

Rapport nr.: 2003.092		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Aske fra biobrenselanlegg - aktuell sluttbehandling. Forprosjekt.				
Forfatter: Toril Haugland og Rolf Tore Ottesen.			Oppdragsgiver: Trondheim Energiverk	
Fylke: Sør-Trøndelag			Kommune: Trondheim	
Kartblad (M=1:250.000)			Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)	
Forekomstens navn og koordinater:			Sidetall:20	Pris:
			Kartbilag:	
Feltarbeid utført:	Rapportdato: 18. november 2003	Prosjektnr.: 2960.01	Ansvarlig:	
Sammendrag:				
<p>Denne rapporten baserer seg på tidligere undersøkelser og gir en kortfattet omtale av:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kjemisk sammensetning av aske fra biobrenselanlegg</li> <li>• Resultater fra utlekningstester</li> <li>• Problemstillinger rundt forurensende stoffer i asken</li> <li>• Eksempler på aktuell sluttbruk av aske fra biobrenselanlegg.</li> </ul> <p>I kommende år forventes det en økende satsing på etablering av biobrenselanlegg i Norge. Som en følge av dette vil det genereres store volumer treaske. Per i dag er det mest vanlig å deponere denne type aske. Dette prosjektet ønsker å vurdere alternativ sluttbehandling for det som kan vise seg å være en verdifull ressurs.</p> <p>Treaske har en varierende sammensetning, men inneholder generelt det meste av de næringsstoffer og tungmetaller som fantes i trevirket før forbrenningen. Asken er meget alkalisk. Askens utlekningsegenskaper vil variere med ulik pH, forskjellige asketyper m.m. Utlekningsegenskapene vil kunne reguleres ved mekanisk bearbeiding av asken.</p> <p>Følgende alternativer for aktuell sluttbruk av biobrenselaske har blitt omtalt i rapporten:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Deponering (det mest vanlige i dag)</li> <li>2. Tilbakeføring til skogen (for å kompensere for den næringen som er fjernet ved avvirkning)</li> <li>3. Jordforbedringsmiddel (øke pH i forsuret jordbruksjord, samt tilføre næringsstoffer)</li> <li>4. Tilsats til betong (forbedring av betongens egenskaper)</li> <li>5. Veiunderlag (stabilisering av jorda under veien)</li> <li>6. Snøsmelting (hindre flom)</li> <li>7. Ulike renseprosesser (rensing av sigevann fra fyllinger m.m.)</li> </ol>				
Emneord: Biobrenselanlegg		Aske		

# Innhold

<b>1. BAKGRUNN.....</b>	<b>4</b>
1.1 BIOENERGI – EN VIKTIG FORNYBARE ENERGIKILDE.....	4
1.2 MARIENBORG BIOBRENSSELANLEGG.....	4
1.3 AKTUELL SLUTTBEHANDLING AV ASKEN FRA MARIENBORG BIOBRENSSELANLEGG .....	4
1.4 PROSJEKTMÅL OG AVGRENSNING FOR RAPPORTEN .....	5
<b>2. ASKENS SAMMENSETNING OG EGENSKAPER.....</b>	<b>6</b>
2.1 SAMMENSETNING .....	6
2.2 NÆRINGSSTOFFER OG TUNGMETALLER .....	6
2.3 TOTALINNHOLD OG SYRELØSELIG (BIOTILGJENGELIG) INNHOLD.....	6
2.4 FORSKJELLER MELLOM BUNNASKE OG FLYGEASKE .....	8
2.5 UTLEKNINGSEGENSKAPER.....	8
2.6 MER OM MULIGE FARLIGE STOFFER I ASKEN.....	9
2.6.1 <i>Kadmium</i> .....	9
2.6.2 <i>Krom</i> .....	10
2.6.3 <i>Arsen</i> .....	10
2.6.4 <i>Andre tungmetaller</i> .....	10
2.6.5 <i>PAH</i> .....	10
2.6.6 <i>Dioksiner</i> .....	11
2.6.7 <i>Cesium-137</i> .....	11
<b>3. AKTUELL SLUTTBEHANDLING .....</b>	<b>12</b>
3.1 DEPONERING .....	12
3.2 TILBAKEFØRING TIL SKOGEN.....	12
3.3 JORDFORBEDRINGSMIDDEL .....	13
3.4 TILSATS TIL BETONG .....	14
3.5 VEIUNDERLAG OG ASFALT .....	14
3.6 SNØSMELTING .....	15
3.7 BRUK AV ASKE I ULIKE RENSEPROSESSER.....	15
<b>4. OPPSUMMERING .....</b>	<b>16</b>
<b>5. KONKLUSJON.....</b>	<b>17</b>
<b>6. REFERANSER.....</b>	<b>18</b>

**VEDLEGG 1**      Diverse grenseverdier for aske som skal brukes til gjødsling av skog eller jordbruksområder

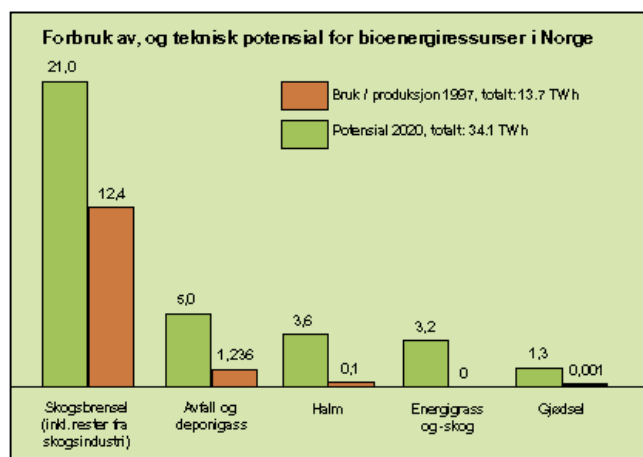
# 1. Bakgrunn

## 1.1 Bioenergi – en viktig fornybare energikilde

Hele 80 % av industrilandenes energiforbruk er basert på ikke fornybar energi, vesentlig i form av olje, kull og naturgass (Bioenergi, 2001). Det vil være av avgjørende betydning for verdens økonomiske og økologiske utvikling at fossil energibruk reduseres mens bruk av fornybar energi økes.

Av verdens eksisterende fornybare energikilder, er bioenergi den viktigste. Den teknologiske utviklingen har gjort det stadig mer økonomisk å utnytte biomasse som naturressurs. Det finnes ressurser nok til å dekke 20-25 % av klodens totale energibehov. Sverige og Finland er allerede i ferd med å nå dette målet – i Norge utgjør bioenergi per i dag ca. 6 % av det totale energiforbruket. Figur 1 viser forbruk av bioenergi i Norge i 1997 og beregnet teknisk potensial i 2020. Dersom man når målet om å produsere i overkant av 30 TWh basert på bioenergi innen 2020, vil det tilsvare 10 % av dagens energiforbruk i Norge (tall fra Norsk Bioenergiforening).

*Figur 1. Forbruk av bioenergiressurser i Norge i 1997 og teknisk potensial i 2020. Figuren er hentet fra Norsk Bioenergiforenings nettsider ([www.nobio.no](http://www.nobio.no)).*



## 1.2 Marienborg biobrenselanlegg

Marienborg biobrenselanlegg i Trondheim ble satt i drift høsten 2002. Anlegget er etablert av Trondheim Energiverk Fjernvarme AS i samarbeid med NSB eiendom. For fremtiden kommer årlig driftsperiode til å være i vinterperioden fra oktober til april, med en forventet årlig produksjon på 30 GWh. Beregnet årlig brenselforbruk er 8.000 tonn biobriketter.

## 1.3 Aktuell sluttbehandling av asken fra Marienborg biobrenselanlegg

Det forventes at det hvert år vil genereres ca. 80 tonn aske fra biobrenselanlegget på Marienborg. I Norge er det i dag vanlig å deponere denne type aske. Trondheim Energiverk har engasjert Norges geologiske undersøkelse (NGU) for å undersøke andre alternativer for

sluttbehandling av asken. Dette skal gjøres delvis som et litteraturstudium og delvis gjennom prøveinnsamling og analyser av asken fra anlegget.

Det eksisterer lite norske bakgrunnsdata når det gjelder kjemisk sammensetning av slik aske og hvordan asken bør sluttbehandles. Nasjonale retningslinjer eksisterer ikke, til tross for at det forventes en kraftig satsing på denne type energi i tiden framover.

Flere spørsmålsstillinger reiser seg når det gjelder sluttbehandling av aske fra biobrenselanlegg:

- I asken vil det være en kraftig oppkonsentrasjon av metaller. Asken kan også inneholde organiske miljøgifter som dioksiner og PAH. Hvordan kan man påse at dette behandles på en trygg måte?
- Kan asken i noen sammenhenger være så forurenset at den bør behandles som spesialavfall?
- Asken inneholder mineralnæring som har blitt fjernet fra skogen - bør man derfor søke å tilbakeføre så mye som mulig av denne næringen?
- Hvilken annen aktuell bruk finnes?

#### **1.4 Prosjekt mål og avgrensning for rapporten**

Prosjektet har som mål å framkomme med forslag til aktuell sluttbehandling av asken fra Marienborg biobrenselanlegg.

Denne rapporten baserer seg på tidligere undersøkelser (hovedsakelig utenlandske) og gir en kortfattet omtale av:

- Kjemisk sammensetning av aske fra biobrenselanlegg
- Resultater fra utlekningstester
- Problemstillinger rundt forurensende stoffer i asken
- Eksempler på aktuell sluttbruk av aske fra biobrenselanlegg.

## **2. Askens sammensetning og egenskaper**

### **2.1 Sammensetning**

Askens kjemiske sammensetning avhenger av flere faktorer, der brenselet er en av de viktigste. Aske fra torv har en annen sammensetning enn skogsbrenselaske. På samme måte vil aske fra ulike skogsbrensel variere avhengig av hvilket treslag som benyttes - bjørk har for eksempel et annet mineralinnhold enn gran. Selv ulike deler av treet har forskjellig kjemisk sammensetning. Forskjeller i brenselets kjemiske karakter vil også variere med vekstplass. De substratene som utnyttes (berggrunn, jordsmonn og vannets kjemiske sammensetning) varierer fra plass til plass. Forurensninger av ulikt slag, både i atmosfæren og skogsmarken, påvirker opptaket i plantene. Videre vil valg av forbrenningsmetode påvirke askens sammensetning. Man har også observert betydelige variasjoner i askesammensetning i et og samme forbrenningsanlegg over tid, til tross for at samme teknologi og brensel har blitt benyttet. (Lindkvist, 2000).

Generelt består asken av store deler av de næringsstoffer og tungmetaller som fantes i trevirket. Den inneholder også en del salter og varierende mengder av uforbrent organisk materiale og grus og sand. Videre kommer mulige forurensninger som kan stamme fra urent brensel, ufullstendig forbrenning m.m. Asken er meget alkalisk og har en pH på rundt 12-13 (Lindkvist, 2000).

### **2.2 Næringsstoffer og tungmetaller**

Askens næringsinnhold domineres av kalsium. Andre viktige makronæringsstoffer er magnesium, kalium og fosfor. Av mikronæringsstoffer finnes bl.a. bor, kobber, sink, mangan, kobolt og molybden (Lindkvist, 2000).

Askens inneholder også mesteparten av de tungmetaller som en gang fantes i trevirket, for eksempel kvikksølv, bly, krom, arsen, nikkel, vanadium og kadmium (Lindkvist, 2000).

Det er allerede nevnt at sammensetningen i biobrenselaske kan variere mye. Tabell 1 viser normal variasjonsbredde for de viktigste næringsstoffer og metaller i asker fra svenske biobrenselanlegg (Lindkvist, 2000). Rapporterte konsentrasjoner i publikasjoner fra andre land faller stort sett innenfor disse intervallene.

### **2.3 Totalinnhold og syreløselig (biotilgjengelig) innhold**

Tabell 1 viser totalt innhold av næringsstoffer og metaller i asken. Man skal være klar over at syreløselig (biotilgjengelig) innhold ofte vil ligge langt under det totale innholdet (Campbell, 1990). I Sverige arbeides det nå med å karakterisere askene med tanke på plante-tilgjengeligheten av næringsstoffer og skadelige metaller. Analyser av syreløselig fraksjon kan brukes som et supplement til totalanalyser, spesielt for bunnasker som man antar vil ha et høyt innhold av inert materiale (Samuelsen, 2001). Slik kan det for eksempel avdekkes at et høyt totalinnhold av et tungmetall ikke vil utgjøre noen stor risiko fordi metallet foreligger i en lite tilgjengelig form, eller at lavt syreløselig innhold av næringsstoffer vil gjøre det lite økonomisk lønnsomt å bruke asken til gjødslingsformål. Tabell 2 viser hvor stor forskjell det kan være mellom totalinnhold og syreløselig innhold av metaller i en aske (Campbell, 1990).

Tabell 1. Normal variasjonsbredde i totalinnhold av næringsstoffer og metaller i forbrenningsasker (både bunnasker og flygeasker) fra 14 svenske biobrenselanlegg (Lindkvist, 2000).

Forbindelse	Spredning
<b>Makronæringsstoffer (%)</b>	
Kalsium (Ca)	7-35
Magnesium (Mg)	1-4.5
Kalium (K)	1.5-16
Fosfor (P)	0.3-1.8
<b>Sporstoffer og tungmetaller (ppm)</b>	
Bor (B)	140-430
Kobber (Cu)	25-600
Sink (Zn)	70-5 300
Mangan (Mn)	5 000-23 000
Kobolt (Co)	2-15
Molybden (Mo)	0.5-3
Kvikksølv (Hg)	0.001-1
Bly (Pb)	<25-500
Krom (Cr)	15-250
Arsen (As)	2-100
Nikkel (Ni)	20-250
Vanadium (V)	<100
Kadmium (Cd)	<1-30
<b>Øvrige forbindelser</b>	
Uforbrent (%)	<5-40
PAH (ppm)	0.5-18
<sup>137</sup> Cesium (Bq/kg)	150-7600

Tabell 2. Totalkonsentrasjon og syreløselig konsentrasjon av metaller i en industriell treaske (Campbell, 1990).

Metall	Total konsentrasjon (ppm)	Syreløslig innhold (mg/L)
Magnesium (Mg)	14 000	110
Bor (B)	110	2
Kobber (Cu)	54	<0.1
Sink (Zn)	570	0.7
Mangan (Mn)	3 300	13
Kobolt (Co)	5	<0.1
Molybden (Mo)	4	<0.1
Kvikksølv (Hg)	<0.2	<0.005
Bly (Pb)	28	<0.1
Krom (Cr)	14	<0.1
Arsen (As)	<20	<0.2
Nikkel (Ni)	14	<0.1
Kadmium (Cd)	6.9	0.04

## 2.4 Forskjeller mellom bunnaske og flygeaske

I et biobrenselanlegg vil det genereres både bunnaske og flygeaske. Fordelingen mellom de to fraksjonene vil avhenge av type biobrenselanlegg. Bunnasken og flygeaksen vil vanligvis ha noe forskjellig sammensetning. Metaller med lav flyktighet, som nikkel, krom og vanadium vil være mest konsentrert i bunnasken. Det samme gjelder makronæringsstoffer som kalsium, magnesium og fosfor. Kalium er mer flyktig, men også her vil det meste av elementet foreligge i bunnasken. Miljømessig viktige tungmetaller, som kadmium, sink, bly og kvikksølv, er langt mer flyktige og forventes derfor å være mer oppkonsentrert i flygeasken (Narodoslawsky og Obernberger, 1996).

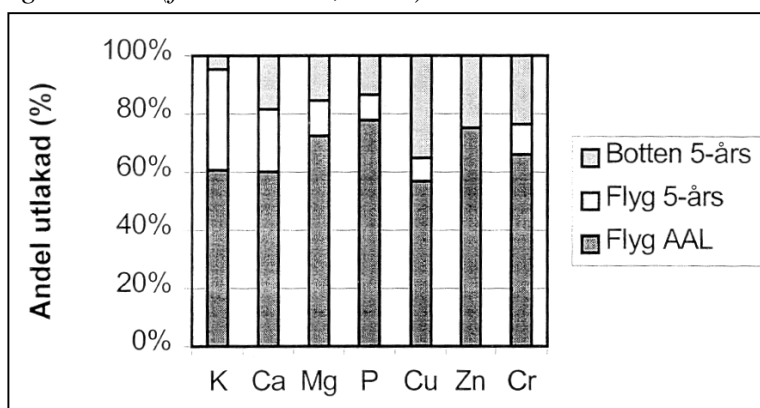
## 2.5 Utlekningsegenskaper

I de senere år har askers utlekningssegenskaper blitt viet stadig større oppmerksomhet. Grunnen til at man ønsker kunnskap om dette, er at det ikke bare er viktig å kjenne til innholdet av ulike stoffer i asken, men også hvor mye av disse som vil lekke ut fra asken til omgivelsene over tid. I Sverige er det gjennomført en rekke studier, og det arbeides nå med å utarbeide en standardisert metode for utleknings tester av aske fra biobrenselanlegg (Lindkvist, 2000).

Det er flere faktorer som vil påvirke askens utlekningssegenskaper, bl.a. pH, askefraksjon (bunn- eller flygeaske) og forbrenningsmetodikk (Lindkvist, 2000).

Generelt kan man si at ved  $\text{pH} > 7$  er det kun kalium og kalsium som lett løses ut av asken. Det er først når pH synker under 7 at løseligheten av fosfor og magnesium øker markant og deretter, ved ytterligere lavere pH, følger en økning av sporstoffenes og tungmetallenes løselighet (Lindkvist, 2000). Man skal likevel være oppmerksom på seksverdig krom, som har høy løselighet også ved høy pH (se avsnitt 2.6.2) (Pohlandt-Schwandt, 1999).

Figur 2. Andelen veksttilgjengelig fraksjon (%) av totalinnholdet for et utvalg næringsstoffer og metaller (fra Lindkvist, 2000).



<sup>AAL</sup> Andelen som ekstraheres med AAL (ammonium-acetat-laktat) ved pH 3,65 og regnes for å være den totale veksttilgjengelige andelen.

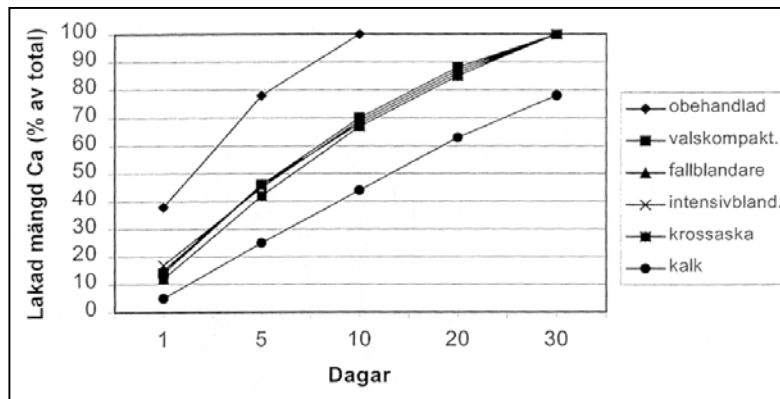
<sup>5-års</sup> Andelen som ekstraheres fra aske plassert i en kolonne med jord under en utlekningsperiode tilsvarende 5 års regn.

Utlekningsegenskapene vil variere mellom ulike typer aske, som bunnaske og flygeaske eller asker fra ulike typer forbrenningsanlegg. Mens løseligheten av Ca og K er høyest fra

flygeasker, har bunnasker høyest utlekning av metaller og sporstoffer (Figur 2). Videre vil aske fra fluidized bedforbrenning ha en betydelig langsommere utlekning enn aske fra ristovner (Lindkvist, 2000).

Mekanisk bearbeiding av asken vil påvirke oppløsningshastigheten. Dette benyttes bl.a. når man skal tilbakeføre aske til skog (se avsnitt 3.2). Figur 3 viser at utlekning fra ubehandlet aske er betydelig høyere enn fra de øvrige behandlede asker (Lindkvist, 2000).

Figur 3. Eksempel på forskjell i utlekning av kalsium mellom ubehandlet aske, asker som er bearbeidet på ulike måter og kalk (fra Lindkvist, 2000).



## 2.6 Mer om mulige farlige stoffer i asken

Alt naturlig trevirke inneholder tungmetaller. Mye av disse tungmetallene blir igjen i asken – kraftig oppkonsentrert. Asken kan også inneholde eventuelle forurensninger som fantes i biobrenselet. Videre kan forbrenningen i seg selv generere farlige organiske forbindelser, som PAH og dioksiner. I dette avsnittet omtales noen av de forbindelsene man bør være mest oppmerksom på i forbindelse med sluttbehandling av aske.

### 2.6.1 Kadmium

Når man vurderer gjenbruk av treaske, er det grunn til å være særlig oppmerksom på kadmium, som har høy løselighet og er svært giftig for mange organismer. Dersom tilgangen på elementet er god – noe den ofte er i for eksempel jordbruksområder (pga. gjødsling) – tas det lett opp av planter. Salix-arter, som er mye benyttet til energiskog (hurtigvoksende skog dyrket spesielt for produksjon av biobrensel), har en særlig stor evne til å ta opp kadmium (Lindkvist, 2000). I noen områder kan det være stort atmosfærisk nedfall av kadmium, hovedsakelig fra forbrenning av fossilt brennstoff (Narodoslawsky og Odenberger, 1996).

I følge Narodoslawsky og Odenberger (1996), vil det meste av kadmiumet følge flygeasken ved forbrenning av biobrensel på grunn av metallens høye flyktighet.

I større anlegg er det mulig å utføre termisk kadmiumrensing til relativt lave kostnader (Lindkvist, 2000).



### 2.6.2 Krom

Krom er et metall som kan foreligge i seks ulike oksidasjonstrinn. De to vanligste oksidasjonstrinnene er Cr-III og Cr-VI, også kalt treverdig og seksverdig krom. Cr-III er et essensielt sporstoff for mennesker og dyr, og er heller ikke særlig giftig i høye konsentrasjoner. Cr-VI er derimot meget giftig, kjent for å kunne medføre allergier, kreft m.m. I trær foreligger det meste av krommet som det ufarlige Cr-III, men under forbrenningsprosessen vil en del av dette krommet oksideres til Cr-VI. Videre er det sånn at ved høye pH-verdier har Cr-III lav løselighet, mens Cr-VI har høy løselighet. Utlekningstester fra asker har vist at treasker kan lekke betydelige mengder Cr-VI (Pohlandt-Schwandt, 1999; Chirenje og medarbeidere, 2002). Problemet vil selvsagt være størst ved forbrenning av for eksempel CCA (kobber/krom/arsen) - impregnert trevirke, men også ved forbrenning av helt ren ved, har man observert innhold av Cr-VI i eluatet som har oversteget tyske grenseverdier for utlekning fra avfall (Pohlandt-Schwandt, 1999).

Det finnes ulike metoder for å fjerne Cr-VI fra aske, bl.a. har oppløsning i destillert vann vist seg å være effektivt når konsentrasjonene ikke er for høye (Pohlandt-Schwandt, 1999). Ved høyere konsentrasjoner, kan formaldehyd benyttes til rensing (Pohlandt-Schwandt og medarbeidere, 2001).

### 2.6.3 Arsen

Høye verdier av arsen kan først og fremst forekomme når man forbrenner CCA-impregnert trevirke. En amerikansk studie beregnet at dersom biobrenselet består av mer enn 5 % CCA-impregnert trevirke, vil asken ha et så høyt innhold av arsen at den må karakteriseres som spesialavfall i henhold til amerikanske grenseverdier (Solo-Gabriele og medarbeidere, 2002). Den samme studien påpekte at ikke noe CCA-impregnert trevirke kunne blandes i brenselet dersom asken skulle imøtekomme gjeldende grenseverdier for spredning på jordbruksområder etc.

### 2.6.4 Andre tungmetaller

Man skal også være oppmerksom på unormalt høye konsentrasjoner av andre tungmetaller i asken. Høye verdier kan for eksempel forekomme ved forbrenning av riveavfall (impregnert trevirke, maling m.m.) eller trevirke fra skog der det har vært stort nedfall av tungmetaller (Bioenergi 2001).

Holmgren og medarbeidere (2000) understreker at på grunn av antropogene aktiviteter, kan vi forvente en økning i konsentrasjonen av en rekke andre elementer, som platinum-metaller og lantanider, i skogen – og dermed også i treasken. Det vil derfor være nødvendig at også slike elementer inkluderes i fremtidige studier.

### 2.6.5 PAH

Ved enhver forbrenningsprosess av karbonholdig materiale, vil det være en risiko for å få dannet polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Noen av PAH-forbindelsene er kjent for å være kreftfremkallende. For å hindre at slike komponenter dannes, er det viktig med god oksygentilgang, riktige temperaturforhold og at asken får brenne helt ut (Biobrensel, 2001; Holmgren og medarbeidere, 2000). Dersom karboninnholdet i asken overskrider 5 %, bør

PAH-innholdet undersøkes (Holmberg og medarbeidere, 2000). Svenske studier har så langt vist at det først og fremst er i flygeasken vi kan få høye PAH-verdier (Lindkvist, 2000).

Generelt er PAH i aske fra biobrenselanlegg lite studert i forhold til andre stoffer i asken, og en av de siste svenske studiene påpeker nødvendigheten av å øke kunnskapen rundt dannelsen av PAH (Lindkvist, 2000).

#### *2.6.6 Dioksiner*

Dårlig forbrenning kan også føre til dannelsen av dioksiner. Av faktorer som spiller inn, er tilgang på oksygen og hvor hurtig man kan kjøle ned røykgassene. Siden klor er en viktig del av dioksinene, vil også klorinnholdet i brenselet ha betydning for hvor mye dioksin som kan dannes. Trebrensel inneholder betydelig mindre klor (0,05 %) enn for eksempel halm (0,5 %). Den alkaliske asken som dannes vil også binde en del av klorret som klorsalter før en eventuell dioksindannelse kan skje (Bioenergi 2001). Svenske, danske og tyske undersøkelser har vist at ved bruk av rent trevirke og god forbrenning, dannes lite dioksiner. Høy dioksindannelse har derimot vært påvist ved forbrenning av pentaklorfenol-impregnert trevirke (SFT, 1994). Selv om man kan peke på faktorer som kan tyde på liten risiko for dannelse av store mengder dioksiner i asken fra et moderne biobrenselanlegg, er det likevel grunn til å studere dette nærmere. Det foreligger foreløpig få undersøkelser til at man kan trekke endelige konklusjoner (Lindkvist, 2000).

#### *2.6.7 Cesium-137*

I visse områder i Sverige inneholder trevirket cesium-137 som et resultat av radioaktivt nedfall etter tjernobylulykken i 1986. Asken etter forbrenning av slikt trevirke kan da være så radioaktiv at den bør deponeres forsvarlig (Statens strålskyddsinstitut 2001).

Også i USA er det rapportert om forhøyede innhold av cesium-137 i treaske, her som en følge av kjernevåpentester på 1950-60 tallet. Man har undersøkt konsekvensene dette kan ha for spredning av aske på jordbruksjord, og funnet at verdiene ikke er så høye at de utgjør noen helsemessig risiko (Ohno og Hess, 1993).

Siden deler av Norge også opplevde et betydelig nedfall av cesium-137 etter tjernobylulykken, kan det være grunn til å studere denne problemstillingen også her.

### 3. Aktuell sluttbehandling

Historisk har aske blitt regnet for å være et verdifullt råstoff. Fra treaske kunne man framstille kaliumkarbonat (pottaske), som hovedsakelig ble benyttet som gjødsel, samt i såpe- og glassindustrien (Campbell, 1990). Det engelske navnet for kalium, *pottasium*, stammer nettopp fra ordet "pottash". I dag betraktes derimot aske ofte som et rent avfallsprodukt, som kan medføre store deponeringskostnader for eieren.

I de senere årene har det vært økende fokus på å utnytte askens mange egenskaper (næringsinnhold, alkalitet m.m.) til kostnadseffektiv og miljømessig forsvarlig gjenbruk. I USA har man først og fremst benyttet treaske til jordforbedringsmiddel i jordbruksområder, mens man i Europa (særlig i Sverige og Finland) har satsset på tilbakeføring av aske til skogsmark (Campbell, 1990). Aske har videre blitt benyttet bl.a. som tilsatsmiddel til betong, veiunderlag, snøsmelting og i ulike renseprosesser. I resten av dette kapittelet gis en kort omtale av disse ulike alternativene for bruk av treaske.

#### 3.1 Deponering

På grunn av treaskens varierende sammensetning og muligheten for høyt innhold av tungmetaller og organiske forbindelser, har flere land en restriktiv politikk når det gjelder bruk av asken. Deponering er derfor vanlig praksis (Pohlandt-Schwandt og medarbeidere, 2001).

I noen land, som for eksempel USA og Norge, er det uproblematisk å deponere treaske siden den ikke regnes som spesialavfall (Pohlandt-Schwandt og medarbeidere, 2001). De fleste steder vil likevel kreve en deponeringsavgift.

Andre land er nå i ferd med å utvikle et regelverk som kan gjøre deponering av aske mer vanskelig. Både Tyskland og Sveits kommer til å innføre lover som i første rekke regulerer vannløselige komponenter som kan lekke ut fra avfall (Pohlandt-Schwandt og medarbeidere, 2001). For treaske er det spesielt utlekning av Cr-VI som kan by på problem (se avsnitt 2.6.2). I disse landene kan det derfor bli nødvendig å rense asken før deponering.

#### 3.2 Tilbakeføring til skogen

Både i Sverige og Finland er det utført en rekke studier når det gjelder tilbakeføring av treaske til skogen (Lindkvist, 2000; Samuelsson og Bäcke, 1997; Saarsalmi og Mälkönen, E., 2001). Det finnes flere grunner til at dette kan være hensiktsmessig bruk av asken.

Når man tar ut skog, fjerner man ikke bare karbon, men også viktige makro- og mikronæringsstoffer som ellers ville ha havnet i skogsmarken ved forråtnelse og blitt tilgjengelig for nye trær og vekster. Mesteparten av næringsstoffene sitter i barken, grenene og toppene av treet. Ved tradisjonell skogsavvirkning har man ofte bare tatt ut stammene og latt resten av treet ligge igjen som hogstavfall. Med en økende etterspørsel etter biobrensel, har man nå begynt å benytte hogstavfallet for dette formålet. Dermed fjerner man opptil 5 ganger så mye næringsstoffer som man har gjort ved ren stammeavvirkning (Samuelsson og Bäcke, 1997).

Bortsett fra nitrogenet, havner det meste av næringsstoffene i asken. Ved å føre asken tilbake i skogen (kompensasjonsgjødsling), kan man dermed forhindre et nettotap av næringsstoffer i skogsmarken. Dette vil være særlig viktig i områder preget av sur nedbør, der en utarming av næringsstoffer allerede kan ha startet (Lindkvist, 2000).

Ved siden av at næringsstoffer tilbakeføres, vil spredning av aske i skog ha gode kalkende egenskaper og dermed bidra til en økt buffervirkning mot forsurende stoffer (Lindkvist, 2000).

Spredning av fersk, ubehandlet aske i skogen vil føre til en stor pH-økning i skogsmarken. Miljøet for organismer som er tilvendt mer sure forhold, kan dermed ødelegges. Videre vil utlekningen av både næringsstoffer og tungmetaller skje for fort. Det ideelle er å få asken til å bli mest mulig langtidsvirkende, slik at man i størst mulig grad kan etterligne det som ville ha skjedd ved en naturlig nedbrytingsprosess. Dette kan man få til ved å etterbehandle asken i form av herding, granulering eller pelletering. En rekke studier omtaler fordeler og bakdeler ved de ulike metodene (Lindkvist, 2000; Holmberg og Lind, 2000).

Det er svært viktig å kjenne sammensetningen av asken man skal legge tilbake. Dersom asken inneholder for lite næringsstoffer, vil det ikke være økonomisk lønnsomt å tilbakeføre den. Er innholdet av tungmetaller, sporstoffer og organiske komponenter for høyt, kan den ha toksiske virkninger (Bioenergi 2001). Ideelt sett bør nettotilførselen av tungmetaller til skogsmarken ikke være høyere enn det som ville skjedd under naturlige nedbrytningsprosesser. Man bør også vise forsiktighet med å spre aske på områder som allerede er forurenset med tungmetaller (Holmberg og medarbeidere, 2000). I Sverige er det utarbeidet grenseverdier for høyeste og laveste innhold av næringsstoffer, tungmetaller og PAH i aske som skal tilbakeføres til skog (Lindkvist 2001). Østerrike har utarbeidet en tilsvarende grenseverdi for dioksiner (Holmberg og medarbeidere, 2000). Grenseverdiene er oppgitt i Vedlegg 1.

Det kan av og til være aktuelt å forbedre kvaliteten av asken ved oppblanding med andre tilsetningsstoffer (Bioenergi 2001).

Skogsstyrelsen i Sverige anbefaler nå at kompensasjonsgjødsling (fortrinnsvis med treaske) av skog bør skje:

- ved uttak av skogsbrensel fra sterkt forsurede områder
- ved uttak fra torvmarker
- ved uttak av mesteparten av barken i forbindelse med foryngelsesavvirkning (Samuelsson, 2001)

Jordforsk utførte i 2002 et oppdrag for Statoil der mulighetene for tilbakeføring av aske til skog i Norge ble undersøkt (Amundsen og medarbeidere, 2002). Rapporten konkluderer med at det foreløpig ikke ligger til rette for dette i Norge. Det skyldes først og fremst små og geografisk spredte anlegg (små askevolumer), logistiske begrensninger, rimelige deponeringsløsninger og dermed manglende motivasjon og behov til å tenke helhetlig innen biobrenselanlegg.

### **3.3 Jordforbedringsmiddel**

I USA ble det i 1993 generert mellom 1,5 og 3 millioner tonn biobrenselaske. 90 % av denne asken deponeres, men i nord-østlige deler av USA er det vanlig å spre av treasken på

jordbruksjord (Etiegni og medarbeidere, 1991; Ohno og Hess, 1993). Nær 80 % av asken som produseres i disse områdene utnyttes på denne måten. De økonomiske kostnadene regnes for å ligge 33-66 % lavere enn ved deponering (Campbell, 1990).

Ved å bruke aske på jordbruksarealer, ønsker man først og fremst å utnytte askens kalkende egenskaper, i tillegg til at man tilfører jorda næringsstoffer. Mye av jordbruksjorden er forsuret, bl.a. som følge av ammoniumbasert gjødsling. Ved å tilføre aske til jorda, kan man øke pH med opptil flere enheter. Flere amerikanske studier har konkludert med at dette er en økonomisk lønnsom og sikker metode for å øke jordens produktivitet (Etiegni og medarbeidere, 1991; Campbell, 1990; Meyers and Kopecky; 1998).

De amerikanske studiene har vist at innholdet av tungmetaller i asken stort sett ligger innenfor akseptable grenseverdier. Det er først og fremst innholdet av sink og kadmium som av og til vil være for høyt. Noen delstater har regulert bruken av aske og utarbeidet grenseverdier for maksimumsinhold av tungmetaller (se Vedlegg 1). I andre delstater finnes ingen reguleringer, og asken kan brukes like fritt som kalk (Campbell, 1990). (Det er mulig dette er endret siden publikasjonene det her vises til ble skrevet.)

Gardermoen Vekstjord samarbeidet i 1998 med Holmgren AS om utvikling av jordforbedringsmidler basert på skogsavfall, aske fra biobrenselanlegg, samt torv og leire. Det foreligger ingen rapport fra dette arbeidet (meddelelse fra Hans Rosenberg og Gardermoen Vekstjord).

### **3.4 Tilsats til betong**

I mange år har man forbedret egenskapene til betong ved å tilsette flygeaske fra kullforbrenning. På 1990-tallet begynte man med hell å tilsette også andre biprodukter til betongen, deriblant treaske. Studier viser at ved å erstatte opptil 35 % av sementen med treaske (flygeaske), forbedres både styrken og andre egenskaper til betongen (Naik, 2002).

Det er også gjort forsøk med å tilsette bunnasker (fra kullforbrenning) til betong. Tradisjonelt har bunnaske ikke vært benyttet på grunn av den ikke har like gode sementlignende egenskaper som flygeaske. Studier viser at ved å finmale asken, forbedres kvaliteten betydelig (Naik, 2002). Bunnaske fra kommunale forbrenningsanlegg ble benyttet i en annet studie (Edwards, 2001). Her konkluderte man med at ved å tilsette en litt større andel sement til betongen i forhold til det man ellers ville gjort, ville betongens kvalitet bli tilstrekkelig god. Selv om betongen blir litt dyrere ved bruk av mer sement, vil dette innsparas når man slipper å deponere asken.

Shieh (1993) studerte innholdet av ulike metaller i regnvann som hadde vært i kontakt med aske/betong-produkter (asken stammet her fra kommunale forbrenningsanlegg). Resultatene viste at innholdet av Ag, Cd, Hg og Pb lå under deteksjonsgrensen i alle prøvene. Konsentrasjonene av As, Cr, Cu, Ni og Zn i regnvannet lå under de amerikanske grenseverdiene for godkjent innhold i drikkevann.

### **3.5 Veiunderlag og asfalt**

I Canada har en stor studie undersøkt muligheten for å bruke flygeaske fra celluloseindustrien som veiunderlag (Zhou et al., 2000). Når aske og jord blandes sammen, vil dette føre til et

mye mer stabilt underlag for veien. Effekten er aller størst der jorda har et høyt innhold av leire. Studiet har også utført en rekke utlekningstester for å se om blandingen av jord og aske kan avgi farlige mengder av tungmetaller og andre komponenter fra asken. Resultatene viser at svært lite lekker ut – det synes også som at prosessen med å blande jord og aske reduserer løseligheten av mange stoff i asken.

### **3.6 Snøsmelting**

Sen vår kombinert med mye snø kan i enkelte områder utgjøre en stor risiko for flom. I en svensk studie har man eksperimentert med å spre treaske på deler av disse områdene (Lundberg og Beyerl, 2000). Når snøen gjøres svart, vil mer solstråling absorberes og snøsmeltingen øker. På arealer med høy eksponering av solstråling, har man observert 70 % høyere snøsmelting i forhold til det normale. Ved å spre asken før vårløsningen setter inn for fullt, kan man forlenge tidsrommet for avrenning fra snøen og dermed redusere risikoen for flom. Resultatene fra prosjektet ser lovende ut, men det understrekes at flere studier behøves – der også de miljømessige aspekter må trekkes inn.

### **3.7 Bruk av aske i ulike renseprosesser**

FoU-avdelingen ved Lindum Ressurs og Gjenvinning AS planlegger nå et prosjekt der mulighetene for å bruke aske fra biobrenselanlegg til rensing av spillvann skal undersøkes. På grunn av askens basiske egenskaper kan den brukes til å forhøye pH i spillvannet med etterfølgende utfelling av uønskede stoffer. Prosjektet ventes å starte vår/sommer 2003 (muntlig meddelelse fra Lindum Ressurs og Gjenvinning AS). Gjenvinningsanlegget mottar i dag aske fra Drammen Fjernvarme.

Det finnes flere studier som har gjort lignende forsøk og konkludert med at treaske kan være velegnet til å redusere innholdet av metaller og organiske forbindelser i for eksempel sigevann fra fyllinger (Cambell, 1990; Hasan og medarbeidere, 2000).

I en tyrkisk studie har man forsøkt å fjerne svovel fra kull ved hjelp av en løsning basert på den vannløselige fraksjonen av treaske. Forsøkene har foreløpig bare vært utført på laboratoriet, men ser ut til å gi gode resultater (Demirbaş 1999).

## 4. Oppsummering

I kommende år forventes det en økende satsing på etablering av biobrenselanlegg i Norge. Som en følge av dette vil det genereres store volumer treaske. Per i dag er det mest vanlig å deponere denne type aske. Dette prosjektet ønsker å vurdere alternativ sluttbehandling for det som kan vise seg å være en verdifull ressurs.

Treaske har en varierende sammensetning, men inneholder generelt det meste av de næringsstoffer og tungmetaller som fantes i trevirket før forbrenningen. Asken er meget alkalisk. Askens utlekningssegenskaper vil variere med ulik pH, forskjellige asketyper m.m. Utlekningssegenskapene vil kunne reguleres ved mekanisk bearbeiding av asken.

Følgende alternativer for aktuell sluttbruk av biobrenselaske har blitt omtalt i rapporten:

1. Deponering (det mest vanlige i dag)
2. Tilbakeføring til skogen (for å kompensere for den næringen som er fjernet ved avvirkning)
3. Jordforbedringsmiddel (øke pH i forsuret jordbruksjord, samt tilføre næringsstoffer)
4. Tilsats til betong (forbedring av betongens egenskaper)
5. Veiunderlag (stabilisering av jorda under veien)
6. Snøsmelting (hindre flom)
7. Ulike renseprosesser (rensing av sigevann fra fyllinger m.m.)

## 5. Konklusjon

En rekke studier og rapporter omtaler ressurs- og kostnadsbesparende bruksområder for aske fra biobrenselanlegg. Mange av studiene har inkludert de miljømessige aspektene ved dette – der de fleste konkluderer med at bruk av aske vil være fullt ut forsvarlig når det foregår i kontrollerte former. På noen områder, som for eksempel mulig forekomst av PAH, dioksiner og seksverdig krom i asken, er dagens kunnskap fremdeles for liten, og ytterligere undersøkelser behøves.

I noen land (bl.a. Sverige, Østerrike og USA) finnes det grenseverdier for innhold av tungmetaller og næringsstoffer i aske som skal spres til skogs- eller jordbruksområder. Siden det kan være store regionale forskjeller i naturlige nivåer av ulike grunnstoff, forurensningsbelastning, klimatiske forhold m.m., er det viktig at det på sikt utvikles et eget sett med grenseverdier for Norge dersom aske skal benyttes til slike formål her i landet.

Det har ikke fremkommet at det finnes nasjonale krav til biobrenselet i forbindelse med gjenbruk av aske – det er først og fremst askens endelige sammensetning som er viktig. Noen studier påpeker likevel at ved spredning av aske til skogs- eller jordbruksområder bør det kun ha vært benyttet helt rent trevirke ved forbrenningen. Ved bruk av aske som betongtilsats har det vært benyttet aske fra bl.a. kommunale forbrenningsanlegg – uten at man har kunnet påvise betydelig utlekning av farlige stoffer.

Flere av de alternativer for bruk av aske fra biobrenselanlegg som er skissert i denne rapporten, burde ha høy aktualitet også i Norge. For å komme videre, er det viktig at aktører innenfor både biobrenselnæring, skogbruk, industri, miljøvernmyndighet m.fl. kommer på banen. Et større nasjonalt prosjekt ville kunne være av stor verdi.



## 6. Referanser

- Amundsen, C.E., Nilsen, P. og Gjølsjø, S., 2002. Aske fra biobrensel – avfall eller ressurs? Jordforsk rapport 29/02. 38 s. (Utført på oppdrag for Statoil. Lukket rapport, sammendrag foreligger.)
- Bioenergi - Miljø, Teknikk og Marked. Erik Eid Hohle, red. Energigården 2001.
- Campbell, A.G., 1990. Recycling and disposing of wood ash. Tappi Journal (73), side 141-146.
- Chirenje, T., Rivero, C. og Ma, L.Q., 2002. Leaching of As and Cr in Wood-Ash-Amended Soil Columns. Soil and Sediment Contamination (11), s. 359-375.
- Demirbaş, A., 1999. Sulfur removal from coal by oxydesulfurization using alkaline solution from wood ash. Energy Conversion & Management (40), s. 1815-1824.
- Edwards, J., 2001. Bottom Ash as an Aggregate in Structural Concrete. University of Alabama at Birmingham. Tilgjengelig på [http://www.eng.uab.edu/cee/REU\\_NSF99/REU02/Justin/](http://www.eng.uab.edu/cee/REU_NSF99/REU02/Justin/)
- Etiegni, L., Campbell, A.G. og Mahler, R.L., 1991. Evaluation of wood ash disposal on agricultural land. 1. Potential as a soil additive and liming agent. Communications in soil science and plant analysis (22(3&4)), s. 243-256.
- Hasan, S., Hashim, M.A. og Gupta, B.S., 2000. Adsorption of Ni(SO<sub>4</sub>) on Malaysian rubber-wood ash. Biosource Technology (72), s. 153-158.
- Holmberg, S.L., Lind, B.B., og Claesson, T., 2000. Chemical composition and leaching characteristics of granules made of wood ash and dolomite. Environmental Geology 40 (1-2).
- Lindkvist, L., 2000. Aska från biobränsle Produktions- och kvalitetsaspekter beträffande näringskompensasjon och vitalisering av skogsmark. Skogsstyrelsen, Rapport 5/2000, Jönköping. 31 s.
- Lundberg, A. og Beyerl, H., 2000. Ash on Snow – A Tool to Prevent Flooding? Nordic Hydrology, 32 (3), 2001, s. 195-214.
- Meyers, N.L. and Kopecky, M. J., 1998. Industrial wood ash as a soil amendment for crop production. Tappi Journal (81), s. 123-130.
- Naik, T.R., 2002. Greener Concrete Using Recycled Materials. Concrete International, juli 2002.
- Narodoslawsky, M. og Odenberger, I., 1996. From waste to raw material – the route from biomass til wood ash for cadmium and other heavy metals. Journal of Hazardious Materials (50), s. 157-168.
- Ohno, T. og Hess, C.T. Levels of <sup>137</sup>Cs og <sup>40</sup>K in wood ash-amended soils. The Science of the Total Environment (152), s. 119-123.
- Pohlandt-Schwandt, K., 1999. Treatment of wood ash containing soluble chromate. Biomass & Bioenergy (16 s. 447-462).
- Pohlandt-Schwandt, K., Salthammer, T. og Marutzky, R., 2001. Reduction of soluble chromate in wood ash by formaldehyde. Biomass & Bioenergy (22), s. 139-143.
- Samuelsson, H., Bäcke, J.-O., 1997. Effekter av skogsbränseluttag och askåterföring – en litteraturstudie. Skogsstyrelsen, Rapport 6/1997, Jönköping. 22 s.

Saarsalmi, A. og Mälkönen, E., 2001. Forest Fertilization Research in Finland: a Literature Review. *Scandinavian Journal of Forest Research* (16), s. 51-535.

Shieh, C.-S., 1993. Environmental Acceptability of Precast Concrete Using Treated Municipal Solid Waste Incinerator Bottom Ash. State University System of Florida. Sammen drag tilgjengelig på [www.floridacenter.org/publications/shieh\\_93-3.pdf](http://www.floridacenter.org/publications/shieh_93-3.pdf).

Skogsstyrelsen – Medellande 2-2001. Rekommendationer vid uttag av skogsbränsle och kompensationsgödsling. Jönköping, Sverige.

Solo-Gabriele, H.M., Townsend, T.G., Messick, B., Calitu, V., 2002. Characteristics of chromated copper arsenate-treated wood ash. *Journal of Hazardous Materials* (B89), s. 213-232.

Statens strålskyddsinstitut 2001 (Sverige): Handtering av aska vid eldning med ved som innehåller cesium-137. Dnr 820/3436/00.

Steenari, B-M., Karlsson, L.G., Lindqvist, O., 1999. Evaluation of the leaching characteristics of wood ash and the influence of ash agglomeration. *Biomass and Bioenergy* (16), s. 199-136.

Zhou, H., Smith, D.W. og Seago, D.C., 2000. Characterization and use of pulp mill fly ash and lime by-products as road construction amendments. *Canadian Journal of Civil Engineering* (27), s. 581-593.

**VEDLEGG 1** Diverse grenseverdier for aske som skal brukes til gjødsling av skog eller jordbruksområder.

	Aske som skal tilbakeføres til skog <sup>1</sup>	Aske som skal spres på jordbruksjord <sup>2</sup>	
Makronæringsstoff (%)	Godkjent innhold		
	Laveste	Høyeste	Høyeste
Kalsium (Ca)	12,5		
Magnesium (Mg)	2		
Kalium (K)	3		
Fosfor (P)	1		
<b>Sporstoffer og tungmetaller (ppm)</b>			
Bor (B)		500	
Kobber (Cu)		500	1 000
Sink (Zn)	1 000	6 000	2 000
Mangan (Mn)			
Kobolt (Co)			
Molybden (Mo)			
Kvikksølv (Hg)		3	
Bly (Pb)		300	700
Krom (Cr)		100	1 000
Arsen (As)		30	
Nikkel (Ni)		70	200
Vanadium (V)		70	
Kadmium (Cd)		30	10
<b>Øvrige forbindelser</b>			
PAH (ppm)		2	
<sup>137</sup> Cesium		5000 (ikke endelig fastsatt)	
Dioksiner (ng TE/kg) <sup>3</sup>		100	

<sup>1</sup> Alle verdiene med unntak av grenseverdien for dioksin er utarbeidet av Svenske Skogsstyrelsen (Skogsstyrelsen – Medellande 2-2001)

<sup>2</sup> Grenseverdier som gjelder i delstatene Maine og New Hampshire, USA (Campbell, 1990).

<sup>3</sup> Grenseverdien for dioksin i aske som skal spres på skogsmark er utarbeidet i Østerrike (Holmberg og medarbeidere, 2000).