

## Förslag till handlingsplan för askåterföring

Henrik Bjurström





# **Förslag till handlingsplan för askåterföring**

## **Suggestion for a course of action on recycling wood ash to forests**

**Henrik Bjurström**

Q4-110

**VÄRMEFORSK Service AB**  
101 53 STOCKHOLM - TEL 08/677 25 80  
Oktober 2002  
ISSN 0282-3772



## Förord

Henrik Bjurström har gjort en gedigen och lättläst sammanställning av situationen för återföring av askor till skogsmark. Utredningens sammanfattning och förslag är en viktig del i Värmeforsks program för Miljöriktig användning av askor 2003/4.

I SV. Sverige är försurningen stark och där synes vitalisering med askor tillsammans med kalk vara lämplig för att balansera och återställa för utlakningen av baskatjoner i skogsmark. Skogsstyrelsen har ett omfattande program för detta. Utredningen har bara delvis berört vitaliseringsproblematiken och bl.a. inte tagit med de försök med vitalisering av bokskogar som gjordes bl.a. på 80-talet. Dessa visar att asktillförsel har en positiv inverkan på markens och lövens näringsstatus samt på ollens grobarhet. Även vitalisering av björkskog visar samma tendens. Asktilförsel till lövskog verkar vara ett intressant område att studera.

För mineraljordar i övriga Sverige ger askåterföring till barrskog ingen eller ringa tillväxt och synes inte behövas för näringsbalansen under minst ett par skogsgenerationer. Men självklart så innebär allt uttag att man tär på förrådet av näringsämnen. Skogsstyrelsen rekommenderar att askåterföring sker till skogsmark där GROT (=grenar och toppar) uttages för energiproduktion för att ge ett långsiktigt hållbart skogsbruk. Ur ekonomisk synpunkt kan det ifrågasättas om vi i vår generation skall bekosta en återföring som inte behövs förrän om ett antal hundra år. Men ur miljö- och kretsloppssynpunkt så känns Skogsstyrelsens rekommendation som en riktig avvägning. De mesta av mineralämnena sitter ju i grenar och toppar i form av bark och barr/löv. Det är då en rekommendation som främst bör gälla skogsägaren. Däremot känns det fel att genom miljötillstånd tvinga energiproducenter att återföra askor till skogen, särskilt om andelen GROT är ringa eller ingen alls.

Utredningens sista bilagor berör av behovet av mycket svårlöslig pelleterad aska och när den något mindre svårlösliga krossaskan är lämpligt att använda. Min tolkning av bilagorna och diskussioner kring dessa frågor, är att vid tillförsel till färska hyggen, snötäckt mark och då det finns risk för kväveutlakning från organogena skogsmarker, då skall pelleterad aska användas. I övrigt är krossaska tillräckligt svårlöslig för asktillförsel till skogsmark.

Utredningen berör att vitalisering av organogena skogsmarker kan ge en ökad skogstillväxt. Beräkningar utanför utredningen visar att askspridning där kan ge ett positivt nuvärde. Asktilförsel är även en förutsättning för beskogning av torvmarker t.ex. för skördade torvtäkter. Det finns stora skogsarealer av dikade organogena skogsmarker som skulle kunna ges en ökad tillväxt med askspridning. En ökad tillväxt skulle kunna ge ökade möjligheter för både industrin och miljövården., att välja ut lämpligaste områden för produktion respektive bevarande samtidigt som en ekonomiskt lönsam askspridning skulle sätta fart på denna verksamhet. Ur miljösynpunkt är dock askspridning på organogena skogsmarker ett komplext område. Det bör vara ett område som är intressant att studera vidare.

Claes Ribbing  
Programansvarig  
Värmeforsks program  
Miljöriktig användning av askor



## Abstract

I denna rapport lämnas en översikt över FoU och verksamhet om återföring av askan efter skogsbränsle till skogsmark. Följande åtgärder föreslås ingå i Värmeforsks delprogram "Miljöriktig användning av askor":

- o att etablera ett strukturerat arbetssätt för att identifiera hinder och motåtgärder,
- o att försöka identifiera marker där askåterföring även har en kortsiktig nytta,
- o att utveckla metoder att kvalitetssäkra askan, samt
- o att arbeta med lakegenskaperna samt att tekniskt utveckla askprodukten.





## Sammanfattning

Syftet för uppdraget som redovisas i denna rapport är ett förslag till handlingsplan för insatser inom området återföring av aska till skogsmark inom Värmeforsks delprogram ”Miljöriktig användning av askor”. Såväl utförd som pågående verksamhet, bl a FoU, har sammanställts. Därefter diskuteras dagens förhållanden och några förslag till angelägna insatser presenteras. Utgångspunkten för utredningen är att aska från biobränslen skall återföras, d v s spridas i skogsmark, för att kompensera för bortförslens av näring i samband med helträdsuttaget. Hänsyn tas därmed inte till diskussionen om askåterföring är motiverad eller inte, eller till andra användningar som kan vara mer ekonomiskt intressanta.

Åtgärder som askproducenterna kan överväga är följande:

- o att etablera ett strukturerat arbetssätt för att identifiera hinder och motåtgärder. Frågeställningen om varför askåterföring sker eller inte sker är komplex och kan troligen inte reduceras till en enda fråga. Möjliga åtgärder kan vara mer information, utveckla organisationen, etc beroende på vad hindret är.
- o att försöka få större intresse för återföringen genom att identifiera marker där även en kortsiktig nytta för tillväxten kan påvisas och främja spridningen av askan där. Notera dock att Skogsstyrelsen och Energimyndigheten reserverat sig: spridning till torvmark är inte återföring och spridning till kvävebelastad fastmark är inte önskvärt.
- o att utveckla metoder att kvalitetssäkra askan, vilken innebär jämnare och bättre kända egenskaper hos denna. Detta innefattar även en standardisering.
- o att delta i arbetet med att ta fram de krav på lakegenskaper som troligen kommer att ingå i riktlinjerna fr o m år 2005, eller driva parallellt arbete i syfte att få fram nödvändig kunskap.
- o teknisk utveckling av ”produkten”: dess hantering (bl a spridbarhet), dess funktion när askan är utlagd.



## Summary

The purpose of the study reported here is a suggestion for a course of action that could be adopted by The Swedish Thermal Research Institute (Värmeforsk), within its program “Environmentally correct utilization of ashes”, with regard to recycling wood ashes to forest soils. Past and present activities concerning recycling to forests, a.o. R&D, have been reviewed as a first step towards this goal. Thereafter, the present situation is discussed and some important actions are proposed. The assumption underlying the study is that wood ash shall be recycled, i.e. spread on forest soils, in order to compensate for the removal of mineral nutrients when whole trees are harvested. Account is taken neither of the discussion whether recycling ashes is necessary nor of alternative uses which might be more economically interesting.

Actions that the producers of ashes might consider are the following:

- o to establish a structured procedure to identify obstacles and actions to remove these. The question why ashes are recycled or not is complex, and it may be difficult to reduce it to a single question and answer. Actions that may be considered could be more information, improved organizational procedures, etc depending on the obstacle.
- o to try to build up more interest for recycling ashes by identifying areas where also a short term benefit for growth can be demonstrated and promoting the spreading of ashes there. Please note, though, reservations stated by the National Board of Forestry and the Swedish Energy Agency: spreading ash to peat soil is not recycling and spreading to nitrogen-burdened soil is not desirable.
- o to develop methods for quality assurance, which would lead to consistent and better-known properties for the wood ashes. This includes standardization.
- o to take part in the work aiming at the requirements on leaching properties that probably will be included in revised guidelines from 2005, or to perform parallel work in order to build up necessary know-how.
- o technical development of the “product”: its handling (a.o. during spreading), its function when the ash has been spread.



---

## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>INLEDNING .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>UPPDRAGET.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>ÖVERSIKT ÖVER UTFÖRD OCH PÅGÅENDE FOU .....</b>	<b>4</b>
3.1	FÖRE RAMPROGRAM ASKÅTERFÖRING.....	4
3.2	RAMPROGRAM ASKÅTERFÖRING .....	4
3.3	MYNDIGHETERNAS ARBETE MED ASKÅTERFÖRING.....	6
3.4	FoU EFTER RAMPROGRAM ASKÅTERFÖRING .....	10
3.5	PARALLELLA FoU-PROJEKT .....	14
3.6	ANNAN EKOLOGISK FORSKNING .....	19
3.7	KAM.....	21
3.8	FÖRSURNINGEN AV MARK OCH KALKNING AV SKOG .....	22
<b>4</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>FÖRSLAG TILL HANDLINGSPLAN.....</b>	<b>29</b>
<b>6</b>	<b>REFERENSER .....</b>	<b>30</b>

## Bilagor

- A VAD BÖR ÅTERFÖRAS OCH VAR?**
- B KARAKTERISERINGEN AV ASKAN**



## 1 Inledning

Syftet med delprogrammet ”Miljöriktig användning av askor” hos Värmeforsk är att öka kunskaperna om askor från energiproduktion så att möjligheterna att använda askorna ökar. Genom att samla resurser och erfarenheter samt genom att genomföra forskning, utveckling och demonstration skall kriterier och värderingar tas fram för de användningsområden som saknar sådana.

Två viktiga användningsområden är återföringen av mineraliska näringsämnen till mark och återskapade mineralier för olika tillämpningar. Återföringen innebär att ett kretslopp ordnas för dessa ämnen som förs bort från skogen då biobränslen tas ut. Genom att använda askor som byggnadsmaterial vid vägbyggen, deponier mm i stället för naturmaterial som grus eller bergkross sparas ändliga resurser.

Återföringen av aska till skogsmark är emellertid inte primärt en fråga om nyttiggörandet av mineraliska näringsämnen eller användningen av en restprodukt utan en fråga om skogens produktionsförmåga och dess uthållighet över flera generationer. Det är en åtgärd i kretsloppets tecken där varje länk är beroende av de andra länkarna. Återföringen är således en delfråga i ett omfattande komplex:

- o vad är ett rimligt uttag av biomassa i förhållande till markens produktionsförmåga,
- o vilken påverkan har uttaget av hyggesavfall (det s k GROT eller skogsbränslet) utöver det redan etablerade uttaget av stamved på markens produktionsförmåga,
- o vilken påverkan har faktorer som luftföroreningar och andra skadliga företeelser,
- o tänkbara kompensande åtgärder, t ex kalkning mot försurningen,
- o naturskydd och biologisk mångfald,
- o vad är ett lämpligt och uthålligt nyttjande av skogen.

I ett snävare perspektiv har askåterföringen sin rot i omställningen av det svenska energisamhället till bioenergi. Återföringen har förts fram som en förutsättning för att inhemska biobränslen, framför allt hyggesavfallet, skall kunna utnyttjas i större skala än hittills. Utredningar, forskning och utveckling har utförts, bl a med statlig finansiering, vilket lett till att helträdsuttaget eller uttaget av skogsbränslen samt askåterföring vunnit en viss acceptans. Incitament, kriterier och riktlinjer har tagits fram.

Den forskning som har utförts om bioaskans roll för skogens hälsa på kort sikt och på lång sikt är tämligen omfattande, men det finns fortfarande kunskapsluckor och en brist på samstämmighet. Acceptansen för askåterföring är inte total. Det förtjänar att påpekas i detta sammanhang att nyttan av kalkningen av fastmarker mot försurningen inte heller är accepterad av alla aktörer.

## 2 Uppdraget

Den fråga som ställs för Värmeforsks delprogram är vilka åtgärder behöver vidtas först av delprogrammet och sedan av askproducenterna för att askan skall kunna nyttiggöras i en återföringsverksamhet. Målet är givetvis att så stora volymer av lämplig aska som möjligt skall kunna spridas i skogsmark.

Uppdragets syfte är att ta reda på hur Värmeforsks delprogram "Miljöriktig användning av askor" kan komplettera, utan att överlappa dem, de FoU-projekt finansierade av Energimyndigheten som berör askåterföring.

Det konstaterades i inledningen att full enighet hos alla aktörer inte har nåtts i frågan om återföringen av bioaska till skogsmark är nödvändig eller effektiv. Det kan även finnas andra användningsområden för bioaskor som skulle kunna ge en ekonomiskt mer intressant avsättning för askan. I uppdraget tas inte hänsyn till dessa synpunkter

Utgångspunkten för uppdraget är att återföring av aska skall genomföras. Alternativa användningar av askan från biobränslen bortses ifrån.

Uppdraget omfattar därför:

- o en kortfattad lägesbeskrivning avseende regelverk, teknik och system, kunskap, pågående verksamhet, pågående utredningar samt pågående forsknings- och utvecklingsverksamhet
- o identifiering av problemområden, frågeställningar, eventuella teknikbehov samt organisationsfrågor
- o ett förslag till handlingsplan för delprogrammets insatser.

Vägledande för arbetet med att utarbeta ett förslag till handlingsplan är:

- o att de föreslagna insatserna skall ligga inom det verksamhetsområde som producenter av aska och finansiärer till Värmeforsks delprogram bedömer som intressant och angeläget
- o att insatserna skall komplettera, utan att överlappa, andra program med målsättning att utreda förutsättningarna för och konsekvenserna av återföring av askor till bl a skogsmark
- o att de insatser som föreslås även bör vara förenliga med Värmeforsks allmänna målsättningar och begränsningar, bl a att resultaten skall vara möjliga att implementera i praktisk ekonomisk drift inom 3-5 år från uppdragets slutförande
- o att de föreslagna insatserna skall rymmas inom en begränsad budget.

Uppdraget har genomförts under stark tidspress. Referensgruppen för uppdraget har utgjorts av arbetsgruppen för askåterföring inom delprogrammet "Miljöriktig användning av askor":

- o Magnus Berg, för ÅFORSK
- o Johan Ericson, Svenska Energiaskor
- o Matti Grönvall, Nordkalk
- o Anna Hindersson, Vattenfall Utveckling



- o Jan Holmlund, Enköpings Värmeverk
- o Bengt Jönsson, Öresundskraft
- o Jonas Karlsson, Eskilstuna Energi och Miljö
- o Erik Persson, Holmen Paper
- o Ola Petersson, Stora Enso Nymölla
- o Claes Ribbing, Värmeforsk

Utkastet till rapporten har skickats på remiss till skogsägare och myndigheter:

- o Göran Bergquist, Holmen Skog
- o Jörgen Dahlin, Stora Enso Research
- o Sven Hogfors, LRF/Skogsägarna
- o Christian Johannisson, Skogsstyrelsen
- o Anna Lundborg, Energimyndigheten

## 3 Översikt över utförd och pågående FoU

### 3.1 Före Ramprogram Askåterföring

Biobränslen och restprodukter är intimt sammanvävda med frågor som energiförsörjningen för Sverige, kärnkraft, elproduktion, fossila bränslen som olja och kol, miljöfrågor.

I den stora Kol-Hälsa-Miljö utredningen som utfördes 1979-1983 var inte bara utsläppens utan även restprodukternas påverkan på miljön en stor fråga. Såväl inverkan vid deponering under olika former som nyttiggörandet i t ex vägar studerades.

Motsvarande angreppssätt användes då torv och biobränslen utreddes under 1980-talet med programmen Torv-Hälsa-Miljö, Biomassa-Hälsa-Miljö. Användningen av aska från torv eller från träbränslen som konstgödsel har studerats i flera utredningar. Slutsatserna var att det var tveksamt om aska kunde användas som gödsel till åkermark, men att användningen som skogsgödsel var tänkbar [1], [2], [3].

Innan Vattenfall inledde en tioårig satsning på bioenergi under 1989 samarbetade man med Statens Energiverk (STEV) om ett projekt Gröndelar - Askåterföring. Under perioden 1989-1992 har Vattenfall genomfört Projekt Skogskraft i samarbete med Södra Skogsägarna. Målet för detta projekt var att utveckla och demonstrera metoder och system för att trädbränslen skall bli praktiskt, ekonomiskt och miljömässigt möjliga att använda i en skala lämpad för produktion av värme och kraft. Spridning av granulerad aska har undersökts i ett fältförsök.

Statliga utredningar som rapporterades i början av 1990-talet och som har betydelse för bioenergin och bioaskans användning är en statlig utredning, SOU 1992:90, om biobränslen [4], [5] där referens görs till kretslopp av mineraliska näringsämnen för att undvika en utarmning av skogsmarken och en minskning av dess produktivitet. Inför MILJÖ'93 har Naturvårdsverket analyserat miljötillståndet i Sverige i MIST-projektet. Av de åtta delrapporterna avser en metallerna [6] och en annan långlivade organiska ämnen. Även underlagsrapporter har tagits fram. I delrapporten om metaller i miljön diskuteras skogsmarkens och åkermarkens belastning med tungmetaller. I detta sammanhang kan noteras att användningen av avgifter för att begränsa kadmiumhalten i konstgödsel utreddes samtidigt.

### 3.2 Ramprogram Askåterföring

Ramprogram Askåterföring var ett sammanhållet forsknings- och utvecklingsprogram med målen att klargöra hur askåterföring påverkar förutsättningarna för en uthållig och hög biobränsleproduktion, och att utveckla/utvärdera storskaliga system för askhantering. Programmet, som löpte 1992-1996, samfinansierades av Vattenfall, Sydkraft och NUTEK.

---

En av Ramprogram Askåterförings viktigaste uppgifter var att ta fram tillräckligt underlag för att berörda myndigheter (Naturvårdsverket och Skogsstyrelsen) skulle kunna lämna rekommendationer och fatta policybeslut när det gäller återföring av aska. Ett antal av ramprogrammets projekt samfinansierades också med Naturvårdsverket och Skogsstyrelsen.

Insatserna fördelades på tre delområden:

- o Återföring av aska till skogsmark
- o Askhantering
- o Askkaraktisering

Delområdet *Återföring av aska till skogsmark* omfattade studier av de ekologiska effekterna av askåterföringen, bl a nitrifikation och kväveutlakning, tillgång på mineralämnen och spårämnen, tungmetallflöden samt effekter på flora och fauna. Flera av projekten som berörde ekologiska effekter av spridningen av kalk och aska samfinansierades även av Naturvårdsverket.

Resultaten av dessa studier är att inget finns som tyder på att askåterföring ger upphov till negativa effekter under förutsättning att askan sprids i stabiliserad form och i rimlig dos<sup>1</sup>. Delområdets resultat har redovisats i en rapport [7].

Delområdet *Askhanteringssystem* behandlade de tekniska och organisatoriska systemen för återföring av aska till skogsmark. Här utvärderades och utvecklades tekniker för behandling av aska och studerades hur system för hantering och spridning av aska skall utformas.

När askan tas ut ur en anläggning är den finfördelad och reaktiv. Den måste stabiliseras vilket innebär att oxiderna måste släckas och därefter omvandlas till stabila föreningar som karbonater eller ettringit, samtidigt som den agglomereras till större korn. Syftet är att minska lakbarheten hos de olika ämnena i askan så att chockeffekter undviks. Ett annat syfte är att göra askan spridbar och undvika att den dammar. Man har inledningsvis tittat på flera tekniker och valt ut självhärdning därför att den föreföll ge lägsta kostnader. Självhärdning innebär att askan blandas med vatten, läggs upp för att härda själv till stora klumpar, bryts upp och krossas när den skall spridas. Ingen maskinell utrustning används för att forma askkornen.

Mot slutet av Ramprogram Askåterföring togs pelleteringen upp: i denna teknik formges askan till stavar genom att pressas mellan två möntrade valsar.

Logistiksystemet för behandlingen, transporten till skogen och spridningen har beskrivits i en rapport av Lindström [8].

Inom delområdet *Askkaraktisering* studerades askans sammansättning, tekniska egenskaper och lämplighet för återföring samt hur dessa påverkas av faktorer som bränsleval samt teknik för omvandling och stoftrening. Askans egenskaper har

---

<sup>1</sup> Färska hyggen studerades inte inom Ramprogram Askåterföring.

undersökts för när den är härdad både kemiskt och fysikaliskt samt endast kemiskt. Partikelstorlekens betydelse för hastigheten med vilken askkornen löses upp har också studerats.

Det man söker utnyttja vid agglomereringen av askan är de självbindande egenskaper (de s k puzzolanska egenskaperna) som många askor uppvisar. Självbindande egenskaper är inte nödvändiga, men deras avsaknad innebär att bindande tillsatser som cement måste användas, vilket kan vara mindre önskvärt. Se även samlingsrapporten för delområdet [9].

De projekt som genomfördes under Ramprogrammet har redovisats i ett stort antal rapporter. Någon samlande skrift har inte getts ut, men de tre rapporter [7], [8], [9] till vilka refereras ovan utgör en tämligen komplett summering. De skrevs mot slutet av programmet. För en översikt över programmet och de anläggningstekniska aspekterna kan även hänvisas till en rapport hos Värmeforsk [10], medan de ekologiska aspekterna summerats i specialnummer av Kungl. Skogs- och Lantbruksakademins Tidskrift [11] och av Scandinavian Journal of Forestry Research [12].

Uppföljningen av Ramprogram Askåterföring gick två huvudsakliga vägar:

- o myndighetsarbete för att reglera askåterföringen
- o fortsatt forskning om inverkan av skogsbränsleuttaget och askåterföringen på miljön.

### 3.3 Myndigheternas arbete med askåterföring

Det första dokumentet som gav ramar för återföringen av aska till skogsmark är en informationsskrift från 1994 hos Naturvårdsverket, "Biobränsleaska i kretslopp" [13]. Denna skrift har tagits fram i ett samarbete mellan Naturvårdsverket och Skogsstyrelsen. Aska från rena biobränslen bör återföras till skogsmarken för att skapa ett kretslopp av näringsämnen, i doser motsvarande uttaget i samband med uttaget av skogsbränsle. Man ansåg att inledningsvis skulle aska spridas endast i väl kontrollerad försöksverksamhet. Krav ställs på askans kvalitet, d v s dess sammansättning, men endast som högsta acceptabla tillförsel av vissa tungmetaller<sup>2</sup> med aska till produktiv skogsmark under en skogsgeneration.

En PM om önskad kvalitet för aska i Skogsstyrelsens vitaliseringsgödsling 1995 gav riktvärden för askans sammansättning<sup>3</sup>, vilka är lättare att använda [14], [15]. Dessa anger högsta värdet för halten av flera tungmetaller i mg/kg samt önskat intervall av värden för halten av baskatjoner och fosfor. Förordningen SKSFS 1998:5 [16] kräver dock endast att askan skall vara härdad och ha en sådan partikelstorlek att den löses upp långsamt.

---

<sup>2</sup> Nio metaller: arsenik, bly, kadmium, koppar, krom, kvicksilver, nickel, vanadin och zink.

<sup>3</sup> Tretton metaller: de ovan samt bor, kobolt, mangan och molybden.

Det kan vara intressant att notera att den s k Slamöverenskommelsen träffades också 1994 mellan Naturvårdsverket och producenter av avloppsslam, även om tidigare texter finns. Kungörelsen som reglerar denna är SNFS 1994:2 (med ändringar i SNFS 1998:4) [17], [18]. Även här anges gränsvärden som högsta halt metall i jord och högsta acceptabla tillförsel i gram per hektar av tungmetaller till åkermark<sup>4</sup>.

Det är svårt att exakt jämföra siffror, men riktvärdena för återföring av kadmium till skogsmark genom askan och tillförsel till åkermark genom slammet korresponderar rätt väl. Skogsstyrelsens 30 g kadmium per hektar under en omloppstid motsvaras av mellan 30 och 130 års årlig tillförsel av slam med ett gränsvärde 0,75 g Cd per hektar och år. Observera att det gränsvärdet för slam har ifrågasatts av en senare utredning, SOU 2000:53, där man kräver att gränsvärdet sänks från ca 60 mg kadmium per kg fosfor i slammet till paritet med konstgödselns<sup>5</sup> 5 mg kadmium per kg fosfor [19].

Under det att Ramprogram Askåterföring pågick gav regeringen NUTEK uppdraget att i samarbete med Skogsstyrelsen och Naturvårdsverket gemensamt utreda förutsättningarna för att eliminera de hinder som kan finnas för askåterföring i större skala. Uppdraget delrapporterades 1995 [20] och slutrapporterades 1997 [21]. Man fann följande i delrapporten:

- o Riktvärden för tungmetaller kunde vara ett hinder för den praktiska verksamheten även för ren träaska. Stora variationer i egenskaper och sammansättning förekom.
- o Avfallsskatteutredningen som tillsattes 1994 bearbetade då frågan om en deponiskatt på industriellt avfall, bl a askor, vilket torde leda till ett incitament för pannägaren, d v s askproducenten, att återföra aska till skogen<sup>6</sup>.
- o Inga lagliga hinder för askåterföringen kunde identifieras. Det var dock angeläget att rättsläget klargjordes över vem som bär ansvaret för att aska återförs till skog och mark.
- o Sameldning av olika bränslen av praktiska skäl eller av ”skattetekniska skäl” påverkar askans renhet.
- o Transporterna blir dyra och logistiken behöver optimeras

Man gav följande förslag till åtgärder:

- o samhällsekonomiska analyser med fokus på styrmedelsfrågor. Skulle användningen av bioaskor i t ex skogsvägar bli ekonomiskt intressant försvåras återföringen av näringsämnen.
- o riktlinjer för tillförsel av olika ämnen, vilka ger en tolkning av de ekologiska effekterna och av restriktionerna.
- o standardiseringsarbete för aska, dels vad avser provningsmetoder, dels olika kvaliteter av aska.
- o anpassning av föreskrifter m m till återföring samt behandling och lagring av aska.

<sup>4</sup> Sju metaller: bly, kadmium, koppar, krom, kvicksilver, nickel och zink.

<sup>5</sup> Gränsvärdet för kadmium i konstgödsel är 100 mg per kg fosfor och en skatt baserad på kadmiumhalten tas ut mellan 5 mg/kg och 100 mg/kg.

<sup>6</sup> SOU 1996:139, och deponiskatten trädde i kraft 2000-01-01 [22].

I slutrapporten 1997 identifierades följande hinder [21]:

- o administrativa hinder, d v s ett regelverk för askåterföring som 1997 var ofullständigt samt kravet på deponering av askan i äldre driftstillstånd
- o energibesiktningen som befrämjade sameldning av olika bränslen
- o sameldning med andra bränslen, vilken har som konsekvens har höga halter av tungmetaller i askorna
- o bristen på företagsekonomiska incitament
- o ofullständig kunskap om långsiktiga ekologiska effekter

Åtgärder för att eliminera dessa hinder var:

- o en revision av regelverket kring uttag av bränslen från skogsmark
- o en anpassning av lagstiftningen
- o deponiskatten, vilken ansågs driva producenten av aska till samverkan med bränsleleverantören och markägaren
- o standardiseringsarbete
- o miljöcertifiering m m där återföring av askan förutsattes ingå som miljöåtgärd
- o FoU (dels redovisning av resultaten i Ramprogram Askåterföring, dels ett nytt program, se avsnittet nedan, ”Efter Ramprogram Askåterföring”)

Grunden för det fortsatta myndighetsarbetet är den miljökonsekvensbeskrivning (MKB) som tagits fram åt Skogsstyrelsen om skogsbränsleuttag, asktillförsel och övrig näringskompensation [23]. I denna preciserades den roll som spridningen av aska i skogsmark bör ha för produktionen av skogsbränslen: näringskompensation har ett långsiktigt syfte.

Den kan utföras under en stor del av omloppstiden, dock ej på färsk hyggen och nära slutavverkning (tidigast fem år efter avverkning, senast tio år före). Högsta dosen för näringskompensation fastställdes till 3 t/ha per skogsgeneration, vilket också fördes in i SKSFS 1998:5. Kompensation med kväve anses tillrådligt, men bör inte ske samtidigt som asktillförsel: helst minst ett år före och tidigast fem år senare.

Enligt denna MKB kommer användandet av trädaska och andra gödselmedel inte att öka nettoupplagringen av tungmetaller, organiska miljögifter och radionuklider i skogsekosystemet under förutsättning att halterna är låga i de olika kompensationsmedlen. Tillåtliga högsta halter av organiska miljögifter behöver klargöras innan asktillförsel genomförs i stor skala. Det kan noteras att man inte uteslutande kräver askor efter skogsbränslen utan anser att även blandaskor bör kunna användas om de uppfyller kraven på innehåll av näringsämnen och av oönskade ämnen.

Angående stabilisering av aska noteras i MKB:n att granulering av askan innebär en väl kontrollerad stabilisering av askan samt att självhärdning (krossaska) är svårt att få helt reproducerbar. Den dominerande anledningen till detta anges vara halten av oförbränt material.

**Faktaruta - Rekommendationer i Skogsstyrelsens MKB [23]**

I Skogsstyrelsens MKB för skogsbränsleuttag, asktillförsel och övrig näringskompensation identifierades ett antal kunskapsluckor, vilka innebar osäkerhetsmoment i författarnas slutsatser. Kunskapsluckor innebär också ett forskningsbehov, varav ca hälften berör aska, nämligen följande:

- o System för karakterisering av askans egenskaper i skogen behövs. Detta omfattar metoder för att beskriva textur, totalhalter av olika ämnen samt upplösningsförlopp och växttillgängliga andelar av näringsämnen.
- o Miljöeffekter av askdoser som överskrider tre ton per hektar (eller aska med tillsats av näringsämnen) efter stora uttag av GROT i bördiga skogar.
- o Effekter av asktillförsel på svaga boniteter.
- o Effekter av asktillförsel vid sådd och plantering.
- o Effekter av asktillförsel på förekomst av rotröta.
- o Effekter av helträdsuttag plus asktillförsel på flora, markfauna och mykorrhiza, jämfört med konventionell avverkning.
- o Kan skogshöns äta askgranuler eller askkorn, och om så är fallet vad är effekterna?
- o Effekter på nitratutlakningen av asktillförsel i särskilt kväverika områden (kvävehalt i årsbarr som överskrider 14 mg/g).
- o Asktilförselns långsiktiga effekt på utlakningen av försurande ämnen.
- o Effekter av helträdsuttag och utlakning om det utförs på torvmark.
- o Hur nära inpå, respektive efter, en avverkning kan trädaska spridas och kan riskerna för ökad utlakning motverkas med speciellt stabiliserad aska?
- o Långvariga förändringar av asktillförsel på kolomsättning och kolförråd.
- o Effekt av helträdsuttag och asktillförsel på metanoxidation och lustgasemission.
- o Effekt av helträdsuttag och asktillförsel på emissioner av växthusgaser från dikad torvmark.
- o Analys av förekomst av dioxin i olika trädaskor
- o Mer uppföljningar av tungmetaller i bäckvatten, särskilt kadmium och zink, efter asktillförsel.
- o Långsiktiga uppföljningar av tungmetallers tillgänglighet efter asktillförsel.
- o Nettoeffekter av asktillförsel på innehållet av  $^{137}\text{Cs}$  i växter, svampar och djur.
- o Fortsätta utveckla metoder att avskilja ej önskade ämnen (t ex tungmetaller) i aska.

Statens Strålskyddsinstitut gav ut 1999 riktlinjer [24] för aska som innehåller cesium-137 isotopen ( $^{137}\text{Cs}$ ). Aska med ett  $^{137}\text{Cs}$ -innehåll över 5 kBq/kg skall deponeras och tillförseln av aska till skogsmark bör inte leda till ett tillskott till marken som överstiger 1,5 kBq/m<sup>2</sup>. Riktlinjer har getts ut för hanteringen av cesiumhaltig aska vid vedeldning i villor [25].

En genomgång av erfarenheten med askspridning utfördes åt Skogsstyrelsen av Lindqvist [26]. Kvalitetskraven i Skogsstyrelsens PM 1995 och 1996 arbetades om till nya riktlinjer för askåterföringen som gavs ut 2001 [27]. Takvärden anges fortfarande som tillförsel av tungmetaller med aska till skogsmark under en skogsgeneration men även som rekommenderade högsta halter i askan<sup>7</sup>. Värdena har sänkts för några metaller (koppar, krom, kvicksilver, nickel och vanadin) och höjts för andra (arsenik, bly och zink).

Dosen aska som skall spridas i skogsmark i kompensations syfte skall beräknas efter förlusten av kalkverkan samt total bortförsel av baskatjoner. Dosen som anges i exemplen är 1-2 t/ha. Den högsta dos aska som får tillföras skogsmark är 3 t/ha enligt

<sup>7</sup> Tio metaller: bor, arsenik, bly, kadmium, koppar, krom, kvicksilver, nickel, vanadin och zink.

SKSFS 1998:5. Riktlinjerna öppnar för större tillförsel: om kompensationsbehovet är större än 3 t/ha (t ex torvmarker) skall denna dos tillföras i omgångar, högst 3 t/ha under en tioårsperiod.

Askan bör inte spridas under perioden fem år före avverkning till fem år efter avverkning. Om askprodukter utvecklas som inte ger upphov till någon nämnvärd utlakning under hyggesfasen (innan markvegetationen hunnit etablera sig) kan de spridas i samband med avverkningen.

I detta sammanhang kan noteras att detta meddelande anger en metod för att prova askprodukterna med avseende på långsamlösligheten men anger inte några riktvärden för denna.

### 3.4 FoU efter Ramprogram Askåterföring

Ramprogram Askåterföring följdes av ett program "Uthållig produktion av biobränslen från skogsmark" hos NUTEK som skulle omfatta 10 Mkr per år 1997-1999. Huvudpunkter i detta program var:

- o Miljökonsekvenser av biobränsleuttag
- o Behov av kompensationsåtgärder
- o Effekter av biobränsleuttag på kol- och vattenbalans i skogen
- o Intensiva skogsskötselsystem

Betoningen i programmet hade lagts på skogens långsiktiga produktivitet och askfrågor var ett delområde i området: Behov av kompensationsåtgärder. Frågeställningar som prioriterades var:

- o Hur skall askprodukten vara utformad för att optimera näringstillförseln och effekterna på markkemi och markbiologi?
- o Hur varierar utlakningsförloppen för tungmetaller med askornas kvalitet och behandling?
- o Vilka effekter har askspridning på flora och fauna?
- o Fördelar och nackdelar med andra kompensationsmedel än aska?
- o Hur snart efter avverkning är det möjligt att sprida aska, och vilka krav ställs i så fall på askprodukten?

När Statens Energimyndighet bildades 1998 övertog myndigheten energifrågorna från NUTEK, och därmed även ansvaret för programmet "Uthållig produktion av biobränslen från skogsmark".

F n pågår ett syntesarbete vid SLU i Uppsala som skall utmynna i en presentation av resultaten och slutsatserna från programmet "Uthållig produktion av biobränslen från skogsmark". Sammanställande broschyrer och Internetsidor skulle ha gjorts tillgängliga under hösten 2000. Planerna är nu att sammanföra denna syntes med motsvarande syntes för nästa period, se nedan, till en mer övergripande sammanställning.



Det program som Statens Energimyndighet driver för närvarande är ett program "Biobränslen och miljön" under perioden 2000-07-01 – 2004-06-30. Det övergripande målet är att skapa underlag för långsiktigt uthållig produktion av skogsbränsle, med hänsyn taget till ekologiska, ekonomiska samt tekniska möjligheter och restriktioner. Det behandlar skogliga/ekologiska frågor om helträdsuttag, näringskompensation inkl askåterföring, samt nya skogsskötselsystem som kan leda till högre bränsleproduktion. Det består av två delprogram: "Uthållig produktion av skogsbränsle", 8 Mkr per år, och "Bioenergi och biologisk mångfald", 4 Mkr per år. I båda delprogrammen ingår askfrågor.

Betoningen i dessa program är alltså huvudsakligen på de ekologiska effekterna av skogsbränsleuttag och av askåterföringen. Om Ramprogram Askåterföring omfattade tre delområden (Återföring av aska till skogsmark, Askhanteringssystem och Askkaraktärisering) så omfattar programmen 1997-2000 och 2000-2004 huvudsakligen det förstnämnda delområdet. Nedan ges en kort presentation av de projekt som utförts eller pågår. Observera att inte alla frågeställningar som identifierats i programförklaringar eller i MKB:n behandlas explicit. Energimyndigheten har även beslutat om stöd till empiriska studier i långsiktiga försök av bränsleuttaget och kompensation med aska. SkogForsk, Lunds universitet (Ekologiska institutionen), IVL i Aneboda och SLU i Uppsala får medel för att upprätthålla basresurser<sup>8</sup>.

*Cesium-137*: målet för projektet "Effekter av askåterföring på förekomsten av <sup>137</sup>Cs i vegetation och mark" 1997-2000 var att ge exempel på dessa effekter. Skogforsk har mätt radioaktiviteten av <sup>137</sup>Cs i flera fälbförsök före och efter askåterföring. Slutsatsen är att tillförseln av vedaska som kontamineras med <sup>137</sup>Cs inte leder till någon ökad <sup>137</sup>Cs aktivitet i marken [28]. Kalium har en viss roll i detta sammanhang då det är en känd antagonist till cesium. Målet för projektet under pågående program är att klargöra hur aska, kalium och andra näringsmedel påverkar fördelningen av <sup>137</sup>Cs i skogsekosystemet. Cesiumfrågan har även studerats i andra arbeten, se nedan.

*Kväve och aska*: när ett område avverkas upphör flödet av kväve och andra näringsämnen till träden, vilket leder till ett utflöde av kväve som nitrat från området. Under vissa förhållanden kan utflödet förstärkas av aska. I projektet "Effekt av askåterföring på kväveomsättningen i ett kväverikt granbestånd i Halland" studerade Skogforsk kväveutlakningen i en äldre granskog med mycket sur mark. Askbehandlingen minskade de ytliga marklagrens surhet men det avrinnande vattnet blev surare. Asktilförseln har lett till ökad utlakning av nitrater och aluminium och därmed motverkat sitt syfte [29]. I en parallell rapport studerades utlakningen av nitrater för helträdsuttaget [30]. Under pågående program är målet för projektet "Effekter av biobränsleuttag och askåterföring i en experimentell kvävegradient" att klargöra de kombinerade effekterna av kvävegödning, bränsleuttag och askåterföring på mark, vatten och träd. Underliggande frågorna är om aska kan tillföras under hygges- och plantskogsfasen, och vilka effekter askan ger om skogen har tidigare kvävegödning.

<sup>8</sup> Det är frågan om ett antal långliggande försök som anlagts i början av 1990-talet, bl a inom Ramprogram Askåterföring, och tidigare.

*Tillförsel av vedaska till fastmark under hyggesfasen:* målet för detta projekt hos SLU i Uppsala (Inst. för ekologi och miljövård) är att studera hur härdad vedaska som spritts under denna fas, samt i plantskog, påverkar nitrifikationsbenägenheten hos olika typer av vegetationer, utlakningen från mark, trädens tillväxt och näringstillstånd samt markvegetationens sammansättning och biomassa. Projektet inleddes under 1997-2000 och fortsätter under pågående program. Det avser bl a försöksytor som behandlades med aska 1993.

I sin avhandling slår Arvidsson fast att återföringen av härdad aska till skogsmark kan kompensera för uttaget av näringsämnen vid helträdsuttaget, utan att leda till ökad utlakning av nitrater [31].

*Kol-, närings- och tungmetallbalanser:* i projektet vid SLU, Inst. för skoglig marklära, skulle fastställas hur granulerad aska påverkar pH och kemisk sammansättning i bäckvatten. Dessutom dokumenterades en normal utlakning av olika ämnen i de olika faserna av en omloppstid. I nu pågående program innebar projekt "Långsiktiga effekter på avrinnande vatten efter askåterföring" en långsiktig uppföljning av miljöeffekter av askspridning som gjordes i ett avrinningsområde 1989-91. I jämförelse med obehandlade ytor har ytor där aska spritts fått högre pH, salthalt (kalcium, kalium och klorid) iakttagits men även minskad utlakning av kväve. Resultaten tyder på att återföring av en väl granulerad vedaska inte medför några större effekter på avrinningsvattnet de första åtta åren efter spridningen [32].

*Kortsiktiga effekter på tillväxten:* i projektet "Återföring av aska på skoglig fastmark – effekter på trädens stamtillväxt" vid SkogForsk mättes på nytt tillväxten i fyra försök som anlagts 1988-90. Resultaten antyder att tillförsel av aska tenderar att öka tillväxten på bördiga marker, men att minska tillväxten på mindre bördiga marker. Detta överensstämmer med erfarenheter från kalkningen. På bördiga marker kan en askåterföring eventuellt tillfälligt kompensera för de tillväxtförluster man normalt får efter ett skogsbränsleuttag. För att kompensera för dessa tillväxtförluster på mindre bördiga marker måste man även tillföra kväve [33].

*Näringstillstånd och bördighet på lång sikt:* i projektet "Revision av markens näringstillstånd i långliggande försök med skogsbränsleuttag respektive askåterföring" vid SLU i Uppsala, Inst. för ekologi och miljövård, studerades den försurande effekten av biomasseuttag och askans förmåga att motverka försurningen.

*Effekter på mykorrhiza:* vid Lunds Universitet, Inst. för ekologi, har studerats "Miljökonsekvenser av biobränsleuttag från skogsmark: effekter och interaktioner med mykorrhiza" 1997-2000, bl a effekten av granulerad aska. Målet för uppföljningsprojektet 2000-2004, "Ektomykorrhizasvampars betydelse för att frigöra näring och motverka kväveförluster i skogar efter asktillförsel, etapp 1" är att klargöra effekter av skogsbränsleuttag och askåterföring på mykorrhizasvampar och hur näring och tungmetaller i stabiliserad aska kan frigöras med hjälp av dessa. Ett annat mål är att studera sambanden mellan aska, mykorrhizasvampar och omsättningen av markens kväve.

---

Hösten 2001 inleddes ett projekt om ”Effekter av vedaska och biobränsleuttag på nybildning och omsättning av mykorrhizarötter” vid SLU i Uppsala.

*Mark- och vattenvård:* i projektet ”Mark och vattenvård i skog med biobränsleuttag” vid IVL i Aneboda under programmet 1997-2000 studerades hur askåterföring på granplantering med tidigare riståkt påverkar flödet av näringsämnen i skogecosystemet, tungmetaller i humus och förna samt granplantornas och markvegetationens tillväxt. I pågående program är målet för projektet ”Långsiktiga effekter av askåterföring på markvattenkemi och markvatten i skog, etapp 1” att klargöra långsiktiga effekter av askåterföring på markvattenkemi och markvatten i skog, för olika upplösningsegenskaper hos askor. Syftet är att med hjälp av modellberäkningar belysa hur askor med olika upplösningförlopp kan påverka den långsiktiga (ett skogsomlopp) markutvecklingen, i jämförelse med kalkning samt kvarlämnade hyggesrester. Projektet är ett komplement till modellberäkningar och fältstudier som görs inom Skogsstyrelsens kalkningsverksamhet.

I projektet ”Effekter av granulerad aska på finrötternas utveckling och vitalitet” vid SLU 1997-2000 följdes effekterna av gödsling med aska på provytor åtta år före undersökningarna.

Nya områden som tagits upp i nuvarande program (2000-2004) är följande:

*Näringsbalans:* målet för projektet ”Asktillförsel för bibehållen markbördighet - hur fungerar det?” (SLU i Uppsala, Inst. för skoglig mykologi och patologi) är att förstå de mekanismer som ligger bakom markens bördighet, och hur asktillförsel påverkar dessa. Projektet syftar särskilt till fosfortillståndet och den mikrobiella biomassan.

*Metoder att karakterisera askan:* målet för projektet ”Översättning av resultat från askklavningsförsök i laboratorium till fältförhållanden” vid IVL i Aneboda är att förbättra bedömningen av askors långsiktiga uppträdande i skogsmark, baserat på laboratorietest av askors utlakningsförlopp. Statens Provnings- och Forskningsinstitut (SP) har också fått medel för att validera en lakmetod, för vilket en rapport finns [34].

*Den biologiska mångfalden:* projekt vid Umeå Universitet, Inst. för ekologi och geovetenskap, gäller effekter av askåterföring på skogsväxters mångfald. Projektet ”Biologisk mångfald, skogsbränsle och skötsel av bestånd; effekter av biomassauttag i lövskog med nyckelelement, en experimentell långtidsstudie” drivs vid Göteborgs Universitet, zoologiska inst. och projektet ”Vedinsekter i avverkningsrester – bör uttaget av bioenergi koncentreras till vissa områden?” vid SLU, Uppsala, Inst. för entomologi. Projekten ”Effekter av vedaska på biologisk mångfald hos markfaunan” och ”Effekt av GROT-uttag på biologisk mångfald hos markfaunan” drivs vid SLU i Uppsala, Inst. för ekologi och miljövard.

*Nordliga förhållanden:* projektet ”Skogsbränsleuttag och kompensationsgödsling vid gallring i boreal barrskog” vid SLU, Vindelns försöksparker.

*Effekten av behandlad aska:* i projektet ”Markkemiska och markbiologiska effekter av värmebehandlade restproduktsgranulat” vid SLU i Uppsala, Inst. för skoglig marklära, studeras inverkan av den behandlade askan i en laboratoriestudie med artificiella markprofiler.

Därutöver har Energimyndigheten beviljat stöd till SkogForsk för ett projekt ”Återföring av massaindustrins barkaska till skogsmark”, för vilket en rapport finns [35], och till Universitet i Umeå, Oorganisk kemi för ett projekt om rening av askor på termisk väg: ”Ekologisk återföring av askor och slam till skogs- och jordbruksmark”.

De projekt som beviljats t o m 2001 men som inte har ordet aska i sin titel är följande:

- o Effekter av skogsbränsleuttag på markgeologiska processer och näringsdynamiken i rena och blandade skogsbestånd (SLU, Uppsala)
- o Lavar på GROT (SLU, Uppsala, Inst. för naturvårdsbiologi)
- o Riståktens och markberedningsmetodens betydelse för markskador (SLU, Umeå, Inst. för skogsskötsel)
- o Intensivodling av granskog för energiändamål (SLU, Uppsala)
- o Praktisk produktionsoptimering av gran (SLU, Uppsala, Inst. för skoglig produktionsteknik)
- o Intensivodling av gran genom gödsling av genetiskt förbättrade träd (SkogForsk)

### **3.5 Parallella FoU-projekt**

Utöver projekt inom Ramprogram Askåterföring som samfinansierades av Vattenfall, Sydkraft och NUTEK samt inom efterföljande program som helt finansierats av Energimyndigheten har ett flertal andra projekt genomförts. En del av dem har finansierats av energibolagen eller skogsbolagen, av forskningsstiftelser eller av andra myndigheter, såsom Naturvårdsverket.

Dessutom har projekt och program som primärt avhandlar andra frågor än återföringen av bioaska betydelse för ämnet. De statliga myndigheterna har t ex även stött FoU-arbeten om energiskogar, d v s odlingen av salix, där askfrågor dyker upp. Skogskalkning och den kretsloppanpassade massafabriken avhandlas dock i senare avsnitt.

Nedan ges en kort beskrivning över ett antal av dessa verksamheter.

#### **3.5.1 Teknikfrågor**

Under de askseminarier som organiserades 1991, 1994 och 1996 beskrevs flera projekt i vilka tekniker att behandla aska undersökts och provats fram. Inom Ramprogram Askåterföring har självhärddningen valts ut som första metod. Utanför detta program har andra tekniker anpassats och provats, bl a granulering med fallblandare eller med intensivblandare, trumgranulering, extrudering genom hålmatriser m m. I stor

utsträckning har askproducenterna valt självhärdning när de velat pröva att behandla aska.

Vid Falu Energi har askan från CFB tidigt behandlats genom självhärdning och spritts i skogsmark runt Falun. Verksamheten har beskrivits i några rapporter [36]. Falu Energi är fortfarande det enda energibolag i Dalarna och Gävleborg som återför aska [37].

I ett samarbete mellan STORA Skog och Vattenfall genomfördes storskaliga försök att behandla aska (trumgranulering, tvångsblandare och självhärdning) och sprida den i skogen med olika tekniker [38]. Askkvaliteten varierade mycket mellan de olika behandlingsteknikerna vilket påverkade spridningsresultatet. Problem uppstod med aska som härdade i spridningsutrustningen. Granulerad aska gav bäst resultat men är dyrast. Spridningen bör ske på hyggen av praktiska skäl.

Valspelleteringen av aska som metod att behandla aska har tagits upp under Ramprogram Askåterföring [39]. Det är en metod med låg specifik kostnad som har förutsättningar att ge mer reproducerbara resultat än självhärdning och mer stabila askprodukter. Vidare undersökningar av metoden har utförts med finansiering från Värmeforsk [40]. Nästa steg var ett större projekt med flera finansiärer, däribland Energimyndigheten och Värmeforsk, i vilket en mobil pelleteringsutrustning anskaffades till STORA:s bruk i Fors och AssiDomäns bruk i Frövi. Totalt ca 1500 t aska har pelleterats med en mobil valsanläggning vid Frövi och Fors. Den pelleterade askan har utvärderats med avseende på lakegenskaper i laboratoriet och finns pågår utvärderingen av egenskaperna i fält. Rapporter finns: dels en rapport hos Värmeforsk [41], dels en rapport hos Energimyndigheten [42].

I Kalmar har man samgranulerat aska och dolomit i en trumma och torkat askan med rökgaserna från pannan, vilket bidrar till askproduktens större stabilitet genom karbonatiseringen. Man har numera övergått till valspelletering. I ett samarbete mellan Högskolan i Kalmar och Graninge Värme Kalmar har utrustning tagits fram och finns diskuterat med skogsägare intresset för spridning av granulaten. Läget redovisas i två licentiatavhandlingar [43], [44].

Det har debatterats vilken agglomereringsteknik som är ”bäst”, d v s vilken teknik som generellt ger de mest långsamlösliga askgranuler och de tekniskt sett mest tillfredsställande resultaten. I ett Värmeforskprojekt har olika metoder att behandla aska (granulering, valspelletering, självhärdning) jämförts med avseende på askproduktens lakegenskaper [45]. De olika metoderna kräver olika mängder vatten för processens genomförande. I vissa fall kan man i de vattensnåla metoderna (valspelletering, granulering med intensivblandare) tillföra lite vatten för att täcka själva askans behov av vatten för släckning. I så fall sprängs granulerna (eller pelletsen) och askan pulveriseras. När tillräckligt med vatten tillförs för släckningen finns det knappast någon skillnad mellan metoderna.

### **3.5.2 Kadmium**

Inom Ramprogram Askåterföring utförde Vattenfall en förstudie över termisk rening av aska från kadmium [46]. Termisk rening innebär att askan värms upp varvid lättflyktiga komponenter som kadmium och kadmiumsalter sublimerar från askan och kondenseras eller återvinns i en kylare.

Arbetet fortsatte med ett EU-projekt i vilket, utöver Vattenfall, deltog Umeå Universitet, VTT i Finland, dk-Teknik i Danmark och Technische Universität Graz (Prof. Obernberger). Möjligheterna att separera kadmium från aska, antingen genom en termisk behandling eller genom s k bio-leaching (lakning och anrikning i bakterier) studerades i syfte att bygga en anläggning.

Vid Umeå Universitet och Energitekniskt Centrum i Piteå (ETC) har arbetet med termisk rening eller termisk behandling av askan fortsatt. Man har undersökt temperaturens inverkan på reningen, tillsatser av saltsyra för att driva av kadmium och cesium mer fullständigt, temperaturens betydelse för agglomereringsegenskaperna [47], [48]. Arbete pågår för uppförandet av en pilotanläggning.

Vid Chalmers Tekniska Högskola studeras specieringen av tungmetallerna (d v s i vilka föreningar de ingår) i askor från avfallsförbränningen, men även i bioaskan [49].

### **3.5.3 Karakterisering av askan och askans kvalitet**

Under Ramprogram Askåterföring har några projekt om karakterisering av askan genomförts, bl a vid Lunds Universitet, Ekologiska Inst., för vilket det finns en opublicerad rapport och vid IVL, om en lakning i etapper i syfte att belysa utvecklingen med tiden [50].

Inga projekt har genomförts om karakterisering av askan efter att Ramprogram Askåterföring slutförts. Då så har skett är det framför allt frågan om anläggningsfrågor, t ex beteendet i pannan och beläggningar.

En viktig fråga för behandlingen av aska är kvantifieringen av de krav som ställs på den återförda askprodukten, särskilt dess lakegenskaper. Det övergripande målet för det forskningsprogram som Elforsk försökte initiera 1999-2000 var att definiera de kvalitetskrav som ställs på bioaskor inför deras återföring. I programmet skulle ha ingått:

- o att kvantifiera begreppet stabiliserad och långsamlöslig aska
- o att klarlägga vilka kemiska villkor som måste vara uppfyllda för att en aska skall anses vara stabiliserad och långsamlöslig.

Två projekt skulle ha inletts, ett innebärande en uppföljning av försök där aska med kända egenskaper spritts till skogsmark, och ett omfattande en sammanställning och utvärdering av lakmetoder och lakegenskaper. Elforsk tog även initiativet till att

standardiseringsarbetet med laktester skulle återupptas och avrapporteras. Finansiering kunde inte erhållas fullt ut, varför insatserna inte blev av i detta programs regi.

Det bör nämnas att SkogForsk undersökte kopplingen mellan resultaten från lakförsök på aska i laboratoriet (ett kolonnförsök och en skaktest) och askans egenskaper i fält[51]. Man kunde inte finna något samband mellan dem. Inom Ramprogram Askåterföring utfördes försök, samband konstaterades men de verkade vara komplexa[52].

### 3.5.4 Energiskogar och intensifiering av odlingen

Energiskogar betyder i huvudsak odlingar av salix, vilket är ett snabbväxande trädslag som kan skördas med några års mellanrum. Återföring av aska för att bibehålla produktionsförmågan har inte varit lika aktuell som för skogsbränslen. Huvudskälet är att i jordbruket brukar gödslas, varför näringsbrist inte är lika akut som i ett skogsbruk där ingen mineralisk näring tillförs. En ytterligare anledning till detta är kadmiumfrågan: halterna av kadmium i askan överstiger ofta de riktvärden för tungmetallen som varit aktuella. Salix tar proportionellt sett upp mycket kadmium från marken där den växer, vilket ger en anrikning i askan [53].

Detta förhållande har utnyttjats i förslag om att använda salixodlingar som ett sätt att rena jorden från kadmium [54]. Salix extraherar kadmium ur jorden, askan efter salix deponeras. Under 2000 inleddes ett projekt "Värdering av miljönyttan av tungmetallrening från jord i samband med biobränsleanvändning i Sverige" vid Högskolan i Kalmar. I detta skall man försöka kartlägga aska, tungmetaller, rening av mark från kadmium genom salixodling, rening av askan från kadmium och från eventuella andra miljögifter. Målsättningen är att göra en samlad bedömning om när/hur/om det är miljöekonomiskt motiverat att rena aska från tungmetaller. Detta projekt utgör en bedömning för svenska förhållanden och liknande utredningar görs i ett pågående EU-projekt.

Då en nyckelfråga i omställningen av det svenska energisystemet till inhemska bränslen är tillgången till trädbränslen är en angelägen FoU-inriktning möjligheten att intensifiera även produktionen i skogsmark, t ex av gran, vilket skulle kunna ge större uttag av biomassa. Detta förutsätter dock tillförsel av näring, framför allt kväve, men även fosfor, kalium, magnesium och svavel, t ex genom askan [55], [56], [57], [58]. Flera projekt har startats inom pågående program vid Energimyndigheten.

### 3.5.5 Torvmarker

Behovet av kompensationsgödning diskuteras för att säkerställa produktiviteten på skoglig fastmark på lång sikt i en stor del av Sverige. Mer kortsiktiga effekter har erhållits genom att sprida jämförelsevis stora doser aska till torvmark som skall planteras med skog. Det är en vanlig åtgärd i t ex Finland. Betydande produktionsökningar kan erhållas.

Två rapporter finns inom Ramprogram Askåterföring vilka handlar om effekten av askan på produktionen och på miljön då aska sprids i skog som planteras på avslutade torvtäcker [59], [60]. Effekten på produktionen av biomassa har observerats på såväl vegetation som etablerat sig spontant som träd som planterats eller kommit upp naturligt. De miljöeffekter som beskrivs är växtnäringsförhållanden, tungmetallhalter och vattenkvalitet. Se även en doktorsavhandling [61].

### **3.5.6 Samspridning av aska och slam**

För ökad tillväxt i stora delar av Sverige är det inte aska som behöver tillföras utan kväve. I några projekt har man tänkt kombinera kvävegödsling<sup>9</sup> med tillförsel av aska. Det är en fråga om sampelletering av aska med slam, t ex det EU-projekt som drivs vid Lycksele Energi [63].

Emellertid förordar inte Skogsstyrelsens MKB att kväve och aska skall samspridas: en effekt av askans basicitet är att ammoniak drivs av. Slammets kväveinnehåll är för lågt och näringssammansättningen inte optimal. Vidare ger askans (eller kalkens) höga pH-värde en högre utlakning av nitrater.

I Enköping sprids bottenaska som blandats med rötad slam i kommunens salixodlingar, med givor på ca 20 t/ha. Det är ca 10 % av odlingen som gödslas på detta sätt varje år. Salix skördas ungefär var fjärde år och utgör 15 % av bränslet till anläggningen [64]. Spridningens effekt på markens och vattnets tungmetallhalt följs upp av SLU i Uppsala.

Inom den FoU-verksamhet som Stiftelsen Lantbruksforskning finansierat om salix finns även några arbeten som berör gödsling med restprodukter såsom avloppsvatten.

### **3.5.7 Varför sker inte askåterföring?**

Askåterföring är förutsättningen för omställningen av svenska energisystemet till inhemska bränslen. Staten, genom NUTEK och sedan Statens Energimyndighet, har genomfört stora program för att få spridningen av aska i skogsmark belyst ur miljösynpunkt. Emellertid har askåterföringen inte fått den omfattning som myndigheterna förväntat sig. Skogsstyrelsen uppskattar behovet av kompensationsgödsling till 40 000 – 50 000 ha/a, men idag är det bara 2 000 – 4 000 ha som är föremål för kompensationsgödsling [65], [66]. Energimyndigheten finansierar därför tre parallella studier om villkoren för askåterföringen.

Dessa tre utredningar är:

- o "Dagens socioekonomiska förutsättningar och morgondagens askåterföringssystem", genomförs av Folke Bohlin, SLU och Kjell Mårtensson, Malmö Högskola. I projektet skall institutionella, ekonomiska och

---

<sup>9</sup> Observera att gödsling med kväve är tillåtet endast i de nordligaste delarna av Sverige [62]. Förordningen SKSFS 1991:2 omprövas för närvarande och en reviderad text väntas under 2002 [27].



- organisatoriska hinder och möjligheter för askåterföring studeras hos myndigheter, askproducenter, entreprenörer samt den lokala opinionen.
- o "Återföring av träaska till skogsmark - produktion och system för hantering av aska i WX-län", genomförs av Jan-Erik Liss vid Högskolan Dalarna. Delfinansiering erhålls även från Strukturfondsprogrammet Mål 2. I projektet kartläggs biobränsle- och askflöden i Dalarna och Gävleborg i syfte att identifiera vilka delar av askåterföringssystemet som behöver utvecklas samt föreslå logistik och systemlösningar.
  - o "Förekomst av askor efter biobaserade bränslen, som inte bör spridas i skogsmark", genomförs av ÅF-Energikonsult, med delfinansiering från Ångpanneföreningens Forskningsstiftelse. I projektet kartläggs biobränslen (skogsbänsle, returbränslen m fl), i vilken utsträckning de blandas och de askor som de ger upphov till. Skulle blandaskorna kunna användas för kompensationsgödsling eller måste de renas?

### 3.6 Annan ekologisk forskning

#### 3.6.1 SUFOR

Ett av de program som Mistra stöder är SUFOR (SUstainable FORestry), Uthålligt skogsbruk i Södra Sverige, vilken samordnas av Lunds Universitet, Inst för Ekologi. Målet är att visa hur hög biologisk mångfald, gott hälsotillstånd för skogen och hållbar produktion kan kombineras med lönsamhet i praktiskt skogsbruk. Kvaliteten måste kunna upprätthållas från en trädgeneration till nästa. En första fas utfördes 1996-2000 och en andra fas löper under 2001-2004.

Forskningen sker på tre områden:

- o skötsel och samhälle, i vilket ingår bl a strategier för åtgärder mot näringsobalans, riskhantering, skogsskötsel och vattenkvalitet, näringsomsättning i skogsmark vid olika skogsbruksscenarier
- o prognoser och system, i vilket ingår kartläggning av potential för uttag av biomassa, stressmodellering, integrering av modeller
- o processer och mekanismer, i vilket ingår biologisk mångfald, virkesproduktion och näringsbehov hos olika trädslag

Tyngdpunkten i arbetet ligger i skapandet av beräkningsmodeller som kan användas som verktyg för att analysera de långsiktiga effekterna av olika skötselstrategier.

Slutsatserna hittills är bl a:

- o att skogsmarkens näringsförråd minskar i många områden i Södra Sverige
- o att vittringen inte kompenserar helt för bortförelsen av näringsämnen på vissa marker och att helträdsuttag bör kompenseras genom kompensationsgödsling eller återföring av vedaska.

### **3.6.2 ASTA**

Programmet ASTA (Abatement Strategies for Transboundary Air pollution) om gränsöverskridande luftföroreningar stöds också av Mistra. I programmet ingår studier av försurning och markens återhämtning som syftar till internationella och nationella åtgärdsstrategier för gränsöverskridande luftföroreningar. Med dessa avses i första hand  $\text{NO}_x$  och  $\text{SO}_x$ , men även marknära ozon och luftburna partiklar<sup>10</sup>. Dessa åtgärder mot försurningen är en förutsättning för uttaget av biobränslen från skogsmark. Arbetet, som löper i en första fas 1999-2002 samordnas av IVL. Samarbete sker med SUFOR-programmet.

De tre delprogrammen i ASTA är:

- o ett internationellt centrum för utvärdering och syntes som integrerade systemanalyser, så att informationen kan utnyttjas i den politiska beslutsprocessen
- o en nationell plattform för strategier för emissioner och markanvändning (d v s FoU-arbete)
- o förståelsen samspelet mellan vetenskap och politik.

Målet för FoU-arbetet i det andra delprogrammet är ett verktyg för att bedöma och förutsäga miljötillståndets långsiktiga utveckling i Sverige. I detta ingår att klarlägga de långsiktiga miljökonsekvenserna med hänsyn till bl a olika lösningar för system för energi och skogsbruk, däribland uttaget av skogsbränsle.

Även om den atmosfäriska depositionen av kväve och försurningen reduceras till nivåer under den kritiska belastningen samt miljön börjat återhämta sig innebär dynamiken i systemen att t ex det kväve som lagrats i mark och vatten fortfarande kan ge upphov till skador. I programmet har man sökt bedöma konsekvenserna av skogsbruket (enbart uttag av stamved eller helträdsuttag), kalkning, kompensationsgödsling. Enbart uttag av biomassa kan fördröja återhämtningen men kompensationsgödsling kan minska denna påverkan. Ett flertal rapporter har getts ut, se t ex [67].

### **3.6.3 Den biologiskt assisterade vittringen**

Vid Mitthögskolan i Östersund studeras samverkan mellan mykorrhizasvampar och trädens rötter. Svamparna utsöndrar organiska syror som angriper mineralen. Kalcium och magnesium frigörs och kan tas upp av trädrötterna [68], [69].

Den slutsats som dras i artiklarna är att den biologiskt assisterade vittringen klarar ganska väl av att förse växtligheten med näringsämnen. Man ställer sig tvekan till behovet av storskalig kalkning eller askåterföring.

---

<sup>10</sup>  $\text{PM}_{10}$  och  $\text{PM}_{2,5}$ , d v s partiklar som är mindre än 10  $\mu\text{m}$  resp 2,5  $\mu\text{m}$ .

### 3.6.4 Cesium-137 och strontium-90

Utanför Energimyndighetens program har några arbeten utförts om de radioaktiva isotopernas öde i biomassa och mark. Växtlighetens upptag av  $^{137}\text{Cs}$  har studerats i flera undersökningar hos Strålskyddsinstitutet (SSI). Beroende på kaliumtillgången återfinns cesium i biomassan eller stannar i marken. Dosering av kalium, t ex som bioaska, förhindrar att biomassan tar upp cesium. Det cesium som stannar i marken vandrar sakta ner genom marken.

Forsberg har studerat utlakningen av  $^{137}\text{Cs}$  och  $^{90}\text{Sr}$  i olika typer av jordbruksmarker. Isotopen  $^{137}\text{Cs}$  är svårtillgänglig för växtligheten redan efter 3-4 år men cesium ligger för det mesta kvar i de övre markskikten [70]. Däremot kan strontium lättare tas upp av växtligheten, vilket vägs upp av att det är mer rörligt. För båda isotoper minskar riskerna med tiden. I en del av von Fircks avhandling studerades salixodlingars upptag av dessa isotoper: god tillgång på kalium minskar upptaget av cesium och god tillgång på kalcium minskar upptaget av strontium [71]. Cesium ansamlas i rötterna och strontium i bladen. Halten cesium i den aska som återfördes understeg klart gällande gränsvärden.

## 3.7 KAM

Forskningsprogrammet "Kretslopp Anpassad massafabrik" (KAM) som finansieras av Mistra syftar till en massaprocess, baserad på dagens sulfatprocess, som är nästan sluten. Massafabriken blir en anläggning som producerar massa- och pappersprodukter av högsta kvalitet med minsta möjliga utnyttjande av icke-förnybara resurser, samtidigt som olika kemiska ämnen och överskottsenergi tas om hand med minimala utsläpp till omgivningen. I realiteten tillförs med veden alltid grundämnen som är främjande för massaprocessen (s k PFG) och som inte återfinns i produkterna. Dessa är desamma som de som återfinns i aska från veden.

KAM-programmet inleddes 1996, och en andra treårig fas löper 2000-2002. Delområden är:

- o Processkemi, som har som mål är att föreslå metoder att hantera processfrämjande grundämnen för att undvika problem i en nästan sluten anläggning
- o Separationsprocesser, som har som mål att föreslå tekniskt och ekonomiskt gångbara system att avlägsna PFG ur nästan slutna system
- o Energipotential, som behandlar massafabrikens roll i ett nationellt energisystem
- o Avlignifiering, som har som mål att ge kunskapsbasen för processerna i vilka lignin avlägsnas från fibrerna
- o Material- och energibalanser, som har för mål att utvärdera processlösningarna med avseende på balanserna
- o Mineralbalanserna, som har för mål att sammanställa kunskapen om flödet av mineraliska ämnen mellan skogen och massafabrikerna.

I det sista delområdet ingår uppskattningar av flödet av grundämnen från veden till fasta biprodukter, restprodukternas reaktivitet, en studie av möjligheterna att återvinna dessa samt hanteringen av restprodukter. Arbetet utförs vid SLU, Inst. för skoglig marklära,

utom den sista punkten som utförs vid Chalmers Tekniska Högskola, Skogsindustriell kemi.

Gruppen vid SLU har kartlagt grundämnes- och biomasseflödet. Uttaget av både stamved och GROT leder till stora uttag av mineraliska näringsämnen som kan innebära att skogsmarkens produktivitet på sikt kan försämrats. Återföring av barkaska och av grönlutsslammet kan ge tillbaka allt magnesium och lite till, men bara en del av kalium och fosfor. Motsvarande beräkningar har utförts för några tungmetaller.

Tyngdpunkten i arbetet vid Chalmers är produktionen av granuler eller pellets av huvudsakligen grönlutsslammet och mesan samt en bestämning av deras egenskaper (mekanisk hållfasthet, lakegenskaper, m m). Slammet och mesan har inte de självbindande egenskaperna hos torr aska, utan pelletsen som pressas måste värmebehandlas så att de sintrar ihop. Målet är en produkt som löser sig lagom långsamt.

### **3.8 Försurningen av mark och kalkning av skog**

Försurade sjöar har kalkats sedan 1982 för att avhjälpa konsekvenserna från försurningen. Kalkningen av skogsmarken i avrinningsområden kunde vara en förebyggande åtgärd mot försurningen av sjöarna. Kalkningen av skogsmark har pågått som försöksverksamhet 1989-1997. Det råder dock inte enhällighet om nyttan med kalkning av fast mark, se t ex Naturvårdsverkets sammanställning [72].

Anledningen till att aska används parallellt med kalk i åtgärderna mot försurningen är att den ger en mer balanserad näring till växtligheten än enbart kalk. Under 1990-talet har bioaska därför funnit en avsättning i Naturvårdsverkets och Skogsstyrelsens kalkningsprogram.

Skogsstyrelsen har tagit fram en miljökonsekvensbeskrivning för kalkning [73], analogt MKB:n för askåterföring. Under 1999 har även en Nationell plan för kalkning av sjöar och vattendrag sammanställts. I en underlagsrapport har man försökt bedöma de långsiktiga effekterna av kalkningen genom matematiska modeller<sup>11</sup>.

För närmaste tioårsperiod har Skogsstyrelsen tagit fram en åtgärdsplan [65] samt äskat medel för denna<sup>12</sup>. Beslut om tilldelning förväntas under hösten 2002. Insatserna föreslås delas upp i två faser: en förberedelsefas, den s k F-fasen, där kvarstående frågeställningar utreds och besvaras, och en åtgärdsfas, den s k Å-fasen. Den första fasen beräknas ta tre år i anspråk och den andra fasen sju år.

Följande FoU-frågor har identifierats:

- o inom vilka avrinningsområden finns åtgärdsbehov?
- o vilka marker bör undantas från spridning av aska och kalk?
- o produkter och doser

---

<sup>11</sup> Denna modell har också använts för att bedöma effekten av spridning av aska i ett projekt finansierat av Energimyndigheten, se avsnittet "Efter Ramprogram Askåterföring". Se även ASTA-programmet.

<sup>12</sup> Underlagsrapporter har publicerats av Skogsstyrelsen i en Temaserie "Markförsurning och motåtgärder".

- 
- o näringskompensation för biomassuttag
  - o anpassad skogsskötsel (val av trädslag, kvarlämnande av trädskikt i samband med slutavverkning, skogsskötsel nära vattendrag, konsekvenser för skogsproduktionen, rekommendationer för skogsskötsel)

Aska är inte någon huvudpunkt i skrivelsen. Emellertid planerar man att ta fram kriterier för lakningen av de medel som används, kalk samt aska. Arbete som görs i detta program kommer alltså att ha bäring på askåterföringen. Senast 2005 kommer riktlinjerna i Skogsstyrelsens Meddelande 2/2001 att ses över och kompletteras med krav på produkternas lakegenskaper eller reaktivitet [74].

Inom delområdet näringskompensation för biomassuttag vill man ta fram metoder att bedöma om ett biomassuttag kräver näringskompensation. Man avser även att utreda vilka konsekvenser uttag av GROT har för nitratutlakningen inom kvävebelastade områden samt vilka konsekvenser avbarrning av GROT har för näringsbalans och näringsutlakning.

I detta sammanhang kan noteras en jämförelsevis ny rapport där man konstaterar att granskogen har kunnat buffra och motverka den atmosfäriska försurningen. Nedfallet av kväve gav en ökad tillväxt, men den avmattning i tillväxten som iakttas kan bero på en brist på andra näringsämnen, såsom fosfor och kalium [75].

## 4 Diskussion

Inledningsvis kan konstateras att verksamheten som syftar till en utredning av förutsättningar för återföring av aska från biobränslen till skogsmark har varit omfattande. Det är huvudsakligen ekologiska aspekter som undersökts, men även tekniska frågor om behandlingen av askan har varit föremål för FoU-projekt.

Sett mot bakgrunden av de mål som delprogrammet ”Miljöriktig användning av askor” har, nämligen att ta fram kriterier och värderingar för de användningsområden av aska som saknar sådana, har insatserna inom området askåterföring varit framgångsrika. Det finns en viss acceptans, bl a hos myndigheter, för uttag av skogsbränsle och återföring av askan och det finns ett regelverk: Skogstyrelsens förordning SKSFS 1998:5 och kraven på askan i Meddelande 2-2001. Tekniken för att behandla askan till en stabil och långsamlös produkt finns. Återföring pågår också på vissa ställen.

Emellertid är uppfattningen att askåterföring inte fått den omfattning som myndigheterna förväntat sig då endast en tiondel av de aktuella arealen kompensationsgödslas. Frågan varför låter sig inte besvaras på ett enkelt sätt: dels är frågeställningen i sig komplex, dels vidrör den andra frågor, t ex försurningen, som också är sammansatta. I debatter har ett antal företeelser förts fram i syfte att förklara förhållanden:

- o Bränslen blandas nästan alltid, varför askan kan ha fått en sådan sammansättning eller sådana egenskaper att den inte får återföras (t ex höga tungmetallhalter).
- o Askproducenten deponerar hellre askorna eller använder dem till att bygga vägar, därför att det är ekonomiskt mer intressant.
- o Skogsägaren är inte intresserad av olika skäl, t ex för att denne inte kan se någon effekt av återföringen, eller, vad värre är, att en tillförsel av aska minskar tillväxten på kort sikt.
- o Skogsägaren är osäker, och eftersom aska skall tillföras endast en gång under en omloppstid på 60 till 100 år finns det ingen anledning att skynda sig.
- o Det är för dyrt.

Notera att varje påstående ovan omedelbart väcker följdfrågor. Något, några, alla, eller något helt annat skäl kan vara den förhärskande. Energimyndigheten finansierar tre studier som bearbetar olika aspekter av frågan. Möjligen kan de pågående studierna visa vilket är det dominerande hindret och hur knuten skall kunna lösas upp. Två av dessa utredningar kommer f ö att rapporteras i slutet av 2002.

I stället för att försöka reducera den komplexa frågeställningen till en enda fråga vore det mer fruktbart att etablera ett strukturerat tillvägagångssätt för att identifiera delfrågorna och tänkbara motåtgärder. Frågan om varför restprodukter inte kommer till användning är nämligen inte unik för askåterföringen. Den kan i så fall utgöra ett pilotfall för andra tillämpningar som ligger längre bort från kriterier och riktlinjer.

---

Ett exempel på strukturerat arbetssätt kan vara en dansk utredning om varför jord inte återanvänds i ”tillräckligt stor” omfattning i vägar och anläggningsbyggen [76]. Man har studerat hindren varav flera motsvarar de företeelser som nämnts i föregående stycke, sökt sig vidare från svar till följdfråga och nästa svar, samt identifierat tänkbara åtgärder. Bland dessa, beroende på vilket hindret är, kan nämnas:

- o mer information, om hindret är okunskap hos någon av parterna,
- o förenklingar av administrativa förfaranden om hindret är en långsam eller ineffektiv myndighetsbehandling,
- o underlätta logistiken, d v s förbättra hanteringen,
- o avgifter, men detta föreslås med tveksamhet.

Innan frågeställningen om varför askåterföring sker eller inte sker analyseras kan vi konstatera följande: återföringen av bioaskan är inte primärt en fråga om nyttiggörandet av en restprodukt, utan en fråga om uthållighet på lång sikt för skogens produktionsförmåga. Den påverkan på produktionsförmågan som avses är den som orsakas av ett uttag av skogsbränsle som t ex GROT utöver det vanliga skogsbrukets uttag av stamved till virke eller massatillverkning. I strikt mening är askåterföring en kompensation för detta tillkommande uttag.

Strängt taget skulle det alltså inte vara all tillgänglig vedaska som borde återföras till de arealer där skogsbränsle skördats. Skogsstyrelsen uppskattar att uttaget av GROT på ca 30 000 ha/a motsvarar 5 TWh [66], medan enbart i fjärrvärmeföretagen motsvarar användningen av träbränslen ca 14 TWh. Å andra sidan återförs aska idag endast till 2 000 – 4 000 ha/a.

Aska från skogsbränslen kan komma att inte utnyttjas av olika skäl, varför annan aska med lämpliga egenskaper kan behöva utnyttjas. All träaska är i princip användbar för återföring. Debatten om bioenergin, myndigheternas verksamhet och tidigare genomförd FoU-verksamheten har etablerat askåterföring som en miljöriktig användning för ren träaska. Alternativa användningar har inte vunnit samma acceptans.

Det kan dessutom påpekas att motsvarande resonemang om uthållighet även kan föras om det vanliga skogsbruket, se avsnittet 3.7 om KAM-programmet i denna rapport. Kompensation för uttaget av mineraliska näringsämnen med stamveden kan komma att bli aktuell i vissa fall, vilket försvåras av att dessa ämnen ofta återfinns i den ekonomiskt värdefulla produkten och därmed inte längre är tillgängliga.

På ett övergripande plan kan man konstatera att ansvarsfrågan inte har lösts, vilket också påpekats i NUTEK:s skrivelse 1995. I och med energiproducenten och tillika askproducent är den enda som får intäkter utanför kretsen skogsägare – bränsleleverantör – energiproducent – mellanhand – skogsägare är det dessa intäkter som får bära kostnaderna för askåterföringen. Man vill gärna lägga ansvaret på askproducenten men kan inte göra det fullt ut, därför att denne inte har rådighet över marken där askan skall spridas. NUTEK efterlyste socioekonomiska analyser med fokus på styrmedelsfrågor.

Om vi föregår utredningarna om villkoren för askåterföring (avsnitt 3.5.7) och ett strukturerat angrepp på frågan kan en iakttagelse göras. Återföring är en abstrakt kretsloppsprincip vars nytta är svårt att omsätta i ekonomiska termer såsom nuvärde. Skogens tillväxt är en fråga om huvudsakligen markens bördighet och tillgång på kväve, inte tillgången på de mineraliska ämnena i askan. Då skogen avverkas tas inte kväve upp av växtligheten utan läcker ut från skogsmarken, vilket innebär en så att säga naturlig försurning. Det har visats att spridning av aska på hyggen i vissa fall förvärrar utflödet av kväve som nitrater och försurningen av marken. Det är inte den allra mest ideala utgångspunkten för en utveckling av askåterföringen till en allmän verksamhet.

Det kunde vara intressant att, i stället för söka återföra aska till alla typer av skogsmark, identifiera de skogsmarker där aska troligen gör även en kortsiktig nytta. Det kunde ge ett nuvärde där i form av ökad tillväxt. Lämpligen koncentreras insatserna till dessa områden med gynnsamma förutsättningar (t ex hög ståndortsindex d v s hög produktivitet, organiska jordar) och hoppas att lyckade exempel drar med sig områden där förhållanden inte är lika gynnsamma för återföring. Elforsk har låtit SkogForsk göra en liten förstudie om möjligheten att ståndortsklassa aska. Huruvida ett sådant arbete faller inom askproducentens ansvarsområde och därmed i Värmeforsks har i skrivande stund inte värderats.

Under remissen till skogsägare och till myndigheter har det påpekats att spridning till marker där kortsiktig nytta kan erhållas inte nödvändigtvis skulle vara önskvärt. Möjligen kan det bidra till att hindret för återföring överhuvudtaget övervinns, men det bidrar inte till att aska sprids i den skogsmark där kompensation för uttaget av skogsbränsle behövs i ett långt perspektiv. Skogsstyrelsen påpekar att positiva tillväxteffekter på fast mark normalt är indirekta. Genom att tillföra reaktiv aska ökas utbudet av växttillgängligt kväve på kväverika ståndorter, vilket egentligen inte är önskvärt. På svaga marker blir det ingen tillväxteffekt därför att där råder kvävebrist<sup>13</sup>. På torvmarker, organiska jordar får man stora effekter på tillväxten, men det är tveksamt om det kan anses vara återföring av aska efter uttag av skogsbränsle.

Redan under Ramprogram Askåterföring valdes i stor utsträckning låga kostnader framför detaljerade funktionskrav: t ex valdes självhärddningen framför maskinell formning av askprodukterna. Behandlingen av askan är dock bara en del av hanteringskedjan och kostnader är viktiga i alla delar. Det kan finnas en risk att krav och kostnader suboptimeras i olika delar av kedjan i stället för att totala kostnaden minimeras. Två aspekter kan läggas på kostnadsfrågan: krav i fält och produktionsförhållanden.

Det har tidigare konstaterats att aska inte bör spridas på färska hyggen (se t ex Skogsstyrelsens MKB) då näring inte kan tas upp av växtligheten, vilket skulle leda till större utflöden av t ex nitrater, eller tas upp av ekonomiskt ointressant växtlighet. Det vore då mer intressant att sprida askan under de perioder då skogen växer som mest. Emellertid innebär det höga kostnader vid transport och spridning samt svårigheter att genomföra detta. Man tycks därför numera vilja sprida aska på hyggerna av kostnadsskäl.

---

<sup>13</sup> Se fö Skogsstyrelsens utredning av skogsmarksgödsling [77].



Detta ställer krav på askproduktens stabilitet. På sina håll framförs även önskemål om vad som närmast är en ”controlled release” produkt, d v s en produkt som är inert under ett antal år och, först när skyddshöljet som askkornen försetts med under drageringen lakats bort eller sönderfallit, då börjar avge de mineraliska ämnena.

Utgår man från den långsiktiga nyttan med återföringen, sedd som en kretsloppsåtgärd, skall man försöka, i ett första steg, uppnå denna med så få och så små skadeeffekter som möjligt på kort sikt. De skador som iakttagits kan bero, dels på att askan är mindre väl stabiliserad, dels på att marken kan vara känsligare än flertalet marker. Att askan inte är stabil kan i sin tur bero på brister i behandlingen, eller på att askan har sådana egenskaper. I stället för att kräva extrema egenskaper för att kunna sprida askan på alla marker kan det i nuvarande läge vara mer fruktbart att sprida de mest stabila askorna till den skogsmark som är mest känslig, och mindre stabila askor till de skogsmarker som är mindre känsliga. I Bilaga A har erfarenheten hitintills sammanställts som två matriser, en för skogsmarken, en för vegetationen. Det är frågan om en kvalitativ erfarenhet, utan de kvantitativa uppgifter som skulle precisera typ av skogsmark eller aska.

Skogsstyrelsen kommer att ta fram krav på lakegenskaper för kalkningsmedel och för aska inom den första (treåriga) fasen av den föreslagna åtgärdsplanen mot markförurning<sup>14</sup>. Det är angeläget att askproducenten med dennes kunskap om askans egenskaper representeras i detta arbete eller bedriver ett eget arbete för att skaffa sig kunskap för den egna behandlingen och konsekvenserna av de kommande kraven. Kunskapen om variabiliteten av askan och om förutsättningarna för en godtagbar produkt behöver byggas upp. Detta arbete skulle kunna bidra till att raden om kvantifieringen av egenskaperna i tabellerna i Bilaga A kunde kompletteras.

Notera i detta sammanhang att de flesta studier om askors egenskaper och funktion i fält inte karakteriserar askan på ett för anläggningsägaren, eller för den som framställer en askprodukt för återföring, tillfredsställande sätt. Mer uppgifter behövs om en erfarenhetsbank skall kunna utvecklas, se Bilaga B för ett förslag till karakteristika som bör ingå i en rapportering.

För att få ner produktionskostnader är den industriella världens åtgärd ofta att gå upp i storlek. Fasta kostnader kan då slås ut över en större produktion av produkter med relativt lågt värde. Produkter med högt ekonomiskt värde eller liten marknad kan bearbetas i mindre anläggningar och tinga ett högre pris. Aska är emellertid en restprodukt med tämligen lågt ekonomiskt värde och faller i små mängder: 10 000 t/a är en stor produktion för en energianläggning men liten i industriella sammanhang. Skall behandlingen ske hos askproducenten eller centralt? Med de små askmängder som faller i anläggningar blir nästan all utrustning dyr. För att få skalekonomi behöver man komma upp i storlek, vilket skulle kunna åstadkommas med en central anläggning som upparbetar askorna från flera förbränningsanläggningar. I så fall ökar transportkostnaderna och även säkerhetsfrågor relaterade till transporten [78]. Logistikfrågan är inte helt enkel. Däremot ökar den centrala hanteringen sannolikt möjligheten till en produktifiering av

---

<sup>14</sup> Det var detta som Elforsks program syftade till inför framtagandet av nuvarande riktlinjer för askåterföring.

askan som därmed kunde få jämnare och mer eftertraktansvärda egenskaper. Detta är en fråga som troligen finns även i andra användningsområden för aska och som rimligen bör studeras i ett jämförelsevis tidigt skede. Det kan påpekas att Naturvårdsverket förordat centrala anläggningar.

Skogsstyrelsen ställer idag krav på att totalhalter av flera grundämnen, halt extraherbara makronäringsämnen och spårämnen, halter av polyaromatiska kolväten och lakegenskaper skall ingå i kvalitetsuppföljningen. Vissa av dessa tester kan vara enkla men vissa kan vara omständliga och kostsamma. Prover skall tas ut minst var femhundra ton eller minst en gång per eldningssäsong.

Troligen beror en del av motståndet mot aska på att avnämaren inte riktigt vet vad produkten har för innehåll eller egenskaper. Det är delvis en fråga om standardisering vilket accepterade benämningar eller produktkvaliteter (produktifiering) skulle kunna råda bot på. Det är också en fråga om kvalitetssäkring utöver den lägsta nivå som representeras av Skogsstyrelsens riktlinjer. Jämnare kvalitet kunde vara en positiv faktor. Förutsättningen för en optimerad kvalitetssäkring är att variabiliteten hos produkten är känd, vilket ett samlingsprov var femhundra ton eller en gång per år inte säger mycket om, och behärskas. Ett kvalitetssäkringssystem bör innehålla:

- o en säkring av bränslets kvalitet
- o en uppföljning av några av askans egenskaper med korta intervall, samt
- o en kontroll av att askprodukten uppfyller kraven med de accepterade, eventuellt omständliga testerna med längre intervall.

Det vore angeläget att arbeten gjordes i denna riktning. För detta behövs kunskaper om bränslet, om förbränningsprocessen och om askan.

En aspekt av kvalitetssäkringen och av acceptansen för askan är de oönskade ämnena. Det är frågor som är gemensamma med andra användningsområden för aska:

- o Är PAH och dioxiner ett problem för askåterföringen?
- o Det finns ett behov av att veta vad man kan åstadkomma med rening på termisk väg, eller annan väg, framför allt för tungmetaller, och hur mycket det kostar.

Däremot förefaller inte cesium-137 vara något större problem f n. Med den dos kalium som finns i askan hindras cesium att tas upp i växter varför cesium transporteras sakta vidare neråt i jorden.

## 5 Förslag till handlingsplan

Denna utredning syftar till ett förslag till handlingsplan för insatser i området återföring av aska till skogsmark inom Värmeforsks delprogram ”Miljöriktig användning av askor”. Utgående från översikten över utförd och pågående verksamhet och från diskussionen i föregående avsnitt kan förslag lämnas i uppställningen nedan.

Utgångspunkten för utredningen är att aska från biobränslen skall återföras, d v s spridas i skogsmark, för att kompensera för bortförelsen av näring i samband med helträdsuttaget. Hänsyn tas därmed inte till diskussionen om askåterföring är motiverad eller inte, eller till andra användningar som kan vara mer ekonomiskt intressanta.

Förslagen har inte rangordnats med avseende på angelägenhet, eller värderats med avseende på relevans för Värmeforsks verksamhetsområde, med avseende på kostnader och möjlighet att genomföra åtgärderna inom en mycket begränsad budget.

Åtgärder som askproducenterna kan överväga är följande:

- o att etablera ett strukturerat arbetssätt för att identifiera hinder och motåtgärder. Frågeställningen om varför askåterföring sker eller inte sker är komplex och kan troligen inte reduceras till en enda fråga. Möjliga åtgärder kan vara mer information, utveckla organisationsformerna för återföringen, etc beroende på vad hindret är.
- o att försöka få större intresse för återföringen genom att identifiera marker där även en kortsiktig nytta för tillväxten kan påvisas och främja spridningen av askan där. Notera dock att Skogsstyrelsen och Energimyndigheten reserverat sig: spridning till torvmark är inte återföring och spridning till kvävebelastad fastmark inte är önskvärt.
- o att utveckla metoder att kvalitetssäkra som återförs, vilken innebär jämnare och bättre kända egenskaper hos denna. Detta innefattar även en standardisering.
- o att delta i arbetet med att ta fram de krav på lakegenskaper som troligen kommer att ingå i riktlinjerna fr o m år 2005, eller driva parallellt arbete i syfte att få fram nödvändig kunskap.
- o teknisk utveckling av ”produkten”: dess hantering (bl a spridbarhet), dess funktion när askan är utlagd.

För inriktningen på åtgärderna hänvisas även till föregående diskussionsavsnitt.

## 6 Referenser

- [1] Andersson A; "Torvaska som kalknings- och gödselmedel i jordbruket", Statens Energiverk, Stockholm 1985, rapport nr FBA-85/10
- [2] Holmen H; "Torvaska som gödselmedel i skogsbruket", Statens Energiverk, Stockholm 1985, rapport nr FBA-85/14
- [3] Moberg P-O och Tideström H; "Användningsmöjligheter för bioaska som gödselmedel", Statens Energiverk, Stockholm 1986, rapport SB-86/3
- [4] SOU 1992:90; "Biobränslen för framtiden", slutbetänkande av Biobränslekommissionen, Allmänna Förlaget, Stockholm 1992
- [5] SOU 1992:91; "Biobränslen för framtiden, bilagedel", slutbetänkande av Biobränslekommissionen, Allmänna Förlaget, Stockholm 1992
- [6] Notter M (Red.); "Metallerna i miljön", Naturvårdsverket, Stockholm 1993, rapport nr 4135
- [7] Lundborg A och Nohrstedt H-Ö; "Effekter av askspridning i skogen. Återföring till skogsmark", NUTEK, Stockholm 1996, rapport R 1996:13
- [8] Lindström I; "Kartläggning och syntes av teknik- och logistiksystem", NUTEK, Stockholm mars 1996, rapport R 1996:14
- [9] Nilsson C och Steenari B-M; "Karaktersisering och behandling av träaska", NUTEK, Stockholm 1996, rapport R 1996:15
- [10] Bjurström H och Sjöblom R; "Behandling av aska från biobränslen för spridning på skogsmark – etapp 1", Värmeforsk, Stockholm mars 1997, rapport nr 605
- [11] Carlestål B (Red.); "Ekologiska effekter av skogsbränsleuttag och askåterföring", Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien, Stockholm 1996, Kungl. Skogs- och Lantbruksakademins Tidskr., Årgång 135, nr 13
- [12] "Recycling of wood ash: selected results from a Swedish R&D programme", Scandinavian University Press, Oslo 1998, Scand. J. For. Res. Suppl. No 2 (1998)
- [13] Naturvårdsverket; "Biobränsleaska i kretslopp", Naturvårdsverket, Stockholm juni 1994
- [14] Lindström I; "Önskad askkvalite för försök med vitaliseringsgödning våren 1995", Skogsstyrelsen, Jönköping april 1995, PM
- [15] Axelsson M; "Önskad askkvalite för försök med vitaliseringsgödning våren 1996", Skogsstyrelsen, Jönköping februari 1996, PM
- [16] SKSFS 1998:5; "Skogsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om ändring i Skogsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd (SKSFS 1993:2) till skogsvårdslagen (1979:429)", Skogsstyrelsen, Jönköping november 1998
- [17] SNFS 1994:2; "Kungörelse med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket", Natirvårdsverket, Stockholm juli 1994
- [18] SNFS 1998:4; "Statens Naturvårdsverks föreskrifter om ändring i kungörelsen (SNFS 1994:2) med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket", Naturvårdsverket, Stockholm juli 1998

- 
- [19] SOU 2000:53; "Varor utan faror, förslag till nya riktlinjer inom kemikaliepolitiken", slutbetänkande av Kemikalieutredningen, Fritzes, Stockholm 2000
- [20] Hillring B, Holm S, Samuelsson H och Wickström E; "Förutsättningar och hinder för askåterföring till skogsmark i stor skala", NUTEK, Stockholm september 1995, redovisning för ett regeringsuppdrag
- [21] Holm S, Samuelsson H, Wickström E, Staaf H, Boström B, Hillring B och Svensson M; "Storskalig askåterföring – förutsättningar och hinder", NUTEK, Stockholm maj 1997, rapport R 1997:30
- [22] SOU 1996:139; "Skatt på avfall", slutbetänkande av Deponiskatteutredningen, Fritze, Stockholm 1996
- [23] Egnell G, Nohrstedt H-Ö, Westlien J, Westling O och Örlander G; "Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) av skogsbränsleuttag, asktillförsel och övrig näringskompensation", Skogsstyrelsen, Jönköping mars 1998, rapport 1-1998
- [24] Statens Strålskyddsinstitut; "Policy för biobränsle", Statens Strålskyddsinstitut, Stockholm februari 1999, Dokument Dnr 822/504/99
- [25] Statens Strålskyddsinstitut, "Hantering av aska vid eldning med ved som innehåller cesium-137", Stockholm mars 2001, Dnr 829/3436/00
- [26] Lindkvist L; "Aska från biobränsle. Produktions- och kvalitetsaspekter beträffande näringskompensation och vitalisering av skogsmark", Skogsstyrelsen, Jönköping 2000, rapport 5-2000
- [27] Skogsstyrelsen; "Rekommendationer vid uttag av skogsbränsle och kompensationsgödning", Skogsstyrelsen, Jönköping april 2001, meddelande 2-2001
- [28] Högbom L och Nohrstedt H-Ö; "Effekter av askåterföring på förekomst av <sup>137</sup>Cs i vegetation och mark, slutrapport", Energimyndigheten, Eskilstuna 2000, rapport TB-00/9
- [29] Nohrstedt H-Ö, Högbom L och Nordlund S; "Effekter av askåterföring på kväveomsättningen i ett kväverikt granbestånd i Halland, slutrapport för projektet", Energimyndigheten, Eskilstuna 2000, rapport TB-00/3
- [30] Nohrstedt H-Ö, Ring E, Högbom L och Nordlund S; "Effekter av biobränsleuttag i en experimentell kvävegradient, slutrapport för projektet", Energimyndigheten, Eskilstuna 2000, rapport TB-00/2
- [31] Arvidsson A; "Wood ash application in spruce stands – Effects on ground vegetation, tree nutrient status and soil chemistry", Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. för ekologi och miljövard, Uppsala december 2001, doktorsavhandling, Acta Univ. Agr. Sueciae, Silvestria 221
- [32] Eriksson H och Nilsson T; "Långtidsverkan på avrinnande vatten av askåterföring till plantskog, slutrapport för en delstudie för det av Energimyndigheten finansierade projektet Skogliga åtgärder – effekter på kol-, näring- och tungmetallflöden", Energimyndigheten, Eskilstuna 2001, rapport TB-01/17
- [33] Jacobson S; "Återföring av aska på skoglig fastmark – effekter på trädens stamtillväxt, slutrapport", Energimyndigheten, Eskilstuna 2000, rapport TB-00/4

- [34] Haraldsson C; "Validering av lakmetod för askor", Energimyndigheten, Eskilstuna 2001, rapport TB-01/10
- [35] Ring E, Jacobson S och Högbom L; "Massaindustrins barkaska åt skogen. Slutrapport", Energimyndigheten, Eskilstuna juni 2002, rapport TB-02/5
- [36] Danielsson B-O; "Spridning av aska från Falu kraftvärmeverk, Fullskaleförsök 1995-1996", Energimyndigheten, Stockholm mars 1998, rapport ER 11:1998
- [37] Liss J-E; Högskolan Dalarna, muntligt meddelande, 2002
- [38] Hansson M; "Storskalig askhantering i Mellansverige", Vattenfall, Stockholm augusti 1998, rapport 1998/3 Projekt Uthålliga Energilösningar
- [39] Windelhed K; "Mekanisk bearbetning av askor", Energimyndigheten, Stockholm mars 1998, rapport ER 12:1998
- [40] Windelhed K; "Askåterföring – typlösning omfattande befuktningsanläggning och valsplettering", Värmeforsk, Stockholm oktober 1998, rapport 645
- [41] Windelhed K; "Valsplettering, Utvärdering och uppföljning av pilotprojekt omfattande ny teknik för framställning av pellets för återföring av bioaska till skogsmark", Värmeforsk, Stockholm maj 2000, rapport 695
- [42] Lövgren L, Lundmark J-E och Jansson C; "Kretsloppanpassning av bioaskor, utvärdering av ny teknik för plettering av bioaska med avseende på dels driftsegenskaper, dels miljöeffekter i skogen av askåterföring, Rapport etapp 1", Energimyndigheten, Eskilstuna 2000, rapport TB-00/10
- [43] Holmberg S; "Chemical and mineralogical characterisation of granulated wood ash", Göteborgs Universitet, Inst. För Geovetenskap, Göteborg 2000, Licentiatavhandling, skrift A62 2000
- [44] Svantesson T; "Automated manufacture of fertilizing granules from burnt wood ash", Lunds Tekniska Högskola, Inst. för industriell elteknik och automatisering, Lund 2000, licentiatavhandling, rapport TEIE-1024
- [45] Bjurström H; "Jämförelse mellan olika metoder att behandla bioaska som skall återföras", Värmeforsk, Stockholm maj 1999, rapport 669
- [46] Westermarck M och Gromulski J; "Termisk kadmiumrening av trädbränsleaskor", NUTEK, Stockholm april 1996, rapport R 1996:30
- [47] Sundqvist T; "A high temperature granulation process for ecological ash recirculation", Luleå Tekniska Universitet, Inst, Luleå, Luleå 1999, licentiatavhandling, rapport nr LTU-99/14
- [48] Byström M; "Thermal refinement and stabilisation of biomass ashes and sludges", Umeå Universitet, Inst. för oorganisk kemi, Umeå 2001, licentiatavhandling
- [49] Camerani M C; "Quantification and speciation of cadmium in fly ash", Chalmers Tekniska Högskola, Inst. för oorganisk miljökemi, Göteborg 2001, licentiatavhandling
- [50] Larsson P-E och Westling O; "Lakning av vedaska – en laboratoriestudie", IVL Svenska Miljöinstitutet, Aneboda januari 1999, rapport B1325
- [51] Ring E, Nohrstedt H-Ö och Jansson G; "Ash fertilization in a clear cut and in a Scots pine stand in central Sweden. Effects on soil-water and soil chemistry

- coupled to laboratory leachings of six ash products”, SkogForsk, Uppsala november 1999, report 2-1999
- [52] Nordin A; ”Askmedel och kalk – tidiga effekter på elektrisk konduktivitet och pH i en skogsjord och deras korrelationer med skaktest”, Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. skoglig marklära, Ultuna 1995, rapport SLU-SKOMA-R-69-SE
- [53] Ahlfont K; ”Kadmium i bioenergisystemet – en syntesrapport”, Vattenfall, Stockholm 1997, rapport Projekt Bioenergi 1997/5
- [54] Ahnland R; ”Salix kan rena åkrar från kadmium”, Energimagasinet 3/01, sid 36-37
- [55] Grip H; ”Miljökonsekvenser av intensiva skogsproduktionssystem, slutrapport för åren 1997-2001”, Energimyndigheten, Eskilstuna 2001, rapport TB-01/6
- [56] Nilsson L-O (Red.); ”Intensivodling av granskog för energiändamål, slutrapport”, Energimyndigheten, Eskilstuna 2001, rapport TB-01/9
- [57] Andersson M, Sallnäs O, Bergh J, Dahlin B och Börjesson P; ”Biobränsleproduktion genom näringsoptimerat skogsbruk”, Energimyndigheten, Eskilstuna 2001, rapport TB-01/7
- [58] Andersson M, Bergh J, Börjesson P, Dahlin B och Sallnäs O; ”Biobränsleproduktion genom näringsoptimerat skogsbruk”, Energimyndigheten, Eskilstuna juni 2001, rapport ER 7:2001
- [59] Magnusson T och Hånell B; ”Aska till skog på torvmark”, NUTEK, Stockholm december 1996, rapport R 1996:85
- [60] Magnusson T och Hånell B; ”Aska för beskogning av torvtäcker. Påverkan på växtnäringsförhållanden, tungmetallhalter och vattenkvalitet”, Energimyndigheten, Eskilstuna augusti 2000, rapport ER 18:2000
- [61] Nilsson T; ”Wood ash application – effect on elemental turnover in a cutover peatland and uptake in vegetation”, Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. För skoglig marklära, Ultuna november 2001, doktorsavhandling
- [62] SKSFS 1991:2; ”Skogsstyrelsens allmänna råd till ledning för användning av kvävegödselmedel på skogsmark”, Skogsstyrelsen, Jönköping 1991
- [63] Nilsson U; ”Trägna försök med slam och aska i Lycksele”, VAV-nytt 3/2001, sid 72-73
- [64] Holmlund J; Enköpings Värmeverk, muntligt meddelande 2002
- [65] Skogsstyrelsen; ”Åtgärder mot markförsurning och för ett uthålligt brukande av skogsmarken”, Skogsstyrelsen, Jönköping augusti 2001, meddelande 4-2001
- [66] Gustafsson K, Angelstam P, Eriksson H, Hultengren S och Weibull H; ”Framtidens skog. Några tänkbara konsekvenser för miljö och produktion av 1990-talets skogsbruk.”, Skogsstyrelsen, Jönköping januari 2002, rapport 8G-2001
- [67] Moldan F, Manngård B och Westling O; ”Återhämtning av försurad skogsmark med olika uttag av biomassa”, IVL, Aneboda 2001, rapport IVL B1424
- [68] Lundström U; ”Underjordiskt samarbete räddar skogen”, Forskning & Framsteg 2/01, sid 14-16

- [69] Engelmark Cederborg S; "Svampar räddar träden från försurningen", Kemisk Tidskrift 5/2000, sid 5-7
- [70] Forsberg S; "Behaviour of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in agricultural soils – Influence of ageing and soil type on availability, migration and plant uptake", Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. för markvetenskap, Uppsala 2000, doktorsavhandling
- [71] Von Fircks Y; "Distribution and seasonal variation of macro-nutrients, starch and radio-nuclides in short rotation salix plantations", Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. för lövträdsodling, Uppsala 2001, doktorsavhandling
- [72] Staaf H, Persson T och Bertills U (Red.); "Skogsmarkskalkning. Resultat och slutsatser från Naturvårdsverkets försöksverksamhet", Naturvårdsverket, Stockholm 1996, rapport 4459
- [73] Johansson M-B, Nilsson T och Olsson M; "Miljökonsekvensbeskrivning av Skogsstyrelsens förslag till åtgärdsprogram för kalkning och vitalisering", Skogsstyrelsen, Jönköping februari 1999, rapport 1-1999
- [74] Johannisson C; Skogsstyrelsen, muntligt meddelande, 2002
- [75] Persson T och Nilsson L-O; "Skogabyförsöket – effekter av långvarig kväve- och svaveltillförsel till ett skogsekosystem", Naturvårdsverket, Stockholm januari 2002, rapport 5173
- [76] Nejrup D, Mortensen B, Lützen O och Konge Nielsen N; "Barrierer for genanvendelse af forurennet, rensed og ren jord", Miljøstyrelsen, Köpenhamn 2002, rapport 666
- [77] Skogsstyrelsen; "Skogsmarkgödsling – effekter på skogshushållning, ekonomi, sysselsättning och miljö", Skogsstyrelsen, Jönköping juni 2002, Meddelande 6-2002
- [78] Carlsson B och Söderström K; "Hantering av rökgasreningsrest (RGR) från avfallsförbränning", Svenska Renhållningsverksföreningen, Malmö december 2001, rapport 02:01



## **Bilagor**

Bilagan "Vad bör återföras och var?" har skrivits med hjälp från Anna Lundborg vid Energimyndigheten.

Bilagan "Karakteriseringen av askan" har skrivits med hjälp från Jan Holmlund vid Enköpings Värmeverk.

## A Vad bör återföras och var?

Det enkla svaret på denna fråga, aska från skogsbränslen till den skogsmark där skogsbränsle, d v s GROT, tagits ut, är inte tillfredsställande. Svaret måste nyanseras.

Askan som tagits ut från en anläggning är finfördelad och reaktiv. Den måste stabiliseras vilket innebär att oxiderna måste släckas och därefter omvandlas till stabila föreningar som karbonater eller ettringit, samtidigt som den agglomereras till större korn. Syftet är att minska den hastighet med vilken de olika ämnena i askan lakas ut och blir tillgängliga för processerna i marken och sedan för växtligheten.

Det finns olika metoder att genomföra denna kemiska omvandling och agglomering. Om stabiliseringen har utförts väl bör askproduktens egenskaper vara ganska lika oavsett metod. Emellertid är askornas sammansättning och egenskaper varierande, vilket återverkar på resultatet av behandling med ena eller andra metoden, och stabiliseringsprocessen är inte alldeles lätt att styra. Det innebär att egenskaperna hos stabiliserade askor kan vara ganska olika. Vissa stabiliserade askor är mycket stabila och läcker ut sitt innehåll sakta utan några omedelbara konsekvenser för skogen. Andra askor kan läcka ut sitt innehåll betydligt fortare, i en takt som kan orsaka skador i skogsmarken genom såväl pH-ökningen som ökningen av salthalten. I det sammanhanget kan man notera att vissa salter, såsom kaliumsalter, har visat sig vara svåra att få kemiskt svårlösliga. Det innebär en risk för förluster av kalium.

En kontroversiell effekt som en spridning av aska kan ha på en kväverik skogsmark är en ökad utlakning av kväve. På färska hyggen är halten oorganiskt kväve vanligen förhöjd, varför hyggen hör till riskområden i detta avseende – ju mer kväverik marken är, desto större är risken. Där marken inte är lika kväverik blir effekten på utlakningen inte lika markerad men kan ändå bli oacceptabel. Likaså är uppvuxen skog mycket mindre känslig än färska hyggen.

Andra risker som en spridning av aska kan innebära är skador på vegetationen, t ex har man i vissa försök iakttagit brännskador på mossor. Troligen är det salthalten som orsakar dessa skador, vilka bedöms vara reversibla. Lavar och högre växter klarar askans direkta påverkan bättre än mossor. De ändrade näringsförhållandena kan i sig orsaka en viss ändring av artsammansättningen, d v s en indirekt påverkan. Det behöver inte vara något negativt, men om resultatet blir en ökning av ogräsliknande växter (nässla, hallon, mjölkört etc) kommer det att uppfattas som negativt.

All skogsmark är inte lika känslig, all aska är inte lika svårlakad. I ett mindre känsligt område kan det tänkas att en mindre väl stabiliserad aska kan spridas. Samma aska i en känsligare skogsmark kan däremot tänkas ge oönskade effekter.

I avvaktan på närmare uppgifter från t ex Skogsstyrelsen om önskade lakegenskaper eller riktvärden för dessa sammanställs nedan erfarenheten som hittills uppnåtts. Tabellerna uttrycker mer en känsla för det som är tillrådligt vid återföring än riktlinjer.

Tabell A1. Den hittills vunna erfarenheten om vilka stabiliserade askor som kan spridas i vilka skogsmarker.

Table A1. A summary of the experience hitherto gained about which stabilized ashes may be spread to which forest soils.

Askan är...	Mindre svårslöslig <sup>1</sup>	Svårslöslig	Mycket svårslöslig
Egenskaper i kvantitativa termer	Inga uppgifter	Inga uppgifter	Inga uppgifter
Exempel från försök	Krossaska	Krossaska, väl härdad och måttlig andel finfraktion	Valspelleterad eller granulerad aska
Lämplig skogsmark	Torr fastmark, kanske mark med vitaliseringsbehov <sup>2</sup>	Den mesta marken, utom den mest kväverika eller färska hyggen	Troligen kväverik mark och färska hyggen, men inte bevisat ännu
Undvik	Kväverik mark, torvmark	Extremt kväverik mark, torvmark	Troligen inga hinder, men måste testas empiriskt

Fotnot till Tabell A1:

<sup>1</sup> Askan skall ha behandlats så att den är svårslöslig, och i sammanställningen är det gradskillnader som avses. Det är inte ovanligt att en ”mindre svårslöslig” aska kallas för lättslöslig, vilket kan vara vilseledande med tanke på ordet inte tydligt utesluter färsk ej stabiliserad aska.

<sup>2</sup> I sådana fall bör för försiktighets skull dosen aska vara liten.

Tabell A2. Den hittills vunna erfarenheten om vilka stabiliserade askor som kan spridas i vilken typ av vegetation.

Tabel A2. A summary of the experience hitherto gained about which stabilized ashes may be spread to which vegetation.

Askan är	Mindre svårlöslig <sup>1</sup>	Svårlöslig	Mycket svårlöslig	Extremt svårlöslig
Egenskaper i kvantitativa termer	Inga uppgifter	Inga uppgifter	Inga uppgifter	Inga uppgifter
Exempel	Krossaska med hög andel finfraktion	Väl härdad aska med låg andel finfraktion	Granulerad eller valspelleterad,	T ex ”controlled release” aska
Känsligaste ståndorterna: färska hyggen på kväverik mark				Kan tänkas vara lämpligt <sup>2</sup>
Känsligaste ståndorterna: mark med (ask)känslig vegetation, t ex vissa mossor			Troligen lämpligt	Troligen lämpligt
Känsliga ståndorter, kväverik mark eller färska hyggen, torvmarker			Kan tänkas vara lämpligt <sup>2</sup>	
Kvävefattig mark	?	?	?	?
Mark med vitaliseringsbehov	Mycket försiktigt <sup>2</sup>		Kan tänkas vara lämpligt <sup>2</sup>	Lämpligt?
Övriga ståndorter, uppvuxen skog, plantskog		Lämpligt	Lämpligt	

Fotnot till tabell A2:

<sup>1</sup> Askan skall ha behandlats så att den är svårlöslig, och i sammanställningen är det gradskillnader som avses. Det är inte ovanligt att en ”mindre svårlöslig” aska kallas för lättlöslig, vilket kan vara vilseledande med tanke på ordet inte utesluter färsk ej stabiliserad aska.

<sup>2</sup> Det finns egentligen för lite underlag för en säker bedömning.

## B Karakteriseringen av askan

Askans från bibränslen uppvisar stora variationer i sammansättning och egenskaper som beror på typ av bränsle, bränslets ursprung, förbränningsanläggningens utformning, förhållanden under förbränningen, var i anläggningen denna aska faller, hur den tas ut och behandlas. En askprodukt som avses spridas i skogsmark har dessutom behandlats, d v s befuktats, agglomererats och lagrats, vilket också har betydelse för dess egenskaper.

I många studier har askan karakteriserats på ett relativt översiktligt sätt, som t ex i de första fälstudier av askans påverkan på skogsmarkens kemi: "självhärdad aska från anläggningen NN", med eventuellt resultatet av en totalhaltsanalys. Det räcker inte längre då mer detaljerade krav ställs på anläggningsägaren att askan har vissa egenskaper. Det bör även finnas referensmaterial, d v s uppgifter i en databas, att jämföra med.

Ett steg mot en långsiktig kunskapsuppbyggnad är en bättre karakterisering av alla askor som utnyttjas i forskningsprojekt, såväl de som berör produktionsförhållanden som de som berör askprodukternas funktion i fält. Följande uppgifter bör ingå i rapporteringen:

### Anläggningen

- o Typ av förbränningsanläggning (fluidbädd, trapproster, pelletsbrännare, m fl) och rökgasrening (cyklon, elfilter, spärrfilter, SCR/SNCR etc)
- o Vilken typ av aska? Flygaska från cyklon eller flygaska från elfilter, eller flygaska från både cyklon och elfilter, bottenaska...
- o Hur tas askan ut? Befuktad, torr, kontinuerligt eller töms silon med vissa mellanrum?
- o Vilket bränsle eller bränslemix? Gärna kompletterat med bränsleanalys
- o Driftsförhållanden vid förbränningen som gav upphov till denna aska (dellast, fullast, insats av stödbränslen, eventuella driftsstörningar)
- o Analysdata för askan (oförbränt – både vid 550°C och LOI - sammansättning)

### Efterbehandlingen

- o Hur? (t ex befuktad, självhärdad, granulerad...)
- o Lagringstid? Under tak eller presenning, under bar himmel, regn...

### Spridningen

QA-uppgifter om satsen som utnyttjas med t ex siktkurvor, analysdata, lakegenskaper i någon standardiserad test.

Det kontrollprogram som Skogsstyrelsen rekommenderar består av den totala sammansättningen, halten extraerbara makronäringsämnen och spårämnen, summa polyaromatiska kolväten (PAH), mätning av konduktivitet i vattenextrakt, lakförsök.

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk forskning och utveckling. Forskningsprogrammet är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem.

Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Elforsk
- Svenska Fjärrvärmeföreningen
- Skogsindustrin
- Övrig industri

VÄRMEFORSK SAMARBETAR MED  
STATENS ENERGIMYNDIGHET

VÄRMEFORSK SERVICE AB  
101 53 Stockholm  
Tel 08-677 25 80  
Fax 08-677 25 35  
[www.varmeforsk.se](http://www.varmeforsk.se)

Beställning av trycksaker  
Fax 08-677 25 35