisk udstyr.

Den mest effektive måde at reducere mængden af PCB i affaldsstrømmen vurderes at være gennem en mere effektiv kildesortering af byggefaldet.

I Norge og Sverige stilles der i dag krav til registrering og udsortering af PCB ved nedrivning og renovering. Således foretages forud for alle større nedrivnings- og renoveringssager registrering af forekomsten af PCB og andre kendte miljøskadelige stoffer. Resultatet af denne indledende registrering skal forelægges for myndighederne. Den indledende registrering er en forudsætning for at kunne opnå tilladelse til igangsættelse af nedrivnings-/renoveringsprojektet.

10.5 Mulige initiativer til reduktion af andre problematiske stoffer

En af de væsentligste kilder til forurening er den virksomhed, som har fundet sted i bygningerne før nedrivning. Da man i industrien gennem årene har anvendt næsten alle tænkelige kemiske stoffer, kan det derfor ikke udelukkes, at man ved en nærmere undersøgelse kan finde en række andre stoffer. Disse stoffer må dog forventes at optræde stokastisk i byggeaffaldet og i praksis tæt knyttet til enkeltstående projekter.

Idet gruppen af "andre stoffer", som kan forekomme i genbrugsfraktionerne, vurderes at være varierende afhængigt af hvorfra materialerne stammer, anbefales det at skærpe indsatsen i forhold til at søge at identificere projekter med særlige risici.

Visse steder ses det, at kommunerne (fx i Malmø Kommune) i forbindelse med behandling af anmodning om tilladelse til nedrivning pålægger bygningsejeren at vurdere risikoen for, at bygningen kan være forurennet. Systemet i Malmö Kommune minder om den måde som de danske myndigheder håndterer jordforurening.

Således har man i Malmö Kommune systematisk gennemgået en lang række af Kommunens virksomheder med henblik på at identificere virksomheder med særlig risiko for forureningsproblemer (i jord såvel som bygninger).

Gennem undersøgelser på udvalgte genbrugsanlæg i Danmark vurderes det, at risikoen for, at der findes "andre problematiske stoffer" i genbrugsmaterialerne er størst i de blandede fraktioner med indhold af tegl. Dette skyldes, at disse fraktioner ofte indeholder de yderste bygningsoverflader (pudslaget), samt at tegl i forhold til beton er langt mere porøs. Således ses der i praksis ofte en dybere indtrængning af kemiske stoffer i tegl end i beton.

Det kan på denne baggrund anbefales, at de teglblandede fraktioner ikke ukritisk anvendes som fyldmaterialer i særligt følsomme områder uden nærmere undersøgelse.

11 Referencer

- [1] CEN (2002). EN 12457-3 Compliance test for leaching of granular waste materials and sludges – Part 3: Two stage batch test at a liquid to solid ratio of 2 and 9 l/kg with particle size below 4 mm (without and with size reduction). CEN/TC 292/WG2. European Committee for Standardization. Brussels, Belgium.
- [2] Dahlstrøm, K. og Rasmussen, P.O. (1999). Restprodukters påvirkning af grund- og indvindingsvand. Miljøprojekt nr. 467. Miljø- og Energiministeriet, København.
- [4] Dansk Standard (1982). Vandundersøgelse. Metal ved atomabsorptionsspektrofotometri i flamme. DS 259. Januar 1982.
- [4] Holm, P.E., Broholm, K., Hjelmar, O., Vilholt, K.G., Asmussen, O.W. og Kjeldsen, P. (2000). Udvikling af metode til testning af udvaskning af organiske stoffer fra jord og restprodukter. Miljøprojekt nr. 579, Miljø- og Energiministeriet, København.
- [5] Kjeldsen, P. og Christensen, T.H. (1996). Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen, nr. 20. Miljø- og Energiministeriet, København.
- [6] Miljø- og Energiministeriet (2000). Bekendtgørelse nr. 655 af 27. juni 2000 om genanvendelse af restprodukter og jord til bygge- og anlægsarbejder.
- [7] Miljøstyrelsen (2002). Udvasknings af organiske stoffer fra jord: Udvikling og afprøvning af testmetoder. Projekt gennemført af DHI – Institut for Vand og Miljø i samarbejde med Miljø & Ressourcer DTU og Eurofins. Foreligger i udkast.
- [8] Sjællandsvejledningen (2001). Vejledning i håndtering af forurenet jord på Sjælland. Udgivet af amterne på Sjælland og Lolland-Falster samt Københavns og Frederiksberg kommuner. Juli 2001
- [9] Lauritzen, E. K., & Trap Christensen, N. (2001). Kortlægning af problematiske stoffer i bygge- og anlægsaffald fra nedbrydning og renovering (Arbejdsrapport 2002). København: Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen.
- [10] Århus Amt: "Undersøgelse af "rent" bygge- og anlægsaffald, Anders T. Kristensen].
- [11] Miljøstyrelsen, web-page www.mst.dk

12 Litteratur

Bekendtgørelse nr. 18 (1976). **Bekendtgørelse nr. 18 af 15. januar 1976 om begrænsninger i indførslen og anvendelsen af PCB og PCT.** København: Miljøministeriet.

Bekendtgørelse nr. 49 (2000). **Bekendtgørelse nr. 49 af 20. januar 2000 om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål.** København: Miljø- og Energiministeriet.

Bekendtgørelse nr. 692 (1998). **Bekendtgørelse nr. 692 af 22. september 1998 om forbud mod salg og eksport af kviksølv og kviksølvholdige produkter.** København: Miljø- og Energiministeriet.

Bekendtgørelse nr. 733 (2000). **Bekendtgørelse nr. 733 af 31. juli 2000 om listen over farlige stoffer.** København: Miljø- og Energiministeriet.

Bekendtgørelse nr. 925 (1998). **Bekendtgørelse nr. 925 af 13. december 1998 om PCB, PCT og erstatningsstoffer herfor.** København: Miljø- og Energiministeriet.

Bekendtgørelse nr. 1012 (2000). **Bekendtgørelse nr. 1012 af 13. november om forbud mod import og salg af produkter, der indeholder bly.** København: Miljø- og Energiministeriet.

Bekendtgørelse nr. 1060 (2000). **Bekendtgørelse nr. 1060 af 4. december om tilskud til indsamling og genanvendelse af blyakkumulatorer.** København: Miljø- og Energiministeriet.

Bjørnstad, L. (1999). **Kortkjedete højklorerte paraffiner: Materialstrømsanalyse** (Rapport 99:24). Oslo: Statens forurensningstilsyn.

COWIconsult (1983). **PCB/PCT-forurening: En udredning om forbrug, forurening og transportveje for PCB og PCT i Danmark.** København: Miljøstyrelsen.

COWIconsult (1985). **Forbrug og forurening med kviksølv i Danmark: Materialstrømsanalyse.** København: Miljøstyrelsen.

COWI (2001). I/S Vestforbrænding og I/S Amagerforbrænding. **Kildesporing og reduktion af tungmetalltilførsel til forbrænding** Slutrapport, Juni 2001.

Danmarks Farve- og Lakindustri (2000). Oplysninger om problematiske stoffer i maling.

Hauschild, M. (red.). (1996). **Baggrund for miljøvurdering af produkter.** Danmarks Tekniske Universitet, Institutet for Produktudvikling. København: Miljøstyrelsen, & Dansk Industri.

Fugebranchens Samarbejds- og oplysningsråd (FSO) (2000). Spørgeskemaundersøgelse om anvendelse af fugemasser med PCB.

Hansen, E. (1995). *Miljøprioritering af industriprodukter* (Miljøprojekt nr. 281). København: Miljøstyrelsen

Jensen, A., & Markussen, J. (1993). *Forbrug af og forurening med cadmium* (Miljøprojekt nr. 213). København: Miljøstyrelsen.

Johannesson, P.- O. (1999). *PCB i føgmassor* (Publikation 1999:15). Vänersborg: Länsstyrelsen i Västra Götaland.

Juul Busch, N., & Stilling, O. (1991). *Ozonlagsnedbrydende stoffer - forbrug i 1987-1989* (Miljøprojekt nr. 170). København: Miljøstyrelsen.

Kemikalieinspektionen (1996). *Additiv i PVC: Märkning av PVC* (Rapport från kemikalieinspektionen 6/96). Solna.

Krogh, H. (1999). *Problematiske stoffer i byggevarer* (SBI-meddelelse 122). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Lassen, C., & Hansen, E. (1996b). *Massestrømsanalyse for bly: Forbrug bortskaffelse og udslip til omgivelserne i Danmark* (Miljøprojekt nr. 327). København: Miljøstyrelsen.

Lauritzen, E. K., & Trap Christensen, N. (1997). *Kortlægning af PVC i bygge- og anlægsaffald fra nedbrydning og renovering* (Arbejdsrapport nr. 79 1997). København: Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen.

Miljøkontrollen (2000). *Vejledning om Erhvervsaffald, Københavns Kommune, Miljøkontrollen.*

Miljøstyrelsen (1980). *Cadmiumforurening: En redegørelse om anvendelse, forekomst og skadevirkninger af cadmium i Danmark*. København.

Miljøstyrelsen (1985). *Forbrug og forurening med arsen, chrom, cobalt og nikkel* (Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 7 1985). København.

Miljøstyrelsen (1989). *Bly: Anvendelse - forurening - løsningsforslag* (Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr. 1 1989). København.

Miljøstyrelsen (1990). *PVC i byggeri og anlæg: Mulighederne for samt tekniske og økonomiske konsekvenser af at substituere PVC i byggeri og anlæg* (Miljøprojekt nr. 133 1990). København.

Miljøstyrelsen, PROBA (1990). *Prognose for bygge- og anlægsaffald* (Miljøprojekt nr. 150 og 151). København.

Miljøstyrelsen (1991). *Demonstrationsprojekt "Selektiv nedrivning"*. Entreprenørforeningen, Nedbrydersektionen. (Miljøprojekt nr. 177, 1991). København, Miljøministeriet, Miljøstyrelsen.

Miljøstyrelsen (1997b). *Erhvervsaffald og udvalgte affaldsstrømme. Et debatoplæg* (Oplæg fra Miljøstyrelsen). København.

Miljøstyrelsen (1999). *Affald 21 - Regeringens affaldsplan 1998 - 2004*, Miljø- og energiministeriet. København.

Miljøstyrelsen (2000b). **Listen over uønskede stoffer** (Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9 2000). København. Lokaliseret 20010611 på: www.mst.dk/udgiv/publikationer/2000/87-7944-116-5/html/

NMK (1996). **Nedbrydningsbranchens Miljøkontrolordning 1996**. NMK 1996. Brancheaftale om selektiv nedbrydning m.v., Miljø- og Energiministeren, Entreprenørforeningens Nedbrydningssektion, November 1996.