



# rappo**rt**

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

## Skogsindustriellt avfall, idéer angående utnyttjande och omhändertagande

Mats Ek och Jan-Olov Sundqvist  
B 1293  
Stockholm, augusti 1998

<b>Organisation/Organization</b> Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning <b>Adress/Address</b> Box 21060 100 31 STOCKHOLM <b>Telefonnr/Telephone</b> 08-729 15 00	<b>RAPPORTSAMMANFATTNING</b> <b>Report Summary</b> <b>Projekttitel/Project title</b> Skogsindustriellt avfall <b>Anslagsgivare för projektet/Project sponsor</b> SSVL och naturvårdsverket (delkollektivt)																																								
<b>Rapportförfattare, author</b> Mats Ek, Jan-Olov Sundqvist																																									
<b>Rapportens titel och undertitel/Title and subtitle of the report</b> Skogsindustriellt avfall, idéer angående utnyttjande och omhändertagande Solid waste from the pulp and paper industry - new trends and ideas for utilization																																									
<b>Sammanfattning/Summary</b> <p>En sammanställning av den svenska skogsindustrins viktigaste fasta avfall har gjorts. Totala mängder och nuvarande hantering anges i rapporten. Utgående från detta har man sökt nya möjligheter till utnyttjande eller kvittblivning av de olika restprodukterna. Bakgrund till arbetet är det ökade kretsloppstänkandet, den aviserade deponeringsskatten och kommande förbud att deponera organiskt avfall.</p> <p>De flesta skogsföretagen har i större eller mindre omfattning arbetat med avfalls/-restprodukt frågan. Här behandlas inte interna åtgärder för att minska bildningen av restprodukter, utan främst strävan att minska deponeringen och att utvinna energi. I båda fallen är avvattning ett viktigt moment, men konventionell avvattningsteknik behandlas inte i rapporten. Några fall av alternativt utnyttjande finns också, och andra som utreds på olika håll nämns.</p> <p>Följande tabell sammanfattar mycket kort läget:</p>																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Restprodukt</th> <th>ton TS/år</th> <th>Omhändertagande idag</th> <th>Tendens och planer</th> <th>Problem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Askor</td> <td>240 000</td> <td>75% deponeras 25% fyllnadsmaterial</td> <td>Återföring till skogen  Mer som ballast</td> <td>Kostnad Organisk halt, Effekt Cd Organisk halt Partikelstorlek Tungmetaller</td> </tr> <tr> <td>Grönslutslam (Mesa)</td> <td>60 000</td> <td>100% till deponi, delvis för tätning</td> <td>Mer för tätning Mesa till skog/jordbruk Neutralisera metallhaltiga vatten? Binda SO<sub>2</sub> vid förbränning?</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sodapannestoft</td> <td>&gt;50 000</td> <td>99% till avlopp</td> <td>Alternativ utstötning av K<sup>+</sup> och Cl<sup>-</sup></td> <td>Kostnad</td> </tr> <tr> <td>Fiberslam</td> <td>260 000</td> <td>70% förbränns, 10% till jord, sorbenter och annan papperskvalitet</td> <td>Av-isning av vägar Ökad förbränning</td> <td>Löslighet, CD? Torkning Påverkan på pannan</td> </tr> <tr> <td>Kemiskt slam</td> <td>90 000</td> <td>60% till deponi 30% förbränns 10% blir jord</td> <td>Ökad förbränning och jordförbättring</td> <td>Torkning Påverkan på panna och aska</td> </tr> <tr> <td>Biologiskt slam</td> <td>40 000</td> <td>60% förbränns 30% deponeras 10% blir jord</td> <td>Ökad förbränning och jord/skogsförbättring</td> <td>Torkning Påverkan på panna och aska. Cd anrikas</td> </tr> <tr> <td>Avsvärtnings-slam</td> <td>60 000</td> <td>60% förbränns 40% deponeras</td> <td>Rötning? Ökad förbränning vid hög fiberhalt. Cementindustrin om mycket fyllmedel</td> <td>Kostnad Torkning Transporter Efterfrågan?</td> </tr> </tbody> </table>		Restprodukt	ton TS/år	Omhändertagande idag	Tendens och planer	Problem	Askor	240 000	75% deponeras 25% fyllnadsmaterial	Återföring till skogen  Mer som ballast	Kostnad Organisk halt, Effekt Cd Organisk halt Partikelstorlek Tungmetaller	Grönslutslam (Mesa)	60 000	100% till deponi, delvis för tätning	Mer för tätning Mesa till skog/jordbruk Neutralisera metallhaltiga vatten? Binda SO <sub>2</sub> vid förbränning?		Sodapannestoft	>50 000	99% till avlopp	Alternativ utstötning av K <sup>+</sup> och Cl <sup>-</sup>	Kostnad	Fiberslam	260 000	70% förbränns, 10% till jord, sorbenter och annan papperskvalitet	Av-isning av vägar Ökad förbränning	Löslighet, CD? Torkning Påverkan på pannan	Kemiskt slam	90 000	60% till deponi 30% förbränns 10% blir jord	Ökad förbränning och jordförbättring	Torkning Påverkan på panna och aska	Biologiskt slam	40 000	60% förbränns 30% deponeras 10% blir jord	Ökad förbränning och jord/skogsförbättring	Torkning Påverkan på panna och aska. Cd anrikas	Avsvärtnings-slam	60 000	60% förbränns 40% deponeras	Rötning? Ökad förbränning vid hög fiberhalt. Cementindustrin om mycket fyllmedel	Kostnad Torkning Transporter Efterfrågan?
Restprodukt	ton TS/år	Omhändertagande idag	Tendens och planer	Problem																																					
Askor	240 000	75% deponeras 25% fyllnadsmaterial	Återföring till skogen  Mer som ballast	Kostnad Organisk halt, Effekt Cd Organisk halt Partikelstorlek Tungmetaller																																					
Grönslutslam (Mesa)	60 000	100% till deponi, delvis för tätning	Mer för tätning Mesa till skog/jordbruk Neutralisera metallhaltiga vatten? Binda SO <sub>2</sub> vid förbränning?																																						
Sodapannestoft	>50 000	99% till avlopp	Alternativ utstötning av K <sup>+</sup> och Cl <sup>-</sup>	Kostnad																																					
Fiberslam	260 000	70% förbränns, 10% till jord, sorbenter och annan papperskvalitet	Av-isning av vägar Ökad förbränning	Löslighet, CD? Torkning Påverkan på pannan																																					
Kemiskt slam	90 000	60% till deponi 30% förbränns 10% blir jord	Ökad förbränning och jordförbättring	Torkning Påverkan på panna och aska																																					
Biologiskt slam	40 000	60% förbränns 30% deponeras 10% blir jord	Ökad förbränning och jord/skogsförbättring	Torkning Påverkan på panna och aska. Cd anrikas																																					
Avsvärtnings-slam	60 000	60% förbränns 40% deponeras	Rötning? Ökad förbränning vid hög fiberhalt. Cementindustrin om mycket fyllmedel	Kostnad Torkning Transporter Efterfrågan?																																					
En kort jämförelse med förhållandena i Finland, USA och Kanada görs också.																																									
<b>Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område, näringsgren eller vattendrag/Keywords</b> Avfall, Massa och papper, Omhändertagande, Skogsindustri, Återanvändning Alternative use, Disposal, Pulp and paper, Recycling, Solid waste																																									
<b>Bibliografiska uppgifter/Bibliographic data</b>  <b>IVL Rapport B 1293</b>																																									
<b>Beställningsadress för rapporten/Ordering address</b>  IVL, Publikationsservice, Box 21060, S-100 31 Stockholm, Sweden																																									

## **Förord**

Detta är en rapport från Miljö 95/96. Projektet finansieras av Svensk Skogsindustri via Stiftelsen Skogsindustriernas Vatten- och Luftvårdsforskning (SSVL).

Det arbete som rapporteras här har utförts vid IVL i Stockholm och har även finansierats av Naturvårdsverket via IVL:s delkollektiva program. Många massa- och pappersbruk har också bidragit med underlag.

## Innehållsförteckning

Förord .....	1
Sammanfattning .....	3
Summary .....	4
1. Bakgrund .....	5
2. Aska (bottenaska och flygaska) .....	6
2.1 Mängder .....	6
2.2 Omhändertagande idag .....	6
2.3 Idéer och försök .....	7
2.4 Askåterföring till skogsmark .....	9
3. Grönlutslam, mesa och kalkgrus .....	12
3.1 Mängder .....	12
3.2 Omhändertagande idag .....	13
3.3 Idéer och försök .....	13
4. Stoft från sodapannan .....	15
4.1 Mängder .....	15
4.2 Omhändertagande idag .....	15
4.3 Idéer och försök .....	15
5. Smetrester .....	17
5.1 Mängder .....	17
5.2 Omhändertagande idag .....	17
5.3 Idéer och försök .....	17
6. Fiberslam .....	18
6.1 Mängder .....	18
6.2 Omhändertagande idag .....	18
6.3 Idéer och försök .....	19
6.4 Allmänt om förbränning .....	19
7. Kemiskt slam .....	20
7.1 Mängder .....	20
7.2 Omhändertagande idag .....	21
7.3 Idéer och försök .....	21
8. Biologiskt slam .....	22
8.1 Mängder .....	22
8.2 Omhändertagande idag .....	22
8.3 Idéer och försök .....	22
9. Avsvärtnings slam .....	24
9.1 Mängder .....	24
9.2 Omhändertagande idag .....	24
9.3 Idéer och försök .....	25
10. Annat avfall .....	25
11. Organisationsfrågor .....	26
12. Internationellt .....	26
12.1 Finland .....	26
12.2 USA .....	27
12.3 Kanada .....	29
13. Övrig information .....	29
14. Referenser .....	29
Bilaga 1. Kontaktpersoner inom skogsindustrin .....	32
Bilaga 2. Viktiga uppgiftslämnare utanför den svenska skogsindustrin .....	33
Bilaga 3. Program för avfallsseminariet 25 november 1997 .....	34

## Sammanfattning

En sammanställning av den svenska skogsindustrins viktigaste fasta avfall har gjorts. Totala mängder och nuvarande hantering anges i rapporten. Utgående från detta har man sökt nya möjligheter till utnyttjande eller kvittblivning av de olika restprodukterna. Bakgrund till arbetet är det ökade kretsloppstänkandet, den aviserade deponerings-skatten och kommande förbud att deponera organiskt avfall.

De flesta skogsföretagen har i större eller mindre omfattning arbetat med avfalls/-restprodukt frågan. Här behandlas inte interna åtgärder för att minska bildningen av restprodukter, utan främst strävan att minska deponeringen och att utvinna energi. I båda fallen är avvattning ett viktigt moment, men konventionell avvattningsteknik behandlas inte i rapporten. Några fall av alternativt utnyttjande finns också, och andra som utreds på olika håll nämns.

Följande tabell sammanfattar mycket kort läget:

Restprodukt	ton TS/år	Omhändertagande idag	Tendens och planer	Problem
Askor	240 000	75% deponeras 25% fyllnadsmaterial	Återföring till skogen  Mer som ballast	Kostnad Organisk halt Effekt, Cd Organisk halt Partikelstorlek
Grönlutslam (Mesa)	60 000	100% till deponi, delvis för tätning	Mer för tätning Mesa till skog/jordbruk Neutralisera metallhaltiga vatten? Binda SO <sub>2</sub> vid förbränning?	Tungmetaller
Sodapannestoft	>50 000	99% till avlopp	Alternativ utstötning av K <sup>+</sup> och Cl <sup>-</sup> Av-isning av vägar	Kostnad Löslighet, Cd?
Fiberslam	260 000	70% förbränns, 10% till jord, sorbenter och annan papperskvalitet	Ökad förbränning	Torkning Påverkan på pannan
Kemiskt slam	90 000	60% till deponi 30% förbränns 10% blir jord	Ökad förbränning och jordförbättring	Torkning Påverkan på panna och aska
Biologiskt slam	40 000	60% förbränns 30% deponeras 10% blir jord	Ökad förbränning och jord/skogsförbättring  Rötning?	Torkning Påverkan på panna och aska Cd anrikas Kostnad
Avsvärtnings-slam	60 000	60% förbränns 40% deponeras	Ökad förbränning vid hög fiberhalt Cementindustrin om mycket fyllmedel	Torkning Transporter Efterfrågan?

En kort jämförelse med förhållandena i Finland, USA och Kanada görs också.

## Summary

Most pulp and paper companies have initiated development of handling of rest products and waste materials during the last years. The background for this work is the increased interest for recycling, a coming tax on landfilling and a later ban for landfilling of organic material.

Data about the most important solid waste from Swedish Pulp and Paper industry have been collected. Total amounts and present handling are given in the report. Based on this, new possibilities for utilisation or disposal are discussed. Internal measures to minimise the generation of rest products are not covered in the report, but rather attempts to avoid landfilling and to utilise the energy. In both cases dewatering is important, but conventional dewatering technology is not covered in the report. Some cases of alternative utilisation are presented, along with others that are under investigation.

The following table gives a short summary of the present situation:

Rest product	Tons/year dry matter	Disposal today	Trends and plans	Problems
Ashes	240 000	75% landfilled 25% construction material	Recirculation to forest	Cost Organic content Effect, Cd More for
construction	Organic content			Particle size Heavy metals
Green liquor dregs	60 000	100% to landfill, partly as sealing material	More for sealing Neutralisation of metal containing waters?	
Dust from recovery boiler	>50 000	99% to effluent	Alternative separation of K <sup>+</sup> and Cl <sup>-</sup>	Cost
Fibre sludge	260 000	70% incinerated, 10% to soil, sorbents and other paper qualities 20% to landfill	De-icing of roads Increased incineration	Solubility, Cd? Drying Influence on the burner
Chemical sludge	90 000	60% to landfill 30% incinerated 10% to soil	Increased incineration and soil improvement	Drying Influence on the burner and ash
Biological sludge	40 000	60% incinerated 30% to landfill 10% to soil	Increased incineration and soil improvement	Drying Influence on the burner and ash Cd accumulated
Deinking sludge	60 000	60% incinerated 40% to landfill	Methane production? Increased incineration at high fibre content Concrete industry if Transports much filling material	Cost Drying Demand?

A brief comparison is also made with the situation in Finland, USA and Canada.

## 1. Bakgrund

I takt med att skogsindustrin minskar utsläppen med vatten och luft förskjuts intresset mot de fasta avfall som lämnar bruken. Avfallet kan genereras vid olika reningsprocesser, såsom biologiskt och kemiskt slam från vattenrening, vara resultatet av förbättrad stoftavskiljning, eller resultatet av energiåtervinning. Även i en hårt sluten fabrik måste en del ämnen stötas ut för att processerna ska fungera utan problem.

Aktuella mängder och sammansättning för flera olika typer av avfall från skogsindustrin har nyligen sammanfattats (1, 2). Där togs vissa möjligheter till alternativ användning upp, förutom de vanligaste lösningarna med förbränning och deponering.

Nya villkor för avfallshantering föreslås gälla inom kort enligt Aktionsplan Avfall (3). En deponeringsavgift på 250 kr/ton är på väg. Det kommer att få flera följder. För det första kommer man, som avsikten är, att i högre grad söka andra lösningar än deponering. För det andra kommer det fuktiga material som deponeras att avvattnas så långt som möjligt. Man kommer ju att tjäna på avvattningen så länge den inte kostar mer än 250 kr/m<sup>3</sup> vatten.

Dessutom föreslås att organiskt material inte ska få deponeras alls efter år 2005 (3). Avsikten med förslagen är att få en säkrare och mer uthållig hantering av avfall. Mer av det som nu kallas avfall ska gå tillbaks i processerna eller i det naturliga kretsloppet på ett kontrollerat sätt.

Inte minst mot bakgrund av de här nya förutsättningarna är det viktigt att fortsätta arbetet med att hitta långsiktiga lösningar på avfallsfrågorna inom skogsindustrin. Eftersom nästan alla bruk arbetar aktivt med olika typer av minimering, återvinning och utnyttjande av avfall, finns det säkert många goda idéer som är värda att spridas inom branschen. Det här projektet syftar till att sprida de idéer som finns, och i en del fall se på nya möjligheter. Resultatet ska sedan spridas till hela skogsindustrin.

Olika avfallsslag kommer att gå igenom var för sig, även om de i praktiken ofta behandlas tillsammans.

## 2. Aska (bottenaska och flygaska)

### 2.1 Mängder

I Naturvårdsverkets sammanställning av avfallsmängder 1995 (4) anges följande mängder av ”aska, slagg och stoft”.

Sulfatmassabruk	78 000 ton
Sulfitmassabruk	20 000 ton
CTMP-bruk	18 000 ton
TMP-bruk	120 000 ton
<u>Returfibers- och pappersbruk</u>	<u>5 000 ton</u>
Totalt	240 000 ton

Förhållandet mellan flygaska respektive bottenaska och slagg varierar mycket mellan bruken, främst beroende på vilken typ av ugn som används. En fluidbädd-ugn ger nästan bara flygaska, medan en rost-ugn kan ge upp till 2/3 bottenaska och slagg. Även partikelstorlek och struktur varierar beroende på bränsle och ugn. Vad gäller sammansättningen kan generellt sägas att de mer flyktiga metallerna zink, kadmium och bly finns i högre halter i flygaska än i bottenaska (5).

En fluidbädd-panna ger normalt jämna förbränningsförhållanden och en liten andel oförbränt material i askan, medan aska från en snedrost-panna kan innehålla upp till 50 % oförbränt material, till största delen som kol.

### 2.2 Omhändertagande idag

Nästan all aska, slagg och stoft går nu till egna deponier. Enligt (4) var andelen som nyttiggjordes på något sätt mindre än 10 % vid sulfatmassafabrikerna 1995. Aska från Östrand gick till utfyllnad, medan en blandning av dolomit och aska från pyrolys av biobränslen från Värö spreds på åkermark.

Från sulfitmassa- och CTMP-bruken gick all aska till deponi.

TMP-bruken har stora askmängder, särskilt vid stor inblandning av returfibrer. Knappt 20 % av den totala askmängden gick till utfyllnad (Ortviken) och 5 % till tätskikt för gruvavfall i form av en blandning av flygaska och bioslam (Kvarnsveden).

Från både returfibers- och de rena pappersbruken gick all aska 1995 till deponi.



### 2.3 Idéer och försök

De flesta bruk som producerar aska är också på något sätt engagerade i försök att återföra askan till skogsmark. Man vill främst återföra baskatjoner och fosfor till skogen, för att kompensera för uttag med veden och utlakning med förurningen. Frågor som man i olika projekt försöker få svar på är t ex inverkan på skogstillväxten och annan flora och fauna, bästa förbehandling för att få en långsam utlakning och lämpliga system för transport och spridning. Eftersom så mycket arbete görs på det här området av olika aktörer ges en sammanfattning av dagsläget under separat rubrik. Här kan bara påpekas att man vid många bruk är ganska tveksam till metoden, delvis på grund av kostnader, men inte minst för att man anser att askan inte gör någon nytta på större delen av den svenska skogsarealen. Frågan är då om man ska satsa resurser i form av energi och pengar för att förbehandla och transportera ut askan.

En del av bottenaskan från Stora Kvarnsveden går redan nu ut på jordbruksmark via företaget Silvbergs Miljöteknik AB.

En annan användning av aska som intresserar många bruk är som fyllnadsmaterial, antingen direkt i mindre vägar, eller efter inblandning i betong.

Till vägar (främst skogsbilvägar) är en relativt grovkornig bottenaska och slagg av störst intresse, flygaska ger sämre bärighet. De fysiska egenskaperna ges i de flesta fall större betydelse än en eventuell utlakning från vägbanken. Ett problem som flera bruk har nämnt är den varierande och relativt höga andelen oförbränt material i askan. Bakgrunden till de höga kolhalterna kan i en del fall vara att pannorna körs för att ge tillräcklig energi men samtidigt inte för höga NO<sub>x</sub>-utsläpp, dvs vid relativt låg temperatur och begränsad lufttillförsel. I andra fall är det ojämnheter i förbränningsbädden som ger mycket oförbränt material. Upp till 50 % av askan kan vara kol. För flera fortsatta användningar av askan skulle antingen betingelserna vid förbränningen behöva ändras, eller askan brännas om i en separat panna.

Bottenaska från Bravikens rosterpanna har provats i liten skala för vägbygge. På grund av de stora mängderna lera från returpapper har askan en pimpstensaktig struktur, och man har inte sett några uppenbara problem med vägarnas bärighet. Askan kan också med bra resultat blandas upp med normalt oönskade fraktioner från grustag.

All aska från Ortvikens pappersbruk används för utfyllnad i invallade områden i vattnet inom fabriksområdet. Detta har pågått under 20 år och man har inga problem med utlakning till vattnet. Marken blir hård och går utmärkt att bygga på.

Aska från huvudsakligen bark och slam (primär-, bio-, kem- och avsvärtnings slam) vid Hylte Bruk har använts till ett antal skogsbilvägar (totalt 3-4 km). Vägkärnan av aska från fluidbädd-ugnen gjordes ca 70 cm, vilket innebar en åtgång kring 3-4 ton per meter väg. Askan täcktes med grus, och slänterna med slam. Utvärderingen efter fyra års an-

vändning visade en något sämre bärighet än för vägar av konventionellt material, åtminstone för slänterna.

Genom hårda restriktioner för avstånd till bäckar och grundvatten fördrades vägbygget. Ibland måste ett extra bottenlager av annat material läggas för att klara villkoren. Om försöket skulle upprepas skulle asklagret göras tunnare, men det finns inga planer på ytterligare vägbyggen just nu.

Flygaska från Fors Kartongbruk har i samarbete med kommunen använts som ytskikt i cykelvägar. Man provade en blandning av aska, sand och vatten (ca 25 % aska) men fick ingen bra härdning, vilket resulterade i att vägarna dammade. Man anser dock att åtminstone en del av finfraktionen vid vägbeläggningar borde kunna utgöras av aska. Avgörande för resultatet är härdningen, som i sin tur beror på vatteninblandningen vid uttaget av aska. Försöket gjordes på en sträcka av 5 km, och man använde ca 10 ton fuktig aska per km.

Aska från Rockhammars Bruk används för tillfället som fyllnadsmaterial internt på fabriksområdet. Tidigare har en del lagts ut på skogsbilvägar.

Vilka mängder aska (flygaska) som går att blanda in i betong utan att äventyra hållfastheten på sikt är oklart, men lösliga salter och klorider är inte önskvärda. Inga uppgifter från skogsindustrin om inblandningsförsök är tillgängliga. Däremot finns uppgifter från ett värmeforskningsprojekt (6) om användning av aska från kommunala värmeverk i byggnadsmaterial. Det gäller både lättbetong och andra byggblock. Flygaska med tillräckligt högt kiselinnehåll kan enligt uppgift blandas in till 75 % av lättbetongens vikt.

Från värmeforskningsprojektet (6) rapporteras också om vägbyggen, andra fyllnadsändamål, tätskikt och en liten inblandning i jordförbättringsmedel. Även om rapporten handlar om "kol- och blandaskor" finns här många värdefulla synpunkter och kriterier för användning av askor i olika sammanhang. I rapporten görs också jämförelser med förhållandena i Danmark och Tyskland, där huvuddelen av kolaskan används som fyllnads- och byggnadsmaterial eller för inblandning i cement och betong. Flera svenska värmeverk rapporterar om ett stort intresse från Danmark att ta hand om askan (6). En viktig orsak till den begränsade användningen i Sverige uppges vara brist på klara riktlinjer och gränsvärden här. Särskilt tillstånd måste sökas i varje enskilt fall, vilket gör systemet tungt och ibland resulterar i skilda villkor för samma produkt.

Mycket stora mängder bottenaska bör kunna användas som ballast och fyllning vid olika konstruktions- och markarbeten. Kornstorleksfördelning, hållfasthet, densitet och härdningsegenskaper är viktiga egenskaper som måste undersökas i varje enskilt fall (7). En bra utbränning är en förutsättning för att askan ska kunna användas i de flesta fall. Ballasten har inget större ekonomiskt värde, men miljönyttan skulle vara att askan inte hamnade på deponier, och att man sparar naturliga grustäkter.

I Sverige används årligen ca 50 Mton sand, grus och berg till väg- och gatubyggnad, och dessutom ca 13 Mton till cement och betongindustrin. I och med att de totala mängderna är så stora behövs ingen stor inblandning (mindre än 2 %) för att all aska från energiproduktion i Sverige ska utnyttjas (6). Det betyder å andra sidan att besparingen av naturgrus inte heller skulle bli så stor, räknat som procent av det totala uttaget.

Den totala sträckan skogsbilvägar i Sverige är ca 21 000 mil (8). Åtgången per mil ny-anlagd väg kan grovt uppskattas till 20 000 ton aska i vanlig skogsmark (Hylte Bruk). Aska från Sandviken energi har provats för vägar till torvtäkter (6). Askdjup mellan 10 och 100 cm har testats på korta vägbitar. Med ett lager på 20 cm och en 4 m bred väg skulle åtgången bli 8 000 m<sup>3</sup> vätt och brunnen aska per mil. Om metoden är användbar tycks det alltså bara vara transportavstånd, förmåga att härda och eventuell konkurrerande användning av askan som begränsar utnyttjandet.

En storskalig kommersiell användning av slagg från bottenaska finns vid SJ:s nya kombiterminal i Malmö (9). Där har slagg 40 000 m<sup>3</sup> slagg från avfallsbolaget Sysav's ugnar använts som bärlager. Det använda slaggruset utgör ca 75 % av bottenaskan. Två metallfraktioner och alltför grovt material sorteras ut. I artikeln påpekas också att flera länder i Europa, däribland Schweiz, Holland, Danmark, Österrike och Tyskland, sedan 15-20 år använder slaggrus som bär- och förstärkningslager av vägar eller som fyllnadsmaterial.

Separation av bottenaskan i olika fraktioner föreslås inte bara av funktionsskäl, utan också av miljöskäl (10). Från bottenaskan (från kommunal avfallsförbränning) separeras de finaste partiklarna. Dessa innehåller förhållandevis högre halter av tungmetaller, och föreslås behandlas tillsammans med flygaskan. Enligt förslaget skulle den metallhaltigare fraktionen förglasas i en separat ugn. Frågan är om så drastiska åtgärder är motiverade för skogsindustriella askor, där man har bättre kontroll över vad man bränner.

Ansökan har i september 1997 lämnats till Brite-EuRam för ett projekt om utnyttjande av biprodukter från europeisk pappersindustri (11). Hallsta Pappersbruk är den svenska huvudpartnern i projektet som till största delen föreslås handla om att utnyttja avfall som konstruktionsmaterial. Vägverket och Scandiakonsult medverkar som finansörer från svensk sida, medan SGI är med för utvecklingsarbete och utläkningsstudier.

## 2.4 Askåterföring till skogsmark

Under de senaste fem åren har en hel rad försök gjorts med återföring av aska till skogen. Många rapporter kom i slutet av 1997 eller väntas i början av 1998. En kort sammanfattning av resultaten från Vattenfalls Projekt Bioenergi i samarbete med NUTEK och Sydkraft (Ramprogram Askåterföring) och med Södra Skogsägarna (Projekt SkogsKraft) finns i tidningen Bioenergi (12). Den och alla de bakomliggande rapporterna (många av dem är redovisade i referenslistan) handlar främst om aska från

rent skogsbränsle, utan inblandning av olika skogsindustriella slam. Problemen och frågeställningarna är dock ungefär desamma. De viktiga frågorna är:

- askan måste göras hanterbar, alltså helst torr men inte dammande
- utlakningen av näringsämnen måste ske långsamt under flera år
- stabila organiska föreningar och alltför mycket tungmetaller bör inte spridas
- transport och spridning får inte ta för mycket energi och andra resurser, eller skada marken
- man bör ha en positiv effekt på trädens tillväxt, åtminstone inte en negativ effekt.

För att få bra hanterings- och utlakningsegenskaper har i huvudsak tre metoder provats. Pelletering, där det fuktade materialet ska pressas genom hål, har provats med både ren aska och blandat med grönlutslam (13), bland annat från Iggesunds Bruk. Minst 50% aska måste ingå för att man ska få en bra härdning, och askan måste vara väl utbränd. En hel del praktiska problem har rapporterats när man går upp i skala. Små variationer i askans sammansättning gav olika härdningsförlopp och materialet slet mycket på utrustningen. Kostnaden bedömdes som hög.

En enklare metod är granulering, där materialet bakas ihop till lämplig partikelstorlek i en roterande tallrik eller trumma med avslutande torkning/härdning (14) och (15). Variabler som kan varieras är blandningsförhållanden (aska, olika slam och vatten), temperatur, uppehållstid och syrehalt i ugnen. Granuleringen verkar vara mindre störningskänslig än pelleteringen, och eftersom den dessutom är billigare är det den populäraste metoden idag.

Den tredje och billigaste metoden är härdning i en större sats och sedan krossning till önskad partikelstorlek (13). Ett stort problem är att få en jämn härdning och sedan en jämn storleksfördelning vid krossningen.

Innehållet av stabila organiska föreningar är normalt litet och diskuteras inte mycket. Dioxiner kan givetvis förekomma (16), men antagligen i mycket låga halter. Lokalt bör man kanske också titta på halten av cesium och andra radioaktiva nuklider. Ett mer allmänt problem är innehållet av tungmetaller (främst kadmium), som kan vara så högt att det begränsar mängden aska som bör spridas (13).

Eftersom kadmium är en relativt flyktig metall finns möjligheten att termiskt rena askan från denna och en del andra metaller såsom bly och zink (14). Åtminstone om det blir aktuellt att bränna om askor för att minska innehållet av kol kan det kanske vara rimligt att ta ut kadmium (som då måste tas omhand på annat sätt).

Spridning av den granulerade (eller på annat sätt behandlade) askan bör inte ske i samband med slutavverkningen, då det hade varit lättast. Då är behovet av näringstillförsel som minst. Optimalt vore en spridning på några år gamla plantor då man fortfarande kan

köra med spridare (12), men för de långsiktiga effekterna kan spridningen ske när som helst under trädens aktiva växtperiod.

Beträffande skador på flora och fauna är bilden komplicerad och beror av askans sammansättning och fysiska form, givans storlek, typ av mark och vilka växter eller djur som studeras. Från Ramprogram Askåterföring kan de viktigaste slutsatserna beträffande ren trädaska sammanfattas (12):

- askan bör vara i en svårslöslig form för att inte ge för stor och snabb pH-ökning och bildning och utlakning av nitrat
- mängden bör inte vara större än vad som motsvarar skördeuttaget, för att undvika för höga halter av tungmetaller.

Så länge det rör sig om ren trädaska är det relativt lätt att beräkna en dos som motsvarar uttaget, eftersom i stort sett alla ämnen utom kväve (och kol, syre, väte och svavel) ingår i samma förhållanden i askan som i veden.

Förhållandet blir mer komplicerat så fort man eldar andra slam i barkpannan, eller om man blandar askan direkt med andra slam. Då kan det t ex vara svårt att tillföra så mycket kalium man vill utan att mängden kadmium blir för stor (13). Kadmiumkoncentrationen i björkbark ökade vid askåterföring, medan gran tog upp betydligt mindre kadmium. Bortförelsen av både kalcium och kadmium med veduttaget motsvarar bara vad som tillkommer vid en giva på ca 0,5 ton/ha en gång under omloppstiden. Grönlutslam bör inte heller spridas i lös form, det ger en ökad utlakning av humus, nitrat och fosfat.

I miljökonsekvensbedömningen av skogsbränsleuttag och askåterföring (16) konstateras att vid helträdsutnyttjande måste en påfyllning av baskatjoner ske, vittringen räcker inte som kompensation. På vissa marker är vittringen inte ens snabb nog för att kompensera för uttag av stamved. Dosen av ved- eller barkaska bör anpassas till uttagets storlek (räknat på baskatjoner). Maximal dos av en normalaska bör vara 3 ton per ha och omloppstid. Inblandningen av annan aska och slam får inte vara för hög, annars kan man få en långsam uppbyggnad av halten av tungmetaller i marken.

Vad gäller den direkta nyttan för skogsbruket av askåterföring, dvs en ökad tillväxt av vedmassa, är effekterna små. Bara på torvmarker är den positiva effekten av askspridning tydlig (12). På kväverika fastmarker i södra Sverige kan asktillförelse öka skogstillväxten något. I norra Sverige krävs att asktillförelsen kombineras med kvävegödsling för att nå en tillväxtökning (16).

Producerad askmängd i skogsindustrin idag skulle räcka till ca 0,8 ton/ha produktiv skogsmark i Sverige (totalt ca 21 000 000 ha). Arealen där man skulle ha en omedelbar nytta av askspridningen är betydligt mindre, och ligger till största delen i Götaland.

Till askmängden från skogsindustrin kommer också en ökande mängd ren träaska från extern förbränning. Det är i synnerhet ökat uttag av grot och gallringsvirke för energiändamål som kan öka behovet av askåterföring, och återföring av den askan bör på lång sikt räknas in i priset för energi från biomassa.

### 3 Grönlutslam, mesa och kalkgrus

De här avfallsslagen behandlas delvis tillsammans, beroende på att de ofta blandas i bruken innan de går till deponi. Egenskaperna är dock olika och de borde så långt som möjligt samlas separat för att öka möjligheterna till utnyttjande.

#### 3.1 Mängder

Eftersom man oftast hanterar blandningar är det svårt att få fram verkliga siffror på mängderna av vart och ett av avfallsslagen. Vad som anges som grönlutslam är oftast en blandning av verkligt grönlutslam (svartslam) och mesa som används som precoat och tillsats vid filtreringen. Andelen mesa kan variera mellan 0 och 80 %. Följande siffror är hämtade från (4) och gäller 1995.

Grönlutslam inkl. mycket mesa och en del kalk	103 000 ton med 60 % TS
Kalk och kalkgrus	42 000 ton med 60 % TS
Överskottsmesa	87 000 ton med 60 % TS

Utslaget på hela den aktuella massaproduktionen betyder det i genomsnitt:

9 kg grönlutslam (TS) per ton massa,  
4 kg kalk och kalkgrus (TS) per ton massa och  
8 kg överskottsmesa (TS) per ton massa.

103 000 ton grönlutslam med 60 % TS skulle motsvara 62 000 ton TS, dvs nära de ca 70 000 ton TS som uppskattades för 1994 (1). Antagligen är mindre än hälften av dessa 60-70 000 ton egentligt svartslam, dvs troligen mindre än 30 000 ton TS/år. Det innebär i sin tur att mängden uttagen mesa totalt antagligen är ca 90 000 ton TS/år.

Det totala mesauttaget (ren mesa och i grönlutslam) som krävs varierar kraftigt mellan olika bruk. Det är främst för att inte halterna av fosfor och magnesium ska bli för höga som man måste blöda ut en del (17), men normalt räcker uttaget med grönlutslammet. Samtidigt är kiselhalten lägre i mesa än i den så kallade köpkalken, det kan ha en betydelse i vissa fall.

Med en ökad slutning av blekerierna kommer mer kalcium att föras tillbaks till kemikaliecykeln, det kan innebära att ett ökat uttag av mesa behövs.

### 3.2 Omhändertagande idag

Nästan allt det här avfallet hamnar på deponi. Utanför de här siffrorna finns också en mindre mängd mesa som går från ett bruk till ett annat, eller som ombränns externt. De mängderna kommer inte in i statistiken.

De flesta bruk har inget avsiktligt uttag av ren mesa, men i samband med störningar och haverier i ugnen får man ett överskott. Av kapacitetsskäl, eller på grund av svårigheter med inmatningen, kan man sedan inte ta in det i mesaugnen igen. Flera bruk skickar det här överskottet till Sandarne, där det bränns om till kalk. Kalken köper man sedan tillbaka. Något förhöjda halter av fosfor och magnesium bör finnas kvar i kalken, men man slipper föra in kisel med ny kalk.

### 3.3 Idéer och försök

Kalk, kalkgrus och mesa bör kunna utnyttjas för kalkning i många sammanhang. Mesa är i en del avseenden renare än den kalk man stoppar in i systemet. Bara halten av fosfor och magnesium är normalt högre än för kalk (särskilt om uttaget har varit avsiktligt), men det är oftast ingen nackdel vid extern användning. Internt används en del för neutralisation av avloppsvatten. Mesa har provats för kalkning i skogen och i några fall på vall. Sampelletering av mesa och aska för spridning i skogen behandlas under avsnittet om askåterföring till skogen.

Måttliga mängder kan också spridas i jordbruk, parker och trädgårdar. Aspa Bruk har ett avtal med RagnSells, som tar emot mesa med 70 % TS för inblandning i jordförbättringsmedel. För detta ställer man krav på tungmetallinnehåll som inte går att klara om man har en blandning med svartslam, t ex <0,5 mg Cd/kg och <50 mg Zn/kg. Överskottsmesa från t ex Värö Bruk (5 000-10 000 ton/år) går direkt ut i jordbruket efter regelbunden kontroll.

Ett annat sätt att utnyttja kalkinnehållet skulle eventuellt vara i externa pannor där man nu tillsätter kalk eller kalksten för att binda svavel. Iggesund Bruk har gjort ett par försök med inblandning av mesa vid torveldning. Försöken fortsatte inte, då Iggesund nu skickar sin överskottsmesa till Sandarne för ombränning, men eventuellt kunde användningen som svavelfälla utredas ytterligare på annat håll.

Behovet av kalk för att minska utsläppen av svaveldioxid varierar givetvis med bränslet. Som exempel kan nämnas att Stockholm Energi tillsätter ca 15 kg dolomit/MWh uttagen effekt vid koleldning i Värtanverket, eller totalt ca 20 000 ton/år. I Sandviken eldas med 75 % torv och 25 % spån. Under en period då man enbart eldade med torv satte man till kalksten, men med inblandningen av spån klarar man utsläppsgränserna utan tillsatser. Vid eldning av trädbränsle behövs ingen tillsats av kalk eller kalksten. Detta innebär att det främst är vid eldning med kol och olja som man skulle kunna ha ett behov av mesatillsats.

Vid Värtanverket funderar man över olika framtida metoder för svavelreduktion, och användning av mesa, men knappast grönlutslam, kan vara av intresse (18). Natriumhalten kan dock vara ett problem.

Väg- och TrafikInstitutet gjorde i slutet av 80-talet försök med inblandning av några procent mesa (från Skoghall) i sand, för att ge bättre bärighet åt vägar (19). Avsikten var att kunna använda mer sand i stället för grus nära ytan, utan att få negativa effekter. Försök med sand och mesa upp till 10 cm från ytan gav bra resultat. Mesa fungerar här på ungefär samma sätt som cement.

Inom gruvor och smältverk använder man kalk i många processer för att neutralisera sura vatten och för att fälla metaller. En tanke är att ersätta kalken med grönlutslam eller mesa (20). Ett annat liknande användningsområde är pH-reglering i dagbrottsjöar. I de här sammanhangen bör inte grönlutslammets innehåll av tungmetaller ha någon betydelse, tillskottet blir sannolikt marginellt.

En del viktiga frågor måste dock besvaras innan idén kan förverkligas, såsom:

- möjligheterna att använda befintlig utrustning för kalktillsats,
- leveranssäkerhet och
- lab/pilotförsök med tillsats av mesa/grönlutslam till processvatten och bestämning av pH, buffertkapacitet och bindning av metaller (20).

Ett helt annat användningsområde för grönlutslam och mesa bygger på att materialet är mycket finkornigt och därmed har låg permeabilitet för vatten. Det är ju problemet vid avvattning. Allt fallande grönlutslam och mesa i Östrand går för närvarande till lysimeterförsök på en barkdeponi. Tre stora försöksytor anläggs och permeabilitet och metallhalter i lakvatten mäts.

Generellt borde permeabiliteten bli ännu lägre för ett rent svartslam, men de allra flesta bruk tar ut sitt svartslam tillsammans med en hel del mesa (=det som här kallas grönlutslam). De flesta avvattningsutrustningar kräver mesa som precoat, men det går att avvattna svartslammet separat till 40-45 % TS. Det sker vid Aspa bruk på ett diskontinuerligt Larox-filter. Filtret är dyrare än ett trumfilter i inköp, men sägs fungera bra och inte ge högre driftkostnader.

På ett normalt trumfilter behövs ett lager av mesa som precoat för filtrerbarheten. Den uppskattade andelen mesa i det uttagna grönlutslammet varierar mellan 2-3 upp till 80 % vid olika bruk. Ofta är det här ett medvetet sätt att ta ut mesa också, men om man vill skilja på svartslam och mesa finns det mycket att ta på här. Genom en bra kontroll av avskrapningen från filtret bör man klara sig med högst 5 % mesa i grönlutslammet. Ett annat möjligt alternativ är att blanda några procent mesa med svartslammet före filtreringen, i stället för att lägga på ett precoatlager. Högre temperatur vid filtreringen kan också öka filtreringshastigheten.



Vid höga magnesiumhalter kan en mycket finpartikulär magnesiumhydroxid falla ut. Den är svårfiltrerad, och för att motverka det sätter man ibland till aluminiumsulfat. Då bildas hydrotalcit,  $Mg_{1-X}Al_X(CO_3)_{X/2}(OH)_2 \cdot nH_2O$  (med  $0,1 < X < 0,34$ ), som har större partiklar och alltså underlättar filtreringen (17).

En separation av svartslam och mesa skulle innebära att det blir en mindre mängd svårutnyttjat grönlutslam, med svartslammets höga halter av flera tungmetaller (främst i form av sulfider). Huvuddelen av nuvarande grönlutslam (mesan) skulle då kunna användas i stort sett som kalk med ett extra innehåll av fosfor och magnesium.

## 4. Stoft från sodapannan

### 4.1 Mängder

Mängden uttaget sodastoft uppskattades 1994 till minst 50 000 ton TS (1). Till de redovisade siffrorna kommer mindre och okända mängder från andra bruk som bara uppger att de släpper små mängder till avlopp. Uttaget varierar kraftigt mellan olika bruk, från inget uttag alls till över 30 kg ptm. Skälet till variationerna är att man har olika sätt att ta ut de oönskade ämnena kalium och klor ur systemet (17), men också på olika slutningar av blekerierna (21). Även natrium- och svavelbalanserna påverkar uttagen. Stoffet består till allra största delen (80-85 %) av natriumsulfat,  $Na_2SO_4$ , och huvuddelen av resten är natriumkarbonat, kaliumsulfat och en del klorid.

### 4.2 Omhändertagande idag

En mycket liten andel av sodastoftet läggs på deponi. Huvuddelen (99 %) släpps ut med avloppsvattnet.

### 4.3 Idéer och försök

Sodastoft som släpps ut i bräckt eller salt vatten har antagligen en försumbar ekologisk effekt. Möjligen kan man undra vad större utsläpp i sötvattenrecipienter betyder. Ett annat skäl att hitta alternativa användningar av stoftet är förstås dess potentiella värde som kemikalie.

Sodastoftet har mycket låg volymvikt, dammar och är svårhanterligt. De flesta användningar (och transporter) kräver någon typ av granulering. Granulering i valspress har testats vid Skoghallsverken med acceptabelt resultat, men innebär givetvis en kostnad.

Ett skäl till att man blöder ut sodastoft är för att minska kalium och/eller klorid i systemet. Det finns därför också metoder att rena sodastoftet före återföring. En sådan metod kallas CRP (Chloride Removal Process) och används sedan två år i Champions helt

slutna blekeri (22). Här löses det förorenade sodastoftet upp i vatten, lösningen indunstas och nästan rent natriumsulfat kristalliserar ut. Moderlutens huvuddelen av kalium och klorid går till avlopp. En annan variant av utkristallisering har tagits fram av Eka Chemicals (23) och kallas PDR (Precipitator Dust Recovery). Vid omkristalliseringen blir man av med ca 90% av både klorid och kalium.

Jonbytesteknik kan användas för att avskilja klorid, men knappast kalium, från en lösning av sodastoft (23). Tekniken kallas PDP (Precipitator Dust Purification). Genom att avskiljningen av klorid blir runt 95%, behöver bara en liten del av det sodastoft som återförs passera jonbytesteget.

En annan metod för separation av klorid är med elektrodialys (24). Metoden bygger på att både klorid- och sulfatjoner vandrar mot anoden, men ett membran hindrar de tvåvärda sulfatjonerna. På det viset kan man få ut en lösning med natriumsulfat i en del dialysenheten, och natriumkloridlösning i en annan. Det går däremot inte att skilja på natrium och kalium. Det här systemet har utvecklats i Sverige av Eka Chemicals (25) och marknadsförs av Cellchem.

En tilltalande användning av sodastoftet som nu tas ut skulle vara för att minska behovet av make up kemikalier med större frihet att sätta in dem var som helst. Det finns metoder att termiskt sönderdela natriumsulfat. Efter reduktion av svaveloxiderna och hydrativering av natriumoxiden blir resultatet elementärt svavel och natronlut. Besparingen av natronlut och svavel skulle troligen betala driftkostnaderna, men bidraget till kapitalkostnaderna skulle antagligen bli litet. Fortfarande kommer natronluten också att innehålla kalium.

I Östrand har man funderat på att använda sodastoftet som vägsalt, åtminstone inom området. Det förutsätter någon typ av granulering och innebär förstås bara en omväg innan saltet hamnar i recipienten. Däremot skulle man minska belastningen och kostnaden genom att det gamla vägsaltet togs bort.

Vägverket använder 2-300 000 ton natriumklorid som vägsalt varje vinter (26). Sommartid används en del kalciumklorid för att binda damm på grusvägar. Man sprider helst natriumklorid som lösning för att få en lägre dos och jämnare spridning än vid torr spridning. Om man skulle få samma fryspunktsänkande effekt med natriumsulfat, och kan tolerera de föroreningar som finns i sodastoftet, skulle kanske en koncentrerad lösning av sodastoftet vara aktuell.

Det finns ett klart intresse hos Vägverket (26). Den enda förorening som kan ha någon negativ miljöeffekt vid spridning bedöms vara kadmium. Halten av kadmium i fem sodastoft varierade mellan 1,4 och 5,6 mg/kg TS, med ett medelvärde på 2,7 mg/kg (1). Nuvarande gränsvärde för spridning av slam på åkermark är 4 mg/kg TS, men det kommer att sänkas till 2 mg/kg. Frågan är vilken dosering man kommer att behöva, dvs vilken belastning av kadmium som man får. Å andra sidan hamnar allt kadmium redan

nu i naturen, utan att sodastoftet har gjort nytta på vägen dit. Frågan ligger för närvarande hos vägverket.

## **5. Smetrester**

### **5.1 Mängder**

Det är normalt små mängder smetrester som lämnar bruken i samband med rengöringar och smetbyten. 1994 gick drygt 4 000 ton ut som fast avfall (1), till det kom en okänd mängd som spolades ut i avlopp och delvis återfanns i fiber- eller kemslam.

### **5.2 Omhändertagande idag**

Av de smetrester som tas ut separat går huvuddelen till deponi, men ca 1/3 bränns då det tas ut tillsammans med andra slam med högre andel organiskt material.

Särskilt aktiv återvinning av smetrester från avlopp görs/har gjorts med membranteknik åtminstone i Frövifors och Ortviken. Metoden har testats på andra bruk också, men förutsätter kanske ett begränsat antal smetrecept. Behovet av den här typen av uppkoncentrering är också beroende av bestyrkningsutrustningen. Efter övergång från luftknivsbestyrkning till bladbestyrkning i Frövifors är inte membranläggningen motiverad längre. På en del håll är man också tveksamma på grund av hygieniska skäl, men några sådana problem hade man inte i Frövifors.

### **5.3 Idéer och försök**

En stor del av de smetar som nu går till avlopp är prima, koncentrerad vara, som blivit över från en sats och inte kan sparas till nästa tillfälle då samma recept ska användas. Vid Fors Kartongbruk har man gjort lovande laboratorieförsök med nerkylning av smetarna för att undvika mikrobiella och andra förändringar. Man planerar nu försök i pilot-skala.

Möjligen kan man fråga sig vad som är optimalt i olika situationer, att lagra överbliven smet, eller att förbruka smeten och lagra den färdiga kartongen. Här bör man också väga in att större mängder smet som går i avlopp kan störa den biologiska reningen.

De smetrester som inte kan återanvändas kan tänkas utnyttjas på annat sätt. Kalksten och lera, som är huvudbeståndsdelarna i smetarna, borde gå bra att använda t ex för kalkning. Frågetecknen gäller de 1-10 % organiskt material som normalt ingår. Troligen är inte heller dessa något problem, utan frågan är snarare hur man får upp torrhalten på utspädda smetar så att transporterna inte blir orimligt dyra. Användning i cementindust-

rin skulle helt eliminera de organiska beståndsdelarna. Transportsträckorna får dock inte vara för långa.

En annan egenskap som man funderar på att utnyttja är att smetarna blir mycket täta. Mätning av permeabiliteten, och därmed möjligheterna att använda smetresten som tätningmaterial, pågår i Iggesunds regi.

## **6. Fyberslam**

### **6.1 Mängder**

Huvuddelen av den fiber som avskiljs i silerier och sedimenteringsdammar återförs till processen, antingen som fiberråvara eller som bränsle. De mängder (med ca 40 % TS) som gick till deponi var 1995 ca 17 000 ton TS från sulfatmassafabrikerna och ca 28 000 ton TS från TMP- och returfiberbruken (4). Åtminstone den senare siffran verkar mycket högre än vad som gäller för 1997.

I en annan aktuell sammanställning (27) rapporteras den totala mängden uttaget fyberslam, inklusive returfiber men inte avsvärtnings slam, vara ca 260 000 ton TS/år. Cirka 70% förbränns (185 000 ton TS), 20% deponeras (50 000 ton TS) och 10% utnyttjas på annat sätt (25 000 ton TS).

### **6.2 Omhändertagande idag**

Många bruk håller på att minska den deponerade mängden till fördel för förbränning och annat utnyttjande. I många fall går restfiber från ett bruk att använda som råvara i andra bruk, t ex går en del av fibern från både Iggesunds och Skoghalls försedimentering till Grevöns Bruk för att bli fluting.

Från Braviken går huvuddelen av allt reningsslam, inklusive fyberslam, kemiskt och biologiskt slam, till företaget Jordkonsult. Jordkonsult komposterar slammen och blandar sedan olika komponenter till jordförbättringsmedel. En del aska borde också kunna blandas i produkterna. Produkternas sammansättning jämförs med den för normal åkerjord, och inga metallhalter ligger högre. Mangan uppges vara den metall som ligger närmast gränsen.

Fyberslam från Fors används sedan många år för extern tillverkning av ett absorberande material, så kallad kattsand. Avsättningen är inget problem, snarare kan det ibland vara svårt att leverera önskad mängd fiber eftersom den också behövs som hjälp vid avvattningen av bioslam och kemslam.

Vid Stora Nymölla har man nyligen infört ett system att ta hand om utskott av bestruket papper (28). Tidigare gick ca 10 ton per dygn ut som avfall. Nu separeras fibrer från be-

strykning- och fyllmedel. Efter malning av bestrykningsresterna renas de båda strömmarna var för sig i virvelrenare, varifrån både fibrer och fyllmedel kan återföras till pappersmaskinen. Utskottet är nu nere i ca 100 kg per dygn.

### 6.3 Idéer och försök

Fibrer som av olika skäl inte går att återföra eller förbränna borde kunna användas i större utsträckning i jordförbättringsmedel för att öka det organiska innehållet i täta jordar.

Avfall från vedgårdar innehåller förutom bark och fiber ofta stora mängder sand och grus. Vid Östrand blandas det med slam från försedimenteringen, som där innehåller fibrer och recirkulerat kem- och bioslam. Blandningen blir till matjord vid företaget Markförädling.

Vid Katrinefors Bruk får man mycket fiberslam från returpappret. Till detta kommer en del kem- och bioslam. För närvarande deponeras det vid ca 30 % TS. Tanken är att man ska bränna slammet i framtiden. För detta har man startat ett energiproduktionsbolag tillsammans med kommunen. Bolaget har redan installerat en värmepump i utgående avloppsvatten, och utreder för närvarande om man ska satsa på en fastbränslepanna för produktion av värme och el. Den extra torkningen som krävs kan t ex göras i en skruvpress.

Katrinefors Bruk hade tidigare kontakter med Cementa i Skövde angående förbränning av fiberslammet, det innehåller mycket krita. Det hela föll då på den dåliga byggkonjunkturen och lågt utnyttjande av cementugnen.

### 6.4 Allmänt om förbränning

Värmeforsk har finansierat en utredning om förbränning av fiberslam och andra slam i barkpannor (27). Där redovisas erfarenheter från olika svenska bruk. Totalt förbränns 65% av allt slam, och det går i stort sett bra. Bäst går det i fluidbädd-pannor, medan fastkladdning och sintring i roosterpannor är ett relativt vanligt problem. Särskilt vid inblandning av bioslam med hög fukthalt får man ofta problem med hängning i inmatningen. Den höga fukthalten i en del slam kan kräva stödbränsle vid högre inblandningar (upp mot 30% slam), detta för att hålla temperatur och tryck. Olika torkningsmetoder, såsom rökgastork, mottryckstork och ”Econova-metoden” (lufttorkning av typ frästörvproduktion) (29) nämns för att man ska spara stödbränsle. Det torkade bränslet måste dock hålla en någorlunda jämn storleksfördelning.

Behovet av mer primärluft för torkning av fuktigt bränsle kan medföra ökad NO<sub>x</sub>-bildning. Den högre askhalten i många slam (särskilt i returfiberslam) ger slitage i inmat-

ningen och ökad askmängd. Slammen bör inte innehålla för mycket av ämnen som ger en alltför låg asksmältpunkt, t ex kalium och natrium.

I samband med diskussioner om förbränning bör nämnas det förslag till nya EU-direktiv som finns (30). Där föreslås att eldning av bibränslen ska få ungefär samma utsläppskrav som avfallsförbränning har idag. Enligt förslaget som låg i november 1997 skulle barkpannorna t ex inte få släppa ut mer än 10 mg stoft/m<sup>3</sup> eller 50 mg CO/m<sup>3</sup> som dygnsmedelvärde. Kontinuerlig mätning av en rad ämnen skulle krävas, liksom metall- och dioxinmätningar ett antal gånger per år.

Skrivningen/tolkningen har mildrats en del under våren 1998. Nu är barkpannorna inte i farozonen så länge man bara eldar bark. Inblandning av olika typer av slam kan ge utsläppsgränser som justeras med hänsyn till hur mycket slam som blandas in. Hur det blir med analysfrekvensen av t ex dioxiner i sådana fall är oklart. Fortfarande i april 1998 är varken EU:s beslut eller Sveriges tolkning klar (31).

## 7. Kemiskt slam

### 7.1 Mängder

För 1994 uppskattades produktionen av kemiskt slam från avloppsvattenbehandling till totalt knappt 90 000 ton (1). *Tabell 1* anger ungefärliga mängder av kemiskt och biologiskt slam.

Tabell 1. Slam från avloppsvattenrening i skogsindustrin 1994, ton TS.

Typ av bruk	Kemiskt slam	Biologiskt slam
Sulfatmassabruk	17 000	2 000
Sulfitmassabruk	12 000	15 000
CTMP-bruk	3 400	5 000
TMP- och slipmassabruk	29 000	12 000
Returfibers- och pappersbruk	26 000	1 500
<b>Totalt</b>	<b>88 000</b>	<b>36 000</b>

Mängderna är svåra att uppskatta, eftersom man ofta tar ut ett blandslam bestående av kemiskt slam, fiberslam och biologiskt slam. Enligt Naturvårdsverket var totalmängden slam från avloppsvattenrening under 1995 ca 140 000 ton TS (4). I den siffran ingår även en del smetrester, medan i andra fall slam som förbränts internt inte har räknats med alls.

## 7.2 Omhändertagande idag

1994 deponerades ca 60 % av kemslammet, medan 30 % förbrändes och knappt 10 % omhändertogs på annat sätt. Halten organiskt material i slammet varierar mellan 60 och 90 %, så med tillräcklig torrhalt och en lämplig panna går det bra att förbränna. Särskilt i snedrostpannor kan dock aluminium ställa till problem.

Annat omhändertagande betydde för kemslam som jordförbättringsmedel, tätmassa för deponier och produktion av absorptionsmedel (blandat med fiberslam).

## 7.3 Idéer och försök

Viktigt för både förbränning och allt utnyttjande utanför bruket är avvattningen av slammet. Nu avvattnas slammen till 25-45 % TS. För att nå de högre torrhalterna krävs normalt både tillsats av polyelektrolyter och en skruvpress efter en silbandspress (1). Hög fiberhalt förbättrar också avvattningen avsevärt.

Genom först deponeringsskatten och längre fram antagligen förbud att deponera kemslammet (3), kommer de tidigare avvägningarna vid avvattningen att behöva omprövas. Under en övergångsperiod kommer det att löna sig att avvattna ytterligare till en kostnad av upp till 250 kr/m<sup>3</sup> vatten före deponeringen. För slam som förbränns på plats blir optimeringen lik den som gjorts tidigare, medan externt utnyttjande ofta kommer att ställa andra krav på torrhalten. Utrustning för avvattning erbjuds av ett antal leverantörer, och eftersom tekniken redan finns och är etablerad kommer inte avvattningen att beröras ytterligare här.

Vid Rottneros Bruk deponerar man nu en blandning av kem- och bioslam. Eftersom kemslammet innehåller mycket fibrer räknar man med att förbränna blandningen i framtiden, även om det kan betyda att man måste bygga om pannan. För att komma från nuvarande 20 % TS (silbandspress) till ca 60 % har man med framgång provat torkning med rökgaser.

Återvinning av fällningskemikalier har diskuterats en del under senare år, särskilt i kommunal avloppsvattenrening. Ett stort försök under namnet KREPRO har genomförts i Helsingborg av Kemira Kemwater och Alfa Laval Separation, finansierat av Naturvårdsverket (32). Slammet, en blandning av bioslam och kemslam rötas först för minskning av volymen och utvinning av biogas. Slammet avvattnas i en centrifug innan svavelsyra tillsätts till pH 1,5 och blandningen hydrolyseras vid 140°C i 30 till 45 minuter. Efter värmeväxling och trycksänkning separeras återstående slam i en annan centrifug. Torrhalten på slammet blir hög (45 %) och mängden är ca 45 % av den ursprungliga slammängden. Värmevärdet uppges vara jämförbart med det för träflis. Vattenfasen innehåller löst organiskt material, fosfor och metaller. Fällning med järn och alkali ger ett järnfosfat med låg halt tungmetaller i förhållande till fosfor, avsett för jordbruket. Fällningskemikalier och löst organiskt material kan gå tillbaka till behandlingen av av-

loppsvattnet. En fullskaleanläggning byggs nu vid Öresundverket för att behandla allt slam, 3 250 ton TS per år.

En fullskaleanläggning med liknande utformning finns på reningsverket i Hamar i Norge, framtagen av Cambi A/S och Purac (33). Principen för Cambi-processen i Hamar är att man hydrolyserar det delvis avvattnade slammet vid hög temperatur (180°C) och sedan rötter hydrolysisprodukten. Genom effektiv värmewäxling blir energibehovet inte så stort. Hydrolysen gör att utbytet av biogas ökar och att den resterande slammängden blir mindre och mer lättavvattnad. Efter rötningen avvattnas slammet till ca 30 % TS. Slamfasen surgörs till pH 2 med svavelsyra och vid den slutliga avvattningen till ca 40 % TS fås en lösning av aluminiumsulfat som återförs till fällningssteget. I Hamar torkar man sedan slammet ytterligare till ca 80 % TS före förbränning eller deponering (33).

Den här slambehandlingen kan vara intressant om man av olika skäl inte får sprida slammet på jordbruks- eller skogsmark, och om man redan har en rötkammare.

## 8. Biologiskt slam

### 8.1 Mängder

Aktuella mängder redovisas i *tabell 1*.

### 8.2 Omhändertagande idag

1994 förbrändes enligt (1) 60 % av bioslammet och 10 % nyttiggjordes på annat sätt, medan 30 % deponerades. De 10 % som inte förbrändes eller gick till deponi användes som jordförbättringsmedel, direkt eller efter kompostering, eller ingick i täckning av deponi. Sedan 1994 har flera bruk lyckats höja torrhalten i slammet, och andelen som går till förbränning har därmed ökat. De flesta bruk som på grund av ny- eller ombyggnad kommer att öka sitt uttag av bioslam planerar för förbränning.

### 8.3 Idéer och försök

Bioslam innehåller, i motsats till andra skogsindustriella slam, kväve som man gärna vill ha in i kretsloppet. Vid förbränning går kvävet i nyttig form förlorat och övergår delvis till oönskad NO<sub>x</sub>. Dessutom rapporterar flera bruk att askan försämras vid förbränning av bioslam i barkpannan, främst beroende på natrium och kalium. Detta talar för att bioslammet skulle spridas direkt i skogen eller i jordbruket. Innehållet av kadmium kan emellertid vara ett problem, åtminstone för jordbruksmark.



Bioslammet anrikas kadmium från avloppsvattnet. Det kan möjligen också vara ett argument mot att förbränna bioslammet, kadmium kommer ju då att överföras till askan. Visserligen går det att driva av kadmium från den torra askan, men det kostar mycket och skapar ett nytt avfallsproblem. Kadmium borde alltså om möjligt tas ur systemet en annan väg, innan det når avloppsvattnet. Ett viktigt uttag i sulfatmassabruken är via svartslammet (och överskottsmesan), men det räcker uppenbarligen inte. Särskilt mesan skulle också bli mer attraktiv med lägre halt av kadmium. Eftersom det är svårt att snabbt påverka intaget av kadmium med voden är det en stor utmaning att hitta ett annat system för utstötning.

Normalt förbränner man ändå bioslammet i fastbränslepanna, på grund av låg inblandning höjs inte kadmiumhalten i askan särskilt mycket. Problemen med natriuminnehållet skulle man bli av med om man i stället förde bioslammet till sodapannan. I Metsä-Botnias bruk i Kemi förbränns bioslammet i sodapannan utan några problem, det kan bli ett alternativ för t ex Husums Fabriker. Även andra bruk är intresserade av den möjligheten.

I vissa fall innehåller slammet mycket oorganiskt material, och lämpar sig därför inte för förbränning. Det gäller t ex det anaeroba slammet från Domsjö Fabriker som innehåller 50-60 % kalciumkarbonat. En bättre lösning, som har provats där, är granulering och spridning i skogen, med eller utan inblandning av aska.

Vid Mönsterås Bruk funderar man på att torka det kommande bioslammet på stora ytor med hjälp av spillvärme. Slammet kan sedan eventuellt blandas in i de bränslepellets som bruket producerar, alternativt förbrännas internt.

Vid AssiDomän Frövi räknar man med att förbränna den ökande slammängden, men det kan också vara en möjlighet att samröta slammet med kommunalt avloppsvverksslam i Örebro. Återigen är antagligen innehållet av kadmium bestämmande.

Vid Rockhammars Bruk arbetade man under en period med spridning av bio- och kemslam i skogen. Lagrings- och spridningsproblemen gjorde dock att man nu tittar på förbränning också. Man har under sommaren 1997 torkat slammet på öppna ytor i anslutning till den luftade dammen. Med årets sommar har man nått 90 % TS, men man räknar med att även normalt hinna torka hela årets slamuttag under sommarhalvåret. Man har ett samarbete med Econova både vad gäller bränsle och jordförbättringsmedel.

Provelndning av slammet har givit problem med slagget i fallrostpannan, vilket föranlett ett byte av fällningskemikalie. Dessutom steg temperaturen i pannan och NO<sub>x</sub>-bildningen ökade. I samband med ombyggnad av pannan kommer man att införa bättre temperaturstyrning.

Pyrolys av slam är en möjlighet som inte är särskilt utprovad. Resultatet skulle bli en brännbar pyrolysgas och en rest som i bästa fall skulle vara användbar som en enkel sorbent. Avgörande för energibalans och ekonomi blir torrhalten.

Våtoxideration eller superkritisk oxideration är två andra möjligheter att oxidera det organiska innehållet i slammet som inte skulle kräva långtgående avvattning. Metoderna är emellertid dyra, och det är sannolikt bättre att satsa på avvattning och mer konventionell behandling.

Som en del av ett MISTRA-program (Stiftelsen för MiljöSTRategisk forskning) söker Bengt Hultman, Vattenvårdsteknik på KTH, efter användningsområden för avloppsslam (34). Det gäller främst kommunala slam, men går till stor del att anpassa till skogsindustriella slam. En huvudlinje är att ta ut fosfor och kväve i saltform för användning som växtnäring. Det organiska innehållet utnyttjas sedan som energi i form av metangas efter rötning. Den till största delen oorganiska återstoden föreslås gå till fyllnadsmaterial, tegel eller liknande.

I sammanhanget kan också nämnas att man arbetar med kvalitetssäkring av kommunala rötresten och komposter för spridning i skogen (35).

## **9. Avsvärtnings slam**

### **9.1 Mängder**

Som för många andra avfall är det svårt att uppskatta den exakta mängden, i det här fallet är gränsen mellan avsvärtnings slam och fiberslam oklar. I (1) angavs knappt 90 000 ton TS av avsvärtnings slam för 1994. Enligt (4) var mängden bara drygt 40 000 ton TS 1995. Skillnaden beror nog snarare på olika rapporteringsgrunder än på en verklig minskning. I något fall har t ex det som förbränts internt bara redovisats som avfall i form av aska.

### **9.2 Omhändertagande idag**

Av den redovisade mängden förbrändes ca hälften, medan resten deponerades vid en torrhalt kring 40 %.

### 9.3 Idéer och försök

Edets Bruk räknar med att öka torrhalten på sitt slam, främst genom att sätta in skruvpress. Sedan finns flera alternativ, eventuellt efter en naturlig sluttorkning utomhus. Man kan skaffa egen fastbränslepanna eller förbränna i kommunens värmepanna. Materialet kan också gå till cementtillverkning, försök har gjorts med Cementa. Det finns också ett processförslag där man tillverkar en mineralull.

I en artikel om superkritisk oxidation (36) nämns slam från pappersåtervinning som en typ av avfall som kunde vara lämpligt för den metoden. Med dagens uppskattade kostnader är det dock svårt att motivera superkritisk oxidation annat än i specialfall, t ex om slammet skulle innehålla höga halter PCB, vilket kunde förekomma för flera år sedan. Kostnadsbilderna kan komma att förändras i och med det aktiva arbete med superkritisk oxidation i större skala som påbörjas vid Chematur Engineering i Karlskoga (36).

## 10. Annat avfall

Med annat avfall avses här t ex rivningsmaterial, papper, glas, metaller, batterier och matrester. Många bruk har en väl organiserad sortering och hantering av de här materialen, ofta i en blandning av egen regi och med externa återvinnings- eller avfallsbolag. Här påpekas, t ex från Iggesunds Bruk som kommit långt, vikten av rätt placering och tydlig märkning av uppsamlingskärl och containrar. Man har bra hjälp av det allmänt ökade medvetandet vad gäller sopsortering i samhället, men ordentliga utbildningsinsatser för all personal behövs också.

En del i sorteringsarbetet är också att man alltmer skiljer på olika avfallsslag på deponierna. Det grundas dels på kommande krav för olika deponeringsklasser (3), dels på att man vill ha möjlighet att i framtiden återanvända tidigare deponerat material. Återanvändning av delar av gamla deponier pågår redan på många håll. Det gäller främst gammal bark som nu går till jordförbättringsmedel eller energiutvinning (Econova, Wifsta Recycling), men andra åtgärder och planer finns också. Gammal mesa går till jordförbättringsmedel och möjligheterna till ombränning utreds. Även möjligheten att använda en gammal blandad deponi för ballastmaterial i vägar är aktuell.

En annan grupp av avfall som inte tas upp här är farligt avfall. Med farligt avfall menas de avfallsslag som står förtecknade i bilaga till förordning om farligt avfall (SFS 1996:971). Kännetecknande för farligt avfall är att det har egenskaper som gör att det måste hanteras på särskilt sätt, bland annat fordras särskilt tillstånd för transport, lagring och behandling av farligt avfall. Några exempel på farligt avfall som kan förekomma i skogsindustrin är oljeavfall, lösningsmedelsavfall och många kasserade laboratoriekemikalier. Reglerna för omhändertagande är ganska klara för farligt avfall, och det bruket kan göra är bara att minska mängden som uppkommer. Det görs antingen med

ändrade processer och rutiner, eller genom att separera/låta bli att blanda olika avfalls-  
slag.

## **11. Organisationsfrågor**

En del bruk har påpekat behovet av en egen organisatorisk enhet för att ta hand om avfallsfrågorna, och speciellt för att sköta kontakterna med alla tänkbara externa företag och entreprenörer. De flesta bruk har ask- eller avfallsgrupper, åtminstone på koncernnivå, men de är ofta mer inriktade på att minimera avfallen och finna nya avsättningar än på att ha den direkta kontakten med ett stort antal externa aktörer.

Många bruk har mycket bra och aktivt samarbete med sina kommuner för att söka de gemensamt bästa lösningarna på avfallsfrågorna. Det kan vara för vägbyggen, bullervallar, täckning av deponier, gemensam förbränning eller slamrötning/kompostering. En annan väg är att lägga ut nästan hela avfallshanteringen på ett externt företag. Aspa Bruk har t ex ett avtal med RagnSells, som tar hand om allt utom svartslam, kalkgrus och rivningsbetong.

## **12. Internationellt**

Aska ses i övriga Europa inte som något stort problem. Som nämnts tidigare används aska där sedan länge rutinmässigt som fyllnadsmaterial (6). Det finns inga stora skillnader i regler jämfört med Sverige, men tillämpningen är en annan. En förklaring till skillnaderna kan vara bristen på naturligt sten- och grusmaterial och mindre ytor för deponering på kontinenten. Å andra sidan gör det större trycket på tillgängligt vatten att man borde vara ännu mer orolig för utlakning på kontinenten än i Sverige. Det borde finnas mycket erfarenheter av eventuell utlakning och hållfasthetsproblem att hämta från t ex Danmark, Tyskland och Nederländerna.

### **12.1 Finland**

I den finska skogsindustrin är förhållandena lika de i Sverige (37). Möjligen har man kommit från deponering lite snabbare i Sverige och har kommit längre på alternativa användningar. Tabell 2 sammanfattar läget i Finland.

Tabell 2. Mängder och hantering av fast avfall i finska skogsindustrin.

Aska	230 000 ton/år	deponering	småskaliga försök med återföring till skogen
Grönlutslam	100 000 ton/år	deponering	vissa förbränningsförsök
Sodapannestoft	okänd mängd	till avlopp	inga kända försök
Fiberslam	220 000 ton/år		
Bioslam	100 000 ton/år		
Kemslam	<10 000 ton/år		
Alla slam	320 000 ton/år	40% deponeras 60% förbränns	små, tillfälliga försök med spridning på åkermark
Avsvärtningslam	45 000 ton/år	1 av 5 bränner 4 av 5 deponerar	inga speciella försök

När det gäller förbränning av bioslam kan särskilt nämnas Metsä-Botnias bruk i Kemi. Där har man sedan 1993 bränt sitt bioslam, ca 15 ton TS/dygn i sodapannan (38). Efter förtjockning håller slammet 2-4% TS och genom centrifugering höjs torrhalten till 10-12%. Eftersom kloriderna huvudsakligen finns i vattenfasen, betyder centrifugeringen att den mesta kloriden inte går vidare till indunstningen. Sedan följer en tillsats av kalk och uppvärmning innan det ytterligare avvattnade slammet går in till slutindunstningen. Denna sker med svartluten till 84% TS. Bioslammet utgör bara ca 0,5% av den torrsustans som går in i sodapannan.

I Kemi har man inte sett några negativa effekter på driften eller tillgängligheten, men man håller kloridmängden under uppsikt (39). De beläggingsproblem som rapporterats från USA har man inte sett, snarare är det mindre beläggning efter inblandningen av slam.

## 12.2 USA

1993 gjordes en genomgång av alternativ behandling av fast avfall i skogsindustrin i USA (40). Där framgår att organiskt slam (fiber-, kem-, bio- och avsvärtningslam) ofta brändes i barkpannor.

Försök med förbränning i sodapannan rapporterades ge problem med beläggningar och uppbyggnad av aluminium och klorid. Dessutom försämrades kapaciteten och mer alkali måste sättas till. Att detta inte stämmer med erfarenheterna från Kemi (39) kan bero på att man, särskilt då försöken i USA genomfördes, hade mycket större mängder klorid och även kalium (38).

I full skala tillämpades, förutom förbränning i barkpanna med eller utan föregående pelletering/brikettering, deponering, tätning av deponier samt tillverkning av byggnadsmaterial och enkla absorbenter typ kattsand. Möjligheter som nämndes och har testats i minst pilotskala, men inte användes vid något bruk, var användning som djurfoder (direkt eller efter uppgradering), framställning av etanol och våtoxideration eller superkritisk oxidiering. Våtoxiderationen skulle kosta ca 200 USD/ton slam, trots att man tillgodoså sig återvinning av fyllnadsmaterial.

Mesa och grönlutslam används en del i vägar. En blandning av lika delar mesa och sandig jord ger bättre bärighet än bara jorden, men dammar mer. Aska används också i vägar, men inte i topplaget (dammproblem) eller på vattenmättad mark.

Beträffande återföring av aska till skogs- och jordbruksmark finns det rapporter från mitten av 80-talet, men någon storskalig spridning tycks inte ske.

Sedan dess har inga nya sammanställningar av idéer publicerats, men däremot en bra översikt över omhändertagandet 1995, inklusive jämförelser med situationen 1988 och för en del avfall också 1979 (41).

1995 uppskattades den totala mängden av olika organiska slam (fiber-, bio- och kemslam) till 6,0 miljoner ton (TS). Motsvarande siffra 1988 var 4,1 miljoner ton. Tabell 3 visar hur omhändertagandet har förändrats under de senaste 15 åren.

Tabell 3. Omhändertagande av organiska slam i skogsindustrin i USA, procent av totalmängden (41).

	1979	1988	1995
Deponering, torr eller våt	86	74	50
Förbränning	11	18	25
Jordförbättring	2	6	12
Återanvändning internt		1	6
Annat nyttiggörande		1	7

Tendensen är alltså lik den i Sverige. Annat nyttiggörande tycks vara främst i lätt byggnadsmaterial, i andra papperskvaliteter och som absorbenter.

Askmängden uppskattades 1988 till 3,6 miljoner ton och 1995 till 4,2 miljoner ton. Av askan kom ca 25% från kol och nära 30% från olika slam. 1988 gick 84% av all aska till deponering (landfill or lagoon), men bara 70% 1995. Det innebär en liten minskning, trots den ökade totala mängden. För jordförbättring (land application) användes 5% 1988 och 11% 1995.

Andelen som gick till annat nyttiggörande ökade under perioden från 11 till 19%. De viktigaste användningarna var här som komponent i vägar och byggnadsmaterial och för täckning av deponier.

Den genomsnittliga kostnaden för deponering var 1995 ca 13 USD/m<sup>3</sup>, men väntades stiga snabbt till ca 29 USD/m<sup>3</sup> (41).

### 12.3 Kanada

Läget i Kanada 1995 är sammanfattat i en rapport från PAPRICAN (42). Den sammanställdes under en period då många bruk just hade tagit biologisk rening i drift, och började producera mer bioslam. Rapporten baseras på enkätsvar från 55 bruk som stod för 53% av Kanadas produktion av massa och papper.

För hela den kanadensiska skogsindustrin beräknades mängden organiskt slam till 1,7 miljoner ton TS 1995. Av detta var 42% primärslam, 26% sekundärslam (~bioslam), 18% blandslam och 12% deinkingslam. Medeltorrhalten för de olika slammen rapporterades till 29% för primärslam, 32% för sekundärslam, 27% för blandslammen och 44% för deinkingslam. Av alla dessa slam deponerades 49%, 39% förbrändes och resterande 12% fördelades på kompostering och direkt markspridning.

För oorganiska restprodukter uppskattades mängden till 870 000 ton TS år 1995. Av detta var 57% aska och slagg, 37% var kalkslam, mesa och grönlutslam, medan elfilterstofft från sodapannan stod för 6%. 85% av det här materialet deponerades, medan 10% gick till avlopp (främst sodastoft, men även en del av de andra kategorierna). Ca 4% spreds på mark direkt eller som del av kompost.

Senare data från Kanada håller på att sammanställas av Canadian Pulp and Paper Association (CPPA) (43).

## 13. Övrig information

Bilaga 1 är en lista på de kontaktpersoner vid olika bruk som intervjuats inom projektet.

Bilaga 2 är en motsvarande lista med externa kontakter.

Bilaga 3 visar programmet för det informationsseminarium som hölls i Stockholm 25 november 1997 med ca 45 deltagare från skogsindustrin.

## 14. Referenser

- (1). Ek, M., Palvall, B., Röttorp, J. och Sundquist, J.-O.: "Avfall från skogsindustrin - mängder, sammansättning och omhändertagande". Miljö 95/96 rapport nr 4 och IVL rapport B 1233, **1996**.
- (2). Naturvårdsverket: "Mål för särskilda avfallsslag", rapport 4602 **1996**.
- (3). Naturvårdsverket: "Aktionsplan Avfall", rapport 4601, **1996**.
- (4). Naturvårdsverket: "Skogsindustrins utsläpp till vatten och luft samt avfallsmängder 1995", rapport 4657, **1996**.

- (5). Rosén-Lidholm, S., Sundell, P., Dahlberg, H. och Welander, L.: Bioenergins miljö och hälsoeffekter”, Vattenfall Projekt Bioenergi, UB 1992/52, **1992**.
- (6). Anna Hinderson: ”Statusrapport över hantering och nyttiggörande av kol- och blandaskor”, Värmeforsk, Miljö- och förbränningsteknik rapport nr 620, **1997**.
- (7). Catharina Bäverman, Swerock, personlig information **1997**.
- (8). Skogsindustrin 1996. En faktasamling utgiven av Skogsindustrierna **1997**.
- (9). ”Slaggrus - ett material i kretslopp! Sysav visar vägen”, Recycling Nr 5 **1997**, sid 10-12.
- (10). Jenny Persson och Monica Wadfeldt: ”Bränna avfall löser problem och skapar nya”, Kemisk Tidskrift Nr 9 **1997**, sid 46-48.
- (11). Sven Asklund, Hallsta Pappersbruk, personlig information **1997**.
- (12). Anna Lundborg: ”Retur av aska från skogsbränsle” föredrag vid Nordiska Bioenergidagarna i Oslo 7-8 oktober 1997, sammanfattat i Bioenergi nr 6 (**1997**) sid 35-37.

För mer underlag hänvisas t ex till följande rapporter från Vattenfalls Projekt Bioenergi:

Granulerade vedaskors upplösning i skogsmark, Börjesson, Pål, U(B) **1992/17**  
 Karakterisering av vedaska, Eriksson J., U(B) **1992/47** och  
 Skogsbränsle, aska och ekologi, Projekt Skogskraft nr 21, Lundborg, Anna, **1994/6**

I Nuteks rapportserie finns bland annat följande rapporter, flertalet inom Ramprogram Askåterföring:

Effekter av askspridning i skogen, R **1996:13**  
 Kartläggning och syntes av teknik- och logistiksystem, R **1996:14**  
 Karakterisering och behandling av träaska, R **1996:15**  
 Effekter på floran efter tillförsel av ved- och blandaska, R **1996:36**  
 Uptag av tungmetaller i svamp och bär samt förändringar i floras sammansättning efter tillförsel av aska till skogsmark, R **1996:49**  
 Härdade vedaskors upplösning i skogsjord, R **1996:50**  
 Aska till skog på torvmark, R **1996:85**  
 Storskalig askåterföring - förutsättningar och hinder R **1997:30**  
 Beräkning av kemisk stabilitet hos biobränsleaskor R **1997:44** och  
 Vedaska och kalk - effekter på kväveminalisering och nitrifikation i en skogsjord R **1997:75**

- (13). Maria Greger, Lars Ekvall, Ann Helén Österås, Wiking Pettersson, Kurth Perttu and Pär Aronsson: ”Mixed waste products from pulp and paper industry used as fertilizers in forest” AFR report ? (ännu inte tryckt) (**1998**).
- (14). Thomas Sundqvist, ETC, personlig information **1997** och ”Ekologisk återföring av biobränsleaska, grönlutslam och kommunalt avfallsslam”, examensarbete, ETC report 9702 (**1997**).
- (15). Anders Berglund, Domsjö Fabriker, personlig information **1997**.
- (16). Gustaf Egnell, Hans-Örjan Nohrstedt, Jan Weslien, Olle Westling och Göran Örlander: ”Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) av skogsbränsleuttag, asktillförsel och övrig näringskompensation” Skogsstyrelsen rapport nr **1998:1**.
- (17). Per Ulmgren, STFI, personlig information **1997**.
- (18). Olle Jidinger, Stockholm Energi, personlig kontakt **1997**.
- (19). Einar Lindh och Håkan Carlsson: ”Armering och stabilisering av sand i bärlager vid förstärkning av väg”, VTI meddelande 708 (**1993**).
- (20). Jonas Andersson, Boliden AB i Stockholm, personlig kontakt **1998**.



- (21). Axegård, P. och Warnqvist, B.: "Lite klordioxid möjligt i hårt slutet massabruk, Del 2 - Slutning/återföring av blekerifiltrat", Svensk Papperstidning 100:4 (1997) 45.
- (22). Axegård, P. och Warnqvist, B.: "Lite klordioxid möjligt i hårt slutet massabruk, Del 3 - Ozon ett intressant alternativ", Svensk Papperstidning 100:5 (1997) 34.
- (23). Minday, A. M., Burke, M. A., Reid, D. W. and Brown, C. J.: "An overview of various strategies for balancing saltcake, chloride and potassium levels in an ECF kraft mill" in proceedings from TAPPI Minimum Effluent Mills Symposium, San Francisco October 23-24, 1997, p 115.
- (24). Peter H. Pfromm: "Low Effluent Processing in the Pulp and Paper Industry: Electrodialysis for Continuous Selective Chloride Removal" in proceedings from "Progress in Membrane Science and Technology" at University of Twente, the Netherlands, June 23-27, 1997, p 166.
- (25). Göran Sundström, Eka Chemicals, Sundsvall, personlig kontakt 1998.
- (26). Jan Nylander, Vägverket i Borlänge, personlig kontakt 1997.
- (27). Marianne Gyllenhammar: "Förbränning av returfiber och fiberslam i barkpannor", Värmeforsk rapport 624 1998.
- (28). Mats Lennvig, Stora Nymölla. personlig information 1997 och Svensk Papperstidning 100:10 (1997) 12.
- (29). Hans Torring, Econova Energi AB, personlig information 1997.
- (30). Ingrid Håstad, Naturvårdsverket, personlig information 1997.
- (31). Nils Jirvall, Skogsindustrierna, personlig information 1998.
- (32). Kemira Kemwater: "KREPRO Kemwater REcycling PROcess", broschyr 1997.
- (33). Sören Gotthardsson: "Termisk hydrolys (Cambi) - utnyttjar slammets resurser", Purac's Jubileumsseminarier 1996.
- (34). Bengt Hultman, KTH enligt Ny Teknik nr 42 (1997) 11.
- (35). Simon Lundeberg, RVF i Malmö, personlig kontakt 1997.
- (36). Dan Skog: "Kritiskt vatten renar farligt avfall", Kemisk Tidskrift / Kemivärlden Nr 3 1998, sid 39-40.
- (37). Reijo Saunamäki, KCL, Finland, personlig information 1998.
- (38). Jussi Mäntyniemi, Markku Isoniemi and Pauli Ilarila: "Biosludge and NCG incineration in a recovery boiler", International Chemical Recovery Conference in USA, 1995.
- (39). Veli-Antti Kivilinna, Metsä-Botnia Kemi Pulp Mill, Finland, personlig information 1998.
- (40). NCASI technical bulletin No. 655: "Alternative management of pulp and paper industry solid wastes" (1993).
- (41). Jay Unwin and Van Maltby (NCASI): "Trends in Residuals Management", Ohio TAPPI Environmental Health and Safety Reunion, January 22, 1998.
- (42). Ian Reid: "Solid residues generation and management by canadian pulp and paper mills in 1995", PAPRICAN Miscellaneous Report MR 352 (1997).
- (43). Brian O'Connor, PAPRICAN, Kanada, personlig information 1998.

**Kontaktpersoner inom skogsindustrin**

Sören Sjödin	Holmen Paper Braviken	011 - 23 65 33
Karsten Jonsson		
Eva Hydén	AssiDomän Skärblacka	011 - 24 55 60
Sivert Johansson		
Tomas Hübinette		
Roine Morin	SCA Sundsvall AB Östrands Massafabrik	060 - 57 64 50
Morgan Blixt	SCA Graphic Sundsvall AB Ortvikens Pa.	060 - 19 42 50
Hans Schröder		
Bengt-Arne Wexell	Iggesund Paperboard AB	0650 - 280 00
Christer Söderberg		
Dan Björk	Munksjö AB Aspa Bruk	0583 - 502 00
Jonas Pettersson Hagel		
Hans Karlsson	MoDo Paper AB Silverdalens Pappersbruk	0495 - 151 00
Gunnar Johansson	Södra Cell Mönsterås Bruk	0499 - 152 83
Stig Karlsson	Stora Hylte AB	0345 - 193 43
Ronald Gustafsson	Stora Billerud AB Gruvöns Bruk	0555 - 411 75
Rolf Larsson	Stora Billerud AB Div Skoghall	054 - 51 43 66
Alf Sondell		
Mikael Käll	Metsä-Särila Katrinefors Bruk	0501 - 642 29
Bengt Lundin	AssiDomän Frövi	0581 - 371 22
Ann-Sofie Ahlfors		
Alf Andersson		
Kerstin Englund	Stora Fors AB	0226 - 350 50
Anna Nygren		
Anders Berglund	MoDo Paper AB Domsjö Fabriker	0660 - 755 70
Anders Fransson	MoDo Paper AB Husums Fabriker	0663 - 180 71
Sven-Olof Westberg		
Karin Emilsson	Södra Cell AB Värö Bruk	0340 - 280 00
Lars Munter	Holmen Paper Wargöns Bruk	0521 - 27 7548
Linnea Lövgren	Stora Kvarnsveden AB	0243 - 651 53
Hans Lindström	Stora Nymölla AB	044 - 10 42 81
Mats Lennvig		
Birgit Walldorf	Rottneros Rockhammar AB Rottneros Br.	0565 - 176 00
Torbjörn Blomberg	Rottneros Rockhammar AB Rockhammars	0581 - 377 00
Gunnar Johansson	Mölnlycke Tissue AB Edets Bruk	0520 - 592 41
Sven Asklund	Hallsta Pappersbruk	0175 - 261 09
Hans-Gösta Henriksson	Korsnäs AB	026 - 15 17 36
Rolf Lundberg	Norrsundet	026 - 856 24

## Viktiga uppgiftslämnare utanför den svenska skogsindustrin

Catharina Bäverman	Swerock, Box 177, 751 04 Uppsala	018 - 18 87 21	Fyllnadsmaterial	Gruvön
		fax 018 - 51 03 30		
Brian O'Connor	PAPRICAN, e-post oconnor@paprican.ca	1 - 514 630 4100	Kanadensisk skogsindustri	
		fax 1 - 514 630 4134		
Olle Gidinger	Stockholm Energi AB	08 - 782 84 83	Mesa för att binda SO <sub>2</sub>	
Maria Greger	Botaniska institutionen Sthlm Universitet	08 - 16 12 10	Aska till skog, näring, utlakning	
	Lilla Frescativ. 5, 106 91 Stockholm	fax 08 - 16 55 25		
Marianne Gyllenhammar	Scandinavian Energy project AB (S.E.P.)	031 - 779 42 00	Förbränning	
	Bror Nilssons Gata 16, 417 55 Göteborg f.	031 - 51 18 91		
Anna Hindersson	Vattenfall Utveckling AB	08 - 739 67 61	Kol- och blandaskor	
Ingrid Håstad	Naturvårdsverket	08 - 698 11 44	Aktionsplan Avfall,	
	Blekholtsterrassen 36, 106 48 Sthlm	fax 08 - 698 13 45	förbränningsdirektiv	
Veli-Antti Kivilinna	Metsä-Botnia Kemi Pulp Mill	fax 358 - 1046 61 531	Slam till sodapannan	
Kersti Linderholm	Silvbergs Miljöteknik AB	0243 - 530 39	Slam och aska till jordförbättring	Kvarnsveden
	Grängshammar, 781 93 Borlänge	fax 0243 - 530 12		
Anna Lundborg	Vattenfall Utveckling AB	08 - 739 70 11	Projekt Bioenergi	
	162 15 Stockholm	fax 08 - 739 58 82		
Hans van Mameren	RagnSells	031 - 36 28 55	Mesa till jordförbättringsmedel	Aspa
Jan Nylander	Vägverket Borlänge	0243 - 752 23	Vägsalt	
Reijo Saunamäki	KCL, P.O. Box 70, FIN-02151 Espoo	358 - 9 437 11	Finsk skogsindustri	
		fax 358 - 9 464 305		
Thomas Sundqvist	Energitekniskt Centrum i Piteå (ETC)	0911 - 23 23 80	Spec skogsind askor till skogen	
	Box 726, 941 28 Piteå	fax 0911 - 23 23 99	Separation av kadmium	
Göran Sundström	Eka Chemicals	060 - 13 41 78	Elektrodialys av sodastoft	
Hans Torring	Econova Energi AB	011 - 646 10	Bark och slam till jord och bränsle	Aspa, Rockh. m fl
	Box 90, 616 21 Åby	fax 011 - 697 50		
Per Ulmgren	STFI	08 - 676 73 29	Kemikalieåtervinning	
Jay Unwin	NCASI, e-post jay.unwin@wmich.edu	USA:s skogsindustri		
Olle Westling	IVL, Aneboda, 360 30 Lammhult	0472 - 26 20 75	Aska till skog, MKB	
		fax 0472 - 26 20 04		

**Program för avfallsseminariet 25 november 1997**

- 9.30 Samling och kaffe
- 10.00 Välkomnande.  
Presentation av SSVL:s branschgemensamma miljöforskning.  
Lars Strömberg, AssiDomän/SSVL
- 10.20 Presentation av projektet ” Avfall från skogsindustrin - nya möjligheter till minimering och omhändertagande”  
Mats Ek, IVL
- 10.55 Framtida avfallshantering - tyngdpunkt på förbränning. EU-direktiv och svensk lagstiftning.  
Ingrid Håstad, Naturvårdsverket
- 11.40 Återföring av aska och olika slam till skogen: Erfarenheter av kompaktering, utläckagehastighet och effekter på tillväxten.  
Maria Greger, Stockholms Universitet
- 12.10 Återföring av aska och olika slam till skogen: Ekologisk återföring av restprodukter.  
Tomas Sundqvist, ETC (Energitekniskt Centrum i Piteå)
- 12.30 Lunch
- 13.40 Återföring av aska och olika slam till skogen: Askkaraktärisering och miljökonsekvensbeskrivning.  
Olle Westling, IVL
- 14.10 Bark och fiberrestprodukter till jordförbättring och bränsle.  
Hans Torring, Econova Energi AB
- 14.35 Slam och aska till jordförbättringsmedel - kretsloppstankar.  
Kersti Linderholm, Silvbergs Miljöteknik AB
- 15.0 Kaffepaus
- 15.30 Krav på askor och annat avfall som fyllnadsmaterial.  
Catharina Bäverman, Swerock
- 15.50 Allmän diskussion  
Mats Ek, IVL
- 16.20 Avslutning  
Bengt Hultman, MoDo/SSVL

## IVL Svenska Miljöinstitutet AB

IVL är ett oberoende och fristående forskningsinstitut som ägs av staten och näringslivet. Vi erbjuder en helhetssyn, objektivitet och tvärvetenskap för sammansatta miljöfrågor och är en trovärdig partner i miljöarbetet.

IVLs mål är att ta fram vetenskapligt baserade beslutsunderlag åt näringsliv och myndigheter i deras arbete för ett bärkraftigt samhälle.

IVLs affärsidé är att genom forskning och uppdrag snabbt förse samhället med ny kunskap i arbetet för en bättre miljö.

### Forsknings- och utvecklingsprojekt publiceras i

IVL Rapport: IVLs publikationsserie (B-serie).

IVL Nyheter: Nyheter om pågående projekt på den nationella och internationella marknaden.

IVL Fakta: Referat av forskningsrapporter och projekt.

IVLs hemsida: [www.ivl.se](http://www.ivl.se)

Forskning och utveckling som publiceras utanför IVLs publikationsserie registreras i IVLs A-serie.

Resultat redovisas även vid seminarier, föreläsningar och konferenser.



#### **IVL Svenska Miljöinstitutet AB**

Box 210 60, SE-100 31 Stockholm  
Hälsingegatan 43, Stockholm  
Tel: +46 8 598 563 00  
Fax: +46 8 598 563 90

#### **IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd**

Box 470 86, SE-402 58 Göteborg  
Dagjämningsgatan 1, Göteborg  
Tel: +46 31 725 62 00  
Fax: +46 31 725 62 90

Aneboda, SE-360 30 Lammhult  
Aneboda, Lammhult  
Tel: +46 472 26 20 75  
Fax: +46 472 26 20 04