

FJÄRRVÄRMEFÖRENINGEN

HANDBOK FÖR RESTPRODUKTER FRÅN FÖRBRÄNNING

Stockholm 15 februari 1999

Anna-Karin Hjalmarsson
Henrik Bjurström
Kerstin Sedendahl

ÅF-Energikonsult Stockholm AB

HANDBOK RESTPRODUKTER

Innehållsförteckning

1 Bakgrund

2 Omfattning och systemgränser

3 Gällande nomenklatur och standard

4 Restprodukternas uppkomst

4.1 Allmänt

4.2 Uppskattning av mängder restprodukter

4.3 Referenser

5 Restprodukternas egenskaper

5.1 Restprodukternas egenskaper

5.2 Fysikaliska egenskaper

5.3 Kemiska egenskaper

5.4 Restprodukternas egenskaper baserat på bränsletyp

5.4.1 Torv

5.4.2 Trädbränsle

5.4.3 Övriga bibränslen och övriga fasta bränslen

5.4.4 Avfall

5.4.5 Kol

5.5 Lagring av aska

5.5.1 Härdning

5.5.2 Sintring

5.6 Referenser

6 Restprodukternas nyttiggörande

6.1 Inledning

6.2 Näring för skog och mark

6.2.1 Kompensationsgödning

6.2.2 Gödning av åkermark

6.2.3 Övrigt

6.3 Byggnadsmaterial

6.3.1 Tillsats vid cement- och betongtillverkning

6.3.2 Ballastmaterial i betong

6.3.3 Betongprodukter där aska ingår

6.3.4 Tegel och keramik

6.3.5 Gips

6.4 Vägbyggnads- och anläggningsmaterial

6.4.1 Ej agglomerad aska

6.4.2 Agglomerad aska

6.4.3 Övriga ändamål

6.5 Vattenrening och slambehandling

6.6 Tätskikt och täckskikt

6.7 Råvara

6.8 Övriga användningsområden

6.9 Referenser

7 Provtagning och analys av restprodukter

- 7.1 Kvalitetssäkring av produkten
 - 7.2.1 Delprov från fordon
 - 7.2.2 Delprov från hög
 - 7.2.3 Delprov från transportband
 - 7.2.4 Delprovets storlek
- 7.3 Hantering och beredning av prov
- 7.4 Kemisk analys av restprodukter
 - 7.4.1 Analys av huvudelement
 - 7.4.2 Analys av spårelement
 - 7.4.3 Lakning
 - 7.4.4 Övriga analyser
- 7.5 Fysikaliska karaktäriseringsmetoder
 - 7.5.1 Visuell inspektion
 - 7.5.2 Partikelstorlek
 - 7.5.3 Absorptionstest
 - 7.5.4 Permeabilitet
 - 7.5.5 Densitet
 - 7.5.6 Bulkporvolym
- 7.6 Referenser

8 Lagar och förordningar

- 8.1 Inledning
- 8.2 Hantering och straffansvar
 - 8.2.1 Förordning om farligt avfall
 - 8.2.2 Miljöskyddslagen
 - 8.2.3 Skadestånd
 - 8.2.4 Gränsöverskridande transporter
 - 8.2.5 Övrigt

9 Hantering av restprodukter

- 9.1 Teknik
 - 9.1.1 Utmatningen
 - 9.1.2 Behandlingsoperationer
 - 9.1.3 Lagring
 - 9.1.4 Omvandling av askan
 - 9.1.5 Förädling eller upparbetning av askan
 - 9.1.6 Processer
- 9.2 Aktörer
 - 9.2.1 Utrustningsleverantörer
 - 9.2.2 Specialiserad firma
- 9.3 Marknadskanaler
 - 9.3.1 Askåterföring
 - 9.3.2 Byggnadsmaterial
 - 9.3.3 Vägar
 - 9.3.4 Andra tillämpningar
- 9.4 Tillståndsgivning
- 9.5 Refernser

10 Ordlista

1 Bakgrund

Då det under de senaste åren har blivit allt mer aktuellt att försöka återanvända restprodukter från energibranschen, har behovet av aktuell information ökat kraftigt. För att underlätta sökandet efter fakta inom området har beslut fattats att ta fram en handbok. Fjärrvärmeföreningens Miljögrupp har uppdraget att utarbeta handboken, som skall ge information om dagsläget rörande hanteringen och användningen av energibranschens restprodukter. Handboken skall ge svar på de flesta frågor av teknisk och organisatorisk art samt ge information om vem som gör vad. Målgrupp för handboken är främst anläggningsägare men även myndigheter och liknande organisationer.

Beställare för projektet är Fjärrvärmeföreningen. Projektansvarig från Fjärrvärmeföreningen är Bo Skoglund, Örebro Energi AB med en styrgrupp bestående av:

Bo Skoglund, Örebro Energi AB
Göran Jonsson, Norrköping Miljö och Energi AB
Åke Eriksson, Tekniska Verken i Linköping
Håkan Westas, Uppsala Energi AB
Anneli Megner, Birka Teknik och Miljö AB

Uppdraget har utförts av ÅF-Energikonsult Stockholm AB och Alrutz' Advokatbyrå AB. De som utfört arbetet är Anna-Karin Hjalmarsson (projektledare), Kerstin Sedendahl och Henrik Bjurström från ÅF-Energikonsult AB samt Susanne Åberg Witt-Strömer från Alrutz' Advokatbyrå AB.

2 Omfattning och systemgränser

Restprodukter som omfattas av denna handbok är de från eldning av trädbränsle, kol, avfall, torv, övriga biobränslen och övriga fastbränslen, även vissa blandaskor behandlas. Restprodukterna indelas förutom efter bränsle även efter anläggningstyp, det vill säga förbränningstyp och rökgasrening samt typ av restprodukt. De olika typerna av restprodukter är bottenaska, bäddaska, flygaska och rökgasreningprodukt. Indelningen av askorna följer standarden som är under utarbetande för klassificering av askor. Definitioner och begrepp presenteras i Flik 3.

Handboken omfattar produkterna som lämnar anläggningen i form av aska eller andra restprodukter. Askans egenskaper och hanteringen av denna restprodukt har stor betydelse för förbränningsanläggningens effektivitet, tillgänglighet och driftkostnad. Askans hantering är något man måste ta i beaktande redan på projekteringsstadiet för att anläggningens funktion skall bli optimal. Askrelaterade driftsproblem, såsom bäddagglomerering, slagging, fouling och högtemperaturkorrosion har i och med introduktionen av olika typer av biobränslen rapporterats i allt större utsträckning. Dessa problem och frågeställningar behandlas dock inte i denna handbok, men de finns redovisade i flera rapporter, bland andra Nordin och Levén (1997).

Handboken omfattar restprodukter inom gränsen för anläggningen samt lagring av restprodukten.

I handboken ingår i huvudsak följande delar:

- restprodukternas uppkomst
- restprodukternas egenskaper
- restprodukternas nyttiggörande
- provtagning och analys av restprodukter
- lagar och förordningar
- hantering av restprodukter, teknik och aktörer.

Referenser

Nordin, Levén, 1997 Askrelaterade driftproblem i biobränsleeldade anläggningar – Sammanställning av svenska driftserfarenheter och internationellt forskningsarbete. Värmeforsk rapport

3 Använd nomenklatur och standard

Indelningen av restprodukter i Askhandboken följer i princip förslag till svensk standard SS 18 71 10 Fasta bränslen - Restprodukter från förbränning - Klassifikation, se tabell 3.1.

<i>Bränsle</i>	<i>Beteckn.</i>	<i>Eldningssätt</i>	<i>Beteckn.</i>	<i>Restprodukttyp</i>	<i>Beteckn.</i>
Kol	Ko	Fluidbädd	Fb	Flygaska	Fla
Avfall	Av	Roster	Ro	Bottenaska	Boa
Trädbränslen	Tr	Brännare	Br	Bäddaska	Bäa
Torv	To	Övrigt	Öv	Rökgasrenings- produkt	Rrp
Övriga biobränslen	ÖB				
Övriga fastbränslen	ÖF				

Tabell 3.1 Indelning av restprodukter enligt
SS 18 71 10.

4 Restprodukternas uppkomst

2.3 Allmänt

Restprodukter bildas vid förbränning. Restprodukterna består huvudsakligen av inert material i bränslet och oförbränt bränsle. Den totala restproduktmängden beror till största delen på askinnehållet i bränslet men även på utbränningsgraden. Askan eller restprodukten från förbränningen faller antingen ut vid förbränningen, som bottenaska eller bäddaska, eller följer med rökgaserna som flygaska och avskiljs med stoftavskiljare. De avskilda restprodukterna kan hanteras separat eller blandas. Vidare kan de hanteras i vått eller torrt tillstånd. Nyttiggörande försvåras av våt hantering. De vanligaste typerna av stoftavskiljare är cyklon, elfilter och slangfilter (textilt spärrfilter). Används rökgaskondensering kan en viss mängd flygaska avskiljas och hamna i kondensatet eller dess reningsprodukt.

Olika typer av eldningsätt ger olika typer av restprodukter och varierande andel flygaska. Typ av bränsle har även betydelse för fördelningen. I tabell 4.1 ges typiska värden för fördelning mellan botten-/bäddaska och flygaska.

Eldningsätt	Bottenaska/Bäddaska, %	Flygaska, %
Roster	70-80	20-30
Spreader stoker	40-50	50-60
Pulverbrännare	5-20	80-95
Fluidbädd	cirka 10	cirka 90

Tabell 4.1 Typiska värden för fördelning mellan botten- och flygaska

Restprodukterna varierar beroende på bränsle, anläggningsutformning och till viss del även på grund av driften. Det finns flera driftparametrar som inverkar på restprodukten. Till exempel kan förbränningstekniska åtgärder för att minska kväveoxidutsläppen medföra kvalitetsändringar av restprodukten och andelen oförbränt i askan variera beroende på förbränningen. Nya, större anläggningar har ofta bättre förbränning och därmed lägre halter oförbränt i askan jämfört med mindre och äldre anläggningar. I tabell 4.2 ges exempel på typvärden för andel oförbränt vid olika förhållanden. De lägre värdena kan anses gälla för större moderna pannor och de högre för mindre och äldre pannor.

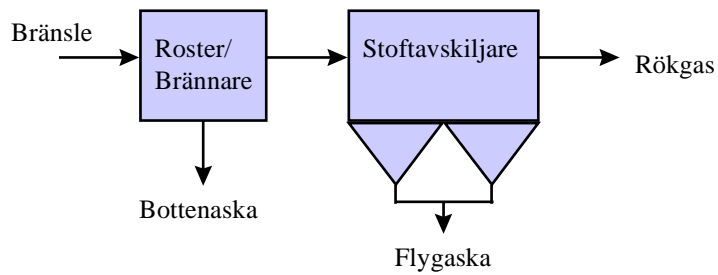
Eldningsätt	Andel oförbränt i bottenaska/bäddaska, %	Andel oförbränt i flygaska, %
Roster	5-10	5-50
Spreader stoker	5-10	<5-20
Pulverbrännare	5-10	<5-20
Fluidbädd	2-5	5-30

Tabell 4.2 Typiska värden för andel oförbränt i aska.

Stoftavskiljningsutrustningen påverkar även restprodukterna. Till exempel har ofta finare/mindre partiklar större innehåll av tungmetaller, vilket medför att ju högre avskiljningsgrad stoftavskiljningsutrustningen har desto högre halter tungmetaller i askan. Andelen oförbränt är även större i mindre partiklar.

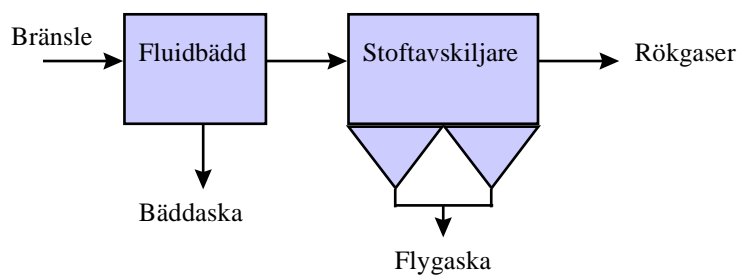
Den vanligaste utformningen av en fastbränsleanläggning är enligt figur 4.1 med en panna vanligast roster och en stoftavskiljare (cyklon, elfilter eller slangfilter). Askan som tas ut i botten på panna kallas för *bottenaska*. Den kyls ofta i ett vattenbad och lagras därför i vått tillstånd. Vid förbränning av avfall kallas i vissa sammanhang bottenaskan för slagg. *Flygaskan* avskiljs från rökgaserna med en stoftavskiljare. Den avskilda flygaskan hanteras oftast torrt och lagras torrt. Bottenaska och flygaska lagras oftast separat i containrar eller i silor. Det finns även anläggningar där botten- och flygaska lagras tillsammans.

Vissa anläggningar har selektiv icke-katalytisk reduktion med tillsats av ammoniak eller urea för att minska utsläppen av kväveoxider, så kallad SNCR. En del av den ammoniak som inte reagerar binds i flygaskan.



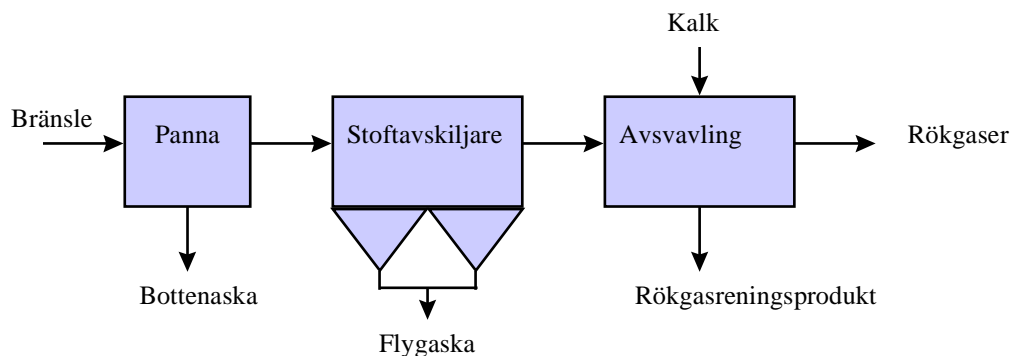
Figur 4.1 Roster- eller pulverpanna med stoftavskiljare.

Förbränning i fluidiserad bädd är vanligt för olika typer av fasta bränslen och blandningar av bränslen. Materialet som tas ut från bädden kallas *bäddaska* och består av en blandning av inertmaterial från bränslet och sand från bädden. Bäddaskan hanteras oftast torrt. Flygaskan avskiljs på samma sätt som för rosterpannor. Se figur 4.2. Vid SNCR kan ammoniak på samma sätt som ovan bindas i askan.



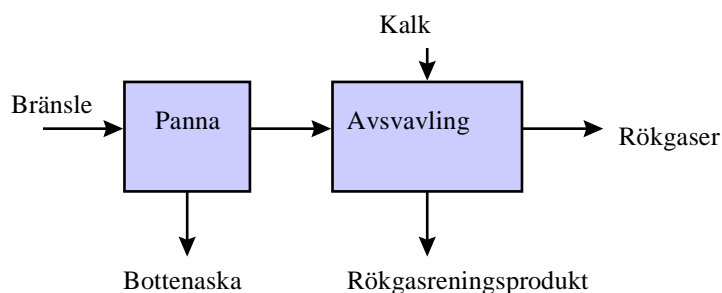
Figur 4.2 Fluidbäddpanna med stoftavskiljare.

För svavelhaltiga bränslen som kol och torv kan rökgasavsvavling krävas beroende på utsläppsvillkor. Förbränning av avfall kräver även rening av andra ämnen såsom klorider. Vanligtvis sätts någon kalkprodukt till rökgaserna för att binda de olika föroreningarna. Restprodukten kallas *rökgasreningsprodukt*. I vissa fall finns en stoftavskiljare före rökgasavsvavlingen, se figur 4.3. Flygaskan tas då omhand separat och skilt från avsvavlingsprodukten. I avsvavlingsanläggningen ingår ofta, om det är en våttorr eller torr rening, ytterligare en stoftavskiljare.



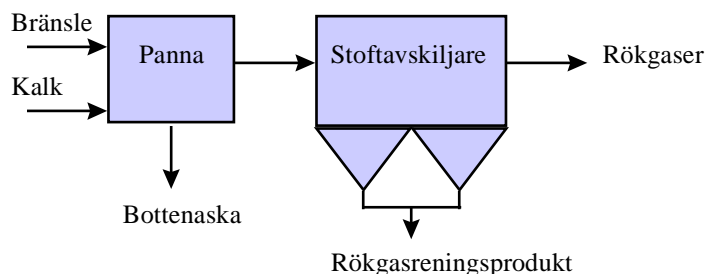
Figur 4.3 Rökgasavsvavling med stoftavskiljare för flygaska.

Om det inte finns någon separat stoftavskiljare före avsvavlingen, innehåller rökgasreningsprodukten även flygaska, se figur 4.4. I dessa anläggningar ingår stoftavskiljning i avsvavlingsanläggningen.



Figur 4.4 Rökgasavsvavling utan separat stoftavskiljare för flygaska.

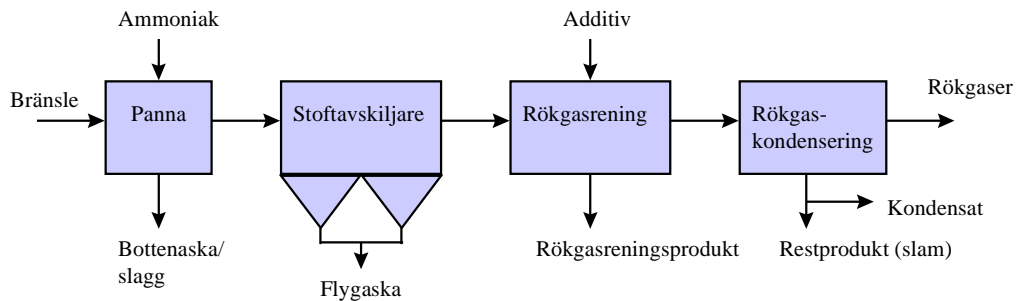
Avsvavling kan även ske genom tillsats av kalk till eldstaden. Detta sker till exempel i fluidiserade bäddar. Rökgasreningsprodukten som avskiljs i stoftavskiljaren består då av en blandning av flygaska och avsvavlingsprodukt, se figur 4.5.



Figur 4.5 Rökgasavsvavling med kalktillsats i eldstaden.

Förbränning av avfall sker vanligtvis i en rosterpanna, men fluidbäddtekniken används även för avfall. Pannorna är vanligtvis utrustade med mer långtgående rökgasrening än de som beskrivits ovan. I figur 4.6 ges exempel på

en avfallseldad anläggning. Ammoniak eller urea tillsätts för att minska kväveoxidutsläppen genom SNCR. En del av den ammoniak som inte reagerar binds i flygaskan, som tidigare beskrivits. Rökgaserna renas först från flygaska. Därefter tillsätts additiv i en reaktor för att avskilja klorider, svavel, flourider m m. I detta steg ingår ytterligare en stoftavskiljare som ger en rökgasreningsprodukt. Genom rökgaskondenseringen sker värmeåtervinning och ytterligare rening av rökgaserna. Kondensatet som lämnar anläggningen renas och en restprodukt (slam) erhålls vilken kräver omhändertagande. Det är vanligt att flygaska, rökgasreningsprodukt och slam blandas, vilket är tillåtet trots att de var för sig är farligt avfall. Orsaken är att produkten blir stabilare.



Figur 4.6 Exempel på avfallsförbränning med rökgasrening.

2.4 Uppskattning av mängder restprodukter

För att göra en bedömning av de mängder som produceras av olika typer av restprodukter har en enkät skickats ut till medlemmarna i Fjärrvärmeföreningen. Uppgifterna har lämnats för cirka 130 pannor på över 80 olika orter i landet.

Total bränsleförbrukning i de anläggningar som svarade på enkäten 1996 var cirka 39 TWh. Total askmängd från dessa anläggningar var under samma period 689 200 ton. I tabell 4.3 och 4.4 redovisas resultaten från enkätsvaren beträffande askmängder fördelade på asktyper respektive bränsleslag.

<i>Asktyp</i>	<i>Askmängd, ton/år</i>
Bottenaska	305 600
Bäddaska	2 300
Flygaska	184 900
Blandning av botten-, bädd- och flygaska	104 200
Rökgasreningsprodukt	25 700
Rökgasreningsprodukt blandat med botten-, bädd- och flygaska	63 000
Ej definierat	3 400
<i>SUMMA</i>	689 100

Tabell 4.3 Askmängder fördelade på asktyp producerade i Fjärrvärmeföreningens medlemsanläggningar, 1996.

<i>Bränsleslag</i>	<i>Askmängd, ton/år</i>
Avfall	227 800
Kol	171 600
Torv	32 900
Träbränsle	49 700
Avfall blandat med annat bränsle	25 600
Kol blandat med annat bränsle	76 600
Torv blandat med trä och övrigt	22 600
Trädbränsle sameldat med övriga bränslen	7 800
Övrigt	74 500
<i>SUMMA</i>	689 100

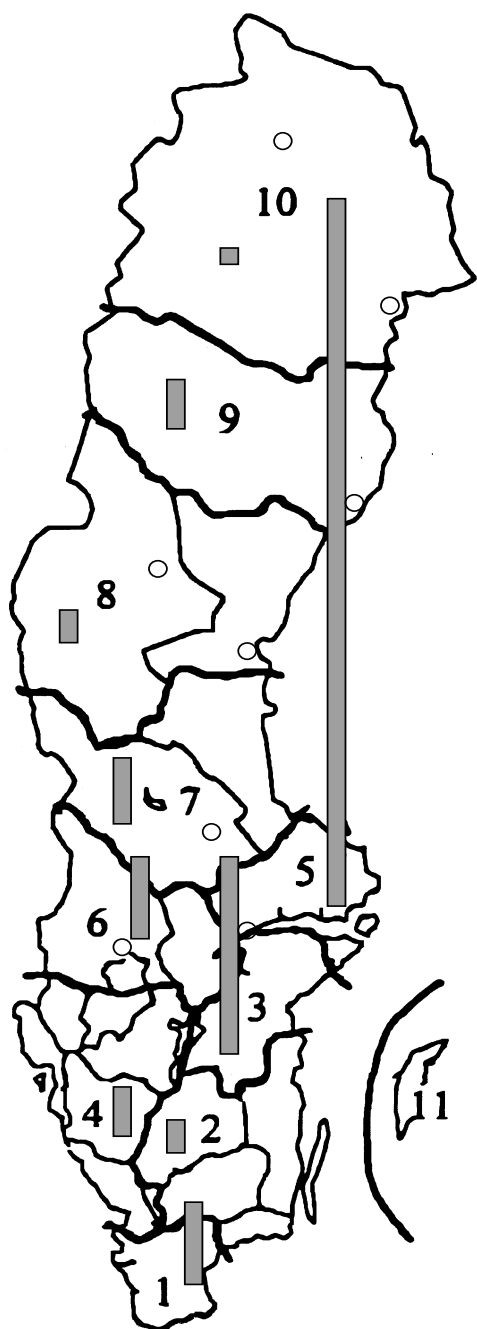
Tabell 4.4 Askmängder fördelade på bränsleslag producerade i Fjärrvärmeföreningens medlemsanläggningar, 1996.

Den totala mängden restprodukter från avfallseldade anläggningar i Sverige var under 1996 cirka 406 400 ton (RVF, 1997). Askmängden från avfallseldning i tabell 4.4 ingår i RVFs uppgifter.

Den dominerande delen av de uppkomna askmängderna deponeras. I storleksordningen 50 000 ton aska från biobränsle anges i enkätsvaren ha återförts till skogen under 1996. Ytterligare cirka 50 000 ton har använts på annat sätt så som fyllnadsmaterial, markberedning mm.

Som jämförelse kan anges att medlemmarna i EFO-Energiaskor totalt producerade cirka 400 000 ton restprodukter under 1996 (EFO-Energiaskor, 1998). De flesta av dessa anläggningar ingår även i Fjärrvärmeföreningen. Av den producerade askmängden återfördes cirka 1 000 ton biobränsleaska till skogen, cirka 16 000 ton kolaska användes för anläggningsändamål och resterande mängd deponerades.

I figur 4.7 redovisas de av Fjärrvärmeföreningen producerade askmängderna under 1996 fördelat på olika regioner. Underlaget till figuren är sammanställt i tabell 4.4.



Figur 4.7 Askor från Fjärrvärmeföreningens medlemsanläggningar, 1996.

<i>Region</i>	<i>Askmängd, ton/år</i>
1	42 100
2	12 100
3	104 000
4	23 100
5	401 200
6	42 400
7	26 600
8	11 400
9	23 700
10	2 600
11	0
<i>Totalt</i>	689 200

Tabell 4.4 Askor producerade i Fjärrvärmeföreningens medlemsanläggningar indelat i regioner, 1996.

2.5 Referenser

SS 19 71 10 (1997) Fasta bränslen – Restprodukter från förbränning – Klassifikation

RVF (1997) Avfallsförbränning – Energi och miljö

Hjalmarsson A-K, Carling, M (1998) Energiaskor för väg- och anläggningsändamål – Miljöaspekter

Fjärrvärmeföreningen (1997) Enkät svar från medlemmar beträffande askmängder

5 Restprodukters egenskaper

5.1 Restprodukternas egenskaper

I det här kapitlet ges en generell bild över de kemiska och fysikaliska egenskaper som är aktuella att studera vid lagring och återanvändning av restprodukterna. I kapitlet ges också en översiktlig bild av restprodukternas egenskaper utgående från vilket bränsle som använts. Val av bränsle har stor betydelse för restprodukternas sammansättning och egenskaper. Det är dock viktigt att ha i åtanke att ett och samma bränsle kan ge en varierande restprodukt beroende på bränslets ursprung, kvalitet samt förbränningsutrustning.

Förutom valet av bränsletyp beror restprodukternas egenskaper på:

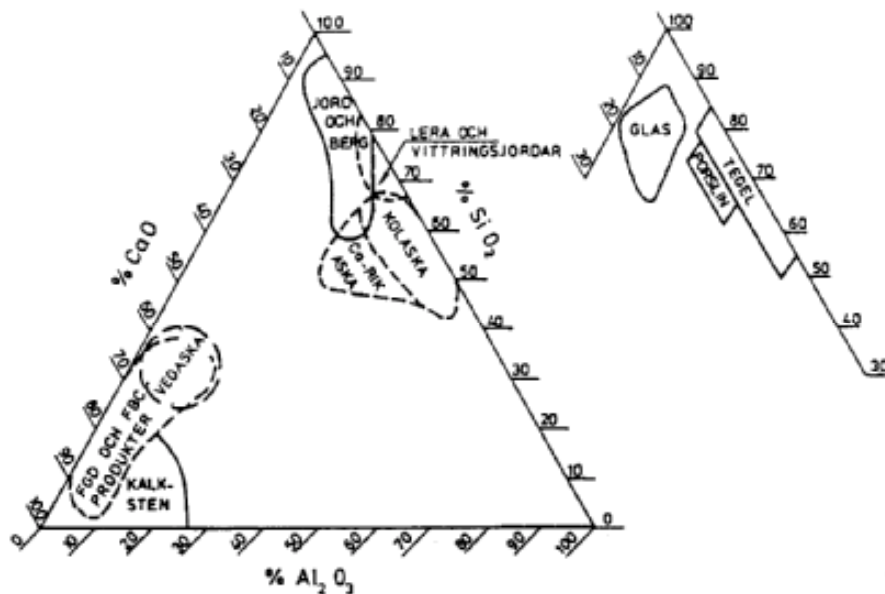
- förbränningsbetingelserna
- var i förbränningen restprodukten avskiljs (bottenaska, flygaska etc.)
- eventuella tillsatser vid till exempel rökgasrening
- lagringsförhållanden.

Hur de olika restprodukterna uppkommer i förbränningsprocessen beskrivs i Flik 4.

Eftersom restprodukternas egenskaper kan variera till och med inom en och samma anläggning under en och samma dag är det mycket viktigt att produkten kvalitetssäkras innan en återanvändning kan vara aktuell. Mer om kvalitetssäkring av restprodukter finns att läsa i Flik 7.

Restprodukternas egenskaper kan delas in i fysikaliska och kemiska. Vilka parametrar som är viktigast att känna till för respektive restprodukt beror på vad restprodukten skall användas till. Anläggningsägaren måste därför tillsammans med användaren av restprodukten och berörd myndighet komma överens om vilka parametrar som skall studeras.

Tre vanliga komponenter i restprodukter från förbränning är CaO , SiO_2 och Al_2O_3 . Dessa ämnen förekommer även i andra naturliga och konstgjorda material (till exempel glas, porslin och tegel). I figur 5.1 illustreras hur dessa ämnen fördelar sig i restprodukter från förbränning jämfört med några naturliga material. Observera att figurerna är schematiska och att många andra kemiska komponenter också förekommer i respektive material.



Figur 5.1 Fördelning av de tre huvudkomponenterna CaO, SiO₂ och Al₂O₃ i restprodukter från förbränning jämfört med några naturliga material (Elforsk, 1994).

5.2 Fysikaliska egenskaper

Restproduktens fysikaliska egenskaper är viktiga att känna till vid återanvändning men även vid lagring och deponering.

De viktigaste fysikaliska egenskaperna är följande:

- Densitet
- Partikelstorleksfördelning
- Permeabilitet
- Packningsegenskaper
- Bärighet eller hållfasthet
- Beständighet (fysikalisk och kemisk)
- Svällningsförmåga
- Värmeisolerande förmåga
- Fukthalt.

Bulkdensiteten hos ett granulärt ämne, som det ofta är frågan om med askor, beräknas för en enhetsvolym ämne inklusive porer och mellanrummen mellan kornen.

Partikelstorleken avgör vilken specifik yta restprodukten får. Specifika ytan har stor betydelse för med vilken hastighet vissa kemiska reaktioner kommer att ske och möjligheterna för ytfenomen att inträffa. Partikelstorleken och geometrin har också betydelse för hur restprodukten beter sig vid ihoppackning, damningsbenägenhet och vattengenomsläpplighet.

Porstorleksfördelningen och porgeometrin bestämmer permeabiliteten och flödet av gaser och vätskor genom det porösa mediet (restprodukten).

Fukthalten har betydelse vid transport av restprodukten, men den kan också ha betydelse vid nyttiggörande av produkten, till exempel som vägmateriäl. Vid transport skall fuktinnehållet vara så pass lågt att läckaget blir litet men att askan ändå inte är så torr att den dammar.

5.3 Kemiska egenskaper

Ämnena som ingår i restprodukten kommer ursprungligen från bränslet och eventuella tillsatser vid förbränningen. Följande kemiska egenskaper har betydelse för restproduktens egenskaper.

- Kemisk sammansättning
- Lakbarhet
- pH-påverkan
- Vitaliserande egenskaper
- Härdningsegenskaper
- Toxiska egenskaper
- Kemisk beständighet.

Provtagning och analys beskrivs utförligare i Flik 7.

Ofta utförs en totalanalys av askan där samtliga ämnen i restprodukten ingår. Vilka ämnen som är av intresse avgörs av restproduktens framtida användningsområde. De olika ämnesgrupperna brukar delas upp enligt följande:

Huvudelement

Till gruppen huvudelement räknas de ämnen som förekommer i större mängder i restprodukten (>1 000 mg/kg). Vanligtvis brukar följande ämnen räknas hit:

Aluminium (Al), fosfor (P), järn (Fe), kalcium (Ca), kalium (K) kisel (Si), magnesium (Mg), natrium (Na) och titan (Ti).

Gränserna för vad som räknas som huvudelement och som spårelement kan givetvis variera mellan olika restprodukter.

Spårelement

Till gruppen spårelement, som endast förekommer i mindre omfattning i restprodukten (< 1 000 mg/kg), hör följande ämnen:

Arsenik (As), barium (Ba), beryllium (Be), bly (Pb), bor (B), kadmium (Cd), kobolt (Co), koppar (Cu), krom (Cr), kvicksilver (Hg), mangan (Mn), molybden (Mo), nickel (Ni), selen (Se), strontium (Sr), tenn (Sn), vanadin (V), zink (Zn) och zirkonium (Zr).

Av speciell betydelse är innehållet av tungmetaller. Tungmetaller är av intresse då dessa ofta är toxiska och spridning av dessa i miljön skall minimeras. Tungmetaller kan definieras som rena grundämnen med en täthet $\geq 5 \text{ kg/dm}^3$. Kviksilver, kadmium och bly är de mest omtalade. Givetvis finns det ämnen som ej är tungmetaller men som ändå är toxiska (giftiga), till exempel arsenik.

Att tänka på vid utvärdering av restprodukter är att det inte är totalinnehållet som är av betydelse för ett eventuellt nyttiggörande. Det som är relevant för att utröna hur restprodukten påverkar sin omgivning är hur stor del av innehållet som kan lakas ut, under vilka kemiska betingelser detta sker och hur snabbt utlakningen kommer att ske.

5.4 Restprodukternas egenskaper baserat på bränsletyp

Aktuella bränslen för fastbränsleeldning är kol (Ko), avfall (Av), trädbränslen (Tr), torv (To), övriga biobränslen (ÖB) och övriga fastbränslen (ÖF).

Egenskaperna hos restprodukten varierar med bränslets kvalitet och förhållanden som råder vid den specifika anläggningen. De kemiska och fysikaliska egenskaperna beskrivs därför gruppvis här. Anläggningsägaren måste ha kännedom om just sin restprodukts egenskaper och det kan då vara bra att beakta punkterna i kapitel 5.2 och 5.3.

5.4.1 *Torv (To)*

Torvaska innehåller till merparten oxider av aluminium, järn, kalcium och kisel. Den innehåller också mindre andelar fosfor, kalium, magnesium, natrium, svavel, titan, och olika spårämnen samt en del oförbränt material (beroende på förbränningsbetingelser). Torvaska uppvisar stora likheter med kolaska.

Torvaskors pH-värde varierar från neutralt pH 7 upp till pH 12. Torvaskan innehåller till viss del lättillgängligt alkali som gör att en del av bränslets svavel binds i askan vid förbränning. Svavelbindningen beror också på betingelserna vid förbränningen som temperatur, luftöverskott, uppehållstid. Sameldning av torv och trädbränslen leder till ökad svavelbindning i askan genom att trädbränslen i allmänhet innehåller mer lättillgängligt alkali än torv.

Innehållet av tungmetaller varierar mycket i torvaskor. Dessa är oftast svårlakade. Vid lakning av torvaskor har man under vissa förutsättningar erhållit lakvatten med halter av tungmetaller som är 10-200 gånger högre än naturliga bakgrundshalter i ytvattendrag. Molybdenhalten i lakvattnet utgör ett undantag, då dessa halter ligger 2500 gånger högre än bakgrundshalterna. Torv innehåller ofta även radioaktiva ämnen (Hartlén, Rogbeck, Lindau och Nilsson, 1989).

Det som huvudsakligen skiljer torvaskors sammansättning från trädbränsleaska är att torvaskan som regel innehåller högre halter av järn och lägre halter av mangan och kalium. Vitaliseringsämnena är, som regel, i högre grad bundna i mineralform i torvaskor och därmed mindre eller ej växttillgängliga.

5.4.2 *Trädbränslen (Tr)*

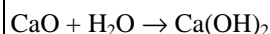
Träskors innehåll av huvudelement och spårelement varierar mycket beroende på halten oförbränt, bränslets ursprung, träslag, skördningssätt samt vilken del av trädet som använts (Eriksson, 1993).

Till träskors huvudelement räknas kalcium (dominerande), kalium, magnesium och fosfor. Som spårelement räknas arsenik, barium, bor, kadmium, koppar, krom, kvicksilver, molybden, nickel, vanadin och zink.

De basiska komponenterna i vedaska består av baskatjonernas oxider, hydroxider, silikater och karbonater. Innehållet av polyaromatiska kolväten (PAH) är generellt lågt i trädbränsleaskor. I filteraskor från trycksatt förgasning har dock högre halter uppmätts.

Träskorna har vanligtvis ett pH-värde i intervallet 11-13 där flygaskorna ligger i den övre delen av intervallet och motsvarande bottenaskor ligger i det lägre området. Färsk träaska kan orsaka frätskador på grund av sitt innehåll av osläckt kalk (CaO).

Faktaruta: Reaktion mellan osläckt kalk och vatten



Träaskor innehåller mer eller mindre lösliga metalloxider, karbonater och alkalialter varför en del av ämnena är lätta att laka ut. Efter härdning av askan, genom vattentillsats, minskas utlakningshastigheten beroende på att en del ämnen blir hårdare bundna samt att partikelstorleken ofta ökas vid härdningen (agglomering).

Karbonatandelen (beräknad som mängd CaCO_3) är låg hos trädflygaskor. Härdning av flygaska (se 5.5.1) leder till en viss karbonatisering men fortfarande föreligger större delen av de basiska komponenterna i andra former än karbonat.

Trädbränsleförgasning ger restprodukter med liknande egenskaper som restprodukter från förbränning av trädbränsle (Ståhl, Tegnér och Widegren-Dafgård, 1996).

Tungmetallinnehållet i träaskor beror mycket på det ursprungliga trädets ståndort. Energiskog (Salix) odlad på åkermark ger ofta restprodukter som innehåller förhöjda halter av kadmium och zink. Kadmium har ursprungligen tillförts åkermarken genom kadmiumhaltiga gödselmedel.

Träaskor har ett högt pH-värde i sitt porvatten vilket medför att lösligheten för tungmetaller och spårelement blir låg. När dessa alkalikomponenter är förbrukade och pH-värdet sjunker ökar utlakningen av metaller (Nilsson och Steenari, 1996).

I träaskor finns i viss mån också radionukleider (till exempel kalium-40 och cesium-137). Kalium-40 förekommer naturligt till skillnad från cesium-137 som härrör från antropogen verksamhet (till exempel Tjernobylyolyckan och kärnvapensprängningar). Uran och radium tas däremot ej upp av växter i någon större omfattning. De relativt höga halterna av radionukleider i skogsbränsleaska har ej orsakat några direkta skyddsåtgärder i samband med hantering av densamma (Nilsson och Steenari, 1996).

5.4.3 Övriga biobränslen (ÖB) och övriga fasta bränslen (ÖF)

Till övriga biobränslen räknas returlutar, tallolja, vass, stråbränsle och energigrödor. Till övriga fasta bränslen räknas återvunnet trädbränsle.

I askor från förbränning av målat, impregnerat eller ytbehandlat virke har höga halter av bland annat arsenik, kadmium, krom och koppar detekterats av storleksordningen 100 gånger högre halter än i aska från vanligt skogsavfall (Nilsson och Steenari, 1996).

Stråbränsle definieras som bränsle bestående av halm från spannmål, oljeväxter, gräsfröodling samt gräs speciellt odlad för ändamålet. Egenskaperna hos stråaskor varierar förutom på förbränningssätt med växtslag och gödsling.

Halmaskor är, som många andra bioaskor, alkaliska, pH 10-11. De innehåller som huvudelement aluminium, fosfor, kalcium, kalium, kisel, magnesium och zink. Till spårelementen räknas bly, kadmium, koppar, krom, kvicksilver, molybden, nickel och vanadin. Aska efter oljeväxter har en högre kalkverkan (CaO) än andra spannmålsaskor.

5.4.4 Avfall (Av)

Som tidigare nämnts är bränsletypen och dess ursprung avgörande för restproduktens egenskaper. Vid avfallsförbränning blir detta ännu mer markant, då typen av avfall som används för förbränningen kan variera mycket. Av stor betydelse är om avfallet är sorterat eller osorterat. Om avfallet är sorterat kan förbränningsbetingelserna optimeras och en mer enhetlig restprodukt erhålls.

Aska från avfallsförbränning innehåller ofta höga halter av bly och kadmium jämfört med andra restprodukter. Tungmetallerna i avfallet kommer till exempel från de av oss konsumenter använda produkter som till exempel batterier. Rökgasreningsprodukter från avfallsförbränning innehåller också ofta höga halter kvicksilver.

Flygaskan från sopförbränning består huvudsakligen av komplexa oxider av kisel, aluminium, kalcium och järn. Det förekommer också vattenlösliga oxider av kalium, natrium och magnesium samt klorider. Kloridhalten är betydligt högre än i askor från andra bränslen. Flygaska och andra rökgasreningsprodukter från avfallsförbränning betraktas som miljöfarligt avfall.

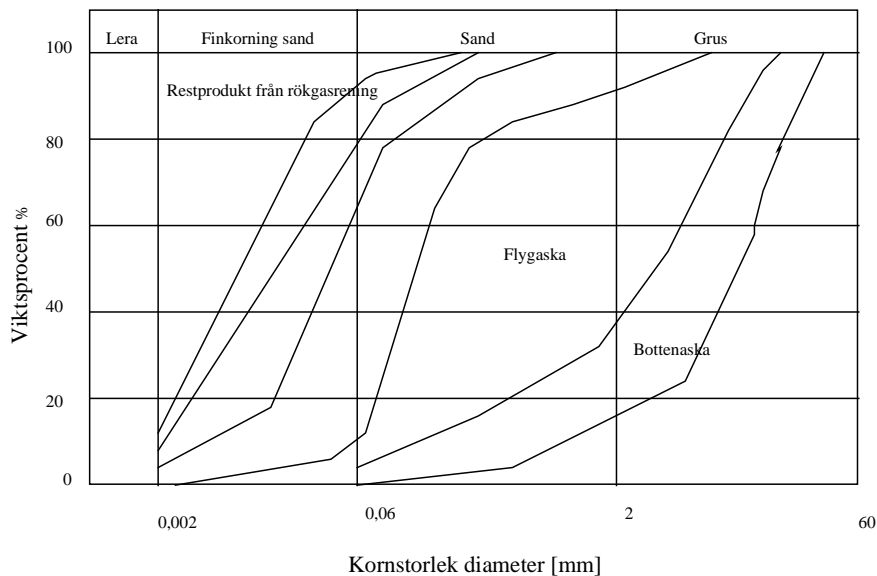
Endast bottenaskan från avfallsförbränning är aktuell för ett eventuellt nyttiggörande.

Bottenaskan är alkalisk (pH 9,5-11,5) på grund av det stora innehållet av alkaliska jordartsmetaller och metalloxider som bildar hydroxider vid hydrolys. Huvudelementen i bottenaskan är aluminium, järn, kalcium, kalium, kisel, kol, natrium, och syre. Som spårelement räknas antimon, arsenik, bor, brom, cerium, flor, jod, kobolt, kvicksilver, molybden, nickel, selen, silver, strontium, tenn och vanadin. Halten av polyaromatiska kolväten (PAH), klorfenoler och klorbenser är vanligtvis mindre än något mikrogram per kg (Chandler m.fl, 1995).

Bottenaskan karaktäriseras av en mycket heterogen blandning av slagg, magnetiska och icke magnetiska metaller, keramer, glasmineral och andra icke brännbara ämnen. Slaggen består också av en finkornig del som till sin sammansättning påminner om kolaska. Bottenaskan är mycket porös, med en specifik yta på upp till 50 m²/g torr vikt. Densiteten kan variera men ligger vanligtvis inom intervallet 700 till 1.300 kg/m³.

Slaggen från avfallsförbränning genererar lakvatten som är alkaliskt (pH 6,8-11,9). Lakvattnet innehåller något högre halter av salter och tungmetaller än vad som är fallet med övriga restprodukter från förbränning.

Partikelstorleksfördelningen för en typisk bottenaska, flygaska och restprodukt från rökgasrening från avfallsförbränning visas i figur 5.2. Observera att variationerna är stora mellan olika anläggningar.



Figur 5.2 Partikelstorleksfördelningen hos olika restprodukter från avfallsförbränning.

5.4.5 Kol (Ko)

Vid kolets förbränning bildar dess oorganiska huvudkomponenter oxider och karbonater av aluminium, järn, kalcium, kisel och magnesium. De huvudsakliga beståndsdelarna är således Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , SiO_2 , och MgO . Dessutom förekommer oxider av kalium, natrium (Na_2O), svavel (SO_3) och tungmetaller i mindre mängder (Energiledarbranschens miljöbok).

I Sverige används följande tekniker för förbränning av kol: roster- och pulvereldning samt förbränning i cirkulerande- och trycksatta fluidiserande bäddar.

Den rostereldade kolbottenaskan är en grovkornig, förglasad och sintrad produkt vars kornfördelning motsvaras av grusig sand till grus med goda materialtekniska egenskaper. I fysikaliskt avseende liknar den askan från avfallsförbränning, grovkornig bottenaska (slagg).

Kolbottenaska har ej pozzolana (självhårdande) egenskaper.

Utlakning av salter och metaller från koleldad bottenaska är generellt av samma storleksordning som den från sorterad slagg från avfallsförbränning. (EFO energiaskor)

Flygaskan består främst av släta sfäriska partiklar. Materialet är finkornigt och kornstorleksfördelningen motsvarar silt. Flygaskan innehåller spår av arsenik, barium, beryllium, bor, kadmium, krom, kobolt, koppar, selen, silver, strontium, tenn, vanadin, zink och andra spårämnen. Kolflygaska är självhårdande.

Askor från förbränning i trycksatt fluidiserad bädd består till största delen av amorft glas med kristallina faser samt en mindre del oförbränt material. Dessa askor har goda materialtekniska egenskaper.

Kolaska kan innehålla radioaktiva isotoper.

5.5 Lagring av aska

Ofta kan en restprodukt inte användas direkt efter att den producerats, av praktiska skäl eller för att restprodukten på ett eller annat sätt måste förädlas kemiskt eller fysikaliskt innan den är aktuell för återanvändning. Exempelvis måste trädaska som skall spridas i skogen som gödningsmedel härddas och lagras så att lättlakade ämnen som kalium inte lakas ut av nederbörd.

Lagring, av en aska som skall återanvändas, måste därför ske under ordnade förhållanden så att den reagerar på önskvärt sätt. Hur restprodukten reagerar vid lagring beror på askans kvalitet. Av avgörande betydelse vid lagring är om askan fortfarande är blöt eller utsätts för fukt.

Lagringsförhållandena styr hur väder och vind påverkar restprodukten och således hur den förändras med tiden. Lagringsförhållandena styr även i vilken omfattning restprodukten lakas ur. Om restprodukten har en hög fukthalt och lagras i minusgrader finns risk för frostsprängningar som bland annat påverkar kornstorleken. Ofta förändras restproduktens pH-värde då koldioxid absorberas från luften. Vissa restprodukter självhärdar med tillgängligt vatten vid lagring. Glasfaser kan vittra så att det bildas lerliknande lager på den yttre ytan av partiklarna.

Märkbar mikrobiell aktivitet kan uppträda på restprodukten, beroende på fukthalt, temperatur och hur mycket organiskt material produkten innehåller (Chandler m.fl., 1995).

5.5.1 Härdning

Många askor härddar vid tillsättning av vatten. Därvid skapas en mer stabil produkt. Olika bindemedel, exempelvis cement, kan tillsättas för att uppnå en snabbare härdning samt stabilisera askor med dåliga bindningsegenskaper.

De reaktioner som sker när en färsk aska blandas med vatten beror på vilka komponenter den innehåller från början och i vilka oxidtillstånd dessa befinner sig i. Följande ämnen är av betydelse för härdningsreaktionen CaO , Ca_2SiO_4 , $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$. Även fysikaliska faktorer är avgörande för härdningsförloppet som till exempel pålagt tryck i en valspress. Om ask-vattenblandningen trycks ihop genom så kallad kompaktering, kommer massans tätare struktur att gynna härdningen. (Nutek R 1996:28).

CaO bildar vid hydratisering $\text{Ca}(\text{OH})_2$ som sedan kan omvandlas till CaCO_3 tillsammans med luftens CO_2 .

CaSiO₄ bildar med vatten ett nästan amorft kalcium-silikat-hydrat som har egenskaperna som en fast gel.

Ca₃Al₂O₆ bildar med vatten olika fasta kalcium-aluminium-hydrat. Temperatur, vatten/fastfas förhållandet, partikelstorlek och eventuell närvaro av CO_2 bestämmer vad som bildas.

CaSO₄ bildar tillsammans med $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ och vatten ettringit som också bildar en fast, porös gel.

Det härdade materialets egenskaper beror av porstrukturen och mängden vatten i blandningen. Lakbarheten för ett specifikt ämne beror på hur ämnet blir bundet i den nya fasen. Ämnen som befinner sig i porvattnet lakas lättare ut än ämnen som genom kemiska reaktioner bundits i en cementmatris. Utlakningen av ämnena som är bundna i en cementmatris kommer således att lakas ut under ett mycket längre tidsperspektiv.

Organiskt material kan verka retarderande på härdningen. Oorganiska salter däremot kan verka både accelererande eller retarderande på härdningen. CaCl_2 verkar accelererande. Funktionen av NaCl och KCl , retarderande eller accelererande, beror på koncentrationen i restprodukten.

Vissa askor är, på grund av sina kemiska egenskaper, svåra att få att härda. Askans bör vara väl utbränd då organiska ämnen kan verka retarderande (bromsande) på härdningen. Lämplig vattenhalt i ask-vattenblandningen måste provas för varje aska då de är olika vätbära.

Pozzolansk aktivitet, självhärdning, innebär att askan vid vattentillsats binds ihop till en hård sammanhängande massa.

5.5.2 *Sintring*

När ett pulver rekrystalliserar, leder kristallbildningen vid kontaktytorna mellan kornen till att dessa binds mer eller mindre starkt till varandra, pulvret sintrar. Är pulvret från början sammanpressat, kan sintring vid tillräckligt hög temperatur ge ett mycket hållbart material. Rekrystallisationen av ett pulver sker lättare ju mera störd kornens kristallstruktur är.

Träaska innehåller mer kalium och natrium än kolaskor. Vid sintring ger denna aska alkalisilikater som ger ett glas som är mer lösligt än de aluminumsilikatglas som bildas från kolaska. Sannolikt är metallinnehållet hårdare bundet i bioaskan om den är sintrad eller smält. Om sintringen av kolaskan vid förbränningen går så långt som till glas blir metallerna bundna i glaset.

5.6 Referenser

A.J. Chandler, T.T. Eighmy, J. Hartlén, O. Hjelm, D.S. Kosson, S.E. Sawell, H. van der Sloot & J. Vehlow, 1995, An international perspective on characterisation and management of residues from municipal solid waste incineration, Summary report, Compass Environmental, Burlington, ON
Energiledarbranschens Miljöbok

Elforsk, 1994, Restprodukter från förbränning, Häfte 6 i Energibranschens Miljöbok

Eriksson, 1993, Karaktärisering av vedaska. Vattenfall Research Bioenergi

J. Hartlén, J. Rogbeck, L. Lindau, C. Nilsson, 1989, Kolförbränningens restprodukter, Värmeforsk, rapport SVF-345

Nilsson, Steenari, 1996, Karaktärisering och behandling av träaska. NUTEK 1996:15

B.-M. Steenari & O. Lindquist, 1996, Biobränsleaskors innehåll och härdningsegenskaper, NUTEK, R1996:28

Ståhl, Tegnér, Widegren-Dafgård, 1996, Biobränsleaskors innehåll och härdningsegenskaper. NUTEK R1996:28.

3 Restprodukternas nyttiggörande

6.1 Inledning

Även om kvantiteterna av aska som produceras vid olika anläggningar kan variera mycket, beroende framför allt på anläggningens storlek, är aska en bulkvara. Det innebär att avsättningen måste minst vara i samma storleksordning som produktionen. Det innebär även att askan konkurrerar med råvaror med lågt pris. Möjligheterna att använda askor eller andra restprodukter från en förbränningsanläggning beror på:

- hur väl restproduktens egenskaper överensstämmer mot kraven uppsatta för den tänkta användningen
- tillståndsgivningen för användningen med hänsyn till miljö- och hälsoskydd
- priskonkurrensen med de material askan ersätter
- marknadens acceptans för en askbaserad produkt
- möjligheterna att mellanlagra produkten för att utjämna variationer i både produktion och avsättning.

Detta innebär att användning måste utvärderas från fall till fall utgående från restprodukten och lokala förutsättningar. I detta kapitel presenteras olika användningsområden, såväl etablerade som tänkbara användningar, och vilka tekniska krav som ställs på askan eller bearbetade askan. De rekommendationer som görs avseende asktyper och deras lämplighet för olika nyttiggörande måste ses som orientering eftersom askornas kemiska sammansättning varierar mellan anläggningar med samma bränsletyp och kraven hos olika produkttillverkare uppvisar stora variationer.

Det bör noteras att, som för allt material som skall återanvändas, det kan finnas flera tänkbara avsättningsområden, från områden där askans egenskaper tillmättes ett högt värde till tillämpningar där askan inte har något värde i sig utan bara är en kostnadseffektiv ballast. Det kan vara lämpligt att undersöka olika avsättningar i en fallande skala av förädlingsvärde. Det kan också vara värt att undersöka om restprodukterna kan separeras redan innan de tas ut ur anläggningen så att en del kan finna en kvalificerad användning.

Askproduktens inverkan på miljö och hälsa är en viktig fråga. I både USA och Tyskland beror möjligheten att använda aska och marknadens mottaglighet för produkten på askans klassificering och på regler och normer för slutprodukten. Observera att olika regelverk i ett och samma land inte nödvändigtvis är samstämmiga (Thamm, 1996, Hadders och Flodén, 1997). Om inga sådana normer finns måste användandet anmälas och prövas enligt miljöskyddslagarna i dessa länder för varje tillfälle, vilket är tidsödande och kostsamt. Detta är också för det mesta situationen i Sverige, även om vissa tillämpningar fått en acceptans i form av Allmänna Råd från myndigheter.

Måste askan eller askprodukten kallas för avfall eller restprodukt, av lagtekniska skäl eller andra skäl, är marknaden ovillig att ta emot produkten, oavsett vilka förträffliga tekniska egenskaper den än må ha. Kan man förädla askan till en kvalitetssäkrad råvara med jämn kvalitet och jämn tillgång är utgångsläget bättre.

Som exempel på omfattande utnyttjande av restprodukter från kraft- och värmeproduktionen kan Tyskland nämnas. Där producerades 1993 cirka 22 miljoner ton restprodukter från kolförbränningen vid landets kraftverk. Utnyttjandegraden för flygaskan från stenkolk, bottenaskan, slagget och gipsen från rökgasavsvavlingen var över 95 % år 1993. Huvudsakliga användningen är som byggmaterial. Mer än hälften av all flygaska används som tillsats till betong. Andra stora användningsområden (cirka 10 % var) är konsolideringsmaterial i gruvor och fyllnadsmaterial i vägbankar, vägar, jordar m m. Av mindre betydelse är användningen som ersättning för cementråvaror, i tegel, i lättbetong mm.

I hela Europa var utnyttjandegraden mindre, cirka 55 % för flygaska och bottenaska från kol och brunskol, och ännu mindre i USA, cirka 25 %. I USA är också den stora avnämaren för aska bygg- och anläggningsindustrin, där aska används som tillsats till cement, som tillsats till betong, som fyllnadsmaterial etc.

6.2 Näring för skog och mark

När träd eller andra biobränslen som halm förs bort från marken där de vuxit förs samtidigt mineraliska näringsämnen bort. Skulle bränslet lämnats kvar på marken skulle dessa ämnen blivit tillgängliga för nästa generation växtlighet. Om marken förmår kompensera för förlusten beror på balansen mellan vittring av underliggande berg, upptagning i växtligheten, utlakning till vattendrag, m m. Uppskattningar som utförts av biologisk expertis antyder att på sikt kan jorden utarmas av ett för stort uttag av biomassa, vilket äventyrar dess uthålliga produktion.

Askan är ett koncentrat av de mineraliska näringsämnen som fanns i det bortförda biobränslet. Man anser allmänt att aska efter biobränslen bör återföras till de marker där bränslen tagits ut.

I detta användningsområde, gödning av mark, efterfrågas askan således för dess innehåll av mineraliska näringsämnen. De krav som ställs utgår från den kemiska sammansättningen så att näringsbehovet tillfredsställs och så att skadliga ämnen såsom tungmetaller eller vissa organiska ämnen (dioxiner eller PAH) inte tillförs i nämnvärda mängder.

6.2.1 Kompensationsgödning

Med kompensationsgödning menas näringstillförsel i syfte att kompensera för den mineralnäring som förs bort i samband med uttag av skogsbränsle. Kompensationsgödning bör ske minst en gång under en växtgeneration, 60-100 år för vanlig skog. Trädaska är lämpligt att använda för kompensationsgödning.

På grund av att askan är starkt alkalisk bör den behandlas så att växtligheten inte skadas. Reaktiva oxider omvandlas till mindre reaktiva former som hydroxider och karbonater genom att vatten tillsätts och askan härddas. Genom agglomering till större partiklar minskar man ämnens tillgänglighet för vatten som lakar ut fasta materialet. Aktuella metoder är självhärdning följt av krossning och olika typer av granuleringsmetoder. Valspelletering är en metod som i full skala har testats med mycket gott resultat. Ekonomiska bedömningar tyder på att metoden kan producera pellets till mycket låga kostnader. Ett projekt finansierat av Energimyndigheten, Stor Enso samt AssiDomän pågår för närvarande. Lakningsundersökningar visar att utlakningen av näringsämnen från dessa pellets sker mycket långsamt. Det är inte alla askor som kan behandlas med alla metoder, se Flik 9. Bl a stör höga halter oförbränt (kol) processerna mellan de mineraliska ämnen.

Omvandlingen och agglomereringen av askan har även ett annat syfte: näringsämnen skall kunna avges av den utlagda askprodukten i en lämplig takt. För askåterföringen har ansatts en period på tio till femton år som skulle motsvara den naturliga förmultningen av hyggesrester. Det råder dock delade åsikter bland expertisen om detta är ett lämpligt tidsperspektiv.

Observera att askans halt av tungmetaller kan innebära restriktioner för hur mycket aska som får spridas till skogsmark. I Naturvårdsverkets och Skogsstyrelsens informationsskrift: "Biobränsleaska i kretslopp" anges maximal giva per ha skog, men inga gränsvärden för tungmetaller. En PM från Skogsstyrelsen "Önskad askkvalitet för försök med vitaliseringsgödning våren 1995" ger dock uppgifter som kan användas som riktvärden eller tolkas som gränsvärden.

Behovet av aska för återföring är kopplat till den biobränslemängd som tas ut ur berörd skogsmark. Den giva aska som är aktuell för både kompensationsgödning och vitaliseringsgödning är 1-3 ton per hektar under en skogsgeneration, dvs 60-70 år.

Lämpliga askor: askor efter alla trädbränslen, företrädesvis Tr-Fb-Fla, Tr-Br-Fla och Tr-Ro-Fla.

6.2.2 Vitaliseringsgödning

Nedfall av svaveloxider (SO_x) och kväveoxider (NO_x) innebär en försurning av mark och vattendrag i vissa delar av Sverige. På uppdrag av Regeringen har Statens Naturvårdsverk drivit en storskalig försöksverksamhet med kalkning av skogsmark för att motverka försurningen. Emellertid innebär kalkning en ensidig näringstillförsel som kan leda till skador på växtligheten. En mer balanserad näringstillförsel kan åstadkommas genom att tillföra aska, som innehåller de mineral skogen behöver, eller en blandning av aska och kalk. I denna användning efterfrågas dels askans innehåll av näringsämnen, dels dess innehåll av alkali (kalciumoxid m.fl.).

Med vitaliseringsgödning menas spridningen av aska från biobränslen, eventuellt i kombination med kalk eller andra ämnen, i syfte att motverka effekterna av markförsurning.

Samma krav på behandling gäller för aska i vitaliseringsgödning som i kompensationsgödning. Den utlagda askprodukten bör ha långtidsverkan. Askans halt av tungmetaller kan innebära en begränsning. Se ovan för uppgifter om tungmetallhalter. Om askan sprids i kombination med kalk, eventuellt samgranulerat, skall även kalkens halt av tungmetaller tas med i beräkningarna.

Lämpliga askor: askor efter träbränslen, företrädesvis Tr-Fb-Fla, Tr-Br-Fla och Tr-Ro-Fla.

6.2.3 Gödning av åkermark

Aska efter biobränslen innehåller många nödvändiga spårämnen men dess värde som gödningssmedel är lågt därför att den innehåller endast lite av huvudämnena: kväve, fosfor, kalium. Aska kan liksom kalk tillföras åkermark för att förbättra jorden. Dels ger de en pH-höjning som kan befrämja tillväxten, men framför allt tillförs kalciumjoner som luckrar upp leriga jordar som packats och fyller på baskatjonförrådet.

I Danmark är det rätt vanligt att halm och strå eldas för att producera energi. Askans sprids tillbaka på åkrarna. I Österrike och USA sprids lokalt biobränsleaska på åkermarker. Det har även förekommit i Sverige.

För spridning av aska i denna tillämpning ställs samma krav på aska som på slam från till exempel kommunala reningsverk vad gäller tungmetaller. Se Naturvårdsverkets föreskrifter om användning av avloppsslam, SNFS 1994:2 och JTI:s handledning (Hadders och Flodén, 1997). I praktiken ställer jordbrukarna (LRF, Odal) betydligt strängare krav och många vägrar använda avlopps- eller rötslam. Kadmium är ett särskilt orosmoment, såväl i Sverige som utomlands (se Moberg m fl, 1984, Morsing och Westborg, 1994).

Jämfört med återföringen av aska till skogsmark är tidsaspekten för gödningen av åkrar mycket kortare, vilket skulle kunna tillåta en något enklare behandling av askan, till exempel endast befuktning (Hadders och Flodén, 1997). En härdad och agglomererad aska skulle inte ge några effekter på tillväxten på kort sikt.

Lämpliga askor: ÖB-Fla

Utomlands kan även andra askor, till exempel Ko-Fla, komma till användning som gödningsmedel för odlade areor. Det är tveksamt om acceptans för detta kan vinnas i Sverige med hänsyn till halten tungmetaller. I Danmark används flygaska från kolförbränning för att neutralisera sura jordar och ge tillskott av näringsämnen till parkområden, inte till åkrar. Flygaskan från kol kan ge ett behövligt tillskott av till exempel bor och molybden, men överdosering ger en förgiftning av växtligheten.

6.2.4 Övrigt

I torvmarker försiggår ingen vittring och tillförsel av mineral till växtligheten. Aska från biobränslen kan därför användas för att få igång tillväxten. Dramatiska ökningarna har registrerats i Finland och i Sverige. Lämpliga givor är betydligt större än i fallet återföring/kompensationsgödning.

Användningen av aska för gödning av näringsfattiga skogar är kontroversiell. Det kan vara svårt att få acceptans för detta för närvarande.

Lämpliga askor: ÖB-Fla, ÖB-Boa, To-Fla, To-Boa

6.3 Byggnadsmaterial

Byggnadsmaterial som betong, cement, tegel och produkter tillverkade av dessa är en marknad med stora volymer. Aska har vissa egenskaper som kan göra den lämplig som komplement eller ersättning till råmaterial. I de kvalificerade tillämpningarna är det askans kemiska sammansättning och dess egenskaper som eftertraktas. I mindre kvalificerade tillämpningar tillför askan i huvudsak en volym inert material som utfyllnad. Kraven på askan beror också på tillämpningen. Andra restprodukter finner också en avsättning, till exempel gipsen från rökgasavsvavlingen (mest utomlands).

Utöver prestandakrav kan miljökrav ställas på produkten. I och med byggnadsverk m fl utsätts för väder och vind får inte askans innehåll av t ex tungmetaller lakas alltför snabbt av nederbörden ut ur betongen eller byggnadsmaterialet.

Framställningens tyngdpunkt är förskjuten åt kolaskor och avfallsaskor, därför att deras nyttiggörande i dessa produkter studerats mest.

Orden cement och betong används vardagligen och deras mening kan ibland komma att blandas ihop. Betong är ett byggnadsmaterial som består av ett fyllnadsmaterial, t ex småstenar, som binds ihop av ett bindemedel: cement. Cement är lera (aluminosilikater), sand och kalk som bränts ihop. Den grusliknande produkten (klinker) kyls och mals tillsammans med några procent gips. När cement blandas med vatten bildar kalciumsilikaterna och kalciumaluminaterna hydrater, som är huvuddelen av den stelnde, sammanbindande massan, och fri kalciumhydroxid. Proportionerna mellan aluminium och kisel påverkar cementens egenskaper. Cement bör ha en kemisk sammansättning och egenskaper som anges i förstandarden ENV 197:1. Motsvarande förstandard för betong är ENV 206. Material- och utförandekrav för betong beskrivs i BBK 94.

6.3.1 Tillsats vid cement- och betongtillverkning

Den egenskap som gör aska lämplig som tillsats till cement är dess pozzolana egenskaper. När vanlig Portlandcement härdar efter blandning med vatten bildas ett överskott av kalciumhydroxider. En tillsats av silikater eller aluminater, t ex aska, leder till ytterligare bildning av kalciumsilikathydrater och kalciumaluminathydrater. Den större andelen hydrater innebär en tätare cement med större hållfasthet.

Flygaska kan användas som råmaterial vid klinkerframställningen, som ersättning för cement vid framställning av blandcement eller som tillsatsmaterial i betong. Andelen flygaska i klinkerråvaran kan uppgå till 8 % (Clarke, 1994). Den askan kan ha varierande kvalitet och ha en relativt hög halt oförbränt. Våt aska kan accepteras men som regel krävs torr aska. De krav som ställs på flygaska (från kolpulverförbränning) ges av förstandarden ENV 197-1: mer än 25 vikts-% reaktiv kisel-dioxid, glödförlust under 5 vikts-%. Man skiljer flygaskor efter halten kalciumoxid (under 5 vikts-% är det en kiselartad flygaska, över detta, en kalciumartad flygaska). Högst 35% flygaska får ingå i de flesta cementtyper, se ENV 197-1.

Flygaskan från kol eller torv förbättrar betongens egenskaper, bl a tryckhållfastheten. Den finfördelade askan ger en utfyllnad mellan de grova gruskornen och bidrar till ökad hållfasthet. Askan har även pozzolansk verkan: den absorberar överskottsalkali i betongen och minskar dess porositet (betongen blir tätare). Diffusionen av nedbrytande ämnen som t ex klorider minskar väsentligt. Å andra sidan absorberar oförbränt kol i askan de små luftporerna som ger frostbeständighet åt betongen.

Denna användning är vanlig i de länder som har en stor elproduktion med kol som bränsle: Tyskland, Frankrike, Danmark, Japan. Till exempel för Eurotunnel mellan Dover och Calais användes en betong med 125 kg flygaska från kol och 280 kg Portlandcement per m³ betong. I USA skall all betong under vatten innehålla flygaska (Puch och vom Berg, 1997).

Kraven som ställs på askan som tillsats till betong beskrivs i BBK 94, avsnitt 7.2.3, Mineraliska tillsatsmaterial, samt standarden EN 450 för flygaska. Krav på sammansättning framgår av Tabell 6.1.

<i>Parameter</i>	<i>Värde enligt EN 450</i>	<i>Värde enligt BBK 94</i>
Glödförlust	5	5
Kalciumoxid, fri (CaO)	1,0	2,0
Magnesiumoxid (MgO)	-	5,0
Svaveloxid (SO ₃)	3,0	4,0
Klorid (Cl ⁻)	0,10	0,10

Tabell 6.1 Krav på sammansättning hos flygaska som skall användas som tillsatsmaterial i betong. Gränsvärden (max) i vikts-%.

Askan skall bestå huvudsakligen av kiseloxid och aluminiumoxid, minst 25 % (EN 450). Enligt BBK 94 bör den inte innehålla svavel- eller ammoniumhaltiga produkter. BBK 94 sätter även en gräns för ekvivalenta alkalihalten: 0,6 vikts-%. Det senare värdet gäller enbart när risk för alkali-ballastreaktioner föreligger och då vid användning av cement typ CEM I. Den totala mängden flygaska som får användas är högst 35 % av cementen. EN 450 ställer även krav på partikelstorlek, på aktivitet och på densitet.

Krav finns på en jämn kvalitet på askan för att den tillverkade betongen också skall ha önskad och jämn kvalitet. Flygaskans fysikaliska egenskaper och dess kemiska sammansättning, liksom variationsområdet för dessa egenskaper, bör redovisas i en särskild deklARATION. Utöver kraven på tillsatsmedlets sammansättning och egenskaper ställs även krav på produktionskontroll (egenkontroll samt oberoende part). BBK 94 ställer kravet att ett mineraliskt tillsatsmaterial, dvs flygaskan, bör vara typgodkänt eller tillverkningskontrollerat. Detta kräver någon form av certifiering. Se även EN 450.

I en förundersökning måste man säkerställa att tillsatsmaterialet (flygaskan) ger avsedd effekt och inte påverkar menligt betongens övriga egenskaper. Det finns inga enkla tester för att avgöra om en aska har pozzolana egenskaper, utan betongprover måste tillverkas (Clarke, 1994). I BBK 94, Band 2, Bilaga 4 ges en provningsmetod.

Enligt Moberg m fl tillverkade Cementa AB 1983 ett modifierat portlandscement som innehöll 25 % kolaska och såldes under namnet Cementa Pozzolan (Moberg m fl, 1984). Tillverkningen har upphört därför att den aska som fanns att tillgå inte uppfyllde kraven. Enligt Cementa har tillgången till lämpliga kolflygaskor minskat drastiskt de senaste åren. Kolaskornas egenskaper försämras om kol sameldas med träbränslen. Det sista avtalet mellan Cementa och en producent av kolflygaskor sas upp 1993/1994 därför att certifieringen eller kvalitetskontrollen uppfattades som oproportionerligt kostnadskrävande.

Enligt Hartlén håller flygaskan från kolförbränning i Sverige inte kvalitetskraven, dvs halterna oförbränt är för stora och kvaliteten fluktuerar under året (Hartlén, 1990). Dessutom används vanligen större mängder tillsatser till betongen med hänsyn till svenska klimatet. Oförbrända rester absorberar dessa tillsatser vilket fördryr betongen.

Aska från fluidbäddförbränning är olämplig som tillsats i cement p g a den låga volymbeständigheten (för höga halter sulfat, och alkali) (Hartlén m fl, 1989).

Lämpliga askor: Ko-Br-Fla. Övriga askor har inte förutsetts i standarderna.

6.3.2 Ballastmaterial i betong

Här avses en användning av andra egenskaper än den pozzolana: förmågan att fylla ut en volym till lågt pris, dvs som ballast. Det är framför allt slagg och bottenaska som är av intresse. Även flygaska kan komma till användning om man utnyttjar dess förmåga att binda till sig själv och bilda ett material som krossas till syntetiskt grus, se även avsnittet 6.4 nedan.

Jämfört med konventionell betong erhålles ett 20 till 30 % lättare material samtidigt som en bättre bindning erhålles mellan detta fyllnadsmaterial och cement. Kraven på lättviktsmaterialet ges i BBK 94, avsnitt 7.2.4. BBK 94 förutsätter att en petrografisk analys utföres för att säkerställa att detta ballastmaterial inte innehåller

skadliga mineral eller ämnen så att betongens bärförmåga, beständighet eller funktion äventyras. Här syftas till reaktioner mellan alkali i cementen och ballasten som medför en volymökning.

Utomlands kan bottenaskor eller slagg från avfallsförbränning komma i fråga (American Ash Recycling, 1996). Det är osäkert om det kan accepteras i Sverige.

Lämpliga askor: Av-Ro-Boa, Ko-Br-Boa, Ko-Ro-Boa, Ko-Br-Fla, Ko-Ro-Fla, Ko-Fb-Fla.

6.3.3 Betongprodukter där aska ingår

Här avses betongkvaliteter och betongprodukter för vilka kraven inte är lika stränga som för den betong som vanligen används i byggindustrin. Lättbetong är en sådan produkt. Etablerade produkter med stor volym finns, mest utomlands, och en omfattande utvecklingsverksamhet pågår utomlands.

Som nämnts ovan kan vissa askor härda vid tillsats av vatten till en betongliknande produkt. Ett exempel är de Z-plattor ABB Carbon provtillverkat av PFBC-aska.

Cementa tillverkar ett material, Cefyll, där kraven på askan inte är lika stränga exempelvis vad gäller hållfasthet. Flygaska från kolförbränning blandas med vatten och stelnar till ett betongliknande material. Eventuellt kan rökgasavsvavlingsprodukter och cement blandas in. Cefyll används exempelvis som fyllningsmedel i samband med anläggningsarbeten (se avsnitt 6.4 nedan), tätskikt över deponier eller återfyllnad kring rörledningar som förlagts i mark. Se även avsnitt 6.6 nedan.

Enligt Cementa uppfyller inte dagens kolaskor de krav som ställs för Cefylltillverkning.

Produktion av lättbetong är en intressant användning av vissa askor. Vanligen blandar man cement, kalk, aluminiumpulver och vatten med en stor andel kiseloxid, dvs sand och autoklaverar. Upp till 75 % av cementen kan utgöras av flygaska (Clarke, 1992).

Kommersiella processer är brittiska Lytag, nederländska Aardelit och japanska FA-LITE (Clarke, 1992, Sloss, 1996). Lytag tillverkas genom att sintra granulerad aska vid hög temperatur. Om askans kolhalt inte räcker adderas kolpulver. Aardelit tillverkas genom att blanda flygaska från kol, kalkvatten samt om nödvändigt andra kalktillsatser, granulera massan och härda den. FA-Lite tillverkas genom att blanda kolaska med lite cement och andra tillsatser samt granulera. Kostnaderna för dessa processer och användningen av produkterna bör dock studeras närmare.

En ny process för lättviktsmaterial (MINERGY) med andra restprodukter har utvecklats i USA: flygaska från kol med hög halt oförbränt pelleteras ihop med avvattnad slam från industrier eller kommunal vattenrening och bränns i en roterande ugn (Minergy, 1997). När organiska materialet förbränns lämnar den ett expanderat skelett med låg vikt. Processen binder tungmetallerna i en glasfas som sedan inkapslas i betong. Kostnaden samt konkurrenssituationen gentemot andra lätta fyllnadsmaterial bör utredas närmare.

Lämpliga askor: Ko-Br-Fla, Ko-Fb-Fla, Av-Fb-Fla

6.3.4 Tegel och keramik

I tillverkningen av tegel kan flygaska i vissa fall ersätta leran. Fördelar är bland annat närvaron av små partiklar som underlättar tegelbrännandet, en sammansättning som liknar lerans (för kolaska) och askans kalkinnehåll, som absorberar svavel. Nackdelar är att en stor askhalt minskar plasticiteten, att de flesta askor innehåller för mycket lösliga kalciumoxider och sulfater samt att höga halter järnoxid sänker smältpunkten under optimal nivå.

Enligt Hartlén pågick 1990 utveckling i Nederländerna för att framställa tegel med 70 % kolflygaska och 30% lera (Hartlén, 1990). Lättegel tillverkas i Japan, och i Italien används flygaska och bottenaska i en hydrotermisk process, tillsammans med rökgasreningsprodukter (gips) som ger tegel med hög densitet och styrka (Clarke, 1992). Observera dock att teglets färg påverkas av askan, vilket kan vara till nackdel på marknaden. Utveckling pågår i USA (Hughes m fl, 1996).

Enligt Moberg m fl är torv- och vedaska ointressant för Höganäs (eldfasta, syrafasta produkter) därför att den har för låg smältpunkt (Moberg m fl, 1984). Man kräver också högre halt kiseldioxid, aluminiumoxid och titanoxid. Aska innehåller även för stora mängder lösliga salter som diffunderar till ytan och ger missfärgningar. Träaska används dock i konstnärlig askglasyr.

Lämpliga askor: Ko-Fla

6.3.5 Gips

Utomlands är det vanligt att stora koleldade anläggningar har våt rökgasavsvavling med kalk som avsvavlingsmedel. I Sverige är det endast Karlshamn som har den processen. I kombination med att stoftavskiljningen före avsvavlingen drivs långt och att avsvavlingen innehåller ett oxiderande steg, erhålles gips av mycket hög kvalitet som restprodukt. Det är inte ovanligt att man får avsättning för all denna gips.

I Tyskland är de produkter där avsvavlingsgipset ingår till exempel gipsplattor för byggindustrin, puts m m. Avsvavlingsgipset håller ofta högre kvalitet än naturgipset som kan ha högre halter av föroreningar (Koch, 1996). Se även AirProducts hemsida (Air Products, 1996).

Lämpliga restprodukter: Ko-Rrp, To-Rrp

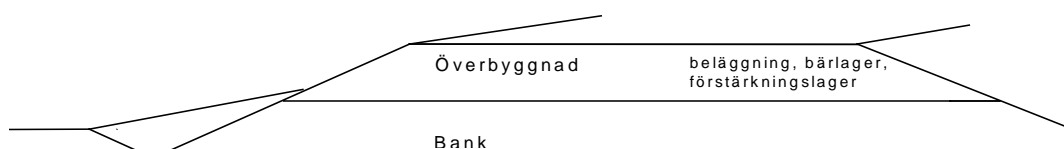
6.4 Vägbyggnads- och anläggningsmaterial

Drygt hälften av den årliga konsumtionen av naturliga ballastmaterial används för vägbyggnadsändamål. Eftersom naturgrus är en ändlig resurs är det av stort miljöintresse att ersätta detta med olika produkter baserade på askor. Användningen av aska i detta sammanhang regleras främst genom Vägverkets byggnadstekniska anvisningar (VÄG 94) och i vissa fall Mark AMA. Här regleras de krav som ställs på material för användning som bär- och förstärkningslager, bankfyllningsmassor etc.

Askorna kan läggas ut utan att ha behandlats eller som syntetiskt grus. För det mesta är det frågan om en relativt okvalificerad användning av bottenaskor eller slaggrus från förbränningen av kol eller av avfall. Den låga skrymdensiteten hos aska eller syntetiskt grus är en egenskap som är intressant. En hög halt oförbränt är till nackdel och minskar bärigheten i ett lager.

En väsentlig fråga är lakningen av tungmetaller från utlagda materialen. I flera länder har utarbetats regler för hur askor eller askprodukter får läggas: på tillräckligt avstånd från grundvattnet, ej nära vattentäkter, etc.

Då det gäller miljöpåverkan av användning av askor för väg- och anläggningsändamål finns mer att läsa i rapporten Energiaskor för väg och anläggningsändamål, EFO 1998.



Figur 6.1 Exempel på vägkropp i genomskärning (EFO Energiaskor, 1998).

6.4.1 Ej agglomererad aska

Aska kan användas som ersättning för jord vid anläggningen av till exempel vägbankar eller vid markutfyllnad. Askans skall ha en bestämd vattenhalt vid leverans till byggplatsen. Den läggs ut som tunna lager och kompakteras så att ett relativt inkompressibelt lager erhålls. Självhårdande egenskaper är till fördel. En väsentlig parameter är askans hållfasthetsegenskaper.

Ett av de främsta användningsområdena för energiaskor i Sverige är som lättfyllningsmaterial, där sättnings- och stabilitetsegenskaper är av intresse. Även om i princip alla energiaskor är lättare än naturmaterial, är det främst rostereldad kolbottenaska som hittills kommit till användning. Denna aska har en skrymdensitet på cirka 1,1 ton/m³. Flera provvägar har utförts där bottenaska använts som bankfyllningsmaterial och även som förstärkningslager. I Danmark har kolbottenaska och slaggrus använts som bärlagermaterial vid byggandet av lågt belastade vägar (t ex cykelbanor).

Bottenaska från rostereldning har använts för kompensationsgrundläggning av ett färjeläge i Norrköpings hamn: cirka 14 000 m³ lades ut i ett 1 meter tjockt lager. I Valdemarsvik har den använts för utfyllning av centrum och som Cefyll, se nedan, i Västerås har flygaska från kolpulvereldning använts i Cefyll för utfyllnad av hamnen. CeFyll är en produkt som under många år marknadsförts av Cementa för användning som fyllnadsmaterial. Motsvarande exempel rapporteras från Tokyo-bukten (flygaska) och från Köpenhamn.

Lämpliga askor: i princip samtliga askor. Av-Fla, Av-Rrp kan inte användas samt vissa andra, ÖF-Fla och Rrp, måste behandlas först innan de kan användas.

I det sammanhanget bör nämnas att vissa askor kan användas för att stabilisera lösa lerjordar motsvarande kalk- och cementpelare eller kan användas som komplement till dem. En förutsättning är att askan inte tidigare utsatts för vatten så att självhärdande egenskapen försämrats.

I Tyskland används ofta bottenaska från koleldning i stället för sand som fyllnad under parkeringar eller asfalterade ytor.

Lämpliga askor: Ko-Br-Fla, Ko-Ro-Boa, Ko-Br-Boa

Bottenaskan från avfallsförbränningen består av mineral, metaller och några procent outbränt organiskt material. Om den sorteras (skroten avskiljs och säljs) och siktas i lämpliga fraktioner erhålles slaggrus som kan ersätta naturgrus. Slaggrus från SYSAV har använts som bärlager vid byggnationen av SJ:s kombiterminal i Malmö. Slaggruset måste lagras några månader innan det används, varvid det mognar - pH sjunker och metaller oxideras vilket reducerar mobiliteten för tungmetaller och andra ämnen.

Lämpliga askor: sorterad Av-Ro-Ba

6.4.2 Agglomererad aska

Syntetiskt grus kan tillverkas av PFBC-aska. Materialet tillverkas genom att blanda bäddmaterial och cyklonaska, tillsätta vatten och vibropacka. Gruset kan sedan användas i stället för naturgrus till bankfyllning, förstärkningslager och bärlager.

Material som grus, sand och lera kan stabiliseras genom tillsats av bindemedel som bitumen, slagg, cement, kalk eller kolflygaska. Den stabiliserade massan kan sedan användas till bärlager. Försök har utförts i Sverige under 1980-talet. Slutsatserna var att material som stabiliserats med kalk och flygaska härdar mycket långsamt. Det ansågs dock att risken var liten att stabiliseringen skulle försämrats med tiden.

Observera att gruset som levereras till vägbyggen måste vara certifierat eller provat på ett godkänt laboratorium (VÄG 94).

Vissa trädränsle askor från fluidbädd kan vara intressanta för fyllningsmaterial efter agglomering, exempelvis pelletering. Lakningsförsök som utförts visar på en mycket långsam utlakning.

Exempel: Av-Ro-Boa, Ko-Fb-Boa, To-Fb-Fla, Ko-Fb-Fla (Tr-Fb-Fla)

6.4.3 Övriga ändamål

Aska kan användas som filler i asfaltmassor för vägbyggnad. Den har till uppgift att minska hålrummet och förstyya bindemedlet. Flygaskan är tillåten i många länder som filler, men inte i Sverige enligt Vägverkets Byggnadsanvisningar (BYA, 1976). I Sverige används huvudsakligen finkornig krossprodukt från stenkrossar eller kalksten.

6.5 Vattenrening och slambehandling

Litteraturen innehåller flera förslag till användning av flygaska från kolförbränning inom vattenrenings- och slambehandlingstekniken. Av intresse här är askans alkalinitet och stora specifika yta. Denna användning tycks dock mera vara en möjlighet än en utbredd avsättning för aska.

En tänkt användning är som adsorbent för koppar eller fenoler från avloppsvatten. Här är halten oförbränt kol av betydelse: ju högre, desto bättre. I det sammanhanget kan nämnas att aska kan blandas in i kompostjord för att ta bort lukten.

Flygaska har också använts för konditionering av slam (dvs en behandling i syfte att förbättra avvattningsegenskaperna) och som filterhjälpmedel vid avvattning. Askans ger ett något våtare avvattnat slam än om enbart kalk och järnklorid använts, men ett mycket bättre filtrat.

Försök har gjorts att stabilisera slam (minska störande lukt och mängden patogena organismer i avloppsslam) med bioaska. Här skulle aska ersätta kalk som eljest användes.

Användningen i slamhanteringen begränsas av det tillskott av tungmetaller som askan ger till slammet och till filtratet, dvs det vatten som lämnar aktuella steget i reningsprocessen.

Clarke nämner att betongkolor tillverkade med aska kan användas som bärrmaterial för den biologiska filmen i ett avloppsreningsverks biologiska steg (Clarke, 1992).

6.6 Tätskikt och täckskikt

Aska är basisk och i vissa fall kan den härda till ett betongliknande material. Båda egenskaper är intressanta i hanteringen eller behandlingen av annat avfall.

Materialet Cefyll är en blandning av kolflygaska, rökgasreningsprodukt, cement och vatten. Man erhåller ett tätt betongliknande material som används i Sverige som tätskikt i deponier.

En annan användning utomlands för kolflygaska i blandning med lite cement är som konsolidering (grout) i gruvor eller berg, dammar. Tätmassan är mer plastisk än enbart cement och kan ta upp bergets rörelser.

Från USA rapporteras att aska från biobränslen används vid återställandet av dagbrott eller soptippar. Ett lager aska läggs som täckskikt ovanpå marken. Örebro Energi använder bio- och torvaska för att skyddstäcka ett område med gruvavfall.

6.7 Råvara

I allmänhet består aska eller andra restprodukter huvudsakligen av ämnen med lågt pris. Det brukar därför vara mindre intressant att försöka återvinna någon komponent eller något ämne från restprodukterna. Några undantag finns dock. Det kan vara intressant att behandla askan för att avlägsna oönskade ämnen, som t ex kadmium. Det kan också vara så att askan som en blandning av mineral kan vara svår att avsätta. I så fall skulle en separation i mer enhetliga fraktioner eller material kanske kunna underlätta avsättningen. Se även flik 9.

I flera processer (Ames Lime-Soda, Calsinter, Direct Acid Leaching (DAL)) söker man återvinna aluminiumoxid men även järnoxider ur flygaska från kolpulverpannor. Aluminiumoxiden blir av god kvalitet och återstoden kan användas som råvara för Portlandcement eller som fyllnadsmaterial med höga porositet (DAL).

Askan från olja är rik på metaller, varför det kan vara intressant att återvinna t ex vanadin. Återvinning av zink ur askan efter gamla bildäck utredes f n av SGS på uppdrag från EFO Energiaskor.

En idé som framförts av Moberg m fl är att utvinna kaliumkarbonat (pottaska) från askan efter organiskt material, framför allt träbränsle (Moberg m fl, 1984). Idén anknuter till den urgamla hanteringen. I kustlandskap har man länge bränt tång för att göra pottaska.

Spårelement kan vara intressanta att söka återvinna om de förekommer i tillräckligt höga halt, t ex gallium och germanium som används i halvledarindustrin.

Övriga användningsområden

Filler tillsätts för att ge en produkt bättre egenskaper, alternativt för att dryga ut den. Här är askans innehåll av cenosfärer av intresse. Cenofärer och mikrobubblor av glas är ihåliga sfäriska partiklar. Cenofärer avskiljs från

askan när denna deponeras i en vattendamm. Liknande lätta strukturer erhålles efter Direct Acid Leaching-processen.

Den tänkbara användningen av aska som filler i vägbanors slityta har nämnts ovan. Ett annat område är filler för takpapp, vanligt för kolflygaska i Danmark.. Ett annat område är fyllmedel i spackel, där kolflygaskans sfäriska partiklar medför bl a förbättrade appliceringsegenskaper. Torv- och vedaska kan inte användas därför att halten alkali är för hög.

Cenosfärer används som filler i plast när låg vikt eftersträvas. Deras sfäriska form gör att de påverkar föga plastens viskositet, ger en liten risk för brottsanvisningar.

Bioaskor innehåller inte cenosfärer i samma utsträckning som kolaskor och är därför olämpliga för denna användning.

6.9 Referenser

- Air Products, 1996, Power Chip Gypsum: The better alternative, <http://www.airproducts.com/ees/pwrchip.html>
- American Ash Recycling Corp., 1996, What is MWC (Municipal Waste Combustor) ash recycling, <Http://www.aar-corp.com/mwc.html>
- L.B. Clarke, 1992, Applications for coal-use residues, IEA Coal Research, London, rapport IEACR/50
- EFO Energiaskor AB, 1998. Energiaskor för väg- och anläggningsändamål. Miljöaspekter.
- G. Hadders, S. Flodén, 1997, Spridning av aska från stråbränslen på åkermark. Förutsättningar och rekommendationer, Jordbrukstekniska Institutet, rapport JTI 234
- J. Hartlén, J. Rogbeck, L. Lindau & C. Nilsson, 1989, Kolförbränningens restprodukter, Värmeforsk, rapport SVF-345
- J. Hartlén, 1990, Nyttiggörande av restprodukter från kol- och avfallsförbränning. En internationell utblick, Reforsk, rapport FoU nr 43
- A. Hinderson, 1997, Nyttiggörande av kol- och blandaskor, Värmeforsk, rapport på gång
- R.E. Hughes, P.J. DeMaris, G.B. Dreher, D.M. Moore & M. Rostam-Abadi, 1996, Brick manufacture with fly ash from Illinois Coals, <http://www.icci.org/hughes.html>
- H.-J. Koch, 1996, Steinkohlenflugasche, Kesselsand, Schmelzkammergranulat und Gips - anerkannte Bauprodukte, VGB Kraftwerkstechnik **76**, 158-164, Hard coal fly ash, boiler sand, slag-tap granulates and gypsum: accepted construction products, VGB Kraftwerksstechnik **76**, 146-152
- Minergy Corp., 1997, Lightweight aggregates from fly ash and wastewater sludges, <http://www.minerals.com/minergy/process.html#ASH>
- P.-O. Moberg, B. Nelson & A. Sjöberg, 1984, Användning av restprodukter från förbränning av biobränsle, Statens Energiverk, rapport STEV-FBA-84/3
- M. Morsing, S. Westborg, 1994, Aske fra halm- flisfyrede værker til jordbrugsmæssig anvendelse. Forprojekt, rapport NEI-DK-2034
- Naturvårdsverket, 1994, Biobränsleaska i kretslopp, Naturvårdsverket informerar, SNV 91-620-9564-1
- K.-H. Puch & W. vom Berg, 1997, Nebenprodukte aus Kohlenkraftwerken - Auswertung der VGB-Erhebungen für die Jahre 1985 bis 1996, VGB Kraftwerkstechnik **77**, 604-610
- L.L. Sloss, 1996, Residues from advanced coal-use technologies, IEA Coal Research, rapport IEAPER/30
- L.L. Sloss, I.M. Smith & D.M.B. Adams, 1996, Pulverised coal ash - requirements for utilization, IEA Coal Research, report IEACR-88
- SNV, 1994, Naturvårdsverkets föreskrifter om användning av avloppsslam
- H.W. Thamm, 1996, Marketing of power plant by-products in Germany, VGB Kraftwerkstechnik **76**, 716-724
- Vägverket, 1994, VÄG 94, Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktioner

7 Provtagning och analys av restprodukter från förbränning

7.1 Kvalitetssäkring av produkten

Om ambitionen är att askan skall återanvändas måste den kvalitetssäkras. Att kvalitetssäkra askan innebär att känna till och, om möjligt, kunna förutsäga dess egenskaper. För att kvalitetssäkra produkten måste anläggningsägaren bland annat känna till hur restproduktens egenskaper varierar i tiden orsakat av varierande driftsparametrar. Kännedom om hur lång tid det tar för bränslet att omvandlas till restprodukt är avgörande för att kunna dra slutsatser om vad som orsakat ett förändrat värde hos restprodukten.

Kravet på kvalitetssäkringen av produkten beror på vad askan skall användas till. För vissa användningsområden, till exempel för användning som vägmateriäl, krävs att processen är certifierad eller att analys av produkten sker hos ackrediterat laboratorium. Det är därför viktigt att anläggningen tar kontakt med berörda myndigheter och eventuella brukare av restprodukten som en förberedelse för kommande återanvändning. Med fördel kan berörd myndighet/brukare kontrollera och ha eventuella synpunkter på programmet för kvalitetssäkringen.

De parametrar som är aktuella att studera är miljöpåverkande parametrar (kort- och långsiktiga) och de parametrar som beskriver produktens fysikaliska egenskaper som till exempel bärighet.

Det är också viktigt att känna till hur pass väl de analyserade proverna beskriver produktens egenskaper. Med hjälp av statistiska metoder kan det på olika sannolikhetsnivåer förutsägas hur väl proverna representerar produkten. Statistiken ligger också till grund för hur ofta prov måste tas ut baserat på hur mycket produkten fluktuerar med tiden.

Vid förberedande kvalitetssäkring av produkten är dokumentationen av det som utförts mycket viktig. Dokumentationen skall innefatta hur provtagning, analys och statistisk utvärdering har skett.

7.2 Provtagning

För att erhålla ett rättvisande analysresultat måste provtagningen utföras korrekt. Provtagningen har stor betydelse vid allt analysarbete men får ännu större betydelse vid analys av fasta inhomogena produkter. Tumregeln för osäkerheten vid analysarbete är att 80 % orsakas av provtagningen, 15 % av provets förbehandling och slutligen, endast 5 % av den egentliga analysen. Dessa siffror kan vara bra att tänka på då anläggningsägaren ofta utför provtagningen på restprodukten själv.

Vid provtagning skall följande dokumenteras:

- anläggning
- provtagningspunkt
- typ av prov
- datum och klockslag
- provtagare
- provtagningsmetod
- provtagningsutrustning
- antal delprov
- delprovets storlek
- hur provet förvaras och hanteras före analys.

Om provet sänds i väg för analys skall det i analysrapporten framgå vilken analysmetod som använts, vem som utfört analysen, datum för analysen och slutligen med vilken mätosäkerhet de rapporterar resultatet.

Provtagning av fasta restprodukter från förbränning av fasta bränslen som kol, torv och biobränslen (ej hushållsavfall) beskrivs i Svensk Standard SS 18 71 16. Med restprodukter avses här flygaskor, bottenaskor och rökgasreningssprodukter.

Då askorna är att betrakta som inhomogena får stickprov tas ut vilka får representera hela provet. Principen är att ett större antal delprov sammanförs i ett samlingsprov ur vilken sedan representativa laboratorieprov tas ut. Om delprov slås ihop bör dessa vara lika stora och stå i relation till godsmängden vid provtagningstillfället.

För att provtagningen skall ske på ett korrekt sätt skall en provtagningsinstruktion finnas upprättad. Provtagningsinstruktion skall innehålla information om

- tid och plats för provtagning
- material som skall provas
- syftet med provtagningen
- upplysa om vilken standard som är aktuell (SS 18 71 16 för provtagning).

Om provtagningen skall ske från fordon, hög eller behållare skall det beaktas att provet kan variera med avståndet från ytskiktet och att delproverna därför bör tas ut på varierande djup. Om styckesstorleken är mindre än 25 mm kan ett provtagningspjut användas. Om styckesstorleken däremot är större skall en skopa eller borrar användas för provtagningen. Utformningen av dessa redskap beskrivs ingående i standarden.

7.2.1 *Delprov från fordon*

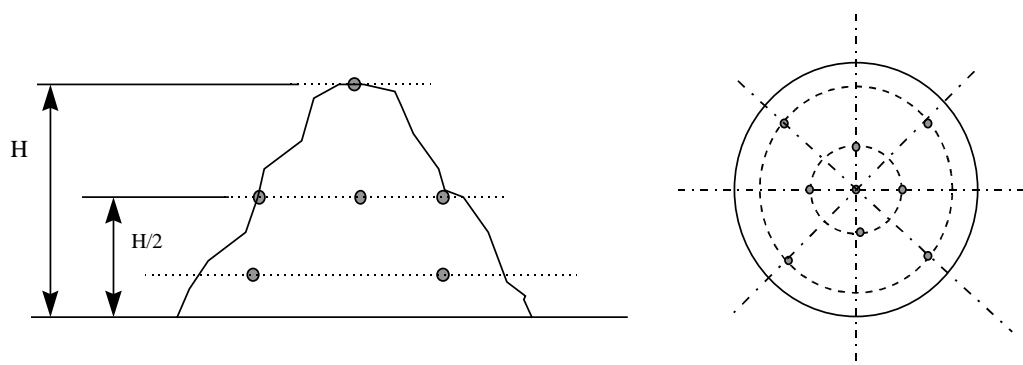
Lasten delas in i ett tänkt rutnät med 1 meter stora kvadrater. Från detta rutnät väljs slumpvis valda rutor ut där delprov tas ut. Numreringen av rutorna skall ske på samma sätt varje gång.

2	4	6	8	10	12
1	3	5	7	9	11

Figur 7.1 **Tänkt rutnät för slumpvis provtagning av bil eller järnvägsvagn. Varje ruta är kvadratisk och cirka 1m² (SS 18 71 16).**

7.2.2 *Delprov från hög*

Om prov skall tas från en stor hög är det lämpligt att utarbeta en skiss där provtagningspunkterna märks ut.



Figur 7.2 **Provtagningspunkter ur hög, (SS 18 71 16).**

7.2.3 *Provtagning från transportband*

Provtagning från stoppat band är mer rättvisande än annan provtagning och brukar därför användas som referensmetod vid bedömning av andra provtagningsmetoder. Som näst bäst räknas provtagning i fallande ström om materialet transporteras på band.

Provtagning kan också ske i slutna rörsystem genom en inbyggd fallrörsprovtagare.

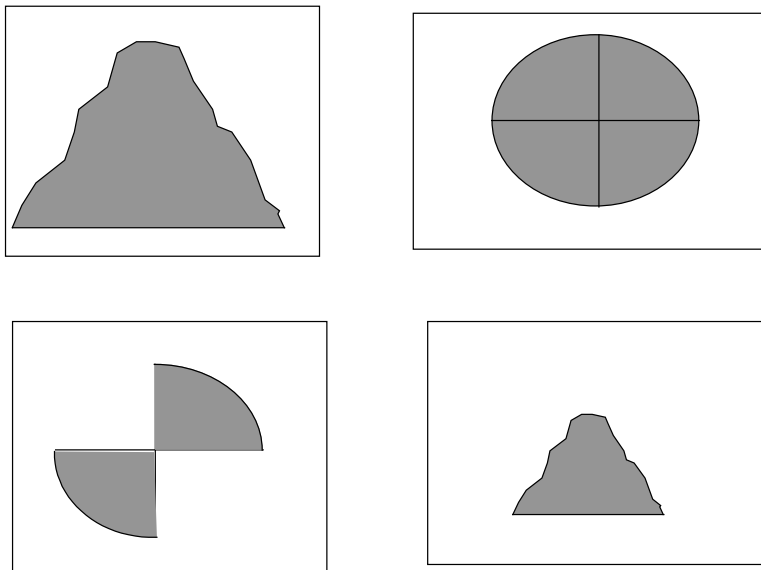
7.2.4 *Delprovets storlek*

Minimistorleken på provet får avpassas så att större partiklar ej utesluts ur provet. Varje delprov bör omfatta minst $0,1 \times D$ kg, där D är nominellt maximal styckesstorlek i mm i partiet.

Maximal nominell styckesstorlek innebär att minst 95 % av materialets massa kan passera genom en sikt med kvadratiska maskor av storleken $D \times D$ mm. Varje delprov skall minst vara 0,5 kg. Antalet delprov bestäms av restproduktens mängd och karaktäristika.

Om fukthalt ingår i analysparametrarna skall provmängden vara 6-10 kg. För torra prov skall analysmängden vara minst 1 kg och för finkorniga restprodukter som flygaska och torra pulver kan provmängden minskas till 0,5 kg. För styckformigt material bör provmängden vara 6-10 kg (SS 18 71 16).

Blir samlingsprovet större än vad som behövs för provberedningen får provet neddelas med eventuell krossning före neddelningen. Reducering av provmängden bör ske genom någon form av mekanisk/proportionell delning. Provet kan neddelas genom så kallad kvartering (se figur 7.3). Provhögen fördelas först jämnt i en tänkt plan cirkel. Cirkeln delas upp i fyra lika stora delar. Två av delarna tas bort och provet föses åter ihop till en hög.



Figur 7.3 Kvartering av prov.

7.3 Hantering och beredning av prov

Samplingsproven skall förvaras i torra, rena, täta och korrosionssäkra kärl. Provet får inte förändras i något avseende under tiden för lagringen innan analyserna. Om kvicksilver skall bestämmas får provets temperatur inte överstiga 40°C.

För att erhålla ett prov av lämplig storlek av det uttagna provet måste provet homogeniseras och sedan neddelas på ett sådant sätt att analysprovet avspeglar det totala provets egenskaper.

Efter en korrekt provtagning är det också viktigt att upplutningen av provet sker på ett sådant sätt att eventuella parametrar ej förändras.

Tyvär saknas ofta standard som beskriver hur upplösningen av restprodukten skall ske för analys. Utförda provningsjämförelser (Burvall och Samuelsson, 1992) tyder på att upplösningen av provet är mycket viktigt för att erhålla ett representativt och jämförbart analysvärde. Den som lämnar provet för analys skall avkräva av analyslaboratoriet att de redovisar på vilket sätt upplösningen utförts. Denna information måste finnas för att analysresultat skall vara jämförbara med varandra. Det kan också vara nödvändigt att kräva av analyslaboratoriet att upplösningen skall ske på ett visst sätt.

Upplösningssmetoden får avpassas efter den parameter som skall analyseras. Till exempel kan salpetersyraupplösning av provet medföra ett för lågt värde (40-80 %) av aluminium, bly, krom och zink.

Att upplösningen av restprodukter för analys är svårare än många andra typer av prov beror på att de allt som oftast är kiselbaserade. För att lösa upp kisel krävs vätefluorid (HF).

Icke-förstörande totalanalys eller en upplösning av provet som resulterar i en total upplösning av provet rekommenderas för kvantifiering av spårmetaller.

7.4 Kemisk analys av restprodukter från förbränning

Vilka analyser som skall utföras bestäms av myndighetskrav, processkrav och de krav som kan komma att ställas för att möjliggöra en användning av restprodukten. Analyser kan också motiveras ur perspektivet att anläggningssägaren vill ligga före myndighetskrav och ha en god kännedom om sin produkt.

Om analys av askan skall ske externt skall företrädesvis ett laboratorium ackrediterat för dessa analyser anlitas. Det är viktigt att krav ställs på analysnoggrannheten före valet av analysmetod. Man skall alltid ha i åtanke att analysföretaget utför den uppgift som efterfrågas, ”som man frågar får man svar”. Det är alltså avgörande för det analyserande laboratoriet att ha kännedom om vad det är som efterfrågas och till vilken noggrannhet det efterfrågas.

Om möjligt skall en standardmetod användas. Om standardmetod används är det lättare att jämföra de erhållna resultaten med resultat från likvärdiga askor/anläggningar.

Med fördel skall analysmetoderna regelbundet kontrolleras med parallellanalyser av referensmaterial av till exempel kolflygaska.

7.4.1 *Analys av huvudelement*

Kisel, aluminium, kalcium, järn, kalium, magnesium, mangan, natrium och titan

ASTM D 3682

Vid provprepareringen skall inaskningen av bränslet/askan genomföras enligt SS 18 71 71. Slutbestämningen kan alternativt genomföras med ICP. *

Fosfor

SS 18 71 62

Fosfor är en viktig parameter ur näringssynpunkt. Metodvalet för totalfosfor varierar med vilken typ av laboratorium som anlitas (laboratorium för näringsämnesanalys eller bränsleanalys).

Svavel

SS 18 71 86 Fasta bränslen - Bestämning av totala svavelhalten i fasta restprodukter med högtemperaturförbränning och IR-detektor.*

Från analyserna av det ingående bränslets svavelhalt, askhalt och askans svavelhalt, kan en procentuell svavelbindning i askan beräknas. Spridningen i svavelbindning kan variera mycket inom en och samma anläggning. Provtagningsförfarandet måste därför säkerställa att ett representativt prov erhålls.

Kväve

Kväve är intressant om restprodukten skall användas som gödselmedel. De analysmetoder som är aktuella är totalkväve, kväve enligt Kjeldahl och kol-väte-kväve (LECO CHN 1000).

Kalium

Metoderna för att analysera och lösa upp kalium varierar.

*Markerar de analysmetoder som rekommenderas i ramprogrammet för askåterföring

7.4.2 *Analys av spårelement*

Klor

SS 18 71 85

Fasta bränslen - Bestämning av totala klorhalten i fasta bränslen och fasta restprodukter med bombmetod.

Alternativt kan ASTM D 4208 användas.

Koppar, krom, zink, molybden, nickel, vanadin, bly och kadmium

Bestämning med ICP uppslutning enligt ASTM D 3683-78. Uppslutning kan alternativt genomföras i mikrovågsugn (med samma syror som i metoden ASTM D 3683).

Kvicksilver

ASTM D 3684*

Arsenik och selen

ASTM D 4606

Vid analys av aska bör en mindre provmängd vägas in för analys

Bor

För bor finns ingen standard.

*Markerar de analysmetoder som rekommenderas i ramprogrammet för askåterföring.

7.4.3 *Lakning*

Restproduktens påverkan på miljön beror inte bara på totalinnehållet av olika ämnen utan i vilken takt och vid vilka förhållanden som ämnena lakas ut. Restproduktens totalinnehåll av olika ämnen ger dock en uppfattning om den totala potentialen för utlakning.

För att få ett mått på lakbarheten vid deponering eller nyttiggörande av restprodukten finns olika lakteter. Valet av laktest måste baseras på de förhållanden som råder och kommer att råda i restproduktens omgivning. Vanligtvis provas lakbarheten med flera typer av tester för att erhålla en mångsidig bild av utlakningen. För riskbedömning bör utlakbarheten kunna tolkas som funktion av tiden. Samma testprocedur kan tillämpas på askor som skall deponeras eller återanvändas, skillnaden ligger främst i tolkningen av resultaten.

Vid lakteter används begreppet L/S. L/S-förhållandet är förhållandet mellan vattenmängden L (liquid) och provmängden S (solid) som provmassan varit i kontakt med. De olika lakteterna använder olika L/S-förhållanden.

En kombination av lakteter för att karaktärisera en restprodukt kan vara tillgänglighetstest, utlakning relaterat till vattengenomströmning och effekten av pH på lösligheten och utlakningen. (Fällman och Hartlén, 1994)

Tillgänglighetstest (Nordtest NT ENVIR 003 1995)

Används för att få ett mått på totala lakbara mängden av ingående ämnen oberoende av kornstorlek, alkalinitet, koncentrationsskillnader och tid. För detta finns ett standardiserat förfarande så kallat tillgänglighetstest. Analysen ger ett underlag för bedömning om materialets belastning för miljön.

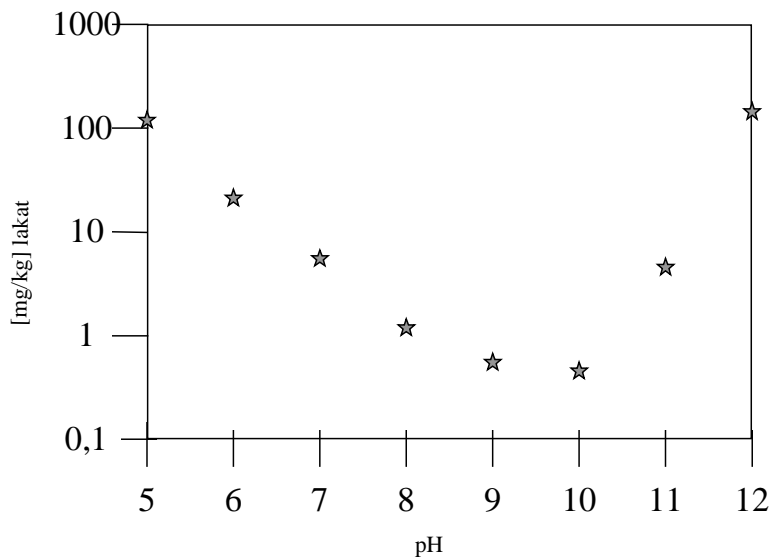
Försöket utförs som trippelprov på material med kornstorlek $<125\mu\text{m}$.

Kolonntest

Utförs enligt NEN 7343 (Nordtest). Försöken utförs med dubbelprov på krossat material. Flödes hastigheten genom kolonnen ($d \geq 50\text{mm}$) skall vara $\leq 0,1$ L/S per dygn. Försöket körs till L/S=2. Materialet tas sedan ut för vidare lakttest till L/S=10 som ett slags skakförsök. (Fällman och Hartlén, 1994)

pH-stat

Testet används för att utröna utlakningens pH-beroende då pH-värdet ofta reglerar utlakningen. Här bör hänsyn tas till att restproduktens och omgivande miljöns pH-värde kan komma att förändras med tiden vilket motiverar att analysen utförs vid olika pH-värden. Ett typexempel på hur en dylik kurva kan se ut visas i figur 7.4.



Figur 7.4 Typisk lagningskurva från pH-stat experiment för utlakning av metaller.

Utlakningen av de flesta metaller styrs av pH-värdet hos lakvattnet. Ofta är utlakningen av tungmetaller högre vid låga och höga pH-värden varför ett pH-värde mellan pH 8 och 10 ofta eftersöks (Bäverman, Jinying and Neretnieks, 1996).

På de erhållna lakfraktionerna kan **pH-värde** (SS 02 81 22) och **konduktivitet** (SS-EN 27 888) mätas. En lösnings konduktivitet (elektrisk ledningsförmåga), ger information om provets jonaktivitet, som motsvarar salthalten hos provet.

ENA-metoden

Svensk metod för mätning av lakningsegenskaper hos granulära restprodukter. Lakningen utförs med surgjort (pH 4) dejonat med L/S = 4. Lakningen sker antingen genom att samma askprov lakas i fyra cykler vilket ger ett totalt L/S på 16:1 eller genom att nytt prov tas till varje lakning så att ett totalt L/S på 1:1 erhålls (Clarke, 1994).

CEN-lakning (prEN 12457)

Sekventiellt lakningsförsök beroende av vattenomsättningen, tidsberoende. Provet skakas på skakbord med avjoniserat vatten vid L/S 2. Lakvätskan avskiljs och försöket upprepas vid L/S 10.

EGOM (enligt Adolfsson-Erici et al 1995)

Metoden ger ett mått på den totala mängden organiska ämnen som går att extrahera med aceton. EGOM = extraherbart gaskromatograferbart organiskt material. Metoden finns föreslagen av Naturvårdsverket för karakterisering av avfall. (EFO Energiaskor, 1998)

EOX (Gravenfors et al 1996)

Metoden ger ett mått på halogenerade substanser som går att extrahera. Metoden utförs med hjälp av mikrocoulometrisk titrering. EOX = extraherbart organisk halogen.

IVL har utarbetat en lakningsmetod för bioaska som skall återföras i skogen.

7.4.4 *Övriga analyser*

Halten oförbränt

SS 18 71 87

Bestämning av halten oförbränt i fasta restprodukter från fasta bränslen. Analysen som är enkel att utföra kan grovt tolkas som totalt kolinnehåll i askan och därmed som ett mått på förbränningseffektiviteten.

Glödförlusten bestäms som viktsförlusten hos ett torrt prov som glödgas i ugn vid 550°C i minst en timme. Observera att vid 550°C frigörs även vatten och eventuellt andra ämnen som är kondenserade på partikelytan. Det kan också finnas en mindre mängd oförbränt väte, kväve och syre.

Fukthalt

SS 18 71 84

Bestämning av fukthalt i analysprov av biobränslen och torv.

SS 18 71 70

Bestämning av total fukthalt i biobränslen och torv.

Askans smältförlopp

Bestämning av smältförloppet med rörugnsmetoden hos aska från fasta mineralbränslen SS 18 71 65. Alternativt kan metod ASTM D 1857-87 användas.

7.4.5 *Övriga parametrar för analys av aska*

Polyaromatiska kolväten (PAH)

Endast ett fåtal studier av PAH-halten i träbränsleaskor har genomförts. Av de undersökningar som utförts visade det sig att resultaten kan variera kraftigt mellan olika analyslaboratorier (Nilsson och Steenari, 1996).

7.5 Fysikaliska karaktäriseringsmetoder

7.5.1 *Visuell inspektion*

Visuell inspektion ger en indikation om askans struktur.

7.5.2 *Partikelstorlek*

Bestäms vanligen genom siktning i standardsiktar där produkten delas upp i olika storleksfraktioner. Bestämning kan också ske genom laserdiffraktionsanalys.

7.5.3 *Absorptionstest*

Ger information om restproduktens benägenhet att suga upp vatten och därmed indirekt information om dess frysegenskaper.

7.5.4 *Permeabilitet*

Ger information om det potentiella lakflödet, frostbenägenhet och dräneringsegenskaper hos restprodukten.

7.5.5 *Densitet*

Densitetsmätningar, inkluderande bulkdensitet, torr densitet och specifik densitet är viktiga parametrar för att ange hur homogen restprodukten är. Bulkdensiteten hos ett granulärt ämne, som det ofta är frågan om med askor, beräknas för en enhetsvolym ämne inklusive porer och mellanrummen mellan kornen. (Clarke, 1994). Densiteten hos ett material mäts efter nedmalning av provet. Den relativa densiteten hos ett ämne är densiteten relativt mot densiteten hos vatten vid 4°C.

7.5.6 *Bulkporvolym*

Bulkporvolymen ger information om graden av packning som kan erhållas med restprodukten.

7.6 Referenser

Burvall, Samuelsson, 1992, Fasta bränslen - cirkelanalys restprodukter från förbränningsanläggningar. Värmeforskrappport 441.

Eriksson, 1993, Karaktärisering av vedaska. Vattenfall Research Bioenergi,

Hjalmarsson A-K., Carling M, 1998, Energiaskor för väg- och anläggningsändamål – Miljöaspekter. EFO energiaskor.

Lee B Clarke, Legislation for the management of coal-use residues, IEA Coal Research, 1994.

Svensk Standard SS 18 71 16

Fällman, Hartlén, 1994, Kvalitetssäkring av sorterad bottenaska från avfallsförbränning. Statens Geotekniska Institut.

Bäverman, Jinying and Neretnieks, 1996, Development of Methods to Characterise Solid Waste and to Determine Factors which Influence their Long-Term Leachability. AFR-Report 108.

Nilsson och Steenari, 1996, Karaktärisering och behandling av träaska. R1996:15, Nutek.

Gravenfors et al 1996

IVL 1998. Larsson, Per-Erik & Westling, Olle. Lakning

8 Lagar och förordningar

Av advokat Susanne Åberg Witt-Strömer, Alrutzs Advokatbyrå AB, Stockholm. Omarbete av Erik Larsson, FVF

8.1 Inledning

De relevanta författningar som i olika avseenden bedöms beröra restprodukter och hanteringen eller nyttiggörandet av dessa är följande.

Miljöbalken (1998:808)

Förordningen (1996:971) om farligt avfall

Brottsbalken

Skadeståndslagen (1972:207)

Produktansvarslagen (1992:18)

Förordningen (1995:701) om gränsöverskridande transporter av avfall

Renhållningsförordning (1998:902)

Tillämpningen av de olika författningarna beror på vilket område de reglerar. Denna redogörelse behandlar

- hantering
- straffansvar (ansvar för brott)
- skadeståndsansvar (ansvar för skador)

8.2 Hantering och straffansvar

Begränsningar i rätten att hantera restprodukter finns bl a i förordningen om farligt avfall och miljöbalken. Dessa författningar överlappar i vissa delar varandra.

8.2.1 Förordningen om farligt avfall

Hanteringen av restprodukter är inledningsvis beroende av hur dessa klassas enligt förordningen om farligt avfall. Denna förordning är en anpassning av den tidigare "förordningen om miljöfarligt avfall" till EU:s direktiv om farligt avfall. Till förordningen om farligt avfall hör fem bilagor, varav bilaga 2 anger vilka särskilda avfallsslag som skall klassas som farliga. Avfallsslagen är i sin tur hämtade ur EU:s avfallskatalog (EWC).

I den följande redogörelsen kommer ordet "restprodukt" att infogas inom parentes för att innehållet lättare skall kunna tillämpas av läsaren.

Bilaga 2 och EU:s avfallskatalog delar in avfallsslagen i kategorier efter vilken bransch, process e. dyl. de härför från. Varje avfallsslag har en egen EWC-kod.

Nedan anges de kategorier som kan vara aktuella för energibranschen.

Kategori 10.01 avser avfall (*restprodukter*) från kraftverk och andra förbrän-

ningsanläggningar (utom avfall (*restprodukter*) från avfallsförbränningsanläggningar mm).

Kategori 13 avser oljeavfall (*restprodukter*) (utom ätliga oljor).

Kategori 19.01 avser avfall (*restprodukter*) från förbränning eller pyrolys av hushållsavfall och liknande handels-, industri- och institutionsavfall.

Kategori 99.02 avser avfall (*restprodukter*) från förbränning, pyrolys eller annan behandling av farligt avfall.

Nedan anges avfallsslag (*restprodukter*), deras EWC-kod samt huruvida avfallen (*restprodukter*) klassas som farliga eller ej enligt förordningen om farligt avfall .

<u>EWC-kod</u>	<u>Avfallslag (<i>restprodukter</i>)</u>	<u>Farligt avfall</u>
Avfall (<i>restprodukter</i>) från kraftverk och andra förbränningsanläggningar (utom avfall (<i>restprodukter</i>) från avfallsförbränningsanläggningar m m).		
10.01.01	Bottenaska	Nej
10.01.02	Flygaska från kolförbränning	Nej
10.01.03	Flygaska från torvförbränning	Nej
10.01.04	Flygaska från oljeförbränning	Ja
10.01.05	Kalciumbaserat reaktionsavfall i fast form från rökgasavsvavling	Nej
10.01.06	Annat fast avfall från rökgasrening	Nej
10.01.07	Kalciumbaserat reaktionsavfall i slamform från rökgasavsvavling	Nej
10.01.08	Annat slam från rökgasrening	Nej
Oljeavfall (<i>restprodukter</i>) (utom ätliga oljor).		
13	Oljeavfall	Ja

Avfall (*restprodukter*) från förbränning eller pyrolys av hushållsavfall och liknande handels-, industri- och institutionsavfall.

19.01.01	Bottenaska och slagg	Nej
19.01.02	Järnhaltigt material som avlägsnats från bottenaskan	Nej
19.01.03	Flygaska	Ja
19.01.04	Pannaska	Ja
19.01.06	Vattenhaltigt flytande avfall från rökgasrening och annat vattenhaltigt flytande avfall	Ja
19.01.07	Fast avfall från rökgasrening	Ja
19.01.08	Avfall från pyrolys	Nej

Avfall (*restprodukter*) från förbränning, pyrolys eller annan behandling av farligt avfall

99.02.01	Flygaska	Ja
99.02.02	Pannaska	Ja
99.02.03	Filterkaka från rökgasrening	Ja
99.02.04	Vattenhaltigt flytande avfall från rökgasrening och annat vattenhaltigt flytande avfall	Ja
99.02.05	Fast avfall från rökgasrening	Ja

För de avfallsslag (*restprodukter*) som klassas som farliga är bestämmelserna i förordningen om farligt avfall tillämpliga. Det innebär bl a att

- avfallet (*restprodukterna*) inte får blandas med andra avfall (*restprodukter*), ämnen eller material.
- om avfallet (*restprodukterna*) har blandats skall separering ske om det behövs ur miljöskyddssynpunkt och om det är tekniskt möjligt och ekonomiskt rimligt.
- avfallet (*restprodukterna*) får likväl blandas med annat om det görs på ett sätt som kan godtas ur miljöskyddssynpunkt och särskilt om syftet med blandningen är att förbättra säkerheten vid bortskaflande eller återvinning.
- - den som utövar verksamhet där farligt avfall (*restprodukter*) uppkommer.
- den som transporterar farligt avfall (*restprodukter*).
- den som mellanlagrar eller behandlar farligt avfall (*restprodukter*) är skyldig att föra anteckningar om avfallet.
- den som överlämnar farligt avfall (*restprodukter*) för transport är skyldig att kontrollera att transportören och mottagaren har nödvändiga tillstånd.
- endast den som har särskilt tillstånd får transportera farligt avfall (*restprodukter*) på väg.
- farligt avfall (*restprodukter*) får mellanlagras, återvinnas eller bortskaflas yrkesmässigt endast av den som har särskilt tillstånd. Tillstånd behövs dock inte för återvinning eller bortskaflning av bl a flygaska från oljeförbränning (10.01.04) eller avfall (*restprodukter*) från förbränning av hushållsavfall o.dyl. (19.01.03, 19.01.04, 19.01.05, 19.01.06 samt 19.01.07) om anläggningen där återvinningen eller bortskaflningen sker har tillstånd enligt miljöbalken.

Straffansvar

Den som inte iakttar bestämmelserna i förordningen om farligt avfall eller som överträder föreskrifter som meddelats med stöd av förordningen kan dömas till böter eller fängelse i högst ett år. I ringa fall döms inte till ansvar. Bestämmelserna om ansvar återfinns i lagen om kemiska produkter. Om en gärning kan straffas både enligt denna lag och enligt brottsbalken (se nedan) skall ansvar utdömas enligt brottsbalken.

8.2.2 *Miljöbalken*

För att miljöfarlig verksamhet skall få utövas krävs tillstånd enligt miljöbalken. Sådant tillstånd meddelas av koncessionsnämnden för miljöskydd eller av länsstyrelsen. Vilka verksamheter som är tillståndspliktiga samt rätt prövningsmyndighet framgår av bilagan till miljöskyddsförordningen.

Tillståndsbeslutet anger noggrant den miljöfarliga verksamhet som tillståndet avser samt de villkor som skall gälla.

Om i tillståndet med villkor föreskrivs ett särskilt förfaringsätt beträffande restprodukterna från produktionen är dessa föreskrifter bindande. Här måste särskilt noteras det s.k. allmänna villkoret som hänvisar till vad tillståndshavaren har angivit i sin ansökan och i övrigt i tillståndsärendet. Dessa uppgifter är bindande vid verksamhetens utövande. Har hanteringen av restprodukter inte reglerats i tillståndet för verksamheten finns regler i Renhållningsförordning (1998:902).

Straffansvar

Den som med uppsåt förorenar mark, vatten eller luft på ett sätt som medför eller kan medföra sådana hälsorisker för människor eller sådana skador på djur eller växter som inte är av ringa betydelse eller annan betydande olägenhet i miljön, förvarar avfall eller annat ämne på ett sätt som genom förorening kan medföra hälsorisker, skador eller annan olägenhet döms, om inte behörig myndighet har tillåtit förfarandet, eller detta är allmänt vedertaget, för miljöbrott till böter eller fängelse i högst två år.

Är brottet grovt, skall gärningsmannen dömas till fängelse i lägst sex månader och högst sex år. Vid bedömning av om brottet är grovt skall särskilt beaktas, om det har vållat eller kunnat vålla varaktiga skador av stor omfattning eller om gärningen annars varit av särskilt farlig art.

Om gärningen med hänsyn till omständigheterna kan anses försvarlig, döms inte till ansvar enligt denna paragraf.

Den som med uppsåt eller av oaktsamhet åsidosätter beslut, villkor eller föreskrifter som meddelats enligt miljöbalken döms till böter eller fängelse i högst två år. I ringa fall döms inte till ansvar. Om en gärning kan straffas både enligt miljöbalken och enligt brottsbalken (se nedan) skall ansvar utdömas enligt brottsbalken.

Brottsbalken

Vid sidan av de speciella straffreglerna i miljölagarna ovan finns regler i 13 kap brottsbalken som straffbelägger handlingar som innebär skada på eller hot mot miljön. För miljöbrott kan den som uppsåtligen

1. förorenar mark, vatten eller luft på ett sätt som medför eller kan medföra sådana hälsorisker för människor eller sådana skador på djur eller växter, som inte är av ringa betydelse, eller annan betydande olägenhet i miljön,
2. förvarar avfall eller annat ämne på ett sätt som genom förorening kan medföra hälsorisker, skador eller annan olägenhet som anges under 1 dömas till böter eller fängelse i högst två år. Om brottet är grovt skall dömas till fängelse i lägst sex månader och högst sex år. Om gärningen med hänsyn till omständigheterna kan anses försvarlig, döms inte till ansvar enligt ovan. Den som av oaktsamhet förfar enligt 1-2 ovan döms för vållande till miljöstörning till böter eller fängelse i högst två år.

För att kunna fälla någon till ansvar under p 1 måste åklagaren visa att en förorening faktiskt har skett och vidare att denna i det enskilda fallet riskerat viss skada. Enligt p 2 är själva åtgärden kriminaliserad, nämligen förvaringen, men endast om denna riskerar förorening och följskador. Vidare är de fall när behörig myndighet har tillåtit förfarandet eller detta är allmänt vedertaget undantagna från ansvar.

Om en gärning kan straffas både enligt brottsbalken och enligt miljöbalken skall ansvar utdömas enligt brottsbalken.

8.2.3 *Skadestånd*

Skadeståndslagen är en generell lagstiftning som är tillämplig på alla slag av skadebringande verksamheter, inklusive hantering och nyttiggörande av restprodukter. Skadeståndslagen är förhållandevis restriktiv. Den skadelidande måste styrka orsakssamband mellan skadan och restprodukten samt oaktsamhet hos den som orsakat skadan. Skadeståndslagen kan åberopas mot såväl energibolaget som mot den som nyttiggör restprodukten.

Enligt miljöbalken har bland annat den som bedriver skadegörande verksamhet skyldighet att utge skadestånd för skada som verksamheten på en fastighet har orsakat i sin omgivning, t ex genom en markförorening. Skada som inte har orsakats uppsåtligen eller genom vårdslöshet ersätts bara i den mån den störning som har orsakat skadan inte skäligen bör tålas med hänsyn till förhållandena på orten eller till dess allmänna förekomst under jämförliga förhållanden. Den skadelidande behöver inte styrka orsakssamband mellan skadan och restprodukten. Det räcker med att med övervägande sannolikhet visa att skadan orsakats av restprodukten. Vidare behöver inte oaktsamhet styrkas. Skadeståndsskyldig är den som vidtar den skadebringande åtgärden med restprodukten. Syftet med miljöskadelagen är att kompensera enskilda som skadas av miljöstörande verksamhet.

Produktansvarslagen är tillämplig på skador som orsakats av en produkt. Liksom enligt miljöskadelagen har den skadelidande en lättad bevisbörda avseende orsakssambandet mellan skadan och restprodukten. Den skadelidande behöver heller inte styrka oaktksamhet. Vidare finns i produktansvarslagen ett specialrekvisit; för att skadestånd skall utgå krävs att produkten var behäftad med en s.k. "säkerhetsbrist" då den sattes i omlopp. Bedömningen av huruvida säkerhetsbrist föreligger eller inte skall ske med utgångspunkt från den kunskap vetenskaplig expertis hade vid omsättningstidpunkten. Produktansvarslagen riktar sig uteslutande mot producenten, dvs energibolaget.

8.2.4 *Gränsöverskridande transporter*

Förordningen om gränsöverskridande transporter av avfall (SFS 1995:701) reglerar under vilka förutsättningar (restprodukter) får transporteras till och från Sverige. Denna förordning kompletterar rådets förordning (EEG) nr 259/93 om övervakning och kontroll av avfallstransporter inom, till och från Europeiska gemenskapen. Av förordningen om gränsöverskridande transporter av avfall framgår bl a följande.

Avfall förtecknat i bilaga 3 (gul avfallslista) och 4 till rådets förordning (EEG) nr 259/93 samt avfall av bly, kadmium, antimon, beryllium, tallium, selen eller tellur (avfall från grön avfallslista vilket skall kontrolleras som om det tillhörde gul avfallslista) får exporteras för återvinning endast till länder som är medlemmar i OECD.

Anmälan om export av avfall (restprodukter) skall ske till naturvårdsverket. Naturvårdsverket skall vid sin handläggning pröva om avfallet kommer att tas om hand i destinationsstaten på ett sätt som från miljö- och hälsoskyddssynpunkt hade varit godtagbart i Sverige samt om avfallet i destinationsstaten kan tas om hand på ett mer kostnadseffektivt sätt än i Sverige.

I förordningen finns även bestämmelser om import av avfall vilka inte torde vara av intresse här.

8.2.5 *Övrigt*

Skogsstyrelsen har påbörjat ett arbete som syftar till att reglera **återföring av energiaska** till skogen. Någon författning som reglerar askåterföring finns således inte ännu.

Regeringen har i proposition 1996/97:172 "Hantering av uttjänta varor i ett ekologiskt hållbart samhälle - ett ansvar för alla" föreslagit införandet av ett **förbud** från år 2002 **mot deponering** av utsorterat brännbart avfall och från år 2005 ett förbud mot deponering av organiskt avfall generellt. Samtidigt avser regeringen att från år 2002 införa ett krav om att brännbart avfall skall hållas åtskilt från övrigt avfall.

9 **Hantering av restprodukter från förbränning**

9.1 Teknik

I detta avsnitt beskrivs tekniken för hantering samt behandling av restprodukter från förbränning. Tonvikten har lagts på åtgärder inför användning. Åtgärder inför deponering berörs endast för översiktligt.

All behandling har ett syfte, att överföra råvaran aska, så som den tas ut ur förbränningsanläggningen, till ett tillstånd och till en form som gör den lämplig för det aktuella ändamålet. Skall askprodukten uppfylla vissa krav måste dess funktion och kvalitet säkras, vilket innebär processuppföljning. I det sammanhanget måste hänsyn tas till att kraven inte alltid är lika för alla användningar, ej heller nödvändigtvis entydiga eller lika över hela landet.

Det finns ett flertal tekniker att behandla askan, som innebär olika kemiska och fysikaliska omvandlingar. För att bringa ordning och någorlunda klarhet i denna framställning har teknikerna delats upp i behandling, bearbetning och upparbetning. Ordvalen och uppdelningen är måhända godtyckliga, men förhoppningsvis underlättar de förståelsen. Med behandling menas nedan blandning med vatten samt formning och härdning, med eller utan tillsatser. Med bearbetning menas en behandling som har till ändamål att väsentligt ändra askans egenskaper, t ex stabilisering eller förglasning. I en upparbetning är askan en råvara till en process som har till syfte att skilja ut en eller fler komponenter ur askan eller restprodukten.

Avslutningsvis beskrivs processer för behandling av askan i flera sammanhang. Olika enhetsoperationer kan väljas, med konsekvenser för askans funktion och för hur väl den motsvarar de krav som ställts på produkten.

Hantering och behandlingen av askan kräver investeringar i utrustning. Möjligheterna att få en ekonomiskt motiverad behandling beror på volymen aska som skall hanteras. Ju mindre volymer, desto tyngre väger kapitalkostnaden, vilket innebär att man kan behöva välja bort en behandling som av tekniska skäl skulle vara given. Ett alternativ är att samordna behandlingen med en annan askproducent.

9.1.1 Utmatningen

Vilken aska som tas ut ur pannan och var den tas ut beror på panntypen. Vanligen har man att välja mellan våt och torr utmatning för aska eller andra restprodukter från förbränningsanläggningen. I den våta utmatningen släcks askan i vatten och transporteras ut som en pasta eller en slurry. Fördelen är att man undviker problem som damning och risken för bränder i askan när hett oförbränt material kommer ut. I den torra utmatningen används skruv eller tryckluft för att transportera ut askan.

Ofta matas bottenaska ut i vått tillstånd och flygaska i torrt tillstånd. Det är inte ovanligt att man blandar askor som fallit ut i olika enheter, t ex aska från cykloner tillsammans med aska från filtren.

I många tillämpningar krävs att askan är torr och reaktiv, t ex inför cementframställning. En torr utmatning är då ett krav. Ur arbetsmiljösynpunkt ställs höga krav på hantering av torr aska. Om stora mängder inandas retas slemhinnorna. Även huden irriteras av askdamm, med lindriga brännskador som följd av att askan är starkt basisk. Därför utförs oftast alla operationer i slutna system: askan får falla ner direkt i en behållare (för transport) eller i en maskin (där den skall behandlas).

I fallet våtutmatning kan det vara lämpligt att om vattenhalten är hög avvattna askan, t ex genom att låta den sedimentera i bassänger. Suspensionen i vatten innebär att askan förlorar sin förmåga att självhärda och att lättlösliga salter lakas ut. Det senare kan vara till fördel om bottenaskan skall läggas ut t ex i en vägbank.

9.1.2 Behandlingsoperationer

Gemensamt för många behandlingsprocesser är att askan blandas med vatten och eventuellt andra tillsatser, varvid den börjar härda eller bindas ihop av tillsatserna. Bindningsprocessen, dvs härdningen kan kräva längre tid än vad själva bearbetningen och formningen tar i anspråk. Askprodukten lämnas därför att härda färdigt. Eventuellt torkas den, efter formningen eller

efter härdningen. När tillräcklig bindningsstyrka uppnåtts (när askan härdat färdigt) kan den användas, eller lagras för användning vid ett senare tillfälle.

Det är inte nödvändigt att askan har en härdande förmåga, utan mindre aggregat kan tillverkas med hjälp av bindemedel som t ex cement.

Hantering och formning av pulver till större kroppar har beskrivits utförligt i den tekniska litteraturen t ex om keramer (Richerson, 1992). Därför lämnas här endast en översiktlig beskrivning av enhetsoperationerna.

Omrörning eller omblandning

En noggrann omblandning av askan med vatten är en förutsättning för att agglomereringen skall kunna ske på ett tillfredsställande sätt. Effektiviteten har betydelse för den vattenmängd som måste tillsättas för processens genomförande. Det återverkar även på följande processteg.

Flera maskintyper finns att tillgå. En typ är den roterande betongblandare, som har fördelen att den är billig och lättillgänglig. Den kan modifieras för ändamålet. En annan typ motsvarar skruvtransportören i utmatningen: en liggande cylindrisk behållare med en roterande axel på vilken skovlar eller blad fästs. Vidare finns paddelverk, där aska och vatten blandas med skovlar eller blad. Intensivblandare motsvarar trumblandare (betongblandare) med skillnaden att de utrustats med knivar som slår sönder bildade aggregat. I de senare, liksom i betongblandare sker även granulering.

Den utrustning som visat sig fungera bäst och ge den mest homogena blandningen är satsvis tvångsblandare. Med denna teknik erhålls en intensiv inblandning av vatten vilket är nödvändigt vid befuktning av finkorniga askor. För att uppnå en exakt vattenhalt krävs en bra styr- och reglersystem. Denna typ av anläggning är lätt att förse med utrustning för en helt dammfri hantering.

Agglomerering

Agglomerering innebär att de fina partiklar hos ett pulver, i detta fall aska eller annan restprodukt, bringas att klumpa ihop till större korn eller aggregat. Bindningen mellan partiklarna kan erhållas ur askans förmåga att härda vid en tillsats av vatten eller med hjälp av bindemedel.

Agglomerering kan ske genom rullning, kompaktering, granulering, extrudering, brikettering, pelletering mm. Teknik och utrustning skiljer sig. Vissa metoder kräver att askan, vatten och eventuella tillsatser blandas innan agglomereringen. I andra sker blandningen i agglomereringsutrustningen.

I kompakteringen pressa materialet, här askan, mellan två skivor eller valsar till en homogen skiva, som sedan krossas till flingor. Denna teknik kräver att askan har goda självbindande egenskaper. Valsarna kan ges ett mönster så att man direkt pressar granuler med en viss storlek och slipper krossningsoperationen. Se t ex Pietschs bok för en närmare beskrivning (Pietsch, 1991), eller en senare översiktsartikel (Pietsch, 1997). En fördel med valspressning är att materialet kan vara relativt torrt, vilket minskar risken för ihopklumpning efteråt, alternativt minskar behovet av torkning.

Valspelletering är en ny teknik som i full skala har testats under senare tid med mycket gott resultat. Väl befuktad trädaska kompakteras under en spårad vals som pressar fram strängar. Strängarna kapas sedan i önskad längd för att producera pellets för spridning i skogen. De lakningstester som genomförts visar att utlakningen av näringsämnen sker så långsamt att spridning på hyggen kan göras. Metoden är billig och robust och produktionen kan automatiseras.

En variant på kompakteringen är extrudering (strängpressning, stränggjutning) där materialet pressas genom en hålmatrix. Strängarna skärs sedan till lämplig storlek vid utgången från matrisen. Det finns olika utföranden: pelleteringskvarn, där materialet placeras inne i en roterande trumma och pressas ut av en eller två roterande valsar, eller skruvextruder, där aska, vatten och eventuella tillsatser blandas i en mixer, skruvas fram av denna till

hålmatriisen där materialet trycks ut. Eftersom askan innehåller hårda partiklar blir slitaget på verktygen mycket stort, varför extrudering för det mesta inte är intressant.

I tallriksrullningen rör sig pulvret i en spiral på en roterande tallrik. Under färden plockar kornen upp finare material och växer. Pulvret måste ha blandats om med vatten innan. Normalt ger tallriksrullning en uniform produkt som inte behöver siktas efter rullningen. I trumgranuleringen används en lutande roterande trumma med en bädd av pulver: under färden genom trumman byggs granulerna upp. Vanligtvis blandas askan med vatten i en befuktningsskruv i trumman. Betongblandaren är en form av trumma. Storleksfördelningen för de erhållna granulerna varierar med tekniken. Det kan vara lämpligt att sikta produkten för att få önskad storleksfördelning.

En intensivblandare är närmast att betrakta som en typ av trumblandare med ett inbyggt "mixerverktyg". Mixern roterar med en hastighet som är mycket högre än trumman. Detta innebär att korn som byggs upp till större storlek sönderdelas samtidigt som små korn binds samman på ett effektivt sätt. Man erhåller en snäv kornstorleksfördelning och en rund kornform.

Under rullning har inte någon kraft lagts på materialet, varför hydratiseringen och härdningen sker ostört. I kompaktering utsätts däremot askan för skjuvkrafter, vilket leder till lägre porositet och därmed högre hållfasthet.

Gjutning

I granuleringen produceras ett mer eller mindre grovkornigt material. Skall större kroppar som gångplattor framställas krävs i allmänhet någon form av gjutning eller pressning i en form. För detta framställs en pumpbar slurry av aska och vatten i en blandare och slurryn hålls i en form där den får stelna. Även mer plastiska och trögflytande blandningar kan hanteras. Det kan vara lämpligt att packa slurryn med hjälp av vibrator i formen för bästa utfyllnad och densitet. Tillsats av lämpligt bindemedel krävs för att uppnå önskad hållfasthet.

Torkning

Under föregående behandlingssteg kan mer vatten ha tillförts till askan än vad som behövs under mognadsperioden för att blandningen respektive granulering eller pressning skall kunna genomföras. Detta överskottsvatten kan behöva avlägsnas för att agglomereringsprocessen inte skall fortsätta mellan de fuktiga kornen och åstadkomma en enda stor klump som måste brytas upp vid ett senare tillfälle. Observera att en viss fuktighet kan vara nödvändig för att härdningsprocesserna i kornen skall kunna fortskrida.

Ibland räcker det värme som ackumulerats i askan under agglomereringen eller hydratiseringsvärmets för att driva av detta överskott. I vissa fall behöver man dock torka askan. Anläggningen kan ha lämpliga värmekällor, t ex rökgaser som leds förbi en kammare. För vissa processer kan det räcka med frånluften från anläggningen. Leverantörer av utrustning kan föreslå olika typer av torkar.

Härdning

Efter formning behöver askan tid för att mogna, under vilken tid de kemiska processerna i askan sker: bildningen av hydroxider, karbonater, kalciumsilikathydrater mm. Under denna tid ökar hållfastheten hos produkten (granulerna eller de större kropparna). Tiden tills produkten har vunnit tillräcklig hållfasthet, och förlorat överskottet av vatten, för att kunna mellanlagras varierar mellan processerna.

Härdning innebär en mellanlagring av askan inom behandlingsprocessen. Hur den genomförs beror på möjligheterna inom anläggningen och den lagringstid som förutses i övrigt för produkten. En tänkbar lösning är självhärdningen nedan. En variant på detta är att låta de torkade askgranulerna härda i lagret.

Agglomerering genom självhärdning

Begreppet självhärdning har kommit att betyda i askåterföringssammanhang att blandningen av aska och vatten läggs ut på en plan utomhus, varefter den lämnas att härda till större aggregat under en längre period. När den härdat krossas den och siktas till den partikelstorlek som efterfrågas vid spridningen i skogsbestånd. Kornen blir ojämna och man erhåller en relativt stor andel finfraktion. Produkten kallas för krossaska.

Resultaten har hittills varit blandade: ibland har askan härdat ihop till stora klumpar, ibland har agglomereringen uteblivit. I flera fall har den uteblivna framgången tillskrivits den höga halten oförbränt. Misslyckanden har ofta visat sig bero på att askan inte blandats med vatten på ett tillfredsställande sätt: t ex för mycket eller för lite vatten. Samband med temperaturen har också noterats: under +10°C härdar inte askan. Ibland har härdningen inte skett när den befuktade askan lagts under presenningar, ibland har den skett ändå. Lättlakade ämnen som exempelvis kalium kan förloras vid tillämpning av denna metod.

I detta sammanhang kan noteras att härdningsprocessen inte är helt utredd. Flera produkter kan uppträda beroende på vilken kemisk mekanism varit förhärskande. Det är inte heller klart vilka reaktionsprodukter som bör eftersträvas i den aska som skall återföras. För diskussioner om olika härdningsprocesser för bioaskor hänvisas till rapporter inom Ramprogram Askåterföring (Karlsson, 1997, Steenari och Lindquist, 1997).

Sönderdelning och siktning

Om stora aggregat har erhållits i föregående steg kan det vara aktuellt att sönderdela dem till mindre aggregat som är mer användbara i det aktuella sammanhanget. Med sönderdelning brukar avses krossning och malning. Malning sker i kvarnar och kan drivas till mycket finkornigt material. Detta kan vara aktuellt om kolaska skall blandas in i cement. I askåterföringssammanhang är det krossning som är aktuell. Krossning brukar ge en tämligen stor spridning i storlek och oregelbundna kornformer.

När krav ställs på partikelstorleken måste både mindre partiklar och större klumpar avlägsnas från askprodukten. För detta används siktar.

9.1.3 Lagring

Det är sällan produktionen av aska och avsättningen av aska (i askåterföringens fall: spridning i skog) sammanfaller i tiden. Lagring måste förutses för att utjämna variationen. Lagringen har även en viktig funktion i flera sammanhang. Askan eller askprodukten måste mogna eller härda till ett mindre aggressivt tillstånd eller till tillfredsställande hållfasthet hos produkten.

Viktiga frågor är hur stort lagret bör vara, hur det skall utformas och i vilken form askan eller restprodukten skall lagras.

Den första avvägningen är om askan skall lagras som det faller ut ur förbränningsanläggningen eller om det skall lagras i skick färdig att användas. Det förra gäller om askan skall användas för framställning av betong, eller för gipsen som faller ut ur våt-torr avsvavling. Det senare gäller för t ex syntetiskt grus ur bottenaska eller för bioaska som skall återföras. Frågan om man skall lagra askan eller den färdiga produkten måste avgöras med hänsyn till dels förutsättningarna för att kunna bibehålla funktionen i den produkt som sedan lämnar anläggningen för att användas, dels den fördröjning i leverans som en behandling med härdningsperiod innebär.

Också hur lagret skall utformas beror på om askan eller askprodukten kan komma att förlora funktionen under lagringstiden. Vanligast är att färska askan förvaras skyddad från fukt i silos, i anslutning till utmatning, tills det behandlas eller tappas för transport. Det finns olika lösningar beroende på vilka askmängder som skall hanteras och tömningsintervallen. En stabil produkt efter behandlingen av askan eller restprodukten kan lagras på en hårdgjord yta utomhus. En produkt som är fuktkänslig behöver kanske lagras torrt under tak för att undvika utlakning, frostsprängning mm. När bioaska för återföring till skogen utsätts för väder och vind kan ytterligare befuktning vara till nackdel dels genom utlakningen, dels genom att främja vissa härdningsreaktioner. Just risken för utlakning genom nederbörden måste bedömas från fall till fall. Eventuellt bör lakvattnet under högen samlas in och behandlas.

Storleken på ett lager är en optimeringsfråga som i stor utsträckning beror på de lagringstider som kan förutses. Dessa är funktion av produktionen av aska och dess variation under året samt av avsättningen: hur ofta och hur

mycket. Större anläggningsarbeten där behandlad aska kan komma till användning som fyllnadsmaterial kan kräva flera års produktion, men det kan vara långt emellan dessa arbeten. Detta innebär också att lagringsbehovet kan variera från år till år. Behovet är enklare att uppskatta om efterfrågan är relativt jämn och i rimlig proportion till produktionen.

Den fysiska storleken på ett lager beror på hur produkten lagras: en aska som självhärddas i meterhöga strängar kräver betydligt mer mark- eller golvyta än om askan kan lagras på höjden, t ex som en hög eller i storsilo.

9.1.4 Omvandling av askan

Stabilisering eller solidifiering samt förglasning/vitrifiering innebär en mer genomgående förändring av askans eller restproduktens egenskaper än den behandling som beskrivits ovan. Stabilisering är aktuell endast för deponering av askor. Även förglasning är aktuell i första hand för deponering, men kan komma i fråga om man söker t ex reducera lakstigheten för en aska inför dess användning. Här ges en kort framställning och för en mer omfattande översikt hänvisas till Kullberg och Hartlén, 1993).

Stabilisering

Stabilisering innebär att man tillsätter additiv till produkten, t ex askan, som binder de skadliga ämnen kemiskt så att en i praktiken olöslig eller mindre farlig förening bildas. Den yta som är tillgänglig för utlakning minskas genom att de enskilda kornen binds ihop till en större monolitisk kropp med betydligt lägre permeabilitet för vatten. Huvudsyftet med stabiliseringen eller solidifieringen av aska eller andra restprodukter är i första hand att:

- förhindra eller minska rörligheten för metaller och organiska föreningar
- minska den tillgängliga ytan så att utlakningen per tidsenhet minskar
- göra vätskeprodukter fasta
- förbättra restprodukternas tekniska egenskaper för lättare och bättre hantering
- reducera avgången av flyktiga organiska föreningar till luft

En restprodukt kan användas för att stabilisera en annan restprodukt. Denna teknik har framför allt använts för industriavfall. Utvecklingsverksamhet pågår för att anpassa den även för behandling av förorenad jord och restprodukter från sopförbränning.

De mindre kostsamma tillsatser som är brukliga är: cementugnsstoff, kalkugnsstoff, aska (både flygaska och bottenaska från kolförbränningen) samt masugnsslagg. Kommersiella additiv är bl a naturliga pozzolaner, släckt kalk blandat med flygaska, Portlandcement, silikater, bentonit m.fl. Organiska bindemedel som asfalt, plaster, mm används också. Mängden tillsats kan variera inom vida gränser.

Tekniken är mycket vanlig i USA och i mer än 99% av fallen används cement eller pozzolaner. Dessa additivs verkan är att bilda svårslösliga komplexa föreningar av karbonat- och hydroxidjoner, metallkationer samt Ca^{2+} och Si^{4+} . Också vid användningen av flygaskor, eventuellt med kalktillsats ty kolflygaskor innehåller inte tillräckligt med kalk, sker cementreaktioner. Ett exempel är stabiliseringen av kolflygaska med restprodukter från rökgasavsvavlingen eller blandningen av bäddmaterial från PFBC-pannor med cyklonaskan.

Monofill-aktivator är ett cementbaserat stabiliseringsadditiv, marknadsfört av Millfill AB som är ett helägt dotterbolag till Cementa. Tekniken används idag för stabilisering av torr rökgasaska vid Högdalens avfallsförbränningsanläggning inför deponering. Vid samtliga avfallsförbränningsanläggningar i landet med rökgaskondensering stabiliseras rökgaskondensatet med flygaskan från respektive anläggning innan det deponeras (Westas, 1997).

Environmental Protection Agency i USA har utfört ett stort utvärderingsprogram för olika stabiliseringsmetoder (se Kullberg och Hartlén, 1991. Resultaten visar att immobiliseringen av metallerna som förekommer som spårämnen baseras huvudsakligen på fysisk inneslutning snarare än kemisk. Så länge den fysikaliska strukturen är intakt blir utlakningen långsam, men bryts den ner erhålls en lakbarhet i nivå med den ostabiliserade askan.

Förglasning

Ett annat sätt att minska riskerna med oönskade ämnen i askan eller i restprodukten är att upphetta materialet så att det sintrar och bildar ett glas. Glas är ett material med hög hållfasthet och stor kemisk beständighet. Tungmetallerna innesluts i stabila glaset och löses ut mycket långsamt av vatten. Miljöegenskaperna vid deponering förbättras. Det är också ett sätt att förbättra miljöegenskaperna när askan eller restprodukten används som ballast i ett byggnadsmaterial.

Under förglasningen hettas det fasta materialet upp och genomgår en strukturförändring till ett amorft oorganiskt material, glas. Man utnyttjar askans halt av silikater. Huvudsyftet för vitrifieringen eller förglasningen är följande:

- oorganiska ämnen som tungmetaller fixeras i glaset
- organiska rester (bl a oförbränt) bränns upp och bryts ner till mindre farliga substanser
- restprodukternas volym minskar betydligt
- glaset är i stort sett inert vilket underlättar användning i anläggningsarbeten

Förglasningstekniken är relativt ny och används i ett fåtal länder på grund av de höga kostnaderna. Den kräver även avancerad rökgasrening för ångorna från processen.

De produkter som uppstår efter förglasningen av t ex aska är fyra:

- glaset, huvudsakligen amorft och delvis kristallint,
- saltgalla. Några av smältteknikerna ger en relativt låg yttemperatur på smältan. När utgångsmaterialet har hög salthalt samlas salterna på ytan och kan tappas av som saltgalla
- rökgasreningssprodukt: salter och metaller kan förångas och fångas upp i rökgasreningen som kondensat eller metallkondensat. Detta koncentrat kan eventuellt avsättas till metallurgiska industrin eller måste deponeras
- rökgas: huvudsakligen vattenånga och koldioxid, men salter och metaller som inte fångats upp av rökgasreningen kan följa med

Fördelningen i mängd mellan dessa fraktioner beror på ursprungsmaterialets sammansättning och på förglasningstekniken.

Det finns ett flertal olika smältningstekniker som skiljer sig med avseende på smältugnens utförande, smälttemperatur och energikälla för förglasningen. Förutsättningarna för glasbildning kan förbättras med tillsatser av till exempel silikater. Genom att ordna reducerande förhållanden i smältan kan ugnen användas för att återvinna metaller som koppar, nickel och krom. Miljön i ugnarna är korrosiv.

9.1.5 Förädling eller upparbetning av askan

Askans sammansättning kan leda till oönskade egenskaper. I så fall kan ett behov av en mer ingående behandling, t ex separering eller avlägsnandet av vissa komponenter bli aktuell. Processen dikteras av askans sammansättning och principen för separeringen.

Man kan:

- sortera ut, eventuellt tvätta, skrot och slaggrus för återanvändning respektive användning som markbyggnadsmaterial (bottenaska efter avfall)
- efter utsortering av grovt material, efter skrotavskiljning, smälta produkterna till glasad produkt, se ovan
- bränna om askan, ensamt eller i kombination med annat brännbart material
- sortera ut oförbränt från mineraliska andelen i askan (kolflygaska)
- låta askan gå igenom en kemisk process eller separation

Askans efter avfallsförbränning kan sorteras i en magnetisk fraktion och en icke-magnetisk fraktion. Andra sorteringsmetoder kan vara klassificering efter densitet, siktning eller andra mekaniska processer.

För att kunna upparbeta askan och separera den i de olika ämnen som den är sammansatt av krävs i allmänhet en kemisk process. Separationen behöver inte vara fullständig för alla ämnen utan det kan räcka med att avskilja ett ämne eller ett fåtal ämnen från en återstod.

I många sammanhang är en hög halt oförbränt inte önskvärd. En metod att minska mängden oförbränt är att bränna om askan i en panna med högre verkningsgrad. En annan metod är att mekaniskt rena askan från kolpartiklar. En process som utvecklats i USA bygger på triboelektricitet: askan matas på ett band mellan två elektroder med litet avstånd. Flygaska från kol med varierande halt oförbränt (25 t/d) kunde separeras i två fraktioner: en med halt oförbränt under 3% kol som kan utnyttjas och en med över 40% oförbränt som kunde föras tillbaka till pannan.

Höga halter av tungmetaller har ansetts vara ett större problem än kvarvarande oförbränt i flera tillämpningar, bl a återföring av askan efter biobränslen till skogsmark. Vattenfall har genomfört försök som tyder på att man skulle kunna utnyttja kadmiums flyktighet för att rena askan, antingen i pannan eller i en separat ugn. Forskningsprojekt pågår (1996/97) med EU-finansiering. Flera andra spårmetaller skulle kunna extraheras på liknande sätt.

Andra separationsmetoder innebär lakning med starka syror och fraktionerad fällning eller extraktion. Flera förfaranden nämns i litteratur om kolaskor, men det är okänt om något kommersialiserats. Framkomligheten beror bl a på vilka mineral det eftertraktade ämnet befinner sig i.

Upparbetning kan också bestå i att ändra askans mineralsammansättning. Kolaska har en kemisk sammansättning som liknar den för leror, fast mineralen är annorlunda. I Japan pågår försök att i autoklaver under värme och vattentillförsel omvandla flygaska till kaolin, ett mineral som efterfrågas bl a för porslinsstillverkning eller som fyllmedel i papper.

9.1.6 Processer

I detta avsnitt ges några exempel på hur en process där aska behandlas sätts samman med enhetsoperationer. Det är inte avsikten att ge någon uttömmande beskrivning av samtliga förekommande processer.

Återföring av aska efter trädbränslen

För både kompensationsgödsling (askåterföring) och vitaliseringsgödsling krävs att askans reaktiva oxider har överförts till mindre reaktiva hydroxider och karbonater, samt att askan agglomererats till granuler eller korn med lämplig storlek och med lämpliga lakegenskaper.

Kedjan av enhetsoperationer genom vilka den färska, torra askan överförs till en produkt som kan spridas motsvaras rätt väl av den ordning i vilken dessa beskrevs i avsnitt 9.1.2 ovan. Askans befuktas, blandas, formas (eventuellt) och härddas innan den kan användas. Process och utrustning väljs efter den kvalitet man söker nå och efter förutsättningarna, dvs askans egenskaper. Av stor betydelse här är askans bindningsegenskaper.

En metod som studerats inom Ramprogram Askåterföring är den s k självhärdningen, eller tillverkningen av krossaska. Utförandet har beskrivits av Lindström i en rapport (Lindström, 1996). Man avstår från agglomereringen av befuktade askan i en maskin, men måste lägga till en krossning av färdighärdade askan om den bildat stora klumpar. Fördelen är en förhållandevis låg investeringskostnad, men svårigheten att styra härdningsprocessen kan bli till en nackdel. Härdningstiden, efter behandlingen, är relativt lång: några månader - vilket inte behöver vara en nackdel då askan kan återföras endast under en begränsad period på året.

Om man väljer att granulera, kompaktera eller pelletera askan tillkommer en maskin eller flera maskiner i processen, vilket höjer investeringskostnaden. I många fall kan det dock vara lättare att styra egenskaperna hos produkten. Även här behöver den formade askan tid att härda till full hållfasthet. Den tid under vilken granulerna eller pellets kan klumpa vidare kan förkortas genom att de torkas. Eventuellt kan pellets eller korn med en annan granulometri än den som begärs för spridning i skogen med befintlig maskinpark behöva krossas. Siktning kan ävenså komma att behövas.

Om askan har tillräckligt god förmåga att binda till sig själv när vatten tillsätts, kan självhärdning/tillverkning av krossaska övervägas. Om askan inte självhärdar måste granulering tillgripas, eventuellt med tillsats av bindemedel. Försök i en bägare på laboratoriet kan utvisa hur askan skall behandlas.

Valspelletering är en teknik som producerar pellets lämpliga för spridning i skogen. Genom hög grad av automatisering sker produktionen till låg kostnad. Genom komprimeringen skapas en tät pellets som lakar ut näringsämnen mycket långsamt vilket är önskvärt i skogen. Utrustningen för valspelletering kan byggas samman med befuktningsanläggning för att få en kompakt maskinutrustning som passar de flesta anläggningar.

Erfarenheten hittills har varit att askor med hög halt oförbränt (över 10%) härdar dåligt. Initiala svårigheter hos askproducenter beror också på svårigheter att styra vatteninblandningen. En erfarenhet bland de som granulerar är att en hög halt kalciumoxid ger en alltför stor ökning av temperaturen vid vatteninblandning och granulerna får inte önskad hållfasthet.

För produktionskontrollen bör följande analyser eller tester utföras: partikelstorlek och partikelstorleksfördelning (för spridbarheten med tillgänglig utrustning), laktester. Därtill skall totalsammansättningen bestämmas.

Syntetiskt grus, lätta aggregat

Med askan från PFBC-anläggningen i Värtan kan t ex beläggningsplattor tillverkas. Samma process används för att tillverka syntetiskt grus. I fullskaleförsök torrblendades bäddaska och flygaska först och sedan blandades vatten in. Slurryn eller pastan gjöts som en stor platta och vibropackades. Plattan får härda i fuktig luft vid normal temperatur varefter den bryts upp och krossas till önskad storlek på gruset eller stenarna. Om det är beläggningsplattor som tillverkas behöver de bara tas ut ur formen. Mer information finns i en artikel i ABB Tidningen (Rogbeck och Anderson, 1997) och i en översikt (Nilsson och Clarke, 1994).

Alternativa processer leder till kulor eller mindre aggregat som används i byggnadsindustrin som fyllnadsmaterial i betong. Gemensamt för dessa processer är att kolaskan blandas med cement eller kalk, tillsatser och vatten. Blandningen formas som block (Aardelite) eller granuleras, varefter den härdas. Förhållanden under härdningen varierar med processen: i vissa fall härdas granulerna vid rumstemperatur (Agglite), i andra i isolerade silos efter en kort, första härdning (Granulite), i en tredje process härdas de tillverkade elementen med ånga vid 100-250°C (Aardelite) och i en fjärde sintras granulerna vid hög temperatur (Lytag).

Produktionskontrollen för syntetiskt grus riktas mera mot gruslagrets eller beläggningsplattans hållfasthet. Materialet härdar relativt långsamt. För att öka materialets styrka kort tid efter tillverkningen kan cement adderas. Ur miljösynpunkt är lakegenskaperna för tungmetaller av intresse. Frosthärdigheten och svällning bör också undersökas.

Valspellets av vissa askor kan vara av intresse för denna användning.

9.2 Aktörer

Listorna över aktörer: leverantörer, konsulter, specialiserade firmor etc nedan är inte uttömmande. Företag har tagits med i listan när det kunnat bekräftas att de har erfarenhet från aska. Fler aktörer kan finnas.

9.2.1 Utrustningsleverantörer

Askhantering, utmatning:

Svedala Bulk Materials Handling Ltd

Blandare:

Svedala Bulk Materials Handling Ltd: skruv och paddelverk

AB Fejmert Patent: tvångsblandare

AB Nordströms Konstruktionsbyrå, Umeå.

Kompaktering.

Alexanderwerk AG i Remscheid, Tyskland: valspressar.

Christian Berner AB: valskompaktering

Agro Industri Process AB: pelletpressar, representerar tyske tillverkaren Kahl

Granulering.

Roland Carlberg Processystem AB: generalagent i Sverige för Maschinenfabrik Gustav Eirich (intensivblandare)

Lödige Ingeniörkontor i Danmark: Lödige intensivblandare

Svedala Pumps and Processes: granulering.

Valspelletering

AB Nordströms Konstruktionsbyrå, Umeå.

9.2.2 *Specialiserade firmor*

Renoma: Man erbjuder behandling (granulering) av aska och kalk i mobila eller stationära utrustningar.

EBRI: behandling av fasta restprodukter. Man arbetar med intensivblandare och granulerar träaska, slagg från stålverk, etc. Samarbete med Gradax AB. Man bygger ihop system med befintlig teknik.

Nordströms Konstruktionsbyrå AB: konstruerar behandlingssystem för restprodukter såsom askor.

Valspelleringsutrustning. Stor erfarenhet finns från aska efter avfallsförbränning, kolaska, bioaska etc.

IKAB (Forsa): man bygger ihop system med befintlig teknik. Tekniken man valt är pelletering i skruvextruder med utbytbar matris.

VEQ AB (Kristinehamn): man bygger ihop system med befintlig teknik. Valda tekniken är skruvextrudering.

EnergiTekniskt Centrum (ETC) i Piteå: forskning om askor, askproblem i förbränningen, rening av aska från kadmium.

EMC Development: betong eller cement med restprodukter som masugnsslagg, aska osv.

9.2.3 *Konsulter, analyslaboratorier*

Cement- och Betonginstitutet (CBI): utredningar, härdningsegenskaper.

Statens Geologiska Institut (SGI): lakanalyser, utredningar, har en databank över lakresultat för olika askor.

Väg- och Trafikinstitutet (VTI): utredningar om askans lämplighet för vägbyggen

Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning (IVL), Aneboda: utredningar i samband med askåterföring.

Analyser av askan:

Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut (SP), KM Lab, SGABAnalytica, SGS Solid Fuels

Konsulter:

ÅF-Energikonsult Stockholm AB, Sycon Teknikkonsult AB, Vattenfall Utveckling AB, EVR Wahlings.

9.3 **Marknadskanaler**

Det är inte alldeles lätt att ge råd om hur aska kan marknadsföras. Några tillämpningar är välkända och etablerade, även om marknadsvolymen kanske inte är stor i Sverige. Några är relativt nya och erfarenhet har inte hunnit utvecklas. Nedan redogöres kort för flera användningar som exempel på avvägningar och möjligheter.

Eftersom aska och askprodukter är bulkvaror är deras avnämare ofta få och ingen av dem representerar alla tänkbara användningar av aska. Att få avsättning för askprodukten torde innebära en direkt bearbetning av endast ett fåtal intressenter. Däremot är allmänheten slutanvändare av de produkter där askan kan komma till användning. Något som tillverkats av aska eller andra restprodukter har emot sig uppfattningen att det är avfall. Denna negativa stämpel bör kanske bearbetas som ett led i skapandet eller upprätthållandet av en marknad.

Kvaliteten hos askan kan bearbetas av producenten och anpassas i dialog med avnämaren. Miljöaspekterna bearbetas med myndigheter, bl a miljö- och hälsoskyddsnämnder om askan t ex skall användas i ett anläggningsprojekt. Man bör eftersträva att generella regler för nyttjande av askprodukter kommer till stånd. Norrköping Energi har ett generellt tillstånd att inom kommunen använd bottenaska som fyllningsmaterial. Det är dock inte troligt att f n sådana generella tillstånd kommer att ges. Troligast är att en MKB föranledd av askan måste utföras varje gång, vilket naturligtvis inte underlättar för producenten att få avsättning.

9.3.1 Askåterföring

Användningen av skogsbränsle ökar. Detta innebär att även grenar och toppar tas ut ur skogen, material som tidigare svarade för kretsloppet i skogen. Näringsuttaget från skogen har således ökat, vilken på sikt kan få till följd att marken utarmas. För att upprätthålla ett uthålligt skogsbruk krävs att trädaska återförs så att detta näringsuttag kompenseras.

Marknaden för askåterföring kommer att formos under den närmaste tiden då avfallsskatten på 250 kronor per ton kommer att gälla från 1 januari 2000. Askproducenter, bränsleleverantörer och skogsägare är de naturliga parter som kommer att agera inom detta område. Teknik för framställning av spridningsbar askprodukt finns tillgänglig idag.

En generell MKB för uttag av skogsbränsle finns utarbetad av NUTEK. Skogsstyrelsen har tagit fram rekommendationer och riktvärden för askåterföringen.

3.3.2 Byggnadsmaterial

Cement- och betongindustrin tar under vissa förutsättningar emot material med puzzolansk verkan. Man ställer krav (BBK 94 och ENV-normer, se flik 6) som måste uppfyllas. Flygaskan från kolförbränningen är eftertraktad i dessa sammanhang. Problemet är att det inte längre finns någon lämplig sådan aska i Sverige. Det finns få marknadskanaler utan askproducenten är hänvisad till några aktörer. Här är kvalitet och tillgång viktiga. T ex har ELSAM i Danmark långtidskontrakt med brittiska och tyska cementtillverkare.

Tyskarna har ett samarbetsorgan för information om användning av aska och andra restprodukter, Bundesverband für Kraftwerksnebenprodukte (BVK), som driver informationskampanjer.

9.3.3 Vägar

Även grus och bergkross till vägbyggnad måste vara certifierat eller provat av godkänt organ. Tillgång och efterfrågan är ojämn. Större anläggningsprojekt kan generera stora mängder bergkross som konkurrerar med syntetiskt grus tillverkad ur aska.

Här gäller det att påverka Vägverket m fl för att få vissa produkter framställda av aska godkända.

9.3.4 Andra tillämpningar

Varje användning av aska eller annan restprodukt har sina särskilda förutsättningar. Miljöaspekter, avsättningsmöjligheter påverkar valet av produkt man tillverkar ur askan och därmed vilka kanaler man bör bearbeta.

9.4 Referenser

L.G. Karlsson, 1997, Beräkning av kemisk stabilitet hos bibränsleaskor, NUTEK, Ramprogram Askåterföring, Rapport NUTEK R 1997:44

S. Kullberg och J. Hartlén, 1993, Stabilisering/solidifiering och vitrifiering/förglasning av avfall - en internationell översikt, REFORSK, Rapport FoU nr 80

I. Lindström, 1996, Kartläggning och syntes av teknik- och logistiksystem. Askåterföring till skogsmark, NUTEK, Ramprogram Askåterföring, Rapport NUTEK R 1996:14

C. Nilsson, L.B. Clarke, 1994, PFBC residues - characteristics, disposal and utilization, IEA Coal Research, Report IEACR/73

W. Pietsch, 1991, Size Enlargement by Agglomeration, Wiley & Sons, Chichester

W. Pietsch, 1997, Granulate Dry Particulate Solids by Compaction and Retain Key Powder Particle Properties, Chemical Engineering Progress, April 1997, sid. 24-46

D.W. Richerson, 1992, Modern Ceramic Engineering, Properties, Processing and Use in Design, Marcel Dekker, New York, NY

J. Rogbeck och J. Anderson, 1997, PFBC-aska - ett unikt byggmaterial, ABB Tidningen, nr 2/1997, sid 42-49

B.-M. Steenari och O. Lindquist, 1997, Kemisk stabilitet hos restprodukter från förbränning av bibränsle, NUTEK, Ramprogram Askåterföring, Rapport NUTEK R 1997:74

H. Westas, 1997, Uppsala Energi. Personligt samtal.

10 Ordlista

Förkortningar

BBK	Bestämmelser för Betongkonstruktion
BYA	Vägverkets Bygganvisningar
CBI	Cement- och Betonginstitutet
DAL	Direct Acid Leaching (direkt lakning med syra)
EFO	Energiaskor AB

består av följande företag:

Sundsvall Energi AB, Uppsala Energi AB, Tekniska Verken i Linköping AB, Söderenergi AB, Eskilstuna Energi & Miljö AB, Örebro Energi AB, Stockholm Energi AB, Norrköping Miljö och Energi AB och Västerås Energi och Vatten AB.

EN	Europäische Norm (Europeisk standard)
ENV	Europäische Norm Vorstand (Preliminär Europeisk standard)
ETC	Energitekniskt Centrum i Piteå
EWC	European Waste Catalogue (EUs avfallskatalog)
IVL	Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning
JTI	Jordbrukstekniska Institutet
L/S	Liquid/Solid, dvs kvoten mellan mängden vätska och fast fas
NV	Naturvårdsverk
PAH	Polyaromatic hydrocarbons (polyaromatiska kolväteföreningar)
PFBC	Pressurised Fluidised Bed Combustion (trycksatt fluidiserad bädd)
RDF	Refuse derived fuel (utsorterat avfall)
RTF	Returträ
RVF	Svenska Renhållningsverks Föreningen
SGI	Statens Geotekniska Institut
SNCR	Selective Non-catalytic Reduction (selektiv icke katalytisk reduktion)
SP	Statens Provningsanstalt
VTI	Väg- och Trafikinstitutet

Begrepp

Agglomerera: sammanhoppa, sammangyttra

Agglomerering innebär att de fina partiklar hos ett pulver, i detta fall aska eller annan restprodukt, bringas att klumpa ihop till större korn eller aggregat.

Aska: af oorganiska ämnen bestående (vanl. grå- l. hvitaktig) återstod som erhålles vid förbränning af organism l. organiskt

ämne (i sht växt l. växtämne) l. därav framställt föremål

Granulera: (på annat sätt än gm krossning) fördela en (större) massa av (ett ämne) i en mängd större eller mindre korn; särsk.

metall.,

Granulering är den övergripande benämningen för en behandling där finkornigt material får en bulkig kornform.

Härda: göra (ngt) hårdare l. fastare än förut, göra hård, hårdgöra; jfr HÅRD 1; förr äv. ss. refl. l. deponens: bliva hård; numera

nästan bl. i (tekniskt) fackspr.

Kompaktering: som består av en tätt sammanpackad l. sammanpressad massa (som icke innehåller några hålrum o. vanl. alltigenom är av

samma struktur), (samman)packad, sammanpressad; tät, fast; äv: solid, massiv. En kompakt massa. I kompakteringen pressa materialet, här askan, mellan två skivor eller valsar till en homogen skiva, som sedan krossas till flingor.

Laka: övergjuta (en kropp l. dyl.) med vatten l. inta (en kropp l. dyl.) ligga i vatten (så att ngt utdrages), underkasta (ngt) urlakning, urvattna (ngt); äv., med obj. betecknande det ämne som utdrages: (gm övergjutning med vatten) utdraga (ngt ur ngt) De olika lakttesterna täcker olika L/S-områden. L/S-förhållandet är förhållandet mellan provmängden S (solid) och vattenmängden L (liquid) som provmassan varit i kontakt med. Utgående från L/S-förhållandet kan en teoretisk beräkning av en sannolik utlakningstid göras.

Pozzolanska egenskaper

En pozzolan är ett finkornigt kiseloxidhaltigt eller kiseloxid- och aluminiumoxidhaltigt material som i sig inte bildar ett bindemedel som cement. I finfördelad form kommer den dock att kombinera med fri kalk, i närvaro av vatten, och bilda ett cement. Mer allmänt är en pozzolansk reaktion bildandet av en cement utgående från kiseloxid, aluminiumoxid och/eller järnoxid samt vatten och ett alkali, t ex kalciumhydroxid. För optimering av egenskaperna krävs vanligen alla tre oxider.

Sintring om (pulverformig l. finfördelad) massa l. kropp av metalliskt l. mineraliskt ämne, särsk. (järnmalms)slig l. material till

cement l. keramik: gm upphettning (glödning) delvis smälta o. omkristalliseras så att partiklarna häfta ihop o. bilda klumpar l. bitar l.

större korn (l. en sammanhängande massa) med tämligen porös konsistens men av större täthet än utgångsmaterialet, förvandlas till

sinter, dels tr., med avs. på metalliskt l. mineraliskt material: låta undergå en sådan process, gm en sådan process förvandla till sinter l.

överföra (en pulverformig massa av ett material) i styckeform.

När ett pulver rekristalliserar, leder kristallbildningen vid kontaktytorna mellan kornen till att dessa binds mer eller mindre starkt till varandra, pulvret sintrar. Är pulvret från början sammanpressat, kan sintring vid tillräckligt hög temperatur ge ett mycket hållbart material. Rekristallisationen av ett pulver sker lättare ju mera störd kornens kristallstruktur är.