

MILJÖRIKTIG ANVÄNDNING AV ASKOR

1239

Syntes av Värmeforsks program "Miljöriktig användning av askor 2009-2011"

Birgitta Strömberg

**Syntes av Värmeforsks program
”Miljöriktig användning av askor 2009-2011”**

**Synthesis of Värmeforsk´s research programme
“Environmentally correct utilisation of ashes 2009-
2011”**

Birgitta Strömberg

Q9-106

Abstract

Värmeforsks program för Miljöriktig användning av askor 2009-2011 är den tredje etappen sedan starten 2002. Programmet har finansierat 37 olika projekt inom områdena Skog&mark, Geoteknik&deponi, Miljö&kemi samt Kommunikation&information. Programmets målsättning är att ta fram kunskaper för en användning av askor med fokus på både tekniska egenskaper och miljön.

Sammanfattning

Programmet "Miljöriktig användning av askor" vid Värmeforsk inleddes 2002 i syfte att öka kunskapen om askor för att möjliggöra ett nyttiggörande av förbränningsrester i Sverige. Programmet, som även kallas för Askprogrammet, har förlängts två gånger, först 2006-2008 och nu 2009-2011. Under hela programperioden har fler än 130 projekt finansierats av Askprogrammet till ett värde av närmare 100 miljoner kronor.

Som en avslutning på programperioden 2009-2011 önskar Energimyndigheten att Askprogrammet utför ett syntesarbete där kunskap som genererats inom programmet redovisas. Denna rapport utgör en syntes av arbetet och resultaten från den tredje perioden av Askprogrammet och identifierar praktiska metoder som är bra samt pekar ut kunskapsluckor och därmed framtida forskningsbehov.

Fler än 60 olika intressenter inom industrin och myndigheter har deltagit i en eller flera programperioder under de 10 år som programmet totalt funnits. Under den senaste programperioden deltog 31 industriföretag, 4 myndigheter samt ÅFORSK, som har varit finansiär av programmet under alla programperioderna. Energimyndigheten har finansierat programmet med ca 35% sedan starten 2002.

Askprogrammet 2009-2011 har finansierat 37 olika projekt med en total projektvolym på drygt 26 MSEK i fyra områden: skog och mark, geoteknik och deponi, miljö och kemi samt kommunikation och information.

I Sverige producerades 2010 ca 1,5 miljoner ton askor, varav ca 70% används som konstruktionsmaterial, främst till sluttäckning av deponier. Denna användning kommer att upphöra när aktiva deponier är sluttäckta inom 5-10 år. Askprogrammet har finansierat flera projekt där askors tekniska och miljömässiga egenskaper undersöks. Lyckosamma projekt är t ex stabilisering av grusvägar för att underlätta transporter på mindre vägar under hela året. Stabilisering av muddermassor är ett annat tekniskt intressant område där askor kan göra stor nytta och ersätta cement.

En viktig svensk användning är gödsling eller kompensation för uttag av biomassa från skogen. Än så länge sker återföring till skogsmark endast till en mindre areal av möjliga marker. Delvis beror detta på att det finns olika teorier om när och hur mycket aska som ska spridas och till vilka marker den ska återföras. Askprogrammet har finansierat både anläggande av nya försöksytor för askspridning och uppföljning av pågående försök. Projekten i skog och mark är av naturen långsiktiga och uppföljning krävs under lång tid för att få fram säkra resultat och rekommendationer.

Som komplement och stöd till projekten med återföring till skogsmark och användning av aska i anläggningskonstruktioner bedrivs projekt för att besvara frågor angående miljöpåverkan och hur användningen kan anpassas efter lagstiftning, både nationellt och internationellt.

Sverige är en del av den europeiska gemenskapen och omfattas av den gemensamma lagstiftningen för exempelvis avfall. Vikten av att kommunicera resultaten från programmet har under programperioden framkommit tydligt när olika medlemsstater i EU har helt olika

syn på hur askor ska klassificeras när det gäller farlighetsegenskaperna. Risken finns t ex att rena bioaskor blir klassificerade som farligt avfall pga högt pH-värde. Vi måste informera Sveriges deltagare med relevanta forskningsresultat för att de ska kunna argumentera korrekt i olika beslutande organ.

Förkortningar

CLP	Classification, labelling and packaging of substances and mixtures
BRINI	Sorterat avfall
DOC	Dissolved Organic Carbon
ECHA	European Chemicals Agency
FSA	Flygaskstabiliserat slam
GC/MS	Gaskromatografi/massepektrometri
GROT	Skogsbränsle (GRenar Och Toppar)
GWP	Global Warming Potential
LOI	Loss on Ignition
NPK	Kväve, fosfor och kalium (gödningsmedel)
PAH	polyaromatiska kolväten
PCB	polyklorerade bifenyler
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of CHemicals
SFS	Svensk författningssamling
TOC	Totalt organiskt/oxiderbart kol
TS	torrsubstans
UVCB	Chemical substances of unknown or variable composition

Executive Summary

The Swedish Thermal Engineering Research Institute, Värmeforsk, started the programme “*Environmentally correct use of ashes*” also known as the *Ash Programme* 2002. Since the start the programme has been extended twice, first 2006-2008 and now 2009-2011. Throughout the whole programme, more than 130 projects have been funded by the Ash Programme worth nearly 10 million €

As a summary of the programme period 2009-2011, the Energy Agency wants a synthesis of which knowledge has been generated within the programme. This report is a synthesis of the work and results of the third period of the Ash programme. The report identifies practical methods that are good as well as knowledge gaps and need for future research.

Sweden produced in 2010 about 1.5 million tons of ash, of which about 70% are used as structural materials, mainly to the final cover for landfills. This use will end when active landfills is covered within 5-10 years which means that new applications for these ashes must be found in the near future. In figure 1 the ash utilisation in Sweden 2010 is presented.

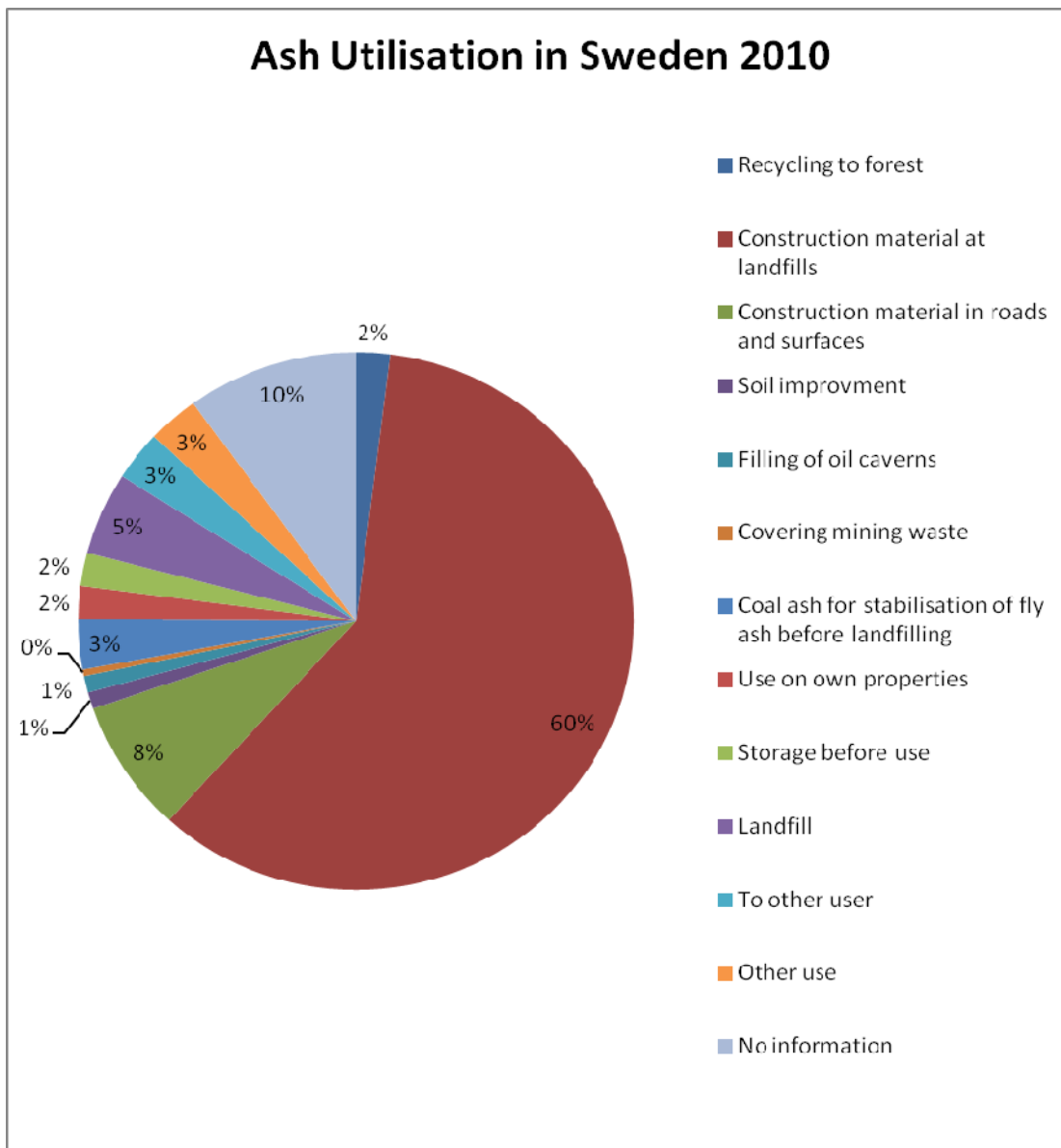


Figure 1. Ash Utilisation in Sweden 2010. From www.energiaskor.se

A major use of ashes in Sweden is compensation for the outtake of biomass from the forest. Sustainability in the use of wood-based biofuels requires that forest management is sustainable. This means that the nutrients that were removed at harvest should be returned to forest land, for example, as ash. Currently about 35000 tons of ash are recycled to forest land every year. Since the extraction of forest fuel is made from approximately 30 000 ha the amounts which should be returned would be expected to be in the order of 80-90000 tons / year

The overall objective of the *Ash Programme* is that the research will provide knowledge that enables utilisation of ashes, with low risk to health and the environment and good management of natural resources.

The program 2009-2011 has funded 37 different projects in four different areas: recycling to forest and agriculture land, geotechnical engineering and landfill constructions, environmental issues and chemistry and finally communication and information.

There are two main areas for utilisation of ash covered by the *Ash Programme*:

- i. Return to forest land to compensate for nutrient withdrawal
- ii. Use in civil engineering constructions to replace/complement natural materials

These two main areas have been supported by the other two through fundamental knowledge of the effects from the ashes on health and environment and through communication with important stakeholders.

Ash utilisation in the two main fields has similar issues since the effects from use of ash can be seen far in the future. The different objects must be monitored over many years to evaluate the environmental and technical impacts.

The major difference between the main areas is that recycling to forest land is approved by the authorities and landowners are encouraged to use the ashes. In the case of civil engineering the authorities must be convinced that ash material meets all requirements for environment and technology.

A summary of the contribution from the Ash programme during the last 10 years shows that although extensive knowledge of the material has been gained there is still important information missing to reach the goal that all ashes should be recycled in an environmentally sound manner.

Recycling to forest and agriculture land.

Current situation.

Ash recycling to forest land after outtake of biomass takes place to a very limited extent. Ash fertilization to forests on drained peat land usually yields higher growth and may also reduce acidification in water. At least in the short term, the emissions of greenhouse gases (carbon dioxide, methane, nitrous oxide) from the soil do not increase and may also decrease. Statistically significant increase of growth on forest land has not been shown, but there is a tendency to increase in growth on fertile soil.

Research needs

The need for research is to study the growth effects, follow and document the long term impact on the environment and to seek technology and methods for cost effective distribution of ashes. In addition, there is a need to communicate with all stakeholders about the spread of ash to forest land.

Geotechnical engineering and landfill constructions

Current situation

Ashes have been exploited on a large scale as a construction material in landfills, either individually or in combination with other waste materials in the form layer, cover layer,

drainage and others. This use can be expected to continue as long as landfills are in operation, which could mean 5-10 years. The use of ashes as a binder or aggregate outside the landfill is not as common.

Research needs

There is a need for research and development to enable that ashes can be used in construction work in the community and not primarily in landfills. Experience in the practical implementation of all aspects of a project, from feasibility studies and permits to complete construction and monitoring is necessary.

Environmental issues and chemistry

Current situation

The Ash programme has contributed greatly to the development of new knowledge. Large quantities of basic data have been generated, which gives a good understanding of different types of ashes with examples of their applications. The main focus of the projects has addressed issues with a relatively short term.

Research needs

The research and investigation required is defined by the needs that arise in the two main areas, recycling to forest and agriculture land, and geotechnical engineering and landfill constructions. There is a need for improved knowledge and tools to describe the long term chemical properties and environmental impact.

Communication and information

Current situation

Information about results from the Ash programme is spread via various routes eg. reports, newsletters, the program's website, international relations, international publications, workshops, seminars and others. The most important is "the good example". Generally, the information is considered to have difficult to reach outside the network.

Research needs

Communication activities of the results have priority, in order to facilitate consensus among stakeholders on the key issues. There is a need for an analysis of the target groups to make the communication tailored for the receiver.

It is important to inform decision makers in EU through a close dialogue with Swedish representatives in EU decision-making and consultative assemblies on issues relating to ash utilisation.

The Ash programme has through all the projects carried out over 10 years developed skills that are important for the environmentally sound use of ash. But it is still missing important information to reach all the way to the goal. A very important part of the Ash programme is the network built up and which contains many key players, researchers, ash producers, contractors and government agencies. The network has a major role in the success of the Ash programme and is an important resource for answering the questions that remain.

Innehållsförteckning

1	BAKGRUND	1
2	ASKMÄNGDER OCH ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN	2
2.1	ASKOR OCH RÖKGASRENINGSRESTER	2
2.2	ANVÄNDNING AV ASKOR	4
3	ASKPROGRAMMET 2009-2011	6
3.1	ASKPROGRAMMET 2002-2011	8
4	ASKA TILL SKOG OCH MARK	9
4.1	DEFINITIONER	11
4.2	ASKPROGRAMMETS PROJEKT	13
4.3	ASKA TILL TORVMARK	14
4.4	ASKA TILL FAST MARK	15
4.5	ASKA TILL ÅKERMARK (VÄRMEFORSKRAPPORT 1176)	19
4.6	ASKPROGRAMMETS BETYDELSE	19
4.7	FoU BEHOV	20
5	ASKA I DEPONIKONSTRUKTIONER	23
5.1	RÅMATERIAL FÖR TÄCKNING AV DEPONIER	23
5.2	DEPONIER OCH DEPONIKONSTRUKTION	24
5.3	PROJEKT I ASKPROGRAMMET 2009-2011	25
5.4	TÄTSKIKT (VÄRMEFORSKRAPPORT NR 1219)	25
5.5	SKYDDSSKIKT (VÄRMEFORSKRAPPORT NR 1171)	27
5.6	ASKPROGRAMMETS BETYDELSE	28
5.7	FoU BEHOV	29
6	MILJÖ OCH KEMI	30
6.1	RAMDIREKTIV FÖR AVFALL	30
6.2	REACH	31
6.3	HANDBOK FÖR ÅTERVINNING AV AVFALL	32
6.4	TESTMETODER	33
6.5	PROJEKT I ASKPROGRAMMET 2009-2011	34
6.6	ASKPROGRAMMETS BETYDELSE	37
6.7	FoU BEHOV	38
7	GEOTEKNIK	40
7.2	PROJEKT I ASKPROGRAMMET 2009-2011	42
7.3	TEKNIK	42
7.4	MILJÖ	45
7.5	SPRIDNING AV FÖRORENINGAR	46
7.6	ASKPROGRAMMETS BETYDELSE	48
7.7	FoU BEHOV	50
8	KUNSKAPSSPRIDNING	53
8.1	ASKPROGRAMMET 2009-2011	54
8.2	STRATEGI OCH UTVÄRDERING	55
8.3	DATABASEN ALLASKA (VÄRMEFORSKRAPPORT 1216)	57
8.4	INTERNATIONELLA PUBLIKATIONER	57
8.5	FoU BEHOV	59

9	SLUTSATS OCH FORTSATT FORSKNINGSBEHOV	61
10	LITTERATURREFERENSER.....	64

Bilagor

A ANGRÄNSANDE RAPPORTER

1 Bakgrund

Programmet "Miljöriktig användning av askor" vid Värmeforsk inleddes 2002 i syfte att öka kunskapen om askor för att möjliggöra ett nyttiggörande av förbränningsrester i Sverige. Programmet, som även kallas för Askprogrammet, har förlängts två gånger, först 2006-2008 och nu 2009-2011. Under hela programperioden har fler än 130 projekt finansierats av Askprogrammet till ett värde av närmare 100 miljoner kronor.

Fler än 60 olika intressenter inom industrin och myndigheter har deltagit i en eller flera perioder under de 10 år som programmet totalt funnits. Under den senaste programperioden deltog 31 industriföretag, 4 myndigheter samt ÅFORSK som har varit finansierare av programmet under alla programperioderna

Finansieringsformen i Askprogrammet är tredelad och under programperioden 2009-2011 var finansieringen:

- 30% från deltagare i programmet inom industrin och myndigheter.
- 30% från Energimyndigheten.
- 40% i direkt finansiering till enskilda projekt, från deltagare eller utomstående.

Utvärderingen av Askprogrammet 2009-2011 betonar att det inte finns något forskningsprogram med denna inriktning och spännvidd på forskningsfrågorna inom landet (sannolikt inte heller internationellt) och att Askprogrammet med rätta kan betraktas som ett nationellt forskningsprogram.

Arbeten inom programmet har utförts i några huvudlinjer samt kompletterats med undersökningar av kemiska frågor och informationsinsatser:

- Näringskompensation till mark för uttaget av biomassa, alternativt gödsling med aska
- Användningar vid sluttäckning av deponier och upplag av gruvavfall
- Anläggningsbyggande, t ex vägar, både geotekniska frågor och miljöriktlinjer
- Cementbundna användningar

Ledordet för Askprogrammet är hållbar användning av resurser och tyngdpunkten i programmet ligger på miljöfrågor, även om tekniska frågor är viktiga. Tidsperspektivet är mycket längre än de 3-5 år som är normal i tillämpade program, nämligen flera tiotals år efter att askan lagts ut, t ex i en väg, eller spridits till skogsmark. I projekten har därför såväl nya provobjekt anlagts som erfarenheten samlats in från äldre objekt.

Visionen är att en så stor andel som möjligt ska nyttiggöras, antingen genom att ingå i ett kretslopp eller användas på samma sätt som andra material.

2 Askmängder och användningsområden

Askor är en grupp komplexa material som uppstår efter en förbränning och som huvudsakligen innehåller oorganiska ämnen/föreningar och endast små mängder organiskt material. Askans sammansättning beror i första hand av vilket bränsle som tillförs förbränningsanläggningen, tillsammans med eventuella föroreningar från omgivningen som t ex grus, sten och lera.

Förbränningstekniken har också betydelse för askans sammansättning. Aska från fluidiserade bäddar innehåller en stor andel sandpartiklar. Pulverförbränningen har visat sig ge en högre andel oförbränt material i askan jämfört med annan teknik. Förutom variationer i asksammansättningen beroende på förbränningsteknik finns även risk för en förändrad sammansättning hos enskilda pannor på grund av om pannan går på hög eller låg last. Slitage på förbränningsanläggningen kan medföra att asksammansättningen innehåller förhöjda halter av framförallt grundämnen som ingår i olika stållegeringar som t ex järn, krom och nickel. De grundämnen som följer med bränslet in till förbränningsanläggningen återfinns i askan, rökgas eller rökgaskondensatet eftersom grundämnen inte kan förstöras. Mångfalden av bränslen och bränslemixar tillsammans med olika förbränningsteknik, lastförhållanden etc gör att askor kan variera kraftigt i sammansättning vilket gör dem olika lämpliga för skilda användningar.

Med askor menas internationellt i första hand kolaskor. I andra hand avses askor från förbränningen av hushållsavfall. Utmärkande för Sverige är:

- att kol knappast förekommer som bränsle, delvis till följd av omställningen av det svenska energisystemet till ett uthålligt biobränslebaserat system
- att det finns ett flertal typer av askor, vilket beror på att bränslefraktionerna är många, att förbränningstekniken är varierande (bl a är fluidbäddpannor vanligare än utomlands) samt att anläggningarna ofta är små efter internationella mått och därmed askmängderna små vid varje ort

2.1 Askor och rökgasreningsrester

Askor som produceras vid förbränning för produktion av el, värme och ånga har olika egenskaper beroende på bränsle, var i anläggningen de tas ut samt på vilken förbränningsteknik som används. I dagligt tal klassificeras förbränningsresterna som:

- Bottenaska
- Flygaska
- Rökgasreningsrester

Det förekommer även blandningar av olika askfraktioner.

I Sverige producerades 2010 ca 1,5 miljoner ton förbränningsrester per år. Tabell 1.

Tabell 1. Produktion av askor i Sverige 2010./ Production of ashes in Sweden 2010. From Svenska Energiaskor./ [1]

	Bottenaska ton TS	Flygaska ton TS	Botten- + flygaska ton TS	RGR (rökgasreningss rester) ton TS	Annan aska ton TS	Totalt ton TS
Avfall från industri och hushåll	428 809	80 794	1 541	25 282	10 869	547 295
Blandbränslen	107 554	191 573	9 789	676	0	309 592
Biobränslen	44 425	49 781	32 891	305	250	127 652
Biobränslen inkl slam från pappers- och massaindustri	9 855	22 569	22 176	0	3 420	58 020
Torv	2 200	24 087	0	0	0	26 287
Torv/trä	23 524	22 603	888	0	0	47 015
Returträ	12 849	9 525	0	0	0	22 374
BRINI ¹	16 470	5 525	0	0	0	21 995
Kol	6 154	37 874	0	0	0	44 028
Annat bränsle	1	31	6	122	0	160
Summa	651 841	444 362	67 291	26 385	14 539	1 204 418
Uppskattat påslag beräknat på bortfallsanalys						280 000
Total mängd producerad aska 2010						1 484 418

¹ Sorterat avfall

2.2 Användning av askor

Den dominerande användningen för askor idag är som konstruktionsmaterial på deponier och det näst vanligaste sättet att hantera sin aska är att använda den som konstruktionsmaterial i vägar och ytor. Figur 1.



Figur 1. Användning av askor i Sverige 2010./Utilisation of ashes in Sweden 2010 Från Energiaskor [1]

Den totala procentuella andelen askor som används till konstruktionsmaterial för deponier, vägar och ytor har inte ändrats sedan undersökningen 2006 utan ligger kvar på ca 70%. Däremot verkar det som en större andel går till deponitäckning och den andel som går till vägar och ytor har minskat. [1]

Användning av askor för deponikonstruktioner, något som idag förbrukar en avsevärd andel av de energiaskor som produceras årligen, kommer emellertid att minska inom en 5-10 års period då deponierna är sluttäckta. Detta innebär att nya användningsområden för dessa askor måste finnas utprovade i en snar framtid.

Ett problem med den stora användningen av askor för sluttäckning av deponier är att det kan bli brist på lämpliga askor för utveckling av metoder för annan användning.

Exempelvis är det lokalt svårt att hitta aska för att stabilisera grusvägar trots att det finns efterfrågan då lokala tillsynsmyndigheter vill påskynda en sluttäckning av deponier.

En viktig svensk användning är kompensation för uttag av biomassa från skogen. Uthålligheten i användningen av träbaserade biobränslen kräver att skogsbruket är uthålligt. Det innebär bl a att de näringsämnen som bortfördes vid skörd bör återföras till skogsmarken, t ex som aska vilket Skogsstyrelsen rekommenderar. Än viktigare än näringsämnen för fortsatt god tillväxt är markens basmättnadsgrad: skogsbruk är försurande och än mer om all biomassa bortförs. I nuläget återförs 30-35 000 ton aska till skogsmark varje år. Då uttag av skogsbränsle sker från ca 30 000 ha borde mängderna som återförs vara i storleksordningen 80 - 90 000 ton/år.

Mängderna av aska som återförs till skog och mark påverkas av lagstiftning samt av att näringsämnen från andra källor än så länge är för billiga för att askan ska bli attraktiv att använda. De begränsade resurserna av fosfor i världen kan bli en drivkraft för en ökad användning av askor.

3 Askprogrammet 2009-2011

Den övergripande målsättningen för programmet är att forskningen ska ge kunskap som möjliggör en användning av askor som innebär ringa risk för hälsa och miljö samt en god hushållning med naturresurser.

Det finns två huvudområden för användning av askor som omfattas av Askprogrammet:

- i. återföring till *Skog & mark* som kompensation för näringsuttag
- ii. användning i anläggningskonstruktioner som ersättning/komplement till naturliga material (*Geoteknik & deponi*)

Dessa två huvudområden kompletteras med två forskningsområden som bidrar med kunskap till båda områdena:

Miljö&kemi frågorna omfattar lagstiftning, miljöpåverkan och materialkänedom. Askor är ett avfall och omfattas av en strikt lagstiftning, som är i ständig förändring, vilket kräver en kontinuerlig övervakning och uppdatering hos såväl askproducenter som användare. Kunskap om hur miljö påverkas vid användning av askor i båda huvudområdena är avgörande för en framtida avsättning för askor både som näringskompensation och som konstruktionsmaterial.

Information & kommunikation av resultat från forskningen till samtliga intressenter är absolut nödvändig. Detta gäller information till såväl myndigheter, både nationellt och internationellt, som till andra aktörer som berörs. När det gäller näringskompensation är Skogsstyrelsens rekommendationer vägledande, men under hösten/vintern 2011/2012 kan översynen av farlighetskriterierna i det nya ramdirektivet för avfall innebära att bioaskornas höga pH-värde gör att de kan komma att klassas som farligt avfall. Olika syn i olika medlemsstater inom EU gör det viktigt att Sveriges deltagare är välinformerade och kan visa upp relevanta forskningsresultat och tester som styrker Sveriges ambition att kompensera uttaget av biomassa med återföring av aska.

Flera goda exempel på användning av askor i anläggningskonstruktioner som behöver spridas till en större skara av intressenter. Hit hör t ex stabilisering av grusvägar och muddermassor, där askor kan göra stor nytta, samt även användning som sluttäckning av deponier i olika skikt.

En informationskanal är databasen Allaska där det finns samlade kunskaper om askor från olika projekt i Askprogrammet, från Värmeforsks övriga program samt andra undersökningar. Andra informationsinsatser utgörs av de forskningsrapporter som publiceras i Värmeforsks rapportdatabas, nyhetsblad samt workshops, seminarier och konferenser.

Mål för Askprogrammets delområden.

Skog & Mark

Undersöka inverkan av asktillförsel på Miljö- och climateffekter samt tillväxt på dikad torvmark samt bördig skogsmark samt även vid intensivodling av bioenergi.

Askdosens inverkan på tillväxt, miljö etc vid askdoser större än 3 ton/ha.

Ett nytt område för programperioden är tillförsel av aska vid uttag av åkerbränslen.

Geoteknik & Deponi

Anläggning och uppföljning av konstruktioner för både flygaskor och bottenaskor. Fortsatta studier för utnyttjande av flygaskor i olika typer av stabiliseringar, samt användning av flygaska som filler/cementersättning. För bottenaskor ska användning av slaggrus prioriteras.

Långtidsuppföljningar av flygaskstabiliserat slam, FSA; i deponikonstruktioner samt utveckling av olika applikationer för deponianvändning.

Miljö & Kemi

Askornas grundläggande egenskaper, provnings- och bedömningsmetoder samt innehåll av organiska ämnen är viktiga områden.

Verktyg för att beskriva de långsiktiga kemiska egenskaperna måste utvecklas i samråd med myndigheterna och nationell samt EU-lagstiftning, (Miljöbalken, REACH, Byggproduktdirektivet, Avfallsdirektivet- End of Waste /Biprodukter).

Kommunikation & Information

Databasen Allaska ska utvecklas för att ge bra underlag för vetenskapliga utredningar.

Spridning av goda resultat från Askprogrammets delområden genom nyhetsbrev

En målsättning med programperioden 2009-2011 var att uppmuntra spridning av resultaten till en internationell marknad. Detta innebär att projekt med internationella deltagare och med avsikten att publicera resultaten i internationella sammanhang fått lite mer fokus än vid tidigare programperioder.

3.1 Askprogrammet 2002-2011

I tabell 2 finns en sammanställning av samtliga rapporter från Askprogrammet alla programperioder.

Tabell 2. Sammanställning av samtliga rapporter inom Askprogrammets programperioder. Rapportnummer i fet, kursiv stil omfattar flera områden. A- står för arbetsrapport, O- står för orienteringsrapport./Summary of all reports from the different periods of the Ash programme. Report number in bold, italic covers more than one area. A- is for work report, O-is for guidance report.

Titel	2002-2005	2006-2008	2009-2011
Aska till skog och mark	<u>Torvmark:</u> 872 , 974 <u>Tillväxt:</u> 965	<u>Torvmark:</u> 1066, 1067, 1109 <u>Tillväxt:</u> 1094, O125, 1107 <u>Annat:</u> 1102	<u>Torvmark:</u> A29, A 32, A 34, <u>Tillväxt:</u> 1213, A27, A 33, <u>Annat:</u> 1176, 1217 , 1229
Deponi-konstruktioner	<u>Vattenbarriär:</u> 830, 966; slam: 806, 837, 942, 943, 948 <u>Gruvor:</u> 855, 959, 960	<u>Vattenbarriär:</u> 1064, 1097 ; slam: 1010 , 1011, 1079, <u>Gruvor:</u> 1098, 1099	<u>Vattenbarriär:</u> 1171, 1219
Geoteknik	<u>Teknik:</u> 867, 870, 915, 916, 918, 949, 952, 954, 968, 973 <u>Betong:</u> 828, 848, 862, 969 <u>Miljö:</u> 852, 879, 963, 964, 979	<u>Teknik:</u> 1054, 1055, 1081, 1083, 1101, 1105 <u>Miljö:</u> 1084, 1100, 1108, 1110, 1112, 1113	<u>Teknik:</u> 1169, 1212 <u>Muddermassor:</u> 1129 , 1226 <u>Miljö:</u> 1186, 1192, 1198 , 1217 , 1221 , 1222 , 1225,
Miljö och kemi	866, 879 , 979	1056 , 1063, 1080, 1092 , 1103 , 1110 , 1113	1121, 1127, 1197 , 1208 , 1221
Kunskapsspridning	790, 839, 849, 872 , 953, 954 , <u>Allaska:</u> 857, 930 , 976 <u>Syntes, utvärd.:</u> Q4-236, 972	1010 , 1054, 1060, 1061, 1062, 1068, 1097 , 1103 <u>Allaska:</u> O126, 1106 <u>Syntes, utvärd.:</u> 1052, 1111	1170, 1191, 1212 , 1222 <u>Allaska:</u> 1216, O129 <u>Syntes, utvärd.:</u> 1154, O128 <u>Internat. publ.:</u> A28, A29 , A30, A31, A32 , A33

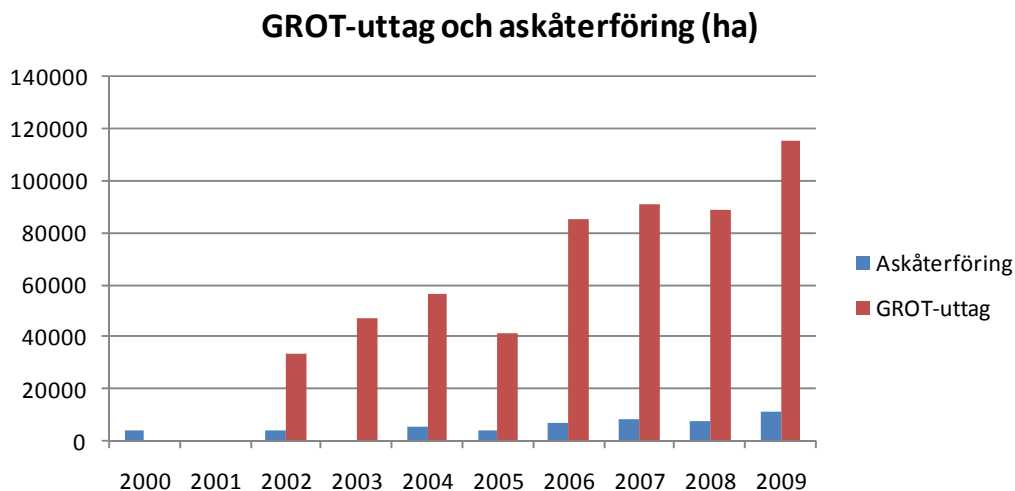
4 Aska till skog och mark

Uthålligheten i användningen av träbaserade biobränslen kräver att skogsbruket är uthålligt. Det innebär bl a att de näringsämnen, som bortförs vid den intensiva skörd som helträdsuttag innebär, bör återföras till skogsmarken, t ex som aska. Än viktigare än näringsämnen för fortsatt god tillväxt är markens basmättnadsgrad: skogsbruk är försurande i sig och än mer försurande om all biomassa bortförs.

Formerna för denna återföring av bioaska har reglerats, närmast av Skogsstyrelsens rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring.[2] Denna verksamhet sker dock inte i den utsträckning som är önskvärt. Endast en del av de arealer från vilka skogsbränslen hämtas kompenseras med aska. Till stor del är detta en fråga om kommunikation och motståndet mot askåterföring kan bero på att det är svårt för markägare att notera positiva effekter av asktillförseln som motsvarar kostnaderna. Kan det visas att aska ger en ökad tillväxt på vissa marker och därmed en jämförelsevis snabb ekonomisk nytta kan detta bidra till att öka de mängder som sprids.

Enligt nyligen framtagen statistik om askproduktion och askanvändning återfördes 2010 ca 35 000 ton aska till skogsmark. Enligt samma statistik producerades samma år minst 300 000 ton askor från förbränning av biobränslen och torv. En stor post med "blandbränslen" kan innehålla askor lämpliga för återföring till skogsmark. [1].

Uppgifter från Skogsstyrelsen visar på att askåterföring endast utförs till ca 15 % av de ytor som anmält GROT-uttag. Figur 2. Det bör påpekas att den faktiska ytan för uttag av skogsbränsle inte är lika stor som ytan som anmält uttag.



Figur 2. Anmält uttag av GROT och arealer för askåterföring 2010]/Areas for harvest of forest residues and recycling of ash. 2010.[3]

Åsikterna går isär vad gäller askspridningens möjliga inverkan på biomassans tillväxt på fastmark. Resultaten från äldre undersökningar och äldre försök har omprövats. Om en ökad eller minskad tillväxt kan ses efter spridningen beror på markens produktivitet. Är produktiviteten sämre minskar tillväxten, är den god ökar tillväxten, med reservation för variationerna i resultaten som leder till att slutsatser ofta inte är statistiskt säkerställda. Den finns olika åsikter om vad den ökade tillväxten beror på. Situationen är olika beroende på var i landet man återför aska. En teori är att askan frigör kväve som blir tillgängligt för växterna en annan är att tillväxten beror på bättre näringsstatus framför allt med avseende på fosfor.

I bedömningen om uthållig skogsproduktion och behov av kompensationsåtgärder finns det skäl att skilja på olika typer av skogsmark eftersom näringsförhållandena varierar. På fastmark är det kväve (N) som i regel begränsar tillväxten medan det är fosfor (P) och kalium (K) som oftast är tillväxtbegränsande på torvmark. Förutsättningarna är olika och de undersökningar av effekterna av spridning av aska på fastmark som genomförts har främst syftat till att ge önskade effekter på mark- och vattenkemi. De har därför inte betonat tillväxteffekter utan fokuserat på positiva och negativa miljöeffekter. Å andra sidan vet man att en spridning av aska på torvmark brukar leda till en ökad produktion av biomassa, men samtidigt vet man inte lika mycket om påverkan på miljö som t ex produktionen av växthusgaser eller påverkan på vattnet.

Huvudsyftet med att återföra aska till skogsmark anses vara att motverka en långsiktig utarmning av markens näringsförråd och inte att åstadkomma en ökning av skogstillväxten på kort sikt. Tillförsel av aska till såväl fast- som torvmark, kan dock påverka skogsproduktionen. Det finns dock ett behov av ökade kunskaper om olika miljöeffekter efter tillförsel av aska på dikad torvmark.

I såväl äldre försök som i nyanlagda försök har inverkan av spridningen av aska undersökts. Effekter på vattenkemi, på produktionen av växthusgaser, på den biologiska mångfalden samt på den mikrobiella massan i dikad och beskogad torvmark har studerats. Resultaten är att askan inte har några betydande negativa effekter. Produktionen av metan är opåverkad. Övrigt är att produktionen av både lustgas och koldioxid förefaller minska efter en tillförsel av aska. Effekt på skogsväxten kunde observeras i de äldre försöken, men inte i de nyare, vilket kan bero på att det tar några år innan någon sådan effekt kan iakttas

Projekten inom Skog och mark är av naturen oftast långsiktiga. Åtgärder som vidtas idag ger resultat först om 40-60 år, vilket kan försvåra engagemang från viktiga aktörer. Projekten är också utsatta för naturkrafter, som stormar, kraftig nederbörd och vilda djur som älgar och vildsvin, som kan påverka slutresultatet, vilket har visat sig vara fallet i projekt inom programperioden.

Återföring av aska till skogsmark försvåras av att det i dagsläget är svårt att få tag på lämpliga askor inom landet samt att spridningstekniken behöver utvecklas för att bli effektivare både när det gäller precisionen, (så att askan hamnar där det är avsett), och tekniken (så att kostnaderna för askspridning blir rimliga). Här krävs fortfarande stora insatser för att askåterföring ska komma att utföras i större skala.

Ett speciellt problem för projekt med spridning av aska till dikad torvmark är att hitta lämpliga försökslokaler. Under 1920-1930 talen utgick statsbidrag för att dikning av torvmarker. Krav från myndigheten var att det fanns dikningsplaner och naturbeskrivningar av områdena. Dessa handritade dikningsplaner förvarades hos respektive Skogsvårdsstyrelse i landet. Skogsvårdsstyrelserna finns inte längre kvar och i flera fall slängdes dikningsplanerna. Personer med kännedom om arkiven finns oftast inte längre kvar och kunskapen om vilka marker som finns hos olika bolag är ibland bristfällig då endast en del information överförts till nya elektroniska medel.

Askor från åkergrödor exempelvis rörfilen innehåller betydande mängder näringsämnen som fosfor, kalium och magnesium som kan användas för att ersätta de näringsförluster som sker vid skörd. Återföring av aska till åkermark, till skillnad från askor som ska återföras till skogsmark, kräver ingen stabilisering innan användning då näringsämnena skall vara lättillgängliga för optimalt upptag i växten. De kan i sådana fall användas utan förbehandling.

4.1 Definitioner

Aska: Med aska avses i detta avsnitt främst aska från biobränslen. Att återföra aska från biobränslen är positivt ur ett kretsloppsperspektiv. Skogsstyrelsens rekommendationer är anpassade så att en spridbar aska endast innehåller den mängd tungmetaller som finns i träden från början och som skulle ha hamnat i marken om avverkningsresterna hade fått ligga kvar i skogen. Aska från andra bränslen utgör inget hinder under förutsättning att askans kvalitet är hög, dvs. den uppfyller de kvalitetskrav som anges i föreliggande rekommendationer och den inte innehåller andra skadliga ämnen som inte finns i rena biobränsleaskor.

Askåterföring: Eftersom Skogsstyrelsen anser att det i första hand är aska som ska användas för att kompensera för uttag av baskatjoner används generellt termen askåterföring. Även andra produkter som innehåller kalkverkan och näringsämnen kan dock användas. Ask- och mineralprodukter kan också kombineras.

Avverkningsrester: Med avverkningsrester avses grenar och toppar.

Skogsstyrelsens rekommendationer för att motverka försurning och utarmning av skogsmarken, begränsa körskador på mark och träd samt dokumentation vid uttag av avverkningsrester och askåterföring. [2]

Askåterföring bör ske på marker där avverkningsrester tas ut i betydande omfattning någon gång under omloppstiden. Syftet är i första hand att motverka biomassauttagets försurande effekter. Åtgärden kan vidtas före, i samband med eller efter uttaget.

Uttag av avverkningsrester bör kompenseras med aska om det samlade uttaget av andra träddelar än stammen under omloppstiden motsvarar mer än ett halvt ton aska per hektar och om merparten barr inte lämnas kvar någorlunda jämt spridda

Aska bör dock alltid återföras när uttag av avverkningsrester görs vid föryngringsavverkning, även om uttaget motsvarar mindre än ett halvt ton aska per hektar eller barren lämnats kvar väl spridda, om marken är starkt försurad eller skogen växer på torvmark.

Från områden med hög kvävebelastning kan barren med fördel tas ut förutsatt att aska återförs. I områden med låg kvävebelastning och höga uttag av biomassa kan kompensation med både aska och kvävegödselmedel behövas.

Askprodukten bör vara så pass härdad och långsamlöslig att skador på känsliga arter undviks. En schablon är att 2 ton TS aska per hektar är lämpligt som kompensation för ståndortsindex under G23 och 3 ton TS aska per hektar för högre ståndortsindex då uttag av avverkningsrester gjorts i samband med föryngringsavverkning.

För att undvika oönskade effekter bör sammantaget högst 3 ton TS aska återföras per hektar och tioårsperiod och högst 6 ton TS aska per hektar under en omloppstid. ***Grundprincipen vid askåterföring bör vara att den totala tillförseln av tungmetaller och andra skadliga ämnen under en omloppstid inte är större än vad som förs bort genom biomassauttag under omloppstiden.***

Vid askåterföring bör kväveutlakning och förluster av tillförd näring förebyggas. En askfri zon om 25 meter bör lämnas mot känsliga områden.

Teknik, system och tidpunkt för uttag av avverkningsrester och askåterföring bör väljas så att körningen inte medför uttransport av sediment och organiskt material till vattendrag eller skador på kultur- och fornlämningar, samt att mekaniska skador på träd begränsas.

Uttag av avverkningsrester och utförd askåterföring bör dokumenteras.

4.2 Askprogrammets projekt

Askprogrammet har under perioden 2009-2011 har skiftat fokus något jämfört med tidigare perioder och valt att finansiera projekt för att studera effekter av asktillförsel på bördiga marker i södra Sverige. I tabell 3 sammanfattas projekten i Skog och mark gruppen under perioden 2009-2011.

Tabell 3 *Projekt i Skog&mark under programperioden 2009-2011. A- står för arbetsrapport./Projects within Forestry in the programme 2009-2011. A- is work report.*

Titel/utförare/organisation	Rapport nr
Dikad torvmark	
Tillförsel av aska på dikad torvmark – skogsproduktion och emission av växthusgaser. Ulf Sikström, Skogforsk	Arbetsrapport 29
Vattenkemiska effekter av asktillförsel på en skogklädd och dikad torvmark, Eva Ring, Skogforsk	Arbetsrapport 32
Produktionseffekter av askgödning i äldre dikade torvskogsmarker, Björn Hånell SLU, Tord Magnusson, SLU	Arbetsrapport 34
Fast mark	
Aska och trädutväxt, Staffan Jacobsson, Skogforsk	Arbetsrapport 33
Askåterföring efter skogsbränsleuttag på bördig skogsmark, Ulf Sikström, Skogforsk	Arbetsrapport 27
Askåterföring till hygge efter skogsbränsleuttag, Ulf Sikström, Skogforsk	Arbetsrapport 27
Askbaserad gödning av björk och hybridasp, Gunnar Thelin, Ekobalans	1213
Lagring av aska i anslutning till spridningsområde, Gunnar Thelin, Inger Valeur, Ekobalans	1217
Läckage från askor, Per-Erik Larsson, SLU	1229
Åkermark	
Långtidseffekter av askgödning vid röflensodling, Cecilia Palmberg, SLU-Umeå	1176

Tre projekt under programperioden 2009-11 gäller torvmark där två projekt använder resultat från tidigare anlagda försöksytor och ett utgörs av ett nytt försöksområde. Sex projekt gäller fastmark där tre projekt utnyttjar resultat från tidigare försök, ett avser uppföljningen av ett nyanlagt försök och två avser nyanlagda försök. Ett projekt avser askåterföring vid odling av röflen.

4.3 Aska till torvmark

Trädproduktionen på dikade djupa torvmarker begränsas ofta av tillgång på fosfor och/eller kalium och dessa makronäringsämnen finns i askor från förbränning av biobränslen. I början av 1900-talet utfördes askspridning i samband med nydikning och beskogning av tidigare opåverkade våtmarker. De tidiga svenska studierna av produktionseffekter efter asktillförsel till torvmark, liksom huvuddelen av de finska, baseras på askgödslingar utförda i samband med dikning.

Den askgödsling som nu är aktuell kommer däremot att ske i uppvuxna och slutna bestånd, och bristen av erfarenheter från askgödsling i gamla dikningsområden/äldre bestånd och i 2:a generationens bestånd, medför därför betydande osäkerhet kring askgödslingens långsiktiga produktionseffekter. Huvudmotivet för asktillförseln är att upprätthålla eller t.o.m. kunna öka dessa markers produktionsförmåga.

Forskning har under en period inriktats på miljöeffekterna, som utlakning av kväve och tungmetaller och ökad emission av klimatpåverkande gaser, efter askspridning på dikade torvmarker. Det har visats att risken för negativa miljöeffekter tycks vara liten. I detta läge när produktionsgödsling med aska kan hävdas vara miljömässigt acceptabel, kan man dock konstatera att studier av askans produktionsmässiga effekter har försumrats och att kunskapen om detta är helt otillräcklig.

4.3.1 Växthusgaser och vattenkemi (Värmeforsk Arbetsrapporter A29 och A32)

En sammanfattande slutsats, baserade på studier under programperioden och även från tidigare studier, är att GWP ("Global warming potential") inte ökade, utan snarast minskade, under en period på fem år efter tillförsel av 3–6 ton t.s. (torrsubstans) krossaska per ha till de dikade torvmarkerna. Mätningar av träd tillväxt samt emissioner av växthusgaser i två försökslokaler på dikad torvmark visar på en signifikant tillväxt av tallbestånd på 35–45% efter asktillförsel på en låg–medelproduktiv torvmark och tenderade att öka i granbeståndet på bördig torvmark. Detta samtidigt som den uppmätta emissionen av växthusgaser, koldioxid, metan och lustgas, (CO₂, CH₄ och N₂O) var i huvudsak oförändrad och till och med minskade de två första åren på den bördiga torvmarken beräknat som GWP.

Det krävs mer långsiktiga uppföljningar i försöken för att se om de redovisade effekterna av behandlingarna på GWP är bestående samt fördjupade studier för att förstå mekanismerna bakom de uppmätta minskade flödena av CO₂ och N₂O.

Undersökning av avrinnande vatten från försökslokaler på dikad torvmark visar att tillförsel av ca tre ton aska per hektar påverkade det avrinnande vattnets kemi i några månader upp till åtminstone tre år. Om denna påverkan är miljömässigt acceptabel eller inte går inte att bedöma enbart utifrån de mätningar och utvärderingar som gjorts inom projektet, dels för att studien omfattade endast ett objekt och endast vattenkemiska mätningar, dels för att referensområdet drabbades av betydande vindfällning under mätperioden. Ökningar av flera katjoner och sulfat från tidigare studier har bekräftats. Däremot kunde inga signifikanta ökningar i halten av flera spårmetallhalter påvisas,

vilket är ett viktigt resultat. Ytterligare studier av åtgärden är därför befogade exempelvis för att undersöka effekterna på andra typer av torvmarker, för att undersöka mer långsiktiga effekter och för att mer direkt belysa påverkan på akvatiska organismer.

Dränerade torvmarker har i regel fuktigare markförhållanden än väl-dränerad fastmark och grundvattenytan ligger ofta relativt ytligt. Då aska tillförs på dränerad torvmark kan därför de lättlösliga ämnena i askan lösas upp fortare och lakas ut snabbare jämfört med asktillförsel på väl-dränerad fastmark. Genom att undvika att sprida aska i väl fungerande diken minskas de initiala koncentrationsökningarna i avrinnande vatten.

4.3.2 Tillväxt på dikad torvmark (Värmeforsk Arbetsrapport A34)

Nyetablerade försökslokaler inom programperioden syftar till att ta fram kunskap för att fylla kunskapsluckan ifråga om hur stor skogsproduktionsökningen kan bli genom askgödsling i medelålders och äldre skog på torvmarker med gamla diken. Senare utvärderingar av dessa fältförsök ska ge svar på hur stor skogsproduktionsökningen kan bli.

Fem fältförsök har etablerats – från Delsbo, Hälsingland i söder till Burträsk, Västerbotten i norr. Försöken är inmätta och har registrerats som långsiktiga försök, vid enheten för skogliga fältförsök, SLU. Målet med föreliggande projekt är att etablera flera fältförsök med askgödsling på djup torvmark i Norrland.

För samtliga försökslokaler har vattenprov från försöksområdenas diken tagits före askbehandling och kommer att upprepas vid samma tidpunkt 2012. Vattnet har lagrats för senare analys av pH, DOC, samt innehåll av makronäringsämnen (natrium, fosfor, kalium, kalcium, magnesium, svavel), och mikronäringsämnen/tungmetaller.

Sammantaget sju generalprov av askan har tagits för kemisk analys. Proverna kommer att analyseras med avseende på glödförlust, pH, elektrisk ledningsförmåga, makronäringsämnen, mikronäringsämnen och toxiska tungmetaller.

4.4 Aska till fast mark

Om askåterföring till skogsmark blir en storskalig åtgärd behövs bättre och mer heltäckande kunskap om effekterna på träd-tillväxt och andra miljöfaktorer. I Sverige finns ganska många skogliga fältförsök med aska, men inte tillräckligt många som är designade för att kunna bedöma långtidseffekter av aska på träd-tillväxten, för olika skogstyper och regioner. Behovet av att utöka antalet fältförsök är därför stort. Sedan mitten av 1990-talet och framåt har Skogforsk löpande anlagt nya försök som i viss mån förbättrat underlaget, men det behövs fler försök för att kunna generalisera effekterna av askåterföring på till exempel träd-tillväxt. Som jämförelse kan nämnas att de prognosfunktioner som finns framtagna för att uppskatta tillväxteffekten av kvävegödsling i svensk tall- och granskog, baseras på data från 230 försökslokaler (totalt 961 provytor), medan antalet försök med tillförsel av aska uppgår till 14 fältförsök på fastmark (mineraljord) där försöksled med aska ingår och tillväxt mäts. Försöken utgör det bästa material som finns nationellt, och det står sig även mycket väl internationellt. Tidigare fanns ytterligare sex försök, men dessa har lagts ner främst

p.g.a. stormskador och otillbörlig avverkning. De flesta av de nedlagda försöken låg på förhållandevis bördig skogsmark i Götaland. Inom programperioden har anlagts två nya försökslokaler med spridning av aska till fast mark i södra Sverige. Tidigare anlagda försöksytor i gran- och tallbestånd har utnyttjats för att studera tillväxten efter asktillförsel 5-15 år efter spridning.

Lövandelen i de svenska skogarna behöver öka för att klara naturvårdsmålet. Samtidigt behövs åtgärder för att öka produktionen, inte minst för att hållbart leverera bioenergi samtidigt som industrins råvarutillförsel tryggas. Ökad lövträdsproduktion inkl gödsling kan förbättra möjligheterna att nå båda målen. Kunskapen om näringsbehov, tillväxtrespons, risk för näringsläckage, mm vid gödsling av lövskog är begränsad och det gäller både trädslag som redan finns i skogslandskapet, t ex björk, och nya snabbväxande alternativ som hybridasp och poppel.

Innan askan sprids i skogen lagras den på hårdgjord yta utomhus i ett s.k. mellanlager, för att härda och bli mindre reaktiv. Aska klassas som avfall och skall därför enligt avfallsdirektivet (2008/98/EG) lagras på hårdgjord yta, men stora transportvinster skulle kunna göras om askan utan miljörisk kunde lagras nära spridningsområdet på icke hårdgjord yta. För att frånga kravet på hårdgjord yta för just godkända askor som skall spridas i skog, krävs en kvalificerad riskbedömning. Riskbedömningar görs ofta utifrån laktester som är svåra att extrapolera till läckaget i fält. En större kunskap om lakningsmönstret från godkänd aska som lagras utomhus skulle ge ett bättre beslutsunderlag och en säkrare hantering av askor.

Askans kemiska innehåll kan lätt bestämmas med standardiserade analysmetoder. En sådan analys beskriver dock inte vilka ämnen och i vilken takt dessa ämnen kommer att lakas ut. För att beskriva utlakningen av olika ämnen har en rad olika laboriemetoder använts. Resultaten har dock inte kunnat verifieras med fältstudier.

Eftersom lakningsmetoder på laborier i många fall har blivit styrande för utformningen av askprodukter som skall spridas i skogen har det varit angeläget att utveckla möjligheterna att översätta resultaten från laboriestudier till fältförhållanden. Under fältförhållanden tillkommer flera faktorer som påverkar askans upplösning och som inte finns i laboriemiljö. Det är i dagsläget svårt att bedöma nettoeffekten av dessa faktorer och hur lakning i fält eventuellt skiljer sig från laboriestudier.

4.4.1 Nya försökslokaler (Värmeforsk Arbetsrapport A 27)

Två fältförsök har etablerats i södra Sverige för att öka kunskapen om hur helträds-skörd och askåterföring påverkar (i) träd-tillväxt, (ii) mängden kol och kväve i marken samt (iii) kemin i markvatten. Det ena etablerades på ett hygge och det andra försöket förlades i etablerad skog vid tidpunkten för första gallring.

Hyggesförsöket är ett randomiserat blockförsök med fem block (upprepningar) och fyra behandlingar. Följande behandlingar ingår:

- slutavverkning med uttag av endast stamved

- slutavverkning med helträdsuttag, dvs. stamved, grenar, toppar och barr
- stamvedsuttag + 3,12 ton (ts) självhärdad krossaska/ha
- helträdsuttag + 3,12 ton (ts) självhärdad krossaska/ ha

Gallringsförsöket etablerades i ett granbestånd och följande behandlingar ingår:

- obehandlad kontroll
- 3,04 ton (ts) självhärdad krossaska/ ha
- 150 kg kväve/ha
- 3,04 ton (ts självhärdad krossaska/ ha+ 150 kg kväve/ha

4.4.2 Träd tillväxt (Värmeforsk Arbetsrapport A33)

Resultat från elva olika försökslokaler, anlagda mellan 1990 och 2006, behandlade med enbart askprodukter eller en kombination av aska och kvävetillförsel, visade att tillförsel av aska inte resulterade i statistiskt signifikanta förändringar av trädens stamtillväxt. Dock fanns indikationer på att asktillförsel kan leda till ökad stamtillväxt på bördiga marker och minskad tillväxt på mindre bördiga, kvävefattiga, ståndorter.

Försöksmaterialet är fortfarande litet och studerad observationsperiod behöver utökas. Skillnader i askornas sammansättning och löslighet, askdos samt skillnader i observationsperiodens längd mellan de olika försöken försvårar tolkningen av resultaten. Resultaten från denna studie indikerar att tillförsel av de näringsämnen som finns i askan inte påverkat tillväxten. På bördiga marker, antyder resultaten dock att en asktillförsel kan leda till en ökad nettomineralisering av N, och åtminstone på kort sikt, öka tillväxten och kompensera för de tillväxtförluster som normalt följer efter ett helträdsuttag. På mindre bördiga marker behöver man tillföra N för att kompensera för dessa tillväxtförluster. På mer uttalat N-fattiga marker finns en risk för minskad tillväxt efter asktillförsel.

4.4.3 Gödslings av lövskog (Värmeforskrapport 1213)

Gödslings effekter i unga björk- och hybridaspbestånd har utförts för att undersöka näringsupptag och läckage. Det långsiktiga målet är att kunna utarbeta lämpliga gödslingsstrategier för hållbar intensivodling i skog av björk och hybridasp.

Fem fältförsök, tre med björk och två med hybridasp etablerades 2008-2009. Bestånden var då tre till fem år gamla förutom ett av björkbestånden som var 15 år gammalt. Gödslings gjordes med dels NPK och dels med aska+kväve. I ett av i hybridaspbeståndet testades enbart aska+kväve.

Vid gödslings av lövskog, liksom barrskog, är det viktigt att bedöma risken för kväveläckage och undvika kvävetillförsel utöver trädens bedömda behov, särskilt på kväverika marker. Det är inte heller ekonomiskt försvarbart att tillföra kvävegödselmedel på så kväverika marker att det inte kan förväntas ge ökad tillväxt. Däremot kan finnas goda skäl på sådana marker att tillföra övriga näringsämnen. Det kan också ske kostnadseffektivt genom askåterföring. För att nå tillräckligt höga fosfordoser kan tillförsel av slam i någon form vara ett alternativ.

4.4.4 Lagring av aska (Värmeforskrapport 1217)

Aska som lagras utomhus påverkas av svängningarna i klimatet under lagringstiden. Under torrare perioder avdunstar vatten på ytan och vatten inklusive lösta joner som transporteras från högens inre fram till askhögens yta genom diffusion och osmos. Under soliga och torra perioder anrikas salter, karbonater och hydroxider på ytan som sedan sköljs av vid regn. Komplexiteten i läckagemönstret ökar eftersom askan under hela lagringsperioden genomgår en härdningsprocess och förändras kemiskt. Askan är bland annat hygroskopisk under härdningen vilket innebär att den tar upp och binder in vatten vilket, i större eller mindre grad kan tänkas påverka den totala utlakningen.

För att följa läckage från askor samlades allt lakvatten från två högar med godkända skogsbränsleaskor, en färsk och en äldre aska. Avsikten var att få bättre underlag till att göra riskbedömningar av lagring av godkänd skogsbränsleaska på icke hårdgjord yta.

Data tyder på att lagring av skogsbränsleaska, godkänd för spridning i skog, inte ger upphov till lakvatten som kan utgöra en risk för miljön. Lagring på icke hårdgjord yta bedöms utgöra en liten miljörisk, speciellt då de endast används vid ett tillfälle.

4.4.5 Lakning av askor (Värmeforskrapport 1229)

I ett fältförsök som startade 2001 placerades totalt 420 nätpåsar a 10 g askprodukter och/eller kalk i övre delen av humusskiktet. Innehållet i varje påse motsvarar två till tre gånger normal dos på den yta som påsen täcker. Påsar från samtliga försöksled har samlats in 6, 12, 18, 30 och 113 månader efter försöksstart. Påsarnas innehåll har efter insamling analyserats avseende vikt och kemiskt innehåll. Alla påsar är vägda individuellt efter provtagning. Det finns fortfarande påsar kvar under mossan som väntar på att analyseras. Trädbeståndet i området kommer att uppnå normal avverkningsålder omkring år 2030.

Efter nästan 10 år i fält återstår mycket av produkterna. Endast 10-30% av askorna och ca 5% av kalken har lakats ut. I laboratorielakningen, var den upplösta andelen något större, askorna som högst 35%, och kalken 20%. Båda lakstudierna indikerar att tiden för möjlig vittring av produkterna i skogen är lång.

Laboratorie- och fältstudierna visar tydligt att ungefär hälften av kaliuminnehållet i de undersökta askorna är mycket lösligt medan andra hälften är hårdare bunden i askorna. Fältstudien visade att efter 2,5 år har 44-49% lakats ut och efter 9,5 år har andelen endast ökat till 49-55%.

I fältförsöket är variationen i analysresultat från olika påsar med samma produkt vid varje analystillfälle liten. Den har heller inte förändrats under försöksperioden. Analysresultaten utgör därför goda underlag för beräkning av lakförluster.

4.5 Aska till åkermark (Värmeforskrapport 1176)

Gödning av rörlan med rörlansaska under perioden 2002- 2009 visade på lägre skördenivåer än förväntat beroende på att tillförseln av framförallt K och P var lägre än vad som togs ut med grödan.

Återföring av aska till rörlansodlingar kan minska behovet av inköpt handelsgödsel och därmed minska odlingskostnaden. En återföring av rena rörlansaskor till åkern innebär inga problem ur miljösynpunkt.

Markanalyserna efter spridning av ren rörlansaska visar inga tendenser till förhöjda halter av icke önskvärda ämnen vilket innebär att marken kan användas för livsmedels- och foderproduktion. Återföring av rörlansaska till åkern minskar miljöbelastningen genom minskad deponering av aska samt minskar förbrukningen av jordens begränsade tillgångar på fosfor.

4.6 Askprogrammets betydelse

Tre nya försökslokaler med långsiktiga produktionsförsök har anlagts inom programperioden. Eftersom det endast finns 16 försökslokaler med asktillförsel med tillväxteffekter att jämföra med över 200 med konventionell näringstillförsel är varje nyanlagd försöksyta värdefull för kommande forskning. Anläggning och dokumentering av ytorna medger forskningsförsök under många år framåt.

Ett av de nyanlagda försöken har syftet att fylla kunskapsluckan ifråga om hur stor skogsproduktionsökningen kan bli genom askgödning i medelålders och äldre skog på torvmarker med gamla diken i norra Sverige, där det hittills varit brist på försöksytor. Försöken är inmätta och har registrerats och senare utvärderingar av dessa fältförsök ska ge svar på hur stor skogsproduktionsökningen kan bli genom askgödning i medelålders och äldre skog på torvmarker med gamla diken.

Två fältförsök, med askspridning dels på hygge och dels i gallringsskog, har etablerats i södra Sverige för att öka kunskapen om hur helträds-skörd och askåterföring påverkar (i) träd-tillväxt, (ii) mängden kol och kväve i marken samt (iii) kemin i markvatten

En annan viktig insats från Askprogrammet är att stödja redan anlagda försök¹ och på så sätt kunna följa vad som sker efter asktillförsel under längre perioder. Viktiga kunskaper om emissioner av växthusgaser, påverkan på tillväxt och vattenkemin har tagits fram.

Resultaten från lagring av aska i närhet av spridningsområdet visar på en miljömässigt acceptabel teknik som kan ge förutsättningar för enklare tillstånd för lagring på icke hårdgjorda ytor och därigenom göra återföringen till skogsmark enklare och mer ekonomisk.

Försök med askdosering till lövskog med björk och hybridasp kommer att ge underlag för lämpliga gödningstrategier för hållbar intensivodling i skog av björk och hybridasp. Detta kan bli mycket värdefullt för en tryggad försörjning av biobränsle från skog.

Kunskaper om hur askor lakar är åter ett exempel på att utnyttja tidigare anlagda försök för att på så sätt få fram lämpliga metoder och strategier för hur och i vilken form aska ska återföras till skogsmark.

Askprogrammet har också bidragit till att ta fram data om hur askåterföring kan användas för energigrödor från åkermark, vilket i en framtid kan bli mycket intressant för energiförsörjningen.

¹som ett komplement till Energimyndighetens stöd till långtidsförsök med grotuttag och asktillförsel.

4.7 FoU behov

Det behövs fortsatt forskning för att studera tillväxteffekter, följa och dokumentera de långsiktiga effekterna på miljön samt att söka teknik och metoder för en kostnadseffektiv spridning av aska.

Metoder för spridning av aska, både vad gäller precisionen och mängderna som sprids måste utvecklas för att askåterföring ska bli en praktiskt användbar och en ekonomisk metod för att återföra näringsämnen till skogen. Kvaliteten och tillgång på lämpliga askprodukter är viktiga faktorer för framgångsrik askåterföring till skogsmark.

Med tanke på att lämpliga askor kan bli en bristvara ställs frågan: har 700 kg eller 1 ton aska den önskade effekten på t ex vattenkvaliteten? Vilken effekt har då 5 ton per hektar på vattenkvaliteten och vad behövs för att det skall vara tillåtet att sprida mer än vad Skogsstyrelsen rekommenderar? Det finns ett behov av en känslighetsanalys över askgivans storlek. Skogsstyrelsens rekommendationer innebär 2 ton per hektar på mager mark, 3 ton per hektar på bördig mark, högst 6 ton per hektar under en omloppstid. Det är en överkompensation som innebär att en säkerhetsmarginal skaffas för kommande påverkan på makens näringsbalans.

När gör askorna bäst nytta? Ska askan spridas före, i samband eller strax efter uttaget av avverkningsrester och vilka konsekvenser för det med sig för vattenkvaliteten, för tillväxten och för ekonomin? Det minst kostsamma tillfället uppfattas vara i samband med skördefasen, d v s på hygget. Det efterfrågas innovationer som tillåter en spridning i hyggesfasen utan att de tillförda näringsämnena eller markens kväve försvinner från spridningsplatsen. Det finns fördelar med att sprida i den uppvuxna skogen, med tanke på att den kommande tillväxten kan tillgodogöras. Även här efterfrågas innovationer som kan leda till kostnadsminskningar.

Om askåterföring till skogsmark blir en storskalig åtgärd behövs bättre och mer heltäckande kunskap om effekterna på trädutväxt och andra miljöfaktorer. I Sverige, och även internationellt, finns det få fältförsök med aska. Behovet av att utöka antalet fältförsök är därför stort. Befintliga försök måste även skötas och vidmakthållas för att möjliggöra studier av eventuella mer långsiktiga effekter.

Huvudsyftet med att återföra askan till skoglig fastmark är enligt Skogsstyrelsen att motverka markförsurning och att bibehålla god kvalitet i våra avrinnande vatten. Nyttan och effektiviteten av att tillföra aska har i detta sammanhang understundom ifrågasatts av vissa forskargrupper. Därför är det givetvis oerhört viktigt att även löpande undersöka askåterföringens långsiktiga effekter på mark och vatten, både i parcellförsök och i avrinningsområden, i norra liksom i södra Sverige.

Såväl dikesrensning i skog på torvmark som tillförsel av aska ger en ökad tillväxt. Frågan är hur dessa två åtgärder samverkar och hur de kan samordnas?

Det krävs mer långsiktiga uppföljningar i försöken för att se om de redovisade effekterna av behandlingarna på GWP är bestående samt fördjupade studier för att förstå mekanismerna bakom de uppmätta minskade flödena av CO₂ och N₂O.

Gödslingssystem för lövträd behöver utvecklas. Gödslingssystemet behöver också anpassas så att risken för läckageförluster minimeras och anpassningarna kan behöva vara annorlunda för lövträdsbestånd än för gran. Det är viktigt att fortsätta med uppföljning av etablerade försök för att följa hur tillväxt påverkas på längre sikt och det finns stora behov av fler fältförsök med lövträds gödsling som kan följas över lång tid. Empiriska studier bör kompletteras av och kombineras med modellering.

Risken för näringsläckage måste undersökas mera och det finns behov av alternativ till markvattenprovtagning med undertryckslysimetrar, då detta visat sig fungera dåligt. Ett möjligt alternativ är att analysera centrifugat av jordprover, ett annat att anlägga försök där möjlighet finns till provtagning i näraliggande ytvatten.

Gödslingssystem baserade på restmaterial är sannolikt attraktiva ur såväl miljömässig som ekonomisk synvinkel, men detta måste utvärderas noggrant. Det finns behov av ytterligare studier av gödslingseffekt, läckagerisk, kolbalans, metallbalanser från olika system med restmaterial och NPK-gödsling.

Hanteringen av näring i aska och slam bör utvecklas för att se vilka system som är mest effektiva. Jämför enkla system som användning av krossaska och pelleterat slam med mer avancerade lösningar där näringsämnen extraheras ur aska och/eller slam till mer koncentrerade produkter.

För att få en bättre bild av läckage från askor som lagras på hög kan det framtida arbetet förslagsvis inrikta sig på ett fortsatt arbete där den faktiska utlakningen från askor studeras.

Praktisk erfarenhet hos odlare visat att askan har en positiv effekt på rörflen som odlas på mulljordar som har lägre innehåll av fosfor (P) och kalium (K), något som behöver följas upp i långtidsförsök. Odlingsvärdet hos askor från samförbränning av rörflen och andra biobränslen och torv bör också undersökas eftersom det troligen kommer bli det vanligaste sättet att elda rörflen.

Därutöver finns det ett stort behov av att kommunicera med samtliga aktörer om spridningen av aska till skogsmark.

5 Aska i deponikonstruktioner

Det i särklass största användningsområdet för askor är som konstruktionsmaterial på deponier. I dagsläget gör askor stor nytta på deponierna för att stabilisera farligt avfall, bygga hårda ytor, vägar, dräneringslager, vallar mm. Detta användningsområde kommer att upphöra inom en överskådlig framtid (5-10 år) och nya användningsområden kommer att behövas för de askor som idag har avsättning på deponier.

En viktig målsättning med sluttäckning är att minska inläckage av nederbördsvatten i deponin eller i ett upplag av gruvavfall och därmed minimera bildningen av lakvatten. Det nederbördsvatten som samlas upp och dräneras genom dräneringsskiktet ska kunna släppas ut utan rening. Tätskiktets funktion är att begränsa mängden vatten som infiltrerar ner till avfallet. Det innebär att det ställs höga krav på täthet, hållfasthet och beständighet på tätskiktetsmaterial.

Verksamhetsutövaren är skyldig att en deponi som avslutas förses med sluttäckning. Sluttäckningen skall vara så konstruerad att mängden lakvatten som passerar genom täckningen inte överskrider eller kan antas komma att överskrida 5 liter per kvadratmeter och år för deponier för farligt avfall och 50 liter per kvadratmeter och år för deponier för icke-farligt avfall.

FSA (flygkastabiliserat avloppsslam) utgörs av en blandning av flygaska från förbränning av biobränsle och rötat avloppsslam (rötslam). FSA är ett tätskiktmaterial som har använts som ensamt skikt, eller i kombination med andra tätskiktmaterial vid sluttäckning av deponier med icke farligt avfall. Man har konstaterat att materialets täthet är god, men att viss utlakning av näringsämnen och metaller från FSA:n sker.

5.1 Råmaterial för täckning av deponier

Generellt är utlakningen av miljöstörande ämnen lägre i askor från förbränning av bio-, torv- och kolbränsle än från förbränning av t ex returträ eller avfall. Det innebär att det i första hand är flygaska från biobränsleeldade pannor som har använts som tätskiktmaterial.

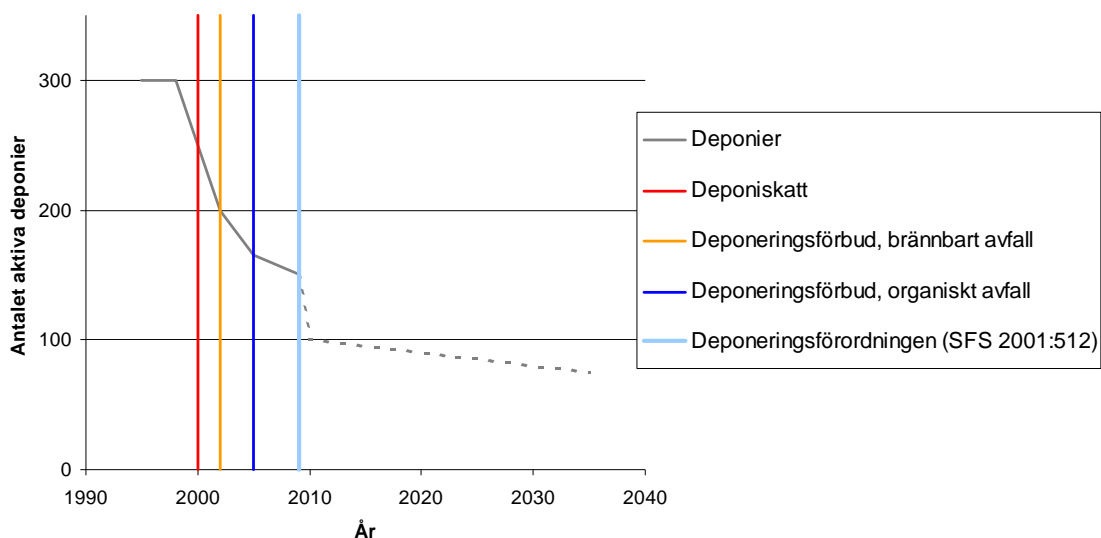
Slam har en naturligt låg hydraulisk konduktivitet (permeabilitet), men inte tillräckligt hög hållfasthet för att fungera som material till tätskikt på deponier. Genom en tillsats av aska kan hållfasthets- och packningsegenskaperna förbättras, samtidigt som blandningen får ett högre pH vilket motverkar biologisk nedbrytning av det organiska materialet.

Flygaska från rökgasrening, bottenaska och bäddaska har använts som material i tätskikt. Utmärkande för flygaskor är dess härdande egenskaper, höga pH och salthalt (elektrisk konduktivitet) som är intressanta att utnyttja i en FSA-blandning. Beroende på panntyp benämns den aska som faller ut i botten av pannan för bottenaska eller bäddaska. Bottenaska har generellt en grövre kornstorleksfördelning och lägre pH än

flygaska. Bottenaska, som komplement till flygaskan, har endast använts vid Sofielunds avfallsanläggning i Huddinge.

5.2 Deponier och deponikonstruktion

Det finns ett stort antal äldre deponier som ska avslutas inom den närmsta tioårsperioden genom sluttäckning. I figur 3 ses utvecklingen av antalet aktiva deponier sedan 1990-talet. Aktuell lagstiftning inverkar synbart på avvecklingstakten. Antalet aktiva deponier i kommunal regi från 1990- idag. En trolig utveckling för de kommande 25 åren indikeras. [4]



Figur 3. *Antalet aktiva kommunala deponier. Sum of active landfills in use owned by municipalities[4]*

Askor har goda funktionsegenskaper och kan ersätta de jungfruliga naturmaterialen som normalt används till deponikonstruktioner. Det är i första hand flygaskor med deras bindande egenskaper som kommer i fråga. Två typer av tätande skikt är aktuella:

- FSA (flygaskstabiliserat avloppsslam), där flygaska blandas in i rötat avloppsslam för att höja pH och förhindra nedbrytning av det biologiska materialet i slammet
- Flygaska som tätskikt, där de bindande egenskaperna hos den reaktiva askan utnyttjas

Det behövs i storleksordningen 30 000 - 40 000 ton material per hektar för sluttäckning av deponier och askor kan användas i flera av de lager som används i konstruktionen.

TVETA metoden kallas en metod där tätskiktet består enbart av askor. Anläggning och uppföljning har dokumenterats under tidigare programperioder av Askprogrammet. Metoden ger tätskikt som uppfyller de funktionskrav som ställs på en sluttäckning. [5,6]

5.3 Projekt i Askprogrammet 2009-2011

Askprogrammet har under tidigare programperioder lagt ut och följt upp ytor i pilotskaleförsök på flera deponier. Resultaten från dessa projekt har bland annat resulterat i: *Vägledning för användning av alternativa konstruktionsmaterial på deponier* [7] och *Vägledning- Flygkastabiliserat avloppsslam (FSA) som tätskikt*. [8]. I programperioden 2009-2011 har endast två projekt behandlat användning av askor i deponikonstruktioner och båda är uppföljningar av fullskaleförsök med slam och aska genomförda under tidigare programperioder. Tabell 4.

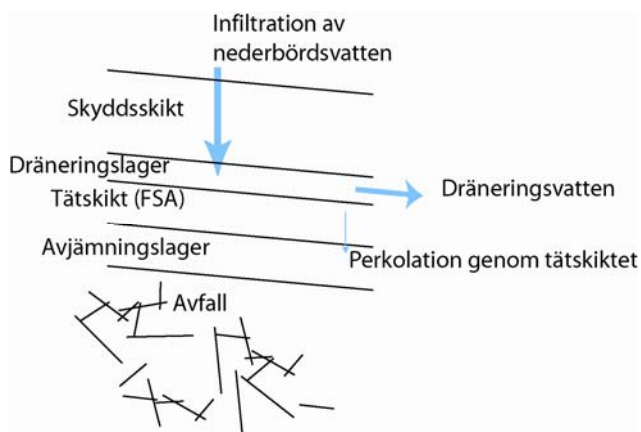
Tabell 4 *Projekt med deponikonstruktioner under programperioden 2009-2011./Project on landfill constructions during the programme 2009-2011*

Titel/utförare/organisation	Rapport nr
Utformning av skyddsskikt – beständighet, Josef Macsik Ecooop	1171
Bedömning av långtidsegenskaper hos tätskikt bestående av flygkastabiliserat avloppsslam, FSA-beständighet, täthet och utlakning, Josef Macsik Ecooop	1219

5.4 Tätskikt (Värmeforskrappport nr 1219)

Flygkastabiliserat avloppsslam (FSA) har använts i tätskikt på ett antal deponier, både på provytor och för sluttäckning. Materialets täthet är god, men en viss utlakning av näringsämnen och metaller från FSA:n förekommer. För att kunna göra en bedömning av om det avrinnande vattnet på sikt kan släppas till recipient, utan föregående, kostsam rening måste halterna av näringsämnen och metaller i avrinnande vatten följas över en längre tid. Se figur 4.

FSA-skiktets egenskaper undersöktes på sex olika lokaler, Dragmossen (Älvkarleby), Lilla Nyby (Eskilstuna), Atleverket (Örebro), Gärstadverket (Linköping), Blåberget (Sundsvall) och Sofielund (Huddinge). Undersökningar har pågått sedan 2001 och i fält sedan våren 2004. Det finns stora likheter men också skillnader vad gäller utförande och lokala förutsättningar.

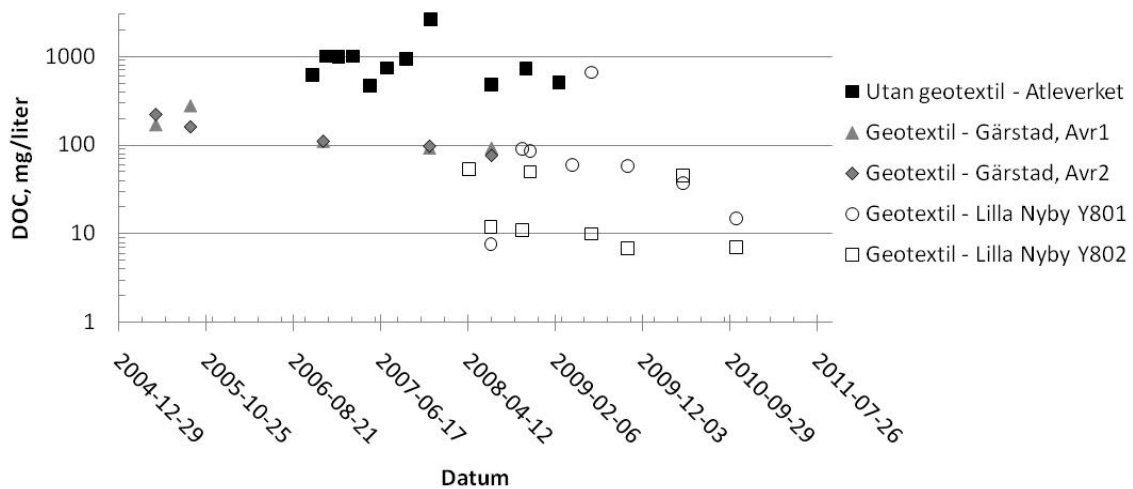


Figur 4. *Dräneringsvattnet har varit i kontakt med skyddsskiktet och följer dräneringslagret som överlagrar FSA-skiktet./The drainage water has percolated through the protection layer and follows the drainage layer which is overlaying the FSA-layer.*

Två principlösningar har använts vid utläggning av dräneringsskikt ovanpå FSA-skiktet. I det ena fallet, bl.a. provytan på Atleverket, användes inte geotextil som materialavskiljande lager. I det andra fallet, bl.a. Lilla Nyby och Gärstad, användes geotextil mellan dränerings- och FSA-lagren.

Det bör noteras att Sofielund använde en blandning av 15 % avloppsslam, 40 % flygaska och 45 % bottenaska. Denna blandnings geotekniska och miljöegenskaper skiljer sig från de FSA-blandningar som studeras på de andra lokalerna.

På Atleverket har dräneringsvattnet höga halter av DOC (dissolved organic carbon), klorider, sulfater, metaller under hela mätperioden på 4,5 år. Halterna minskar enbart marginellt med tiden. På Lilla Nyby, och Gärstad har dräneringsvattnet höga initiala halter under etableringstiden, men halterna avtar snabbt och inom 3 - 6 månader är haltnivån tillräckligt låg för att kunna släppa dräneringsvattnet till ytvattenrecipienten. figur 5.



Figur 5. Dräneringsvattnets halt av DOC i dräneringsvatten från Lilla Nyby och Atleverket./Measured content of DOC in the drainage water from Lilla Nyby, Atleverket and Gärstad.

FSA är ett relativt nytt tätskiktmaterial vars egenskaper dessutom varierar från anläggning till anläggning beroende på ingående materials egenskaper. Resultat från utförda försök, krav på materialets funktion, vilka undersökningar som krävs för att visa att funktionen klaras, vilken uppföljning som ska göras, erfarenheter från andra anläggning etc. bör kommuniceras under hela processen.

Resultaten från Sofielund visar att dräneringsvattnets halter av kväve och fosfor visserligen minskar, men halterna av metaller som krom (Cr), koppar (Cu) och zink (Zn) är höga även flera år efter installation. Inblandning av bottenaska kan ha bidragit till utlakning av metaller som Cr och Cu. Detta visar med tydlighet att den framtagna Vägledningen för användning av FSA [8] bör följas.

Dräneringsmatta kan vara ett alternativ till geotextil och dräneringsgrus, förutsatt att skyddsskiktet kan bidra till dränering även när geotextilen i dräneringsmattan har brutits ner, vilket kan förväntas ske efter 50 – 70 år.

5.5 Skyddsskikt (Värmeforskrappport nr 1171)

Sluttäckning av deponier ska fungera under lång tid och har till uppgift att bl.a. skydda deponin från inläckage av vatten och skydda omgivningen från läckage av lakvatten och deponigas. Med rätt utformning kan tätskiktet fungera både som en barriär för gas och vatten samt ett filter för metangasen.

Sluttäckningens funktion att minimera inläckage äventyras om skyddsskiktet inte har tillräckligt frysmotstånd. Denna risk är uppenbar norr om Mälardalen och ökar norrut. Tjäle dvs. frys- och upptyningscykler kan leda till att tätskikt övergår till att bli

permeabla eller att skyddsskiktet genomgår en differentiering av kornfördelning och/eller att kornfördelningen blir finare. I ett 100-årsperspektiv kan skyddsskiktet övergå till att bli tjälfarligt vilket kan orsaka stabilitetsproblem samtidigt som tätskiktet inte längre skyddas från frostpåverkan.

Material som behövs till ett skyddsskikt bör väljas både utifrån geotekniska, termiska och metanreducerande egenskaper. I de fall där tjäle är dimensionerande kan skyddsskiktets tjocklek minskas med hjälp av bättre materialval. Detta kan leda till minskade transporter och lägre materialkostnad.

Vid mindre deponier där det inte finns någon gasinsamling kan gasen leta sig ut olika vägar och sippra ut i högre halter genom ledningsgravar, sprickor osv. Det kan innebära ökade arbetsmiljörisker om de sluttäckta deponierna används för olika industriella ändamål. Gasmängderna behöver inte vara stora för att orsaka olyckor och tillbud i trånga utrymmen där gasen kan samlas.

5.6 Askprogrammets betydelse

Resultaten från projekt i Askprogrammet visar att FSA i tätskikt klarar kraven och att tätheten ökar med tiden. Resultaten bygger på erfarenheter från en tidperiod på mindre än 10 år. Vad som sker med stabiliteten i deponier över längre tidsperioder (>100 år) kan inte garanteras med vare sig alternativa eller konventionella material.

Alternativa material i kombination med morän i skyddsskiktet på deponier kan ge en bättre funktion med avseende på tjälnedträngning och metanoxidation jämfört med konventionella material. Förekomst av organiskt material i skyddsskiktet bidrar också till oxidation av metan till koldioxid, den senare med ett 20 – 25 lägre växthusgaseffekt.

Resultaten indikerar att dimensionering med avseende på tjäle kan bidra till tunnare och lättare skyddsskiktetskonstruktioner med bibehållen eller bättre tjälskydds- och metanoxideringsfunktion.

Miljömyndigheters fokus på ytvatten, grundvatten och mark bör kompletteras med metanutsläpp till atmosfären. Konstruktionens beständighet är en annan viktig faktor som bör beaktas eftersom upprepade frys- och töcykler kan leda till att tätskiktets täthetsfunktion går förlorad.

5.7 FoU behov

Mycket data om användning av askor i deponikonstruktioner finns redan dokumenterade i bl a de vägledningar som finns framtagna inom Askprogrammet. Det finns fortfarande behov av att följa upp tidigare anlagda pilotprojekt och provytor för att öka kunskapen om vad som sker med konstruktionerna över längre tid. Det finns behov att utreda lämpliga alternativa materials typiska parametervärden som porositet, vattenkvot, vattenmättnadsgrad, termiska egenskaper etc. Baserat på erhållna värden och övrig erfarenhet för respektive material kan sedan konstruktionen dimensioneras bättre vilket kan leda till att både material och materialtransporter sparas.

Kunskapen om hur sluttäckning kan påverka deponigasbildningen är begränsad. Information om gasinsamling vid deponier är begränsad och dess kvalitet varierar. När nya deponietapper tas i bruk ökar mängden insamlad gas likväl som när ytan täcks. Det är svårt att bedöma om orsaken är att gasbildningen avtar eller att t.ex. icke fungerande brunnar minskar mängden gas som samlas in. Därför är osäkerheten i modellerna som räknar fram gasmängderna i svenska deponier mycket osäkra och behöver förbättras.

Teknik som kan ta hand om låga metanhalter som regenerativ oxidation kan enligt litteraturen vara lämplig för deponigas. Tekniken och dess förutsättningar bör undersökas vidare. Metoden kan användas vid så låga metankoncentrationer som 0,5 %.

I Sofielund användes bottenaska och en låg inblandning av slam. Av resultaten framgår att flera olikheter i täthet och utlakning föreligger jämfört med andra deponier samt också anomalier i fråga om pH. Lämpligheten av bottenaska i FSA bör därför utredas vidare.

När FSA har använts i tätskiktet finns det en indikation på att dräneringsvattnet innehåller kväveföreningar, DOC (dissolved organic carbon) och vissa metaller och därmed inte ännu kan släppas ut utan rening. Dokumentation visar dock att utlakningen minskar med åren och klingar av. Korttidsuppföljningar har gjorts med ofta goda resultat men däremot saknas långtidsuppföljning av lakvattenkvalitet och täthet.

Kurs i utförande, hantering, utläggning och kontroll- uppföljning för att säkerställa att god kvalitet erhålls är viktig för att bygga upp rutiner.

6 Miljö och kemi

Askor har en komplex och till stor del okänd sammansättning av både ofarliga och miljöfarliga ämnen. Varje enskilt grundämne förekommer i allmänhet i flera olika former med olika farlighet. Nyproducerade askor är dessutom reaktiva material och sammansättningen och egenskaperna hos en aska ändras med tiden då den åldras. För så komplexa blandningar som askor är det svårt att tillämpa förenklade modeller som beskriver samverkande toxiska effekter.

Det största hindret för användning av restmaterial i anläggningsbyggen är inte teknik utan bedömningen av miljöpåverkan. Den sk inneboende farligheten hos ett material är endast en del av informationen som behövs för att bedöma de risker som dess användning innebär.

6.1 Ramdirektiv för avfall

Askor är, med få undantag, ett avfall och omfattas av avfallslagstiftningen. EUs nya ramdirektiv för avfall, *Europaparlamentets och rådets direktiv 2008/98/EG av den 19 november 2008*, har implementerats i svensk lagstiftning och den 9 augusti 2011 trädde en ny avfallsförordning (SFS 2011:927) i kraft. Det nya ramdirektivet ersätter tre direktiv enligt figur 9.

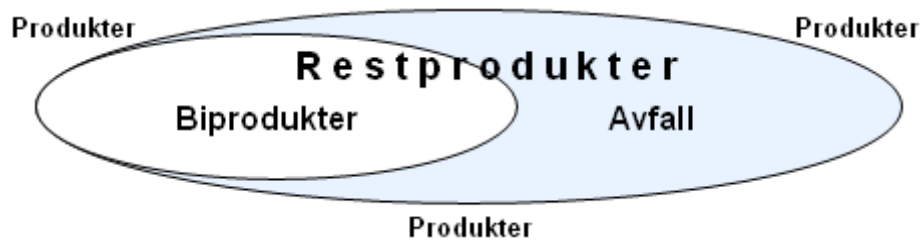


Figur 6. Det nya ramdirektivet för avfall ersätter tre direktiv som rör avfall./The new frame directive for waste replace three directives for waste material [9]

Avfallsdefinitionen har lämnats oförändrad, dvs med avfall menas alla föremål, ämnen eller substanser som innehavaren vill göra sig av med eller är skyldig att göra sig av med. Däremot införs ett förtydligande av avfallsbegreppet genom en ny artikel om vad som krävs för att en restprodukt ska kunna anses vara en biprodukt och inte avfall. De villkor som måste vara uppfyllda bygger på domar från EG-domstolen som rör avfallsbegreppet

I det nya avfallsdirektivet (2008/98/EG) finns villkor uppställda som ska vara uppfyllda för att avfall ska upphöra att vara avfall så kallade "End of Waste kriterier". Utifrån villkoren ska kommissionen tillsammans med medlemsländerna besluta om specifika kriterier för ett antal avfallsströmmar. Aktuella avfallsströmmar är olika sorters metallskrot, returpapper, glas, plast och kompost/biogödsel. Det finns ännu inga End of Waste kriterier för askor.

Om något är en biprodukt eller avfall påverkar bl a om det omfattas av vissa tillstånds- och anmälningsplikter. Figur 10.



Figur7. Definition av produkt, biprodukt och avfall./Definition of product, by-product and waste.[10]

Ett ämne eller föremål ska anses vara en biprodukt i stället för avfall, om ämnet eller föremålet:

1. har uppkommit i en tillverkningsprocess där huvudsyftet inte är att producera ämnet eller föremålet,
2. kan användas direkt utan någon annan bearbetning än den bearbetning som är normal i industriell praxis, och
3. kommer att fortsätta att användas på ett sätt som är hälso- och miljömässigt godtagbart och som inte strider mot lag eller annan författning.

Hjälp för att bedöma när ett föremål kan anses vara en biprodukt istället för ett avfall finns presenterat i ”Tolkningsmeddelande om avfall och biprodukter från EU”. [11]

6.2 REACH

REACH står för *Registration Evaluation Authorisation and restriction of Chemicals*. (Registrering, utvärdering, godkännande och begränsning av kemikalier) och är EU-förordning nr 1907/2006 som började gälla 1 juni 2007. Bestämmelserna i REACH omfattar kemiska ämnen, både ämnet som sådant och när ämnet ingår i en blandning. Från den 1 december 2008 måste ett ämne vara registrerat enligt REACH måste för att få tillverkas, säljas, överlåtas eller användas.

När avfall återvinns genom en s.k. återvinningsprocess likställs detta enligt REACH med tillverkning av ett ämne. På detta sätt tillverkade ämnen eller kemiska produkter ska för sitt användningsområde vara REACH-registrerade. Ett exempel på detta är cementtillverkning där aska kan vara en av råvarorna. Det är det bolag som ansvarar för återvinningen som har skyldigheten att följa REACH-lagstiftningen. I exemplet med cement är det cementproducenten som har ansvaret att det ämne eller den produkt som sätts på marknaden är REACH-registrerad. Om återvinningen däremot sker sent i avfallens livscykel, d.v.s. i samband med användningen, (exempel användning på deponi) gäller avfallslagstiftningen ända fram till avfallens slutliga användning.

REACH behövs för att öka kunskapen om de kemikalier som finns på den europeiska marknaden. Av de cirka 100 000 ämnen som finns på den europeiska marknaden är det

endast ett fåtal som har genomgått en riskbedömning. För de allra flesta ämnen saknas kunskap om egenskaper och risker helt eller delvis. Läs mer om REACH på Kemikalieinspektionens hemsida. [12]

Avfall är inget ämne och alltså krävs inte REACH- registrering. Om avfallet slutar att vara avfall enligt End of Waste- eller biproduktkriterierna krävs en registrering enligt REACH.

Ett konsortium, benämnt ”Mixed Ashes”, bestående av medlemmar från ett 70-tal företag i norra Europa, både från skogsindustrin och från energibranschen, har tagit fram underlag för registrering hos ECHA (European Chemicals Agency). Registreringen slutfördes av medlemmarna i november 2010. För Sverige del blev Mälarenergis registrering godkänd av ECHA den 16 december 2010.

Askorna i ”Mixed ashes” klassificeras som ett UVCB-ämne, (*Substances of Unknown or Variable composition, Complex reaction products or Biological material*) och egenskaperna bestäms av bränslesammansättning och förbränningsteknik. Som bränslen finns i registreringen; biobränsle, torv, slam, kol och fasta avfallsbränslen samt ”kompletterande bränslen som behövs”. Registreringen omfattar askor från förbränning och förgasning. Askor benämns enligt REACH reglerna som ”en produkt efter förbränning av en kombination av material som innehåller kol” (the product from the burning of a combination of carbonaceous materials).

I och med registreringen har askorna klassats enligt CLP (Classification, labelling and packaging of substances and mixtures) som farliga på grund av dess skadliga påverkan (frätande) på ögon och hud/andningsorgan (irriterande) och behöver därför ett säkerhetsdatablad med exponeringsscenario som ska vidareförmedlas till nedströmsanvändarna.

6.3 Handbok för återvinning av avfall

Naturvårdsverket publicerade 2010 en handbok om *Återvinning av avfall i anläggningsarbeten* [13] för att underlätta återvinningen av avfall på ett miljö- och hälsomässigt säkert sätt. De avfallsslag som omfattas av handboken är avfall som kan ersätta traditionellt material i anläggningsarbeten, dvs. både kvalificerat ballastmaterial och mer okvalificerat material som kan ersätta naturligt material i utfyllnader.

I handboken beskrivs aktuell lagstiftning samt hur handläggningen av ärenden där avfall återvinns kan gå till. I handboken anges också nivåer då föroreningsrisken betraktas som ”mindre än ringa” när ingen anmälan behöver göras.

Handboken vänder sig främst till operativa tillsynsmyndigheter, men även till tillståndsprövande myndigheter som hanterar frågor om användning av avfall i anläggningsarbeten. Handboken är vägledande och inte rättsligt bindande.

Handboken anger riktvärden för de olika nivåerna, men dessa värden är endast applicerbara för avfall som klarar riktvärden för mindre än ringa risk, dvs att det är

möjligt att använda materialet utan att meddela någon. De flesta (om ens någon) askor klarar inte riktvärdena för mindre än ringa risk.

6.4 Testmetoder

Den enklaste och vanligaste metoden för att bedöma om en aska är farlig för miljön är att mäta halterna av de metaller och andra farliga ämnen i askorna som vanligtvis kan vara giftiga. Därefter bedömer man vilka effekter varje enskilt ämne kan ha i miljön vid de uppmätta halterna. Man bedömer alltså inte askan som helhet, vilket i många situationer innebär att man antingen underskattar eller överskattar askornas effekter i miljön. Exempelvis är många metaller och andra farliga ämnen ofta hårt bundna i askan och kan därmed inte spridas och tas upp i organismer i så stor utsträckning. I dessa fall överskattas ofta de negativa miljöeffekterna, vilket kan innebära onödiga kostnader för samhället. När man endast mäter halter av metaller och andra farliga ämnen i askorna tar man inte heller hänsyn till ekotoxikologiska samverkans effekter mellan olika ämnen och kan därmed både underskatta och överskatta miljöeffekterna av askorna. Förenklade bedömningsmetoder baserade på totalhalt förutsätter att ekotoxiska egenskaper för olika ämnen är additiva och tar inte hänsyn till andra samverkans effekter eller biotillgänglighet. För att på ett bättre sätt kunna bedöma tänkbara miljöeffekter behövs därför andra bedömningsverktyg, t.ex. att man bedömer toxiciteten av det komplexa lakvattnet med biologiska tester. Detta gäller både om askan skall återvinnas som ett konstruktionsmaterial eller deponeras. Genom att kombinera relevanta laktester, kemiska analyser och ekotoxikologiska tester har tidigare studier visat att de bör vara möjligt att ta fram sådan information

6.4.1 Biotester

Askor har en komplex och till stor del okänd sammansättning av både ofarliga och miljöfarliga ämnen vilket innebär att det är svårt att tillämpa förenklade modeller som beskriver samverkande toxiska effekter. Det är dessutom mycket svårt att skatta stabilitet i miljön och bioackumuleringsförmåga. Kroniska biotester utgör därför ett viktigt instrument för att karakterisera de ekotoxikologiska egenskaperna hos askor. Det är dock alltid viktigt att komplettera toxicitetstest med en förståelse för vilka mekanismer som bidrar till toxiciteten för att kunna prognostisera risken under andra förutsättningar.

Data från biotester utgör grunden för klassificering av miljöfarlighet och miljöriskbedömningar i kemikalielagstiftningen (REACH och CLP). Biotester delas in i tester som kvantifierar de kortsiktiga toxiska egenskaperna, akuta toxicitetstest, och test som kvantifierar även de långsiktiga toxiska egenskaperna, kroniska test. Kroniska biotest är viktiga för att kunna identifiera den nivå vid vilket ett ämne inte förväntas ge upphov till negativa effekter i miljön.

I en traditionell riskbedömning bedöms ofta ett ämne i taget, utan hänsyn till den samverkan olika ämnen kan ha på varandras toxicitet. Idag lyfter man allt mer fram behovet att ta hänsyn till samverkande effekter. I det sammanhanget utgör biotester ett

verktyg som är svårt att helt ersätta även om det finns flera förenklade modeller som kan användas.

6.4.2 Magnetiserbarhet

En frågeställning som blir aktuell när aska används i anläggningskonstruktioner är vad som sker när användningen avslutas. Metoder för att lokalisera aska samt även konditionen av konstruktionen är önskvärda för att öka användningen av aska. Mätning av en markvolym's magnetiserbarhet (eng. *magnetic susceptibility*) är en metod som bland annat har använts för att kartera förorenings-spridning från t ex industrier och kraftverk och från trafik och vägar.

Eftersom magnetiserbarheten hos aska vanligtvis skiljer sig från magnetiserbarheten hos de material som askan vanligtvis täcks med (till exempel grusslitlager) gör det mätmetoden lämplig för att kartera såväl förekomst av aska som förhållandet mellan askan och grusslitlagret vad gäller uppblandningsgrad och/eller grusslitlagrets mäktighet.

6.5 Projekt i Askprogrammet 2009-2011

I tabell 5 sammanfattas projekten i Askprogrammet programperioden 2009-2011. Två projekt rör möjlighet till REACH registrering av askor, två behandlar ekotoxikologi och ett redovisar en möjlighet att lokalisera askor i olika konstruktioner.

Tabell 5. Projekt om miljö och kemi i Askprogrammet 2009-2011/Project within environmental issues and chemistry in the programme 2009-2011.

Rapport nr	Projekttitel/projektledare
1121	Möjligheter för REACH-registrering av bioaskor, Linnea Lövgren, Pöyry
1127	Förenklad metodik för kvalificering av aska enligt REACH, förstudie, Rolf Sjöblom, Tekedo
1197	Inverkan av laktestförhållanden, samt antagonistiska och ekotoxiska effekter avfallsklassificering av askor, Ola Wik, SGI
1208	Askor- långsiktiga ekotoxikologiska miljörisker, Magnus Breitholz, Inst för tillämpad miljövetenskap, SU
1221	Magnetiserbart- Avgränsningar och tillståndskartering för askkonstruktioner, Göran Blomqvist,VTI

6.5.1 REACH registrering av askor (Värmeforskrapporter 1117 och 1127)

REACH innebär att tillverkare och importörer av kemiska produkter och beredningar måste registrera dessa produkter och dess användningsområde hos den europeiska kemikaliemyndigheten, ECHA. Registreringskravet omfattar de produkter som tillverkas eller importeras om mängder mer än 1 ton, eller som innehåller ämnen som är särskilt farliga och om dessa ämnen ingår i en vara med en halt om mer än 0,1 %.

Eftersom det krävs omfattande ekotoxiska och humantoxiska tester samt kemikaliska och fysikaliska tester för att REACH-registrera ett kemiskt ämne kräver REACH-lagstiftningen att bolag som ska registrera samma ämne utbyter testdata mellan varandra i stället för att bolag som saknar data ska göra om tester som ett annat bolag redan har låtit utföra och är ägare till.

Vid en workshop i maj 2009 summerades för- och nackdelar med REACH registrering av aska. Tabell 6

Tabell 6. För- och nackdelar vid REACH-registrering av aska enligt deltagare på workshoppen den 5 maj 2009./Pros and cons for registration according to REACH,

Fördelar	Nackdelar
Acceptans av aska	Osäkert hur anläggningens miljötillstånd påverkas
Ökat värde hos aska	Större krav på bränslestabilitet för bioaska om bränslekraven blir hårda
Bolaget får möjlighet att välja om aska ska hanteras som biprodukt eller avfall	Det är dyrt att REACH-registrera (fast det beror på vad man jämför med; deponiskatt är också dyrt)
Miljötillstånd behövs inte för användningsområden som är REACH-registrerade	Ojämn askkvalitet med avseende på innehåll av hälso- och miljöfarliga ämnen
Aska som inte är avfall får lagras. Jmf med avfallsagstiftning som kräver begränsad lagringstid för avfall	Kräver en etablerad marknad

Registrering är nyckeln till användning av en substans oberoende av om den används som sådan eller ingår i en blandning. REACH, liksom CLP, *Classification, Labelling and Packaging of substances and mixtures*, (klassificering, märkning och förpackning av ämnen och blandningar), innehåller omfattande möjligheter för användning av litteratordata, data på liknande ämnen o s v för att undvika onödiga provning. Detta gäller särskilt tester på människor och ryggradsdjur.

Värmeforsk har genom Askprogrammet utvecklat metodik och vägledning för klassning av avfall som miljöriktlinjer för askanvändning i anläggningsbyggande. En omfattande undersökning av innehållet i REACH och CLP resulterar i att Värmeforsks arbetssätt framstår som mycket passande och effektiva under REACH och CLP.

Det finns ett samband mellan avfallsdirektivens regler och reglerna för klassificering och märkning genom att klassningen av avfall bygger på reglerna för märkning. På liknande sätt anknyter de svenska reglerna för acceptans för användning av återvunnet material (avfall) i geotekniska konstruktioner till reglerna i REACH beträffande värdering av kemiska risker genom att båda kräver att riskerna ska vara ringa samt att samma eller liknande metodik kan användas för att verifiera detta.

6.5.2 Faroegenskaper, ekotoxisk, H14, (Värmeforskrapporter 1197 och 1208)

I Sverige implementeras EU-harmoniserad avfallslagstiftning genom avfallsförordningen (SFS 2011:927). Förordningen beskriver hur ett avfalls farlighet ska klassificeras utifrån fjorton olika faroegenskaper (H1-H14), där H14 avser miljöfarlighetsegenskapen ”ekotoxisk. Vissa avfallstyper kan ha s.k. dubbla ingångar, d.v.s. att avfallet kan betraktas som både farligt och icke farligt och att en klassning av avfallet måste baseras på avfallets faroegenskaper (H1-H14). För många ämnen som förekommer i betydande halter i askor (till exempel zink, koppar och bly) är kriterier för klassificering med avseende på ekotoxiska egenskaper (H14) ofta lägre än för andra egenskaper (H1-H12) och en bedömning av de ekotoxiska egenskaperna blir därför kritiska för avfallets klassificering.

Arbete med att ta fram ett underlag till hur en framtida nationell vägledning för klassificering av farligt avfall enligt H-14 ska gå till, har fokuserat på att generera lakvatten från askor (slaggrus och flygaska) genom olika lakningsmetodiker och därefter både karaktärisera lakvattnet med avseende på kemiskt innehåll och ekotoxicitet (biotester med alg, kräftdjur och fisk). Resultaten från projekt har bland annat visat på en tydlig skillnad mellan att indirekt uppskatta fara (utifrån totalhalter eller utlakade kemiska halter) och att direkt mäta fara med ekotoxikologiska tester hos komplexa lakvatten från avfall.

När det gäller klassificering av avfall råder det, såväl i Sverige som inom övriga EU, stor oklarhet avseende vilka ekotoxikologiska testmetoder som kan användas vid klassificering enligt H14, och hur resultaten av dessa test rent allmänt ska tolkas. De vanligast förekommande standardiserade ekotoxikologiska tester som används i olika sammanhang är behäftade med en del osäkerhetsfaktorer då de i allmänhet har utnyttjats enbart för bedömning av enskilda kemikalier. Det finns därför ett stort behov av att utvärdera och anpassa lämpliga testmetoder för relevant ekotoxisk faroklassificering för avfall. Arbete med att ta fram styrdokument för hur H-14 egenskapen ska utvärderas och användas inom EU pågår, vilket innebär att det är bråttom med att få fram nya rön som kan påverka detta arbete.

Det huvudförslag till metodik för klassificering, som utarbetats och förts fram i det pågående arbetet med att harmonisera klassificeringen av avfall i Europa, följer inte lagstiftningen och har allvarliga brister som riskerar ge en felaktig klassificering både med hänsyn till valda lakmetoder och biotester.

Askornas utlakning av ämnen som inte klassas som miljöfarliga kalium, aluminium och kalcium (K, Al och Ca) och som är livsviktiga mineralnäringssämnen, ger upphov till så höga halter i lakvattnet att de ofta dominerar den toxiska responsen i biotesterna. Om inte hänsyn tas till detta kommer en klassning baserat på biotester leda till att askorna klassas som farliga i högre grad än vad de i realiteten är. Effekten är speciellt framträdande för bioaskor.

6.5.3 Magnetiserbarhet (Värmeforskrapport 1221)

Vägar och andra anläggningar byggda med askor erbjuder miljöfördelar i form av resurssnålare och i vissa fall effektivare konstruktioner än konventionella material. Men, förekomsten av miljöstörande ämnen i askor ger även upphov till risker om de kommer i kontakt med omgivningen.

Om mätning av magnetiserbarhet (främst järnföreningar) visar sig kunna urskilja askor från andra material förväntas en metod kunna utvecklas i syfte att:

1. underlätta kvalitetsgranskning av askkonstruktioner vid anläggningsfasen då den pekar ut ojämnheter och brister i konstruktionen,
2. underlätta drift- och underhållsfasen av askkonstruktioner då den pekar ut avsnitt där underhållsbehovet är som störst,
3. underlätta möjligheten att i framtiden identifiera och avgränsa askkonstruktioner som tas ur bruk.

Under rätt betingelser är magnetiserbarhetsmätningar en metod som kan användas för att detektera utbredningen hos en askkonstruktion och sannolikt även övervaka tillståndet (tjockleken) hos det skyddande grusslitlagret.

Resultaten har också visat att det finns ett mer eller mindre tydligt samband mellan magnetiserbarheten och innehållet av ett stort antal ämnen. Detta skulle sannolikt kunna utvecklas till en "screeningmetod" för att underlätta val av prov som ska till vidare kemisk analys, alternativt val av provtagningsplats vad gäller provtagning av förorenad mark som ska analyseras kemiskt.

6.6 Askprogrammets betydelse

6.6.1 Ekotoxisk, H14

Projekt i programmet har kunnat visa att det huvudförslag till metodik för klassificering, som utarbetats och förts fram i det pågående arbetet med att harmonisera klassificeringen av avfall i Europa, inte följer lagstiftningen samt har allvarliga brister och riskerar ge en felaktig klassificering om bedömningen enbart baseras på biotester. En kombination av kemiska och biologiska tester, och god kunskap om använda testorganismer, behövs.

Resultat visar även att kalium dominerar de toxiska effekterna i lakvatten från askor och är därmed problematisk ur en klassificeringssynpunkt, men att de långsiktiga effekterna torde vara av ringa betydelse.

Den viktigaste parametern för utlakning och tillgänglighet av metaller är i allmänhet pH. Vid biotestbaserad ekotoxikologisk avfallsklassificering av askor bör lakning och toxicitetstestning ske vid minst två olika pH för att inte riskera att valda testförhållanden underskattar det studerade materialets inneboende fara och för att anpassa testförfarandet till regelverket för klassificering av kemiska ämnen (CLP).

Vid avfallsklassificering baserad på biotester är det viktigt att testorganismer som är välkända och väldokumenterade används. Annars finns det en risk att klassificeringen blir felaktig och baseras på toxisk respons orsakade av ämnen som normalt inte klassificeras som farliga (t.ex. kalium och aluminium).

Vid avfallsklassificering med avseende på ekotoxicitet är det för en korrekt helhetsbedömning viktigt att ta hänsyn till att grundämnet som föreligger helt eller delvis som utfällningar i samband med t.ex. pH-justering (t.ex. aluminium och bly) ändå kan vara tillgängliga i biotestet och påverka responsen.

6.6.2 Magnetiserbarhet

Programmet har visat på en metod som ger möjlighet att identifiera och kontrollera askkonstruktioner. Metoden bör kunna utvecklas till en ”screeningmetod” för att underlätta val av prov som ska till vidare kemisk analys, alternativt val av provtagningsplats vad gäller provtagning av förorenad mark som ska analyseras kemiskt.

Enligt utvärderingen av askprogrammet 2009–2011 rekommenderas framtagande av en handbok och tillsynsvägledning samt en utökad klassificering av askor. För bägge dessa syften skulle askmaterials magnetiserbarhet kunna fylla ett syfte. För det första om metoden vidareutvecklades och även innefattade sensorer med större mätdjup, och för det andra om fler askmaterial undersöktes i större omfattning. I det sammanhanget skulle man även kunna utreda potentialen hos att koppla uppgifter om olika askmaterials magnetiserbarhet till databasen Allaska.

6.7 FoU behov

Det finns behov av förbättrad kunskap och verktyg för att beskriva de långsiktiga kemiska egenskaperna och den miljömässiga påverkan. Det är viktigt att verktygen utvecklas i samråd med vägledande myndigheter samt anpassas till det som föreskrivs i nationell och europeisk lagstiftning (Miljöbalken, REACH, Byggmaterialdirektivet, Avfallsdirektivet).

Fortsatta och förbättrade uppföljningar av askanvändningars miljöpåverkan i ett långsiktigt perspektiv bör göras; utveckling av metoder för att göra bedömningar av miljöegenskaper; långsiktiga miljömässiga och tekniska egenskaper bedöms, bl a baserat på kemisk karakterisering.

Även om produktifiering i princip passar dåligt för askor vars förutsättningar ändras i takt med nya stimuli och regelverk för fasta bränslen kan det ändå bli nödvändig. En väsentlig uppgift är att reda ut förutsättningarna och behoven av certifiering, produktifiering samt standardisering.

Kundanpassning av askorna genom renodling eller modifiering är troligen nödvändig. FoU om rening av askor är intressant om det kan göras sannolikt att det kan göras i

tillräcklig grad och till rimliga kostnader, sett både med en kortsiktig ekonomisk ståndpunkt och från miljösynpunkt i ett livscykelperspektiv.

Hur skall man hantera askor och konstruktioner med askor när deras tekniska livslängd kommit till slut? Även om tidpunkten ligger långt i framtiden är frågan av betydelse redan vid anläggandet och i tillståndsärendet. Det kan förutses att allt mindre material kommer att deponeras och att även förbrukade askor kommer att behöva återvinnas en andra, eller tredje gång. Vilka förutsättningar finns för direkt återvinning i liknande konstruktion?

Idag skickas största delen av avfallsförbränningens rökgasreningrester till Langøya. Detta är en kortsiktig lösning och på sikt behövs en inhemsk långsiktig lösning. Kan vi behandla askan/ändra något för att möjliggöra att det kan tas om hand i Sverige?

Fokus på resurser och råvaror för industrin flyttas undan för undan från utvinning från naturliga tillgångar i ett fåtal länder till återvinning från de industrialiserade samhällens avfall. Dels kan skrot i större utsträckning än idag plockas ut ur bädd- och bottenaskor och dels kan metaller utvinnas från flygaskor. Drivkraften är dels en befarad bristsituation, dels ökade metallpriser. Det finns ett behov av teknikutveckling.

För att kunna nyttiggöra mer komplicerade askor kan det behövas en behandling. Det är svårt att sära på komponenter, men vilka är möjligheterna att bearbeta askorna? Finns det teknik att förbättra dessa komplicerade askor och göra dem mindre sammansatta?

Förgasning i stället för förbränning är en teknik som kommer. Förgasningsaskor kommer att ha andra egenskaper, bl a ett större innehåll av oförbränt material. Frågor att besvara är exempelvis: Kan de utnyttjas som kolsänka? Vad har de för miljömässiga och tekniska egenskaper? Det finns skäl att anta att askorna innehåller höga halter av organiska föroreningar som kan kräva nya behandlingsmetoder innan de kan utnyttjas.

Arbeten med ekotoxiciteten hos askor bör fortsätta. Frågan är central för klassificeringen av askor betraktade som avfall och därmed möjligheterna att använda dem, men även för bedömning av askor som vara eller produkt. För att kunna dra mer långtgående slutsatser och bekräfta resultaten från Askprogrammets projekt behövs studier med andra askmaterial och testorganismer.

Utveckla magnetiserbarhet som metod i syfte att kunna kvalitetsgranska tjockleken på det överliggande skyddande slitlagret i samband med nykonstruktion av askväg samt att övervaka gruslagrets tillstånd under vägens drift, så att inte askan kommer i dagen. Kartläggning av magnetiserbarheten hos fler askor, såväl flygaskor och slaggrus av olika ursprung, som askor av olika åldrar och från olika typer av förbränningsanläggningar.

7 Geoteknik

Tyngdpunkten för användning av askor i framtiden är i anläggningskonstruktioner utanför deponier med möjlighet att avsätta stora volymer. Framför allt två typer av askor är intressanta för användning i anläggningsarbeten utanför deponier: flygaskor, gärna från biobränslen, i bl a grusvägar samt bottenaskor i asfalterade vägar. Förutom att alternativa dvs avfallsbaserade anläggningsmaterial omfattas av en mängd regler just pga att de är avfall har materialen oftast andra geotekniska egenskaper än de konventionella materialen. Emellertid är konstruktioner med alternativa material och med konventionella material funktionsmässigt oftast likvärdiga och ibland är de förra bättre.

En grundläggande karakterisering av ett antal askor har utförts inom Askprogrammet. Dessa tester är ganska omfattande och inkluderar också lakteter för bedömningen av miljöpåverkan. Det är dock inte alldeles lätt att utvärdera egenskaperna då det till stora delar saknas erfarenhet av askornas beteende i fält och åldringens inflytande.

Produktionen av askor sker oftast lokalt och i mindre mängder vilket innebär att stora vägbyggen inte är det mest intressanta användningen för askor. Emellertid finns det nya användningsområden som kan ge avsättning för stora mängder aska så teknik för att lagra och transportera aska kommer att behöva utvecklas.

Nyckeln till framtiden för askanvändning i anläggningskonstruktioner är framgångsrika exempel på anläggning och utvärdering av pilot- och fullskaleförsök.

Inom Askprogrammet finns framtaget handböcker och vägledningar för hur aska kan användas i anläggningsbyggande. Exempel:

- *Rapport 954 Handbok; Flygaska i mark och vägbyggnad, Grusvägar*
- *Rapport 1054 Slaggrus för sammansatta obundna material i väg- och anläggningsbyggande, Handbok*

7.1.1 Användning av askor i vägar

Stabilisering av obundna lager i vägöverbyggnader är en tekniskt, ekonomiskt och miljömässigt lovande teknik. Metoden bedöms ha stor potential i och med att bärigheten är en allt viktigare fråga. Stabilisering med cement, kalk och Merit, som används traditionellt som bindemedel, är en förhållandevis dyr metod. Goda geotekniska egenskaper och lägre bindemedelskostnad är de största incitamenten till att använda flygaska som bindemedelkomponent. Flygaska används främst vid stabilisering av bär-/förstärkningslager på industriytor och grusvägar. Kunskapen om de stabiliserade lagrens beständighet är begränsad till en förhållandevis kort tid.

Flygaskor har karakteriserats, materialrecept har provats fram och några provvägar har byggts. I korthet är resultaten att vägarnas bärighet och tjältålighet ökat och att den något ökade utlakningen av salter från en av de anlagda vägarna, vilken beror på

närvaron av flygaska, är övergående. För att flygaskornas goda egenskaper skall kunna utnyttjas optimalt och för att askorna skall räcka till längre sträckor bör de användas för att stabilisera dåliga eller utjänta vägmaterier.

Slaggrus, d v s åldrade bottenaskor från avfallsförbränningen, har använts i tre provbyggen före Askprogrammets tid: Törringevägen nära Malmö, Vändöra inom Tekniska Verkens område i Linköping och inom Dåva kraftvärmeverks område i Umeå. Objekten har följts upp inom Askprogrammet.

Ett mycket vanligt naturmaterial i vägbyggen är bergkross. Materialet behöver krossas i flera steg för att kornstorleksfördelningen skall passa kraven. Slaggrus är en finare fraktion som kompletterar bergkrossfraktioner och ger en möjlighet att spara energi i nedkrossningen av berg och att spara bergmaterial. Slaggrus har ca 70 % av bärigheten hos bergkross, men även 70 % av bergkrossens skrymdensitet vilket gör den lättare att packa

7.1.2 Askor i gruvsammanhang

Behovet att täta en avfallskropp finns även för upplag av gruvavfall, t ex varphögar eller sandmagasin. I detta fall är det både syre och vatten som måste förhindras att tränga in: syre reagerar med sulfidmalmen till svavelsyra som lakar ut tungmetaller.

I tidigare programperiod anlades ett 3 ha stort försöksfält i Gillervattnet, [14] som är ett magasin för anrikningssand från sulfidmalmer. Magasinet tätades också med ett lager avloppsslam ovanpå ett lager flygaska eller av slam och flygaska i syfte att hindra luftsytret från att tränga ner till den svavelkiselrika sanden. Askans roll var att höja pH och stabilisera skiktet mot inträngning av rötter från vegetationen som etableras i slamskiktet. Färska askor är toxiska för växtrötterna och ett härdat lager av aska är för hårt för att rötterna skall kunna tränga ner. Blandningar av slam och aska är för mjuka för att hindra rötterna. Växter med rötter som producerar sockerarter skall undvikas då det finns indikationer på att de fräter på askskiktet.

Varphögar har däremot ett kulturhistoriskt värde och får inte täckas. I de försök som gjordes med injicering av basisk flygaska kunde utlakningen minskas till ca 1 % av vad lakas ut från en obehandlad hög. Aska visades också kunna användas som reaktivt filter som neutraliserar lakvattnet.

Askor kan också användas i ett gruvsammanhang: utbrutna hålrum fylls igen med anrikningssanden stabiliserad med cement. Aska kan ersätta en del av cementen. Försök har utförts vid Zinkgruvan med goda resultat.

7.1.3 Aska i cementbundna applikationer

Askor används sedan länge i cement och betong. Standarder finns dock endast för kiselrika askor med viss inblandning av andra askor, vilket försvårar introduktionen av t ex bioaskor i dessa användningsområden.

Flygaskor från biobränslen är också användbara som finmaterial i enklare typer av betong, t ex markbetong där naturgrus kan ersättas med aska. Laboratorieundersökningar har utförts för ett antal olika flygaskor. Det sker en viss förlust av konsistensen, men den går att undvika vid lägre inblandningsgrader.

7.2 Projekt i Askprogrammet 2009-2011

Förutom användning av aska i byggande av vägar och ytor tillkom under den senaste programperioden ett nytt användningsområde där aska används för att stabilisera muddermassor. Miljöfrågorna är alltid aktuella och av stort intresse för framgångsrik användning av askor. Tabell 7

Tabell 7. Projekt om geoteknik och deponikonstruktioner i programperioden 2009-2011/Projekt within geotechnical engineering and landfill constructions in the programme 2009-2011.

Rapport nr	Projekttitel/Projektledare
Teknik	
1169	Effektivt askutnyttjande i vägar, Jenny Westin, SGI
1212	Från disponering till användning av slaggrus (DIANAS); Niklas Hansson, Vattenfall R&D
Muddermassor	
1129	Potentialbedömning av flygaskor för S/S i muddermassor, Anna Wilhelmsson, Ramboll
1226	Långtidspåverkan av kalkrika askor vid våtlagring, Johan Lagerlund Vattenfall R&D
Miljö	
1186	Förbättring av bottenaskors kvalitet, Henrik Bjurström, ÅF
1192	Processoptimering av asktvätt, Elisabeth Lindgren, Sundsvall Energi
1198	Betydelsen av fast löslighet i järn(Hydr) oxider för fastläggning av potentiellt miljöstörande ämnen i askor, Rolf Sjöblom, Tekedo
1217	Lagring av aska i anslutning till spridningsområde, Inger Valeur, Ekobalans
1222	Bioackumulering i vegetation på geotekniska askkonstruktioner, Kristian Hemström, SGI
1225	Långsiktiga damningseffekter från konventionella grusvägar och flygaskstabiliserade grusvägar, Göran Blomqvist, VTI

7.3 Teknik

Flera framgångsrika projekt med användning av askor i grusvägar har genomförts under tidigare programperioder av Askprogrammet. Det finns ändå behov av ytterligare försöksvägar som kan följas upp med avseende både på teknisk funktion och miljöpåverkan. Tekniken för utläggning av aska kan förbättras och entreprenörer som använder materialet behöver mer kunskaper.

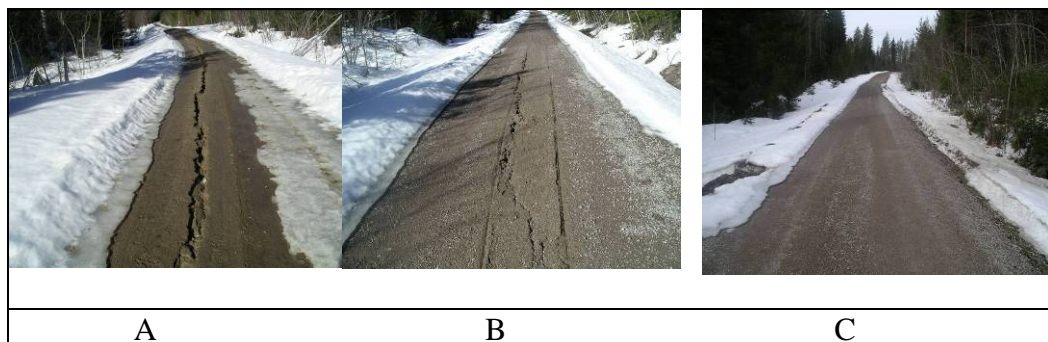
Slaggrus i anläggningskonstruktioner utanför deponier är ännu inte en vanlig applikation. Här behövs många fler exempel på materialets lämplighet både tekniskt och miljömässigt.

7.3.1 Skogsbilvägar (Värmeforskrappport nr 1169)

En stor del av Sveriges skogsbilvägar drabbas varje år vid tjällossningen av nedsatt bärighet. Med ett förändrat klimat som medför ökad årsmedeltemperatur och årsnederbörd kommer tjälperioderna att kortas vilket kommer att leda till fler sättningar och spårbildningar och därmed ytterligare försämrade bärighet hos skogsbilvägarna. Projektet innebär att stabilisera en skogsbilväg med flygaska från ett pappersbruk för att uppgradera och miljö- och klimatanpassa en skogsbilväg i mellersta Norrland.

I fältstudien blandades aska in i befintligt gruslager. Den använda tekniken för inblandning av aska i befintligt gruslager fungerade tillfredsställande även om den uppmätta homogeniteten varierade. Eftersom vägblandningens homogenitet varierade kan inblandningstekniken förbättras.

Vägen har efter uppgradering fyra referenssträckor och två provsträckor. De båda provsträckorna är undersökta och jämförda med varandra för att se hur homogen ask-grusblandningen blev i praktiken, hur väl askans härdande egenskaper är utnyttjade i vägen samt för att se skillnad i styvhet mellan de båda provsträckorna vilka har olika mäktigt ask-gruslager. Utvärderade styvhetsmoduler pekar på att provsträcka 2, med dubbelt så stor askinblandning utvecklas bättre än provsträcka 1 när det gäller hållfasthet. I figur 8 syns referenssträckor samt provsträcka av provvägen under tjällossningsperioden.



Figur 8. Provvägen under tjällossningsperioden. A: referenssträcka 0, B: referenssträcka 1, C: provsträcka 1./ The upgraded road in during soil frost thawing period. A: reference section 0, B: reference section 1, C: test section 1

Trots att inblandningen av aska inte blev optimal är den uppgraderade vägen betydligt bättre än de referenssträckor som saknar askinblandning.

7.3.2 Användning av slaggrus i ytor (Värmeforskrappport nr 1212)

Slaggrus har en starkt begränsad användning i Sverige idag, då det nästintill uteslutande används som konstruktionsmaterial inom deponiområden. Många deponier kommer att

sluttäckas under de närmsta åren vilket ökar behovet av att hitta andra avsättningar för slaggrus. Ett alternativ skulle kunna vara att använda slaggrus som konstruktionsmaterial även utanför deponiområden. I Sverige har slaggrus tidigare provats som obundet konstruktionsmaterial i vägar och parkeringsplatser. Genom att blanda slaggrus med flygaska och cement fås ett stabiliserat så kallat bundet material. Att använda slaggrus i bundna material har flera fördelar, men det är en teknik som inte ännu har utvecklats och prövats i Sverige.

När bundna material innehåller slaggrus minskas risken för sprickbildning på grund av uttorkning jämfört om materialet främst består av flygaska

En viktig fråga för användning av alternativa material, i detta fall slaggrus, är tillståndsprocessen. För verksamhet som innebär användning av avfall för anläggningsändamål på ett sätt som kan förorena mark, vattenområde eller grundvatten, kan verksamheten behöva tillstånd. Ärendet kan hanteras på flera sätt:

- Användning utan anmälan eller ansökan om föroreningsrisken är mindre än ringa, så kallad U-verksamhet.
- Anmälan till kommunal nämnd om föroreningsrisken är ringa, så kallad C-verksamhet.
- Ansökan om tillstånd till länsstyrelsen om föroreningsrisken inte endast är ringa, så kallad B-verksamhet.

Naturvårdsverkets handbok "Återvinning av avfall i anläggningsarbeten" [13] anger riktvärden för de olika nivåerna, men dessa värden är endast applicerbara för U-verksamhet dvs att det är fritt fram att använda materialet utan att meddela någon. De flesta (om ens någon) askor klarar inte riktvärdena för mindre än ringa risk.

7.3.3 Stabilisering av muddermassor (Värmeforskrappport 1129)

Tekniken för användning vid stabilisering av muddermassor är välkänd internationellt men utprovning under svenska förhållanden är relativt ny. En framgångsrik metod kommer att ge möjlighet till användning av stora mängder flygaskor vilket i sin tur kommer att kräva att logistik för transport och lagring utvecklas.

Under de närmaste åren kommer 200 000–800 000 m³ förorenade sediment med gyttjig konsistens, hög vattenkvot och låg hållfasthet att muddras årligen vid utbyggnad av hamnar samt underhållsmuddring av farleder. De muddrade sedimenten är delvis förorenade av t.ex. tungmetaller, PCB, PAH och TBT (tributyl tenn). Dumpning till havs begränsas av att muddermassorna är förorenade och deponering på land kräver transporter och landareal och innebär därmed höga kostnader.

Vid uppbyggnad av nya hamnområden används stora volymer bergkross med mera som konstruktionsmaterial. Dessa material kan ersättas av stabiliserade och solidifierade muddermassor, med modifierade geotekniska egenskaper. Metoden benämns s/s-metoden (stabilisering/solidifiering) och innebär att man blandar massorna med bindemedel. Stabilisering innebär att föroreningarna kemiskt transformeras till en mindre mobil form och solidifiering att massorna antar en fast form vilket ger en ökad hållfasthet samt förbättrade deformationsegenskaper hos muddermassorna. Härigenom

får de sådana egenskaper som möjliggör ett nyttiggörande av de förorenade muddermassor som konstruktionsmaterial vi t.ex. skapande av nya områden på land och exploatering av nya ytor för hamnverksamhet eller annan markanvändning.

S/S-metoden har använts under lång tid för förorenade muddermassor internationellt och under senare år även i Norden. I Sverige har bl.a. Gävle Hamn AB och Oxelösunds Hamn AB har fått tillstånd för att återanvända s/s behandlade muddermassor i hamnkonstruktioner.

7.3.4 Lagring (Värmeforskrappport 1226)

Om s/s-metoden där flygaska ingår som bindemedel blir framgångsrik kommer det att behövas stora mängder aska för att stabilisera/solidfiera muddermassorna. I Sverige infinner sig problematiken att huvuddelen av flygaskor tillverkas under vinterhalvåret men behovet av dem kan finnas året om. Det blir därför en viktig fråga att undersöka hur dessa askor bäst kan mellanlagras för att på så sätt finnas tillgängliga året runt.

Flygaskor måste vattenbehandlas för att kunna transporteras billigt och ligga upplagda utan risk för damning. Dock är det känt att vattentillsats i kalkrika flygaskor från t ex biobränslen reagerar med den i flygaskan ingående osläckta kalken (CaO) varpå ogynnsamma reaktioner kan ske som kan påverka flygaskans funktion som bindemedel.

Flygaskorna kan användas som bindemedelskomponent i s/s metoden om våtlagring sker under en begränsad tid.

7.4 Miljö

Projekten inom miljö behandlar skilda områden. Två projekt avser metoder för att förbättra askors kvalitet innan användning/deponering. Tre berör spridning av föroreningar från askan. Ett projekt visar en metod för att förstå och kunna beskriva askors egenskaper ur hälso- och miljösynpunkt.

7.4.1 Tvättning av flygaska. (Värmeforskrappport 1192)

Detta är ett projekt som visar en möjlighet att rena flygaska från avfallsförbränning som resulterar i ett material som kan tas om hand på svenska deponier. I den befintliga behandlingsprocessen blandas torr aska från elfilter och panna med slam och vatten varefter blandningen tvättas och avvattnas på ett vakuumbandfilter. Genom att rena askan från lösliga salter som natrium och kaliumklorid (NaCl, KCl) kan man reducera askornas lakbarhet och därmed riskklassningen. Kombinationen av asktvätt och vattenreningsprocess ger en stabiliserad rest som kan deponeras medan salterna leds till recipient. En lokalisering nära saltvattenrecipient är en klar fördel vid användning av asktvätt.

7.4.2 Rening av bottenaska/slaggrus. (Värmeforskrappport 1186)

I många förbränningsutrustningar finns ett tomdrag mellan eldstaden och pannan, som har till syfte att förlänga rökgasernas uppehållstid vid den högsta temperaturen. Denna

del av utrustningen är ofta utformad som ett U-rör där det i den lägsta delen faller en grov flygaska. När denna blandas med bottenaskan/slaggruset utgör den en väsentlig del av blandningens finfraktion. Denna fraktion innehåller ofta den största mängden föroreningar och stora miljövinster skulle kunna uppnås om finfraktionen kunde tas om hand på annat sätt. Genom att tillfälligt förändra askflödet i anläggningen lyckades man separera två fraktioner för senare analys.

Åtgärden resulterade i en bottenaska där finfraktionen (< 2mm) minskat till 25% jämfört med ca 40% i normaldrift. Slutsatsen är att effekten av att undandra tomdragsaskan från bottenaskan syns på alla kornstorlekar. Klor- och svavelhalten liksom även kalcium, kalium, magnesium och många spårämnen minskar ganska jämnt över alla fraktioner. Åtgärden har avsedd effekt, d v s att minska askans salthalt.

7.5 Spridning av föroreningar

Föroreningar från aska kan spridas till omgivningen via damning, upptag i växter och/eller lakning till omgivningen. Kunskap om hur detta påverkar hälsa och miljö är avgörande för att användning av askor i olika applikationer kan tillåtas och bli framgångsrikt.

7.5.1 Damning. (Värmeforskrapport 1225)

Damning från obundna vägar orsakas av trafiken. Sådan damning kan leda till trafiksäkerhets- och hälsorisker, olägenheter för närboende och ett accelererat nedbrytande av grusvägens slitlager. Det har funnits misstankar om att grusvägar där bärlagret stabiliserats med inblandning av flygaska skulle damma mer än konventionella grusvägar. Damning har därför undersökts med hjälp av mobila mätningar samt genom punktvisa mätningar längs en askväg och en konventionellt byggd väg. Uppvirvlat damm har analyserats med hjälp av elektronmikroskopiering där såväl storlek, form och partiklarnas innehåll av grundämnena bestämts. Spridningen av damm till omgivningen kvantifierades med hjälp av passiva filter i vägens omgivning.

Resultaten tyder på att askvägar dammar mindre än konventionella grusvägar och att detta antagligen är en följd av att det lösa materialet i hjulspåren innehåller mindre andel PM10 (partiklar < 10 µm) vilket i sin tur kan vara orsakat av att grusslitlagret över det askinblandade bärlagret hållits fuktigare än över det konventionella bärlagret utan aska.

7.5.2 Lagring av askor (Värmeforskrapport 1217)

Askåterföringen, begränsas av en rad faktorer bland annat av tillgång på godkänd aska men också av tillgången av verksamma entreprenörer som rent praktiskt kan utföra spridningen av askan. När det gäller återföring och spridning av aska till skog är det Skogsstyrelsen som handlägger ärendena och här finns utarbetade rekommendationer att

följa. Ärenden som rör askans mellanlagring innan den sprids i skogen, skall däremot handläggas hos den enskilda kommunen eller länsstyrelse (lager > 10 000 ton). Här finns inga utarbetade rekommendationer för hantering av ärende som rör aska som skall återföras till skog, vilket innebär ett dyrt och omfattande arbete med tillstånd för varje ny kommun där det skall upprättas mellanlager.

Osäkerheten runt de eventuella miljöriskerna med ett mellanlager av godkänd aska på icke hårdgjord yta, grundar sig i att det inte finns tillräckligt med underlagsdata för att göra en miljöriskbedömning. Riskbedömningar görs ofta från laktester som är svåra att extrapolera till läckaget i fält. Klara riktlinjer och ökad kommunikation mellan parterna skulle underlätta beslutsgången och därmed återföringen av aska till skog.

Lakvattnet från en härdad och en icke härdad aska klarade gränsvärdet för dricksvatten med undantag för krom, bor, arsenik och nickel som tangerade gränsvärdet vid ett mättillfälle. Dessa data tyder på att lagring av skogsbränsleaska, godkänd för spridning i skog, inte ger upphov till lakvatten som kan utgöra en risk för miljön. Lagring på icke hårdgjord yta bedöms utgöra en liten miljörisk, speciellt då ytorna endast används vid ett tillfälle.

Markprover tagna på före detta mellanlager av godkänd aska i fullskala (på icke hårdgjord yta), visade på små skillnader mellan mark där aska lagrats och kontroll. Kalium var det enda ämne som hade tydligt förhöjd halt i jorden där aska lagrats men halterna var i sin tur inte höga. Det fanns inga tecken på att miljöfarliga ämnen lakats ut ur askhögarna i en omfattning som skulle innebära en miljörisk.

7.5.3 Bioackumulering (Värmeforskrappport 1222)

Både nationell och internationellt finns en mycket omfattande dokumentation avseende spridning och risker genom utlakning av föroreningar från askor men eventuella direkta negativa effekter på markmiljö och upptag av föroreningar i växter (och därmed exponering för människor och betande djur) är dåligt undersökt.

Etablering av vegetation i geotekniska askkonstruktioner kan tänkas ske först efter att konstruktionen tagits ur bruk och efter att eventuellt asfaltlager avlägsnats eller spruckit upp alternativt direkt i materialet om detta används vid deponitäckning ovan tätskiktet. Om giftiga metaller tas upp och allokeras till betbara delar av växter kan de utgöra en risk för växtätare.

Resultat tyder på att åldrat slaggrus som används utblandat med planteringsjord inte ger upphov till betydande förhöjda metall- och metallohalter i engelskt rajgräs under en växtsäsong jämfört med vanliga anläggningsmaterial.

Damning och partikelkontaminering som exponeringsväg kan ge betydande tillskott som måste tas med då risker relaterat till ackumulation av metaller i ekosystem och exponering för betande djur via växtupptag utvärderas. Minimering av partikelspridning bör vara en viktig beståndsdel vid utformning av skyddsåtgärder då askor används i geotekniska konstruktioner.

I Naturvårdsverkets beräkningsmodell som använts i [13] används en generell ackumuleringsfaktor per ämne (oavsett metallkoncentration i det yttre mediet) och beräkningsmodellen kommer att underskatta upptaget i växten vid låga halter i marken och överskatta upptaget i växter vid höga halter i marken.

7.5.4 Fast löslighet för fastläggning av potentiella miljögifter (Värmeforskrappport 1198)

Att förstå och kunna beskriva askors egenskaper ur hälso- och miljösynpunkt är av avgörande betydelse för såväl användning av askor som för deponering. Särskilt viktigt är det att identifiera mekanismer och förhållanden som kan tänkas innebära större påverkan än vad vi är medvetna om. Men det är också viktigt att få fram vilka marginaler som finns, och om det finns utrymme för mindre restriktiva bedömningar.

Vilka faser som bildas i askor styrs av huvudelementen. Spårelementen ingår i de flesta fall i dessa faser i fast löslighet kringstridda en och en i dessa strukturer. De olika faserna tar upp olika mycket av spårelementen. Faser med höga halter järn samt mangan tar upp mycket mer av spårelementen jämfört med övriga faser. Detta gäller såväl faser som bildats vid höga temperaturer som de som bildats genom omvandlingar vid låga temperaturer.

I miljön, liksom i askor, fungerar (hydr)oxider av järn och mangan som effektiva sänkor för tungmetaller, exempelvis zink, bly, vanadin, krom, nickel, kobolt, koppar, molybden och antimon har studerats. Den huvudsakliga mekanismen för detta är fast löslighet som innebär en stark fastläggning. En viktig förutsättning för detta är att järn tillsammans med mangan ska finnas i överskott i förhållande till spårämnen. De allra flesta askor innehåller betydligt mera järn än spårämnena, varför förutsättningarna för att spårämnen ska ingå i fast löslighet ofta är uppfyllda

7.6 Askprogrammets betydelse

7.6.1 Teknik

Utvärderingen av grusväg som stabiliserats med flygaska visar att den med aska uppgraderade vägen har en bättre hållfasthet än konventionellt underhållna grusvägar. Liknande erfarenheter finns även från tidigare projekt där aska använts för stabilisering. [15]

Efterfrågan på tjältåliga grusvägar är stor både för skogsindustrin för uttag av råvaror som timmer och skogsbränsle. Många vindkraftverk byggs i svårtillgängliga områden och är i behov av vägar med hög bärighet för tunga transporter både under byggnation och för kommande drift och underhåll.

7.6.2 Muddermassor

Askor har visat sig vara användbara vid stabilisering och solidifiering av muddermassor och kunskapen kan bidra till en minskad användning av jungfruliga resurser vid uppbyggnad av nya hamnar. En ökad askanvändning ger ett minskat behov för att deponera muddrade massor, liksom transporter av stora mängder material med hög vattenhalt till deponier och resulterar i en minskad miljöbelastning.

En ökad användning av askor för s/s-metoden innebär behov att kunna lagra dessa askor utan att de viktiga egenskaperna förloras. Askprogrammet har visat på både möjligheter och svårigheter som behöver lösas för att metoden ska bli framgångsrik.

7.6.3 Miljö

Erfarenheterna från lagring av aska på icke hårdgjorda ytor kan användas för att bedöma miljörisker vid handläggning av tillståndsärenden för lagring av godkänd biobränsleaska på såväl hårdgjorda som icke-hårdgjorda ytor i kommuner och länsstyrelser.

Om metoden blir accepterad bör detta innebära en enklare och mer ekonomisk hantering av biobränsleaska innan spridning, vilket på sikt kan medföra att en ökad mängd aska kan återföras till skogsmark.

Bioackumulering

Askprogrammet har visat att de generella ackumuleringsfaktorer för upptag av metaller i växter som används i Naturvårdsverkets Handbok 2010:1[13] är inte lämpliga att använda för beräkning av upptag i växter från askor.

Både upptag via rötter, jordstänk och luftdeposition är viktiga processer vid utvärdering av exponering av metaller via vegetation under fältlika förhållanden, och hänsyn bör tas till alla dessa processer vid utvärdering av risker kopplat till askanvändning.

Utformning av geotekniska konstruktioner och skyddsåtgärder vid askanvändning bör inkludera åtgärder för att minimera partikelspridning till den omgivande miljön.

Resultaten visar att om slaggrus blandas med jord eller andra konventionella anläggningsmaterial reduceras riskerna för damning/jordstänk och användning ovan tätskikt kan då eventuellt vara möjligt.

Fast lösning

Att förstå och kunna beskriva askors egenskaper ur hälso- och miljösynpunkt är av avgörande betydelse för såväl användning av askor som för deponering. Särskilt viktigt är det att identifiera mekanismer och förhållanden som kan tänkas innebära större påverkan än vad vi är medvetna om. Men det är också viktigt att få fram vilka marginaler som finns, och om det finns utrymme för mindre restriktiva bedömningar.

Fast lösning där de nybildade järnfaserna fångar upp bl a bly, zink, nickel och koppar, fungerar som långsiktigt fungerande sänkor för dessa och andra element. Detta har en

mycket stor och gynnsam inverkan på lakningen av avfall, liksom på möjligheterna att använda askor i geotekniska konstruktioner

7.7 FoU behov

Geoteknik är den stora framtida användningen av askmaterial och där forskningsbehovet är som störst. Goda exempel från programperioden 2009-2011 med stabilisering av grusvägar och muddermassor, som har förutsättning för avsättning av stora mängder askor, måste följas upp både när det gäller teknik och miljö prestanda.

Det behövs fullskaliga demonstrationer där askor används vid stabilisering av förorenade material med hög vattenhalt som uppkommer lokalt i stora mängder som exempelvis muddermassor, slam och grusand.

7.7.1 Teknik

Slaggrus d v s bottenaskor från avfallsförbränningen är ett prioriterat material då det utgör en mycket stor andel av askproduktionen i Sverige, med mer än 700 000 ton per år. Etablering av demonstrationsprojekt, från förstudiefasen till uppföljningen under lång tid, med slaggrus, är av yttersta vikt för att kunna få tillstånd en bredare användning utanför deponiområden.

Utveckla nya kostnadseffektiva metoder för att förbättra slaggrusets egenskaper.

Nya objekt bör anläggas och följas upp. Lämpliga användningsområden är grusvägar där flygaska stabiliserar svaga/uttjänta material samt muddermassor som använts till hamnuppbyggnad. Lyckade konstruktioner behöver följas upp för att få mer underlag från ”goda exempel”.

En specifik användning är inblandningen av aska i kalk/cementpelare för stabilisering av leror. Den egenskap som utnyttjas är innehållet av fri kalk, men askor har även bindande egenskaper. För att kunna tillverka ett kundanpassat bindemedel behöver man finna en balans mellan innehållet av fri kalk och kisel-aluminium-kalciumoxider.

För stabiliseringen av upplag av gruvavfall, bl a sandmagasin från sulfidhaltig malm, har mest rena bioaskor diskuterats och undersökts. Dessa kan ha mer värdefulla användningar och de är en bristvara. Rökgasreningsrester har liknande egenskaper och är allmänt mindre eftertraktade – idag saknas det kunskap om användningar och marknad.

7.7.2 Muddermassor

Geokonstruktioner i hamnar kommer att ställa krav på flygaskors kvalitet, med avseende dess kornstorlekssammansättning, CaO-halt, härdningskapacitet, innehåll av metaller, pH etc. om de ska kunna användas som bindemedel.

Det behövs mer data om lämpliga bindemedelsmixer och optimala mängder bindemedel samt vad effekten blir beroende på variationer i bindemedelskvalitet, bindemedelsmängd och sedimentkvalitet.

Våtlagringen av askor kommer att behövas om metoden att stabilisera muddermassor ska bli framgångsrik. Det finns behov att utreda:

- hur flygaskan ska kvalitetssäkras och hur olika egenskaper påverkas genom våtlagring
- provlagring i fält och utvärdering genom laboratorieförsök
- undersöka metoder för att aktivera våtlagrad flygaska.

De miljömässiga egenskaperna av våtlagring av askor behöver undersökas. Eftersom få erfarenheter finns med lagrade kalkrika flygaskor blir detta extra viktigt.

7.7.3 Miljö

För att få en bättre bild av läckage från askor som lagras på hög behövs:

- Kartläggning av variationen i lakningsmönster inom godkända skogsbränsle askor av olika kvalitet. Identifiera mekanismerna bakom lakningsmönstret genom identifiering av ingående salter och mineraler på ytan av askhögen.
- Lakstudier av askor med högre föroreningsgrad.
- Studier som inriktar sig på hur halterna i lakvattnet från en mindre hög förhåller sig till en uppskalning.
- Utveckla en labbtest för att kunna skatta läckage från aska som lagras på hög.

Eftersom de generella ackumuleringsfaktorer för upptag av metaller och metalloider i växter som används i Naturvårdsverkets handbok 2010:1 visat sig vara missvisande för ett flertal ämnen behövs askspecifika ackumuleringsfaktorer som underlag till askspecifika riskbedömningar.

Upptaget av metaller till träd och buskar från de studerade askorna har visat sig vara begränsat trots höga totalhalter. Ett viktigt område är att kvantifiera hur stort upptaget via rötter respektive från kontaminering via partiklar är i gräs som växt i ren aska.

Vid användning av askor måste risken för damning och partikelspridning begränsas. Kvantifiering av spridning av damm och partiklar som funktion av effektiva skyddsåtgärder eller teknisk utformning av för att minska damning vore angeläget.

Mätning av damning från grusvägar har endast undersökts under hösten och behöver kompletteras med jämförelser under fler årstider, vår/försommar och högsommar. Ett mobilt mätsystem koppling till GPS-koordinater medger ett effektiviserat arbetssätt, vilket gör det lämpligt som verktyg för övervakning av damningsomfattningen.

Det finns resultat från en relativt ung anläggning som behöver kompletteras med data från objekt av varierande åldrar.

7.7.4 Fast lösning

Faser med höga halter järn samt mangan tar upp mycket mer av spårelementen jämfört med övriga faser. Detta gäller såväl faser som bildats vid höga temperaturer som de som bildats genom omvandlingar vid låga temperaturer. Dessa omständigheter har varit kända inom oorganisk kemi, geokemi och mineralogi i decennier, men inget fall har påträffats där fast löslighet uppmärksammats i samband med askor och andra restprodukter. Inför geoteknisk användning är det angeläget att bestämma långtidsegenskaperna för askor och att det är dessa som sedan bör användas för platsspecifika utvärderingar av eventuella miljökonsekvenser. Viktiga områden är t ex :

- Ta fram en metodik för modellering av fast löslighet
- Utvärdering av lakttest, klassning enligt avfallsförordningen, REACH samt resultat från konventionella jämviktsberäkningar med hänsyn till fast löslighet
- Seminarium där behov och möjligheter diskuteras med resultat användare och utförare
- Utvärdering av möjligheter att använda askor för miljöförbättrande åtgärder visavi möjligheten att askor sprider eget innehåll av föroreningar, med beaktande av betydelsen av fast löslighet
- Användning av askor för behandling av gruvavfall med utnyttjande av askans buffrande förmåga, d. v. s. förmåga att skapa en god miljö för fast löslighet, samt askans förmåga till fastläggning av tungmetaller.

8 Kunskapsspridning

Den främsta källan till information om det arbete som utförts inom Askprogrammet är rapporter som finns i Värmeforsks rapportdatabas. Det finns 130 olika rapporter som fritt kan laddas ner från hemsidan. Till detta kommer databasen Allaska där resultaten från undersökningar av askor inom Askprogrammet och Värmeforsks övriga program finns samlade. Även material utanför Värmeforsks forskningsprogram går att hitta i Allaska.

Askprogrammet har under programperioden 2002-2011 producerat 20 stycken nyhetsblad av Askor&Miljö som presenterat projekt inom Askprogrammet och andra nyheter om askor och askanvändning.

Värmeforsks skickar ut nyhetsblad och rapportsammanfattningar av genomförda projekt vid 2-3 tillfällen varje år. Från 2011 har nyhetsbladet blivit mer omfattande och de redovisade projekten presenteras mer utförligt på ett populärvetenskapligt sätt. Rapportssammanställning av nya rapporter skickas numera ut med e-post 2-3 gånger per år.

Seminarier och workshops har anordnats regelbundet för att lyfta fram aktuella frågor och nya resultat. Under den senaste programperioden har genomförts följande workshops och seminarium:

- Återföring av aska till Skog & Mark
- Möjligheter och fördelar med REACH registrering av askor
- Lätt att göra rätt- Miljöprovning av alternativa material i anläggningsarbeten
- Workshop om ett nytt Askprogram
- Interna seminarier i respektive arbetsgrupp med forskare och finansiärer.

Askprogrammet och resultat har också redovisats vid:

- Energimyndighetens seminarium om Bränsleprogrammet.
- ÅF-lunchseminarium
- ESF-COST konferens i Wien om ”*Future Role of Bio-energy from tree biomass*”
- Workshop i Köpenhamn om användning av askor från biomassa.
- Panndagarna 2009 i Jönköping
- Värmeforskdagarna 2009 i Stockholm
- Transportforum 2009 i Linköping
- Konferens i Innsbruck Österrike. ”*Recycling of Biomass Ashes*”
- Konferens, Sardinien, Italien. ”*Twelfth International Waste Management and Landfill Symposium*”
- Workshop. Wien, Österrike. ”*Sinnvolle Nutzung von Holzaschen aus Biomassfeuerungen*”
- Workshop i Wien 2011 angående farlighetskriterier H14- ekotox
- Workshop i Wien 2011 om bioaskors klassificering

Värmeforsk och Askprogrammet arrangerade en internationell konferens ”*Ash Utilisation 2012- Ashes in A Sustainable Society*” 25-27 januari 2012 med drygt 130 deltagare från 16 olika länder. Där presenterades Askprogrammet och tjugotalet olika projekt från alla programperioderna.

Många projekt inom Askprogrammet delfinansieras av andra aktörer och många rapporter publiceras i andra rapportserier. I bilaga 1 finns en sammanställning av angränsande rapporter inom andra forskningsprogram

8.1 Askprogrammet 2009-2011

Utvärderingen av programperioden 2009-2011 [16] anser att programmet är unikt och att det inte finns något forskningsprogram med denna inriktning och spännvidd på forskningsfrågorna inom landet (sannolikt inte heller internationellt) samt att Askprogrammet med rätta kan betraktas som ett nationellt forskningsprogram. Utvärderaren anser dock att resultaten måste kommuniceras bättre och att de måste nå ut till beslutsfattare på lokal, regional och central nivå, till tjänstemännen på berörda departement och via media till allmänheten!

I tabell 8 finns en sammanställning av rapporter om kunskapsspridning från programperioden 2009-2011. Som framgår av tabellen finns ett relativt stort antal arbetsrapporter. Arbetsrapporter tillåter en något enklare resultatredovisning jämfört med vanliga huvudrapporterna. Arbetsrapporterna används i många fall för att inte äventyra en kommande publicering i vetenskaplig litteratur. Eftersom Askprogrammet är ett tillämpat forskningsprogram har publicering i internationella vetenskapliga tidskrifter hittills inte prioriterats. Under programperioden 2009-2011 ändrades fokus något och projekt med internationella deltagare samt med syfte att publicera resultat utanför den svenska marknaden fick lite större utrymme.

Tabell 8. Sammanställning av rapporter om kunskapsspridning inom Askprogrammets programperiod 2009-2011. A- står för arbetsrapport, O- står för orienteringsrapport./Reports on communication in the programme 2009-2011.A-is work report, O-is guidance report

Rapport nr	Titel/utförare/organisation
1170	Lätt att göra rätt- beslutsunderlag för miljöprovning av askor i anläggningar Susanna Toller, EcoLoop
1191	Kontroll och uppföljning av askvägar- kommunikation och acceptans, Josef Mácsik, EcoLoop
1212	DIANAS, användning av slaggrus i bundna konstruktionsmaterial Niklas Hansson, Vattenfall R&D
Allaska	
1216	Förvaltning av databasen Allaska 2009-2011, Henrik Bjurström, ÅF-consult
Syntes, utvärdering	
1154	Askprogrammet 2009-2011, utvärdering och rekommendationer, Stefan Axberg
O128	Underlag för strategidiskussioner angående finansiering och parallell verksamhet till Askpprogrammet Henrik Bjurström, ÅF-consult
Internationell publikation	
A28	Kopparspeciering i lakvatten från avfallsbottenaska – en europeisk samsyn för geokemisk jämviktsmodellering, Susanna Toller, EcoLoop
A 29	Tillförsel av aska på dikad torvmark – skogsproduktion och emission av växthusgaser. Ulf Sikström, Skogforsk
A30	Komplettering och publicering av arbeten om oförbränt och organiskt. Henrik Bjurström, ÅF-Industry
A 31	Internationell vetenskaplig publicering av Miljöriktlinjer för askanvändning i anläggningsbyggande, David Bendz SGI
A 32	Vattenkemiska effekter av asktillförsel på en skogklädd och dikad torvmark, Eva Ring, Skogforsk
A 33	Aska och trädutväxt, Staffan Jacobsson Skogforsk

8.2 Strategi och utvärdering

8.2.1 Strategiundersökning (Värmeforsk Orienteringsrapport 128)

Programperioden 2009-2011 inleddes med en undersökning angående den extra tilldelningen av medel till lärosäten som utlystes i februari 2009, möjligheterna till EU-projekt samt pågående FoU om askor inom EU.

Den extra tilldelningen av forskningsmedel till lärosäten 2010-2012 syftar till att möjliggöra för dessa att bygga upp forskningscentra av mycket hög internationell kvalitet. Inget av de tjugo strategiska områdena avser nyttiggörande av avfall, men inom tre av områdena finns det utrymme för askor, dock framför allt askor till skog och mark. Gemensamma satsningar med bl a näringslivet förutses inom flera områden. För Askprogrammets del kan det rimligen innebära att programmet förväntas finansiera projekt eller doktorandtjänster.

EU-projekt ställer vissa krav på medfinansiering och på tidsplanen. I princip skall halva den svenska kostnaden för projektet betalas av svenska finansiärer. Med tanke på den framförhållning som krävs för ett EU-projekt, från ansökan till genomförande och till slutrapportering är de tre år som Askprogrammet löper under för kort tid. Det går svårt att planera för ett EU-projekt i Askprogrammet.

Användning av avfall är inte något högprioriterat forskningsområde med en omfattande och kontinuerlig finansiering i något av de enskilda EU-länderna, och därmed inte heller användningen av askor. Större eller fokuserade insatser har dock genomförts i flera länder under begränsade tidsperioder.

8.2.2 Utvärdering av Askprogrammet 2009-2011 (Värmeforskrapport 1154)

Utvärdering av programmet pekar på att det behövs en förbättrad kommunikation mellan prövande myndigheter och verksamhetsutövarna. Programmet bör, utöver de rena forskningsresultaten, kunna bidra med handböcker, faktasammanställningar etc för att på sikt undanröja de osäkerheter som kan spåras bland de tillståndsgivande myndigheterna. Vid utvärdering av programmet bedömdes kommunikation vara en strategisk fråga för programmet och olika åtgärder till förbättringar föreslogs.

8.2.3 Tillsynsfrågor (Värmeforskrappor 1170 och 1212)

Två av de projekt som just avslutats har haft speciellt fokus på diskussion med myndigheterna för att underlätta acceptans för askanvändning i anläggningskonstruktioner. I båda projekten påpekas eftertryckligt att kommunikationen mellan olika aktörer är oerhört viktig. Askor är ett "sällan" ärende hos många tillståndsmyndigheter vilket gör att det finns en stor osäkerhet hos handläggare hur askor ska bedömas.

Viktigt för framgång i ett ansökningsärende är att alla kedjans aktörer, askproducenter, entreprenörer och markägare finns representerade i projektets organisation. Det är också viktigt att alla nödvändiga kompetenser finns tillgängliga i projektet, både vad gäller miljö och lakningsprocesser, och juridik och tillståndssökande.

Sammanfattningsvis krävs för att miljöprövningen av aska i anläggningar ska bli så effektiv och rättssäker som möjligt:

- ökad tydlighet när det gäller myndigheternas krav
- ökad kvalitet när det gäller verksamhetsutövarnas underlag
- en gemensam målbild för materialägare, verksamhetsutövare och miljöprövningsmyndighet

8.2.4 Uppföljning av geotekniska konstruktioner (Värmeforskrapport 1191)

För att öka möjligheten till användning av alternativa konstruktionsmaterial, exempelvis askor, behövs goda exempel som kommuniceras med berörda aktörer. Inom programperioden finns flera exempel på projekt som kan lyftas fram.

De positiva resultat som erhålls med stabilisering av obundna lager i vägkonstruktioner sprids inte på en bred front. Väghållare och konstruktörer känner inte till eller vågar inte använda tekniken och materialet med hänvisning till att det idag saknas normer och/eller erfarenhet. För att vinna genomslag med stabilisering av obundna lager i vägkonstruktioner behöver goda exempel lyftas fram. Beständigheten och erfarenheter från flera av de genomförda pilotprojekten behöver redovisas och utvärderas. Det är vidare viktigt att fler objekt byggs så att uppföljning över lång tid blir möjlig och de resultat som erhålls blir jämförbara mellan olika studier.

Projektets resultat indikerar flygaskans positiva långtidsegenskaper som konstruktionsmaterial i väg. Fältarbetena som utfördes inom projektet följde vägledningen för "Flygaska i mark och vägbyggnad", vilket bidrog till att sprida informationen om metodiken hos aktörer, som väghållare, vägtekniker, geotekniker, askleverantörer och miljömyndigheter.

8.3 Databasen Allaska (Värmeforskrapport 1216)

I databasen Allaska samlas all offentlig kvantitativ information om förbränningsresters egenskaper och görs allmänt tillgänglig på Internet. Databasen har en svensk utgångspunkt men riktar sig även till utländska användare. Under 2009-2011 har följande arbete genomförts:

- Gränssnitten har kompletterats för nya typer av data
- Uppgradering i Internetgränssnittet påkallad av uppgraderingar i programvara,
- Efter en felsökning har data kompletterats där det behövdes och korrigerats där de var felaktiga
- Slaggrus finns som sökbart begrepp

Dessutom har databasen kompletterats med data från:

- programperioden 2006-2008
- programperioden 2009-2011
- projekten inom kompetenscentret Waste Refinery 2008-2010
- SYSAV:s kvalitetssystem

8.4 Internationella publikationer

Askprogrammet 2009-2011 önskade att resultaten från projekten skulle nå ut utanför Sveriges gränser och därför uppmuntrades internationellt samarbete och projekt med en målsättning att presentera sina resultat i internationella sammanhang som konferenser eller vetenskapliga publikationer. Som ett resultat av ambitionen att sprida kunskapen internationellt presenteras flera av Askprogrammets rapporter som Arbetsrapporter. Dessa är fortfarande sökbara i Värmeforsks rapportdatabas, men har en något förenklad form av rapportering som medger en senare publicering i vetenskaplig litteratur.

8.4.1 Kopparspeciering (Värmeforsk arbetsrapport A28)

Koppar i lakvatten från avfallsbottenaska har i tidigare studier visat sig binda till löst organiskt kol i hög grad, som också lakas ut från askan. För att kunna förutsäga utlakningen av koppar från askan och den toxiska effekten, behövs därför kunskap vilken fraktion av det lösta organiska kolet som binder koppar och hur det sker. Informationen är viktig eftersom det framför allt är den koppar som inte är bunden till organiskt material som anses bidra till toxiciteten i en lösning. Projektet har utförts som ett internationellt arbete mellan forskargrupper i Holland och Sverige, vilka tidigare kommit fram till olika slutsatser.

Resultaten indikerar att fraktionering av asklakvatten är onödigt och att information om den totala mängden organiska syror istället är vad som behövs för att kunna förutsäga specieringen i lakvattnet. Tidigare skillnader i slutsatser kan förklaras delvis av att olika metoder användes och delvis av att analyserna genomfördes vid olika pH. Man avser att presentera arbetet i *Environmental Science & Technology*.

8.4.2 Oförbränt i askor (Värmeforsk Arbetsrapport A30)

Oförbränt kol i askor visar på att förbränningsprocessen inte fungerar optimalt och medför även en risk för askorna kan innehålla miljöskadliga ämnen. Undersökningar av oförbränt kol i askor från många olika slags bränslen visar att det oförbrända kolet främst innehåller elementärt kol och en mindre andel organiskt kol. Elementärt kol eller träkol är inert och bryts ned mycket långsamt och efter flera tusen år, är dess struktur oftast opåverkad.

Det finns flera standardmetoder att bestämma mängden oförbränt, metoder som används även för andra material som t ex för att bestämma andelen organiskt material i jord:

- **LOI**, *Loss-on-ignition*, är en vanlig metod som bestämmer vad som skulle kunna ha brunnit.
- **TOC**, totalt oxiderbart/organiskt kol är en indirekt metod enligt standard EN 13137.
- **Colorimetry**, metoden används främst vid analys av jord. Den utfördes med användning av dikromatsvavelsyra i enlighet med ISO 14.235 och SS 02 71 07
- **TGA**, termogravimetri tillsammans med masspektrometri ger information viktminskning tillsammans med vilka element som avges.
- **Micro-Raman spectroscopy**, används rutinmässigt för att studera struktur av kolhaltigt material
- **GC/MS analys** användes för bestämning av organiska föreningar.

Olika asktyper från 18 stycken svenska förbränningsanläggningar med varierande förbränningsteknik, bränsle och storlek undersöktes.

Resultaten visar att organiska föreningar i andelen oförbränt i askor består huvudsakligen av icke-flyktiga makromolekylära föreningar. Oförbränt i biobränsleaskor bör inte med nödvändighet betraktas som en miljöriskfaktor, det kan

däremot finnas en betydande potential att utnyttja det aktiva kolet, något som bör undersökas vidare.

Man konstaterar också att det tyvärr fortfarande saknas en bra och enkel analytisk metod för att bestämma oförbränt kol i askor och TOC förefaller mindre lämplig som metod än LOI.

8.4.3 Internationella riktlinjer (Värmeforsk Arbetsrapport 31)

Inom ramen för två Värmeforskprojekt [17,18] har en modell framtagits och data bearbetats för att beräkna när användning av askor motsvarar ringa risk vid användning i anläggningsbyggande. Metodik, data samt resultat erhållna har bearbetats och sammanfattats till en artikel för publicering i en internationell vetenskaplig tidskrift. En internationell publicering ger ökad spridning och status, nationellt samt internationellt för specifikt de slutsatser som dragits i rapporten samt generellt för Askprogrammet.

8.5 FoU behov

Behovet av informationsinsatser för kommande program är snarlik det som utförts tidigare. Kommunikationsinsatser prioriteras i syfte att underlätta för samsyn för aktörerna om de centrala frågorna.

Det finns ett behov av en analys av målgrupperna, att förstå de olika bedömningarna bl a av risker med användning av sekundära material som askor i de aktuella situationerna och att förstå avnämarnas behov. Syftet är att kommunikationen skall kunna anpassas efter målgrupp. Ett resultat från denna analys kan vara ökad kunskap hos de tilltänkta användarna, ett förslag till målgruppsanpassad kommunikation, ett förslag till hur en efterfråga kan skapas och underhållas samt en identifiering av möjliga externa ambassadörer.

Tillståndsprocessen inför ett anläggningsbygge är för långsam och gör att intresset för användning av askor hos bl a entreprenörer minskar. Det finns ett behov av att underlätta processen, men hur skall det göras? En nyckel till detta är samsyn hos alla aktörer i fråga om värderingar och acceptans, bedömningar av risker.

De handböcker som Askprogrammet medverkat till att ta fram hör till de rapporter som laddats ner mest. Emellertid bör nya sådana bara utformas under förutsättning att de kan innehålla handledningar om både teknik och miljö. En tillsynshandbok med ett rationellt kontrollprogram efterlyses.

Lyckade fullskaleobjekt bör följas upp med anvisningar typ AMA (Allmän Material och Arbets-beskrivning) eller ATB Väg (Trafikverkets metodbeskrivningar för vägbyggnad), skrivna av användare snarare än enbart av materialproducenter.

Skogsstyrelsen har genomfört EU-projektet RecAsh och fortsätter informera om askåterföring genom kampanjer. Trots dessa insatser ökar inte askåterföringen i omfattning. Kan man genom något system öka återföringen, t ex genom att skriva in det i villkoren för bränsleleverans med en pant för askan? Är det ett myndighetskrav, och i så fall blir inte effekten den motsatta, d v s tillgången på avverkningsrester som bränsle

till energiomvandling begränsas. En viktig komponent i kommunikationen bör vara att genomföra lokala diskussionsmöten eller workshops, förslagsvis länsvis, med de lokala aktörerna.

Databasen Allaska bör utvecklas till att bättre kunna ge bra underlag för vetenskapliga utredningar. Att göra den helt vetenskaplig är sannolikt inte möjligt att göra till rimlig kostnad.

Hur står sig slaggrus som komplement till bergkross, i förhållanden till andra sekundära material som fyller samma funktion, t ex krossad betong eller tegel?

9 Slutsats och fortsatt forskningsbehov

Programmet har under perioden 2009-2011 finansierat 37 projekt. Sett över programmets livslängd har mer än 130 projekt genomförts. Askprogrammets arbete har utförts inom fyra områden: Geoteknik och deponi, Skog och mark, Miljö och kemi samt Kommunikation.

De två generella huvudområdena för användning av askor i Askprogrammet är:

- (i) återföring av aska till mark som kompensation för uttag av biomassa
- (ii) användning i anläggningsbyggen.

Satsningar inom dessa två områden har fått stöd från de övriga två forskningsområdena, dels genom fördjupad kunskap om askornas effekter på miljön, dels genom kommunikation med aktörerna i en användningssituation.

Askanvändning inom huvudområdena har likartade frågeställningar då resultaten av åtgärder i form av återföring till skogsmark och anläggning av konstruktioner med aska oftast är långsiktiga. Objekten måste följas upp under många år för att eventuella effekter på miljön ska kunna utvärderas. Den stora skillnaden mellan områden är att när det gäller projekt i skog & mark sker dessa oftast med myndigheternas godkännande och markägare uppmuntras till att använda askan. När det gäller askanvändning i anläggningskonstruktioner råder oftast motsatta förhållanden. Myndigheter och användare måste övertygas, med hjälp av fakta och data, att materialet uppfyller alla krav vad gäller miljö och teknik.

En summering av vad Askprogrammet har bidragit med under 10 år visar att även om många kunskaper om materialen tagits fram saknas fortfarande viktig information för att målet att alla askor skall kunna återanvändas eller, om det inte går, omhändertas på ett miljöriktigt sätt i förhållande till askornas egenskaper och förutsättningar.

Skog och mark

Nuläge

Askåterföring efter uttag av biomassa sker endast i en begränsad omfattning. Askstillförsel (kan ev betraktas som en förtida kompensation för ett biomassauttag) till skog på dikad torvmark ger oftast en ökad tillväxt samtidigt som den kan minska försurningen av vattendrag och, i alla fall på kort sikt, utsläpp av växthusgaser (metan, lustgas) från skogen. Hittills har ingen ökad tillväxt på skoglig fastmark tydligt kunnat bevisas, men det finns tendens till tillväxtökning på bördig fastmark.

Forskningsbehov

Behovet av forskning finns för att studera tillväxteffekter, följa och dokumentera de långsiktiga effekterna på miljön samt att söka teknik och metoder för en kostnadseffektiv spridning av aska. Därutöver finns det ett behov av att kommunicera med samtliga aktörer om spridningen av aska till skogsmark.

Geoteknik och deponi

Nuläge

Askor har kunnat utnyttjas i stor skala som konstruktionsmaterial på deponier, enskilt eller i kombination med andra restmaterial i formskikt, täckskikt, dränering m fl. Denna användning kan förutses fortsätta så länge deponier är i drift eller avslutas, vilket kan betyda 5-10 år. Användningen av askor som bindemedel eller ballast utanför deponier har endast skett i begränsad omfattning.

Forskningsbehov

Det finns behov av forskning och utveckling för att möjliggöra att askor kan användas i anläggningsbyggen i samhället och inte huvudsakligen på deponier samt erfarenhet av att i praktiken genomföra alla delar i ett projekt, från förstudie och tillståndsärenden till färdig anläggning och uppföljning.

Kemi och miljö

Nuläge

Askprogrammet har starkt bidragit till att utveckla ny kunskap och identifiera kunskapsbehov. Stora mängder grunddata har genererats, vilka ger en god kännedom av olika typer av askor med exempel på tillämpningar. Huvudinriktningen på projekten har emellertid bearbetat frågor med ett relativt kortsiktigt perspektiv.

Forskningsbehov

Den forskning och utredning som behövs definieras av de kunskapsbehov som uppstår i de två användningsområden ”Skog och mark” samt ”Geoteknik och deponi”. Det finns behov av förbättrad kunskap och verktyg för att beskriva de långsiktiga kemiska egenskaperna och den miljömässiga påverkan.

Information och kommunikation

Nuläge

Informationen om Askprogrammets resultat sprids till de olika målgrupperna genom olika kanaler ex. rapporter, nyhetsbladet Askor & Miljö, programmets hemsida, internationella kontakter, forskares internationella publicering, workshops, seminarier mfl. Den viktigaste komponenten är det goda exemplet, vars resultat kan spridas som information från Askprogrammet. Allmänt uppfattas informationen ha svårt att nå ut utanför nätverket.

Behov

Kommunikationsinsatser om resultaten behöver prioriteras i syfte att underlätta för samsyn mellan aktörerna om de centrala frågorna. Det finns ett behov av en analys av målgrupperna för att kommunikationen skall kunna anpassas efter målgrupp samt att kunna identifiera möjliga externa ambassadörer.

En viktig informationsinsats är att informera beslutsfattare inom EU genom nära dialog med svenska representanter i EUs beslutande och rådgivande församlingar. Nätverk med andra forskningsorganisationer internationellt, men kanske främst inom EU, är av stor betydelse för att kunna påverka beslut i frågor som rör all slags askanvändning, såväl återföring till skog som användning i olika anläggningskonstruktioner.

Askprogrammet har genom alla projekt som bedrivits under 10 år tagit fram kunskaper som är viktiga för en miljöriktig användning av askor. Men det saknas fortfarande viktig

information för att nå ända fram till målet. En mycket viktig del av Askprogrammet är det nätverk som byggts upp och som innehåller många viktiga aktörer; forskare, askproducenter, entreprenörer och myndigheter. Nätverket har en stor roll i framgången med Askprogrammet och är en viktig resurs för att besvara de frågor som återstår.

10 Litteraturreferenser

- [1] Askor i Sverige 2010. Svenska Energiaskor AB.
http://www.energiaskor.se/pdf-dokument/Askor_i_Sverige_2010.pdf.
- [2] Skogsstyrelsen. Rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring Meddelande 2008:2 Länk till rapporten:
<http://shop.skogsstyrelsen.se/shop/9098/art78/4645978-209b78-1562.pdf>
- [3] Statistisk årsbok 2011 Skogsstyrelsen. länk:
<http://www.skogsstyrelsen.se/en/AUTHORITY/Statistics/Statistical-Yearbook-/Statistical-Yearbooks-of-Forestry/>
- [4] Mácsik Josef, Maurice Christian, Edeskär Tommy, Erlandsson Åsa, Persson Elisabeth. Utformning av skyddsskikt – beständighet. Värmeforskrapport 1171. 2011
- [5] Tham Gustav, Andreas Lale. Utvärdering av fullskaleanvändning av askor och andra restprodukter vid sluttäckning av Tveta Återvinningsanläggning. Värmeforskrapport 1064. 2008
- [6] Tham Gustav, Ifwer Karin . Ask användning i deponier. Värmeforskrapport 966. 2006
- [7] Rihm Thomas, Rogbeck Yvonne, Svedberg Bo, Eriksson Maria. Alternativa konstruktionsmaterial på deponier – Vägledning. Värmeforskrapport 1097.2009.
- [8] Carling Maria, Håkansson Karsten, Mácsik Josef, Mossakowska Agnes, Rogbeck Yvonne. Vägledning – Flygkastabiliserat avloppsslam (FSA) som tätskikt. Värmeforskrapport 1010. 2007.
- [9] Från Naturvårdsverkets hemsida.
Länk:<http://naturvardsverket.se/sv/Start/Produkter-och-avfall/Avfall/Lagar-och-regler-om-avfall/EUs-nya-avfallsdirektiv/>
- [10] Från Naturvårdsverkets hemsida. Länk:
<http://naturvardsverket.se/sv/Start/Produkter-och-avfall/Avfall/Lagar-och-regler-om-avfall/Definition-av-avfall/Avfall-eller-biprodukt---/>
- [11] **Meddelande från kommissionen till rådet och parlamentet. Tolkningsmeddelande om avfall och biprodukter Länk:**
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0059:FIN:SV:PDF>
- [12] www.kemi.se
- [13] Naturvårdsverkets Handbok 2010:1, Återvinning av avfall i anläggningskonstruktioner. Februari 2010.
(<http://www.naturvardsverket.se/sv/Start/Om-Naturvardsverket/Vara-publikationer/ISBN1/0100/978-91-620-0164-3/>)
- [14] Greger Maria, Neuschütz Clara, Isaksson Karl-Erik. Flygaska och rötslam som tätskikt vid efterbehandling av sandmagasin med vegetationsetablering. Värmeforskrapport 959. 2006.

- [15] Mácsik Josef, Edeskär Tommy, Hellman Fredrik. Kontroll och uppföljning av askvägar – Kommunikation och acceptans. Värmeforskrapport 1191. 2011
- [16] Axberg Stefan. Askprogrammet 2009 – 2011 utvärdering och rekommendationer. Värmeforskrapport 1154. 2010.
- [17] Bjurström Henrik, Ifwer Karin, Rydstrand Camilla. Uppdatering av databas Allaska 2003-2005 inom delprogrammet "Miljöriktig användning av askor". Värmeforskrapport 976. 2006.
- [18] Bendz David, Wik Ola, Jones Celia, Pettersson Michael och Elert Mark. Miljöriktlinjer för askanvändning i anläggningsbyggande. Värmeforskrapport 1110. 2009.

Bilagor

A Angränsande rapporter

Angränsande rapporter inom andra forskningsprogram. I denna lista nämns endast självständiga arbeten.

- Värmeforsk, Energigrödor: nr 1093, Kunskapsöverföring från skogssektorn till jordbrukssektorn angående askåterföring
- Waste Refinery, nr WR06, Siktning av avfall
- Waste Refinery, nr WR17, Vattentvätt av flygaska från avfallsförbränning
- Waste Refinery, nr WR25, Siktning av askor från avfallsförbränning
- Avfall Sverige, nr 2007:03, Nedbrytning av organiska föreningar i rökgasreningsrester vid avfallsförbränning
- Avfall Sverige, nr F2007:03, Underlag för val av referenssubstans för zink inför klassning enligt Avfallsförordningen
- Avfall Sverige, nr 2008:06, Slaggrushandboken, tidigare även som RVF nr 2006:08 / SGI Information 18:5
- Avfall Sverige, nr F2008:04, Miljökonsekvensbeskrivning av Naturvårdsverkets förslag till kriterier för återvinning av avfall i anläggningsarbeten
- Avfall Sverige, nr U2009:23, Uppföljning till projektet "Metodik för klassificering av H14-kriteriet i Avfallsförordningen"
- Avfall Sverige, nr F2009:05, Deponering eller utfyllnad av bergrum med RGR
- Avfall Sverige, nr F2009:06, Möjligheterna att använda rökgasreningsrester vid efterbehandling av deponier med sulfidhaltiga gruvavfall – Rapport över laboratorieförsök
- Avfall Sverige, nr F2009:07, Elektrokemisk metallåtervinning ur slagg och flygaska
- Avfall Sverige, nr F2009:08, Uppföljande undersökning av dioxin i rester från svensk avfallsförbränning

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeknisk 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 ENERGI MYNDIGHET

VÄRMEFORSK SERVICE AB

101 53 Stockholm

Tel 08-677 25 80

Fax 08-677 25 35

www.varmeforsk.se

Beställning av trycksaker

Fax 08-677 25 35